



Nº 20 DICIEMBRE 2025

INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

En este número:

**Desarrollo de celda de carga
para medir torque**

**Diseño y Desarrollo de Prototipo Móvil
para Plataforma de Gestión de Servicios**

**Identificación de las competencias
profesionales de Ingenieros en
Administración que demandan
las empresas de la región**

**Aprendizaje basado en proyectos:
un estudio narrativo en nivel medio
superior y superior**

**Actualización tecnológica de celda
robotizada en laboratorio de Automatización
y Robótica: Un caso de Estudio Aplicado.**

**Efecto de fertilización química y orgánica
en higo 'Black Mission'**

Visita:

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

Editorial ZSE

**Edición Especial
Cuarto Congreso Nacional
Investigación Aplicada, un Enfoque
en la Tecnología**

Arbitrada e Indexada

DOI

10.60968/iaet.3594-035X

Página Editorial

INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA

Año 10, No. 20, julio-diciembre 2025, es una publicación electrónica semestral editada por Zulma Sánchez Estrada. Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo. de México, C.P. 54987, E-mail:

investigacionaplicada4@gmail.com

Editores responsables: Zulma Sánchez Estrada, Jorge Noriega Zenteno, Jorge Aarón Noriega Sánchez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2022-010414492600-203, ISSN: 3594-035X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Zulma Sánchez Estrada, Av. de Las Rosas 260A, Fracc. Hda. Real de Tultepec, Tultepec, Edo. de México, C.P. 54987, fecha de última modificación, 31 de diciembre 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de los editores.

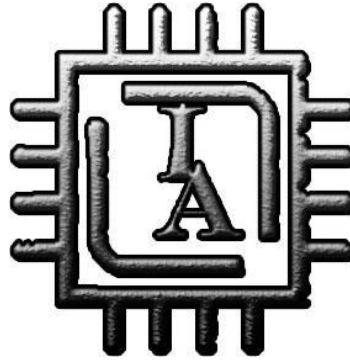
Revista Indexada y Arbitrada

Folio Latindex: 28438

<https://www.latindex.org/latindex/Solr/Busqueda?idModBus=0&buscar=investigaci%C3%B3n+aplicada%2C+un+enfoque+en+la+tecnología%C3%ADa&submit=Buscar>

DOI

[10.60968/iaet.3594-035X](https://doi.org/10.60968/iaet.3594-035X)



La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación periódica, indexada, arbitrada y registrada ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor, que tiene como propósito principal divulgar el trabajo científico de investigadores e investigadoras, por tal motivo, los artículos publicados tienen relación con el trabajo y aplicación de la Investigación en general y con las derivaciones de la ingeniería que se desarrollan en el ámbito de la investigación en particular.

La revista **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología** es una publicación Indexada, arbitrada y cuenta con **DOI**. (Digital Object Identifier) (Registro Europeo).

Acerca de la revista

El comité editorial de **Investigación Aplicada, un Enfoque en la Tecnología**, está formado por investigadores con una trayectoria destacada en el ámbito laboral y de investigación, que en conjunto forman una fuerza interdisciplinaria para dar prestigio y sustento al contenido de la revista.

Comité Editorial

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Ing. Jorge Aarón Noriega Sánchez

Contacto

Contactar con la revista

Email: investigacionaplicada4@gmail.com

<https://www.investigacionaplicadarevista.com/>

Contacto principal

Dra. Zulma Sánchez Estrada

Celular: 55-13-47-71-04

Correo electrónico: zul_zul_1@hotmail.com

Dr. Jorge Noriega Zenteno

Celular: 55-11-26-55-27

Correo electrónico: jorge_sup@hotmail.com

PROCESO DE EVALUACIÓN

01 Recepción de artículos

Se reciben los artículos de acuerdo con el formato autorizado por la revista, así como la carta de **“Declaración de Originalidad”** firmada por los autores involucrados en el artículo, esto se conoce por medio de una convocatoria interna y externa de la página electrónica y otros modos de difusión, se revisa que el artículo cumpla con los estándares y lineamientos de la revista. Si el resultado de la revisión no se alinea a los requerimientos se notificará al autor de dicha resolución por medio de un correo electrónico; pero si el artículo cumple con lo establecido se reenvía un correo para notificar la aceptación junto con una carta emitida por el comité Editorial **“Carta de aceptación”** y se continuará con el siguiente proceso. El proceso de aceptación consta de 20 días hábiles desde la entrega del artículo.

02 Revisión por el Comité Revisor

Los artículos recibidos serán turnados para su revisión inicial al Comité Revisor, que analizará el contenido y presentación del trabajo de acuerdo con la temática de nuestra revista, así como la redacción y si se presenta plagio del escrito. En caso de existir un fallo no favorable por parte del comité revisor, se les comunicará a los autores que dicho artículo no es aceptado por las razones que serán explicadas en el formato de revisión. En el caso de artículos autorizados, se iniciará el proceso de evaluación con la correspondiente notificación a los autores.

03 Asignación de Evaluadores

Se enviarán invitaciones a los árbitros sugeridos por el Comité Revisor. El artículo es revisado en pares, por lo que la revisión y comentarios serán por ambos expertos. Los posibles evaluadores deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Contar con experiencia en investigación y experiencia empresarial de por lo menos tres años y haber publicado por lo menos un artículo y/o, libro y contar con una distinción honorífica.

04 Evaluaciones

Los revisores tienen un sentido amplio de la ética, por lo que siguen los lineamientos de evaluación sin ser parciales. El periodo de evaluación no es más de 20 días hábiles, a lo que corresponde a este tiempo se puede sugerir al autor que realice modificaciones y las reenvíe; en el momento del reenvío de las correcciones se vuelven a contar 10 días hábiles.

Después de revisar nuevamente el artículo ya con las correcciones hechas de acuerdo con los lineamientos, se le enviará una notificación vía correo electrónico con la respuesta del comité si se es aceptado o rechazado, con su debida justificación.

Si la justificación no es aceptada por el autor, puede enviar un correo electrónico dando su opinión al respecto pidiendo una ronda extra de revisión. Esta ronda extra pasará a un tercer evaluador diferente al primero y segundo.

Al finalizar las evaluaciones y si los artículos son aceptados se enviará un comunicando de su aceptación y se reenviará una sesión de derechos para ser publicada en la misma.

05 Pago

Una vez aceptado el artículo por los revisores se procederá a hacer el pago correspondiente para la publicación de este y se procederá a enviar su comprobante de pago, junto con el nombre del artículo a postular al correo de la revista, para continuar con el proceso.

(Ver términos y condiciones) <https://www.investigacionaplicadarevista.com/terminos-condiciones>

PROCESO DE PUBLICACIÓN

1. Lanzamiento de la convocatoria.
2. Consulta del formato (plantilla) para la captación del artículo.
3. Carta de **“Declaración de Originalidad”** del artículo.
4. Subir el artículo en formato **Word** junto con la carta de originalidad en formato **PDF** a la siguiente dirección:
investigacionaplicada4@gmail.com
5. Se pasa al Comité Evaluador.
6. Se tiene respuesta en 10 días hábiles.
7. Si el artículo presenta recomendaciones a corregir por parte de los revisores, se envía el artículo con las recomendaciones a corregir al autor principal para atención de las mismas.
 - a. Se corrigen las recomendaciones y son enviadas nuevamente al correo de la revista.
 - b. Son revisadas nuevamente por el comité revisor y cuenta con 5 días hábiles para dar contestación.
 - c. Si cumplen con los requerimientos del formato de la revista es aceptado el artículo.
8. Si el artículo es aceptado se envía una **“Carta de aceptación”** por parte del comité editor.
9. Se procederá a realizar el pago correspondiente para la publicación.
10. El autor principal enviará el comprobante de pago junto con el nombre del artículo postulado para el proceso de confirmación del pago.
11. Se tendrán 3 días hábiles para mandar la factura y constancias después de recibido el comprobante de pago al correo de la revista.
12. Encaso de solicitar **DOI** el proceso de entrega de constancias es de 7 días hábiles después de recibido el comprobante de pago, por motivos de revisión del artículo por parte del índice europeo contratado.
13. El artículo se publicará hasta la fecha asignada que son el 1° julio y 2 de enero en la página oficial de la revista.
14. Se tendrán de plazo de 3 días hábiles para realizar modificaciones o adecuaciones de la página después de ser publicada la página, por lo que la edición formal será después de ese tiempo.
15. Si se presenta una contingencia gubernamental o de salud nacional las fechas de publicación pueden ser modificadas de acuerdo a las ordenes o permisos nacionales, si es que está implicado las tecnologías.

Contenido

Contenido

Desarrollo de celda de carga para medir torque	1
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.878	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>DESARROLLO</i>	2
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	2
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	2
<i>METODOLOGÍA</i>	2
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	3
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	8
<i>CONCLUSIONES</i>	10
<i>REFERENCIAS</i>	10
Diseño y Desarrollo de Prototipo Móvil para Plataforma de Gestión de Servicios	11
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.879	11
<i>INTRODUCCIÓN</i>	12
<i>DESARROLLO</i>	12
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	12
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	12
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	12
<i>METODOLOGÍA</i>	12
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	13
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	20
<i>CONCLUSIÓN</i>	20
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	21
Identificación de las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región.	22
DOI: 10.60968/iat.3594-035X.880	22
<i>INTRODUCCIÓN</i>	23
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	23
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	23
<i>METODOLOGÍA</i>	23
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	24

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	25
<i>CONCLUSIÓN</i>	27
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	28
Aprendizaje basado en proyectos: un estudio narrativo en nivel medio superior y superior.	36
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.881	36
<i>INTRODUCCIÓN</i>	37
<i>DESARROLLO</i>	37
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	38
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	38
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	38
<i>METODOLOGÍA</i>	38
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	39
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	42
<i>CONCLUSIONES</i>	44
<i>REFERENCIAS</i>	45
Técnico superior de calidad, implementando la mejora continua en la UTNC	46
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.883	46
<i>INTRODUCCIÓN</i>	47
<i>DESARROLLO</i>	48
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	49
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	49
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	49
<i>METODOLOGÍA</i>	49
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	50
<i>RESULTADOS</i>	55
<i>DISCUSIÓN</i>	55
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	55
Diseño Convencional Vs. Diseño Accesible en App Móviles	56
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.892	56
<i>INTRODUCCIÓN</i>	57
<i>DESARROLLO</i>	57
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	57
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	57
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	58
<i>METODOLOGÍA</i>	59

<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	60
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	64
<i>CONCLUSIÓN</i>	64
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	65
Actualización tecnológica de celda robotizada en laboratorio de Automatización y Robótica: Un caso de Estudio Aplicado.	66
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.901	66
<i>INTRODUCCIÓN</i>	67
<i>DESARROLLO</i>	67
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	67
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	67
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	67
<i>METODOLOGÍA</i>	67
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	68
<i>RESULTADOS</i>	73
<i>DISCUSIÓN</i>	73
<i>CONCLUSIONES</i>	73
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	73
Efecto de fertilización química y orgánica en higo ‘Black Mission’	75
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.893	75
<i>INTRODUCCIÓN</i>	76
<i>DESARROLLO</i>	76
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	76
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	76
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	76
<i>METODOLOGÍA</i>	76
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	77
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	77
<i>CONCLUSIÓN</i>	84
<i>REFERENCIAS</i>	84
Siembra Valores: Tecnología de soporte para la reforestación urbana	85
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.894	85
<i>INTRODUCCIÓN</i>	86
<i>DESARROLLO</i>	86
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	86

<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	86
<i>METODOLOGÍA</i>	87
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	87
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	92
<i>CONCLUSIÓN</i>	93
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	93
Bioarquitectura y Materialidad en viviendas de Apiyac, Veracruz.	94
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.895	94
<i>INTRODUCCIÓN</i>	95
<i>DESARROLLO</i>	95
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	95
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	95
<i>METODOLOGÍA</i>	95
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	97
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	105
<i>CONCLUSIÓN</i>	105
<i>REFERENCIAS</i>	106
Sentido de pertenencia y desempeño académico en médicos residentes.	107
Sense of belonging and academic performance in medical residents.	107
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.917	107
<i>INTRODUCCIÓN</i>	108
<i>DESARROLLO</i>	108
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	108
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	108
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	108
<i>METODOLOGÍA</i>	109
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	109
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	109
<i>CONCLUSIÓN</i>	113
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	113
Estrategias de mercadotecnia en el proceso de transformación digital de las MiPyME, evidencia empírica del contexto Camarguense.	114
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.898	114
<i>INTRODUCCIÓN</i>	115
<i>DESARROLLO</i>	115

OBJETIVO GENERAL	115
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	115
OBJETO DE ESTUDIO	115
METODOLOGÍA	116
FASES DEL DESARROLLO	116
RESULTADOS	117
DISCUSIÓN	119
BIBLIOGRAFÍA	120
Concientización de género para disminuir la discriminación estudiantil en TecNM/ITQ	121
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.899	121
INTRODUCCIÓN	122
DESARROLLO	122
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	122
OBJETO DE ESTUDIO	122
METODOLOGÍA	123
FASES DEL DESARROLLO	124
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	129
CONCLUSIÓN	129
BIBLIOGRAFÍA	130
API Modular para Gestión de Servicios: Endpoints Escalables y Seguros.	131
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.914	131
INTRODUCCIÓN	132
DESARROLLO	132
OBJETIVO GENERAL	132
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	132
OBJETO DE ESTUDIO	132
METODOLOGÍA	133
FASES DEL DESARROLLO	137
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	138
CONCLUSIÓN	142
REFERENCIAS	143
Recuperación de áreas verdes por medio de sistema de riego inteligente	144
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.905	144
INTRODUCCIÓN	145
DESARROLLO	145

<i>OBJETIVO GENERAL</i>	145
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	145
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	145
<i>METODOLOGÍA</i>	145
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	145
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	151
<i>CONCLUSIÓN</i>	154
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	154
Análisis estadísticos de las variables de temperatura y humedad del invernadero de pitahaya	155
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.904	155
<i>INTRODUCCIÓN</i>	156
<i>DESARROLLO</i>	156
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	156
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	156
<i>METODOLOGÍA</i>	157
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	157
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	161
<i>CONCLUSIÓN</i>	163
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	164
Convertidor de potencia (CD-CD) elevador boost para aplicaciones en energías renovables	165
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.906	165
<i>INTRODUCCIÓN</i>	166
<i>DESARROLLO</i>	167
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	167
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	167
<i>METODOLOGÍA</i>	167
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	168
<i>RESULTADOS</i>	170
<i>CONCLUSIONES</i>	172
<i>REFERENCIAS</i>	172
Integración inteligente de sistemas domóticos y asistentes virtuales	173
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.898	173
<i>INTRODUCCIÓN</i>	174
<i>HIPOTESIS</i>	174
<i>DESARROLLO</i>	174

<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	175
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	175
<i>METODOLOGÍA</i>	175
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	176
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	178
<i>CONCLUSIÓN</i>	179
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	179
Tutti Insieme: Aplicación multi plataforma de seguridad familiar	180
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.912	180
<i>INTRODUCCIÓN</i>	181
<i>HIPOTESIS</i>	181
<i>DESARROLLO</i>	181
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	181
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	182
<i>METODOLOGÍA</i>	182
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	182
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	186
<i>CONCLUSIÓN</i>	187
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	188
Integración de Tecnología Educativa: eXeLearning en la Didáctica de Ética Profesional	189
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.913	189
<i>INTRODUCCIÓN</i>	190
<i>DESARROLLO</i>	190
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	191
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	192
<i>METODOLOGIA</i>	192
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	192
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	193
<i>CONCLUSIÓN</i>	199
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	199
Análisis de la relación entre el uso de inteligencia artificial y el desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico De Piedras Negras.	200
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.921	200
<i>INTRODUCCIÓN.</i>	201
<i>DESARROLLO</i>	201

<i>OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS</i>	201
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	202
<i>METODOLOGÍA</i>	202
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	202
<i>RESULTADOS Y DISCUSION</i>	205
<i>CONCLUSIÓN</i>	205
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	205
Evaluación del porcentaje de remoción de azul de metileno con biofiltros de residuos de coco modificados térmicamente a baja temperatura	206
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.918	206
<i>INTRODUCCIÓN</i>	207
<i>DESARROLLO</i>	207
<i>OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS</i>	207
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	207
<i>METODOLOGÍA</i>	207
<i>FASES DEL DESARROLLO:</i>	207
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	208
<i>CONCLUSIONES:</i>	211
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	211
Análisis automatizado de indicadores académicos con dashboards interactivos en Power BI	212
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.916	212
<i>INTRODUCCIÓN</i>	213
<i>DESARROLLO</i>	213
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	213
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	213
<i>METODOLOGIA</i>	213
<i>FASES DE DESARROLLO DEL DASHBOARD</i>	214
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	214
<i>CONCLUSIÓN</i>	218
<i>REFERENCIAS</i>	218
Oxidación del colorante alimenticio tartrazina grado industrial aplicando métodos fotoquímicos	219
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.930	219
<i>INTRODUCCIÓN</i>	220
<i>DESARROLLO</i>	220
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	220

OBJETO DE ESTUDIO	221
METODOLOGÍA	221
FASES DEL DESARROLLO	222
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	223
CONCLUSIÓN	226
BIBLIOGRAFÍA	226
Caracterización de Recolectores de Hongos en el Tianguis de Tianguistenco	227
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.920	227
INTRODUCCIÓN	228
DESARROLLO	228
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS+	228
OBJETO DE ESTUDIO	228
METODOLOGÍA	228
FASES DEL DESARROLLO	229
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	229
CONCLUSIÓN	233
BIBLIOGRAFÍA	233
Innovación tecnológica enfocada en accesibilidad digital e inclusión social LSM	234
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.919	234
INTRODUCCIÓN	235
DESARROLLO	235
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	235
OBJETO DE ESTUDIO	235
METODOLOGÍA	235
FASES DEL DESARROLLO	236
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	240
CONCLUSIÓN	241
BIBLIOGRAFÍA	242
Ecuación de velocidad para un biofiltro empacado de lecho fijo mediante balance de cantidad de momentum	243
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.922	243
INTRODUCCIÓN	244
DESARROLLO	244
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	244
OBJETO DE ESTUDIO	244
METODOLOGÍA	244

<i>FASE DE DESARROLLO 1:</i>	244
<i>FASE DE DESARROLLO 2:</i>	245
<i>FASES DEL DESARROLLO 3:</i>	246
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	246
<i>CONCLUSIÓN</i>	248
<i>REFERENCIAS</i>	248
Metodología de diagnóstico de Norma 001-SEDATU-2021 para cumplimiento de espacio público. Caso de Estudio: Cabecera del municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo, México.	249
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.923	249
<i>INTRODUCCIÓN</i>	250
<i>DESARROLLO</i>	250
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	250
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	250
<i>METODOLOGÍA</i>	250
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	251
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	251
<i>CONCLUSIÓN</i>	262
<i>REFERENCIAS</i>	263
TABLERO DE PRÁCTICAS AVANZADAS ALLEN-BRADLEY 1400 Y HMI DELTA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES	264
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.935	264
<i>INTRODUCCIÓN</i>	265
<i>DESARROLLO</i>	265
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	266
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	266
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	266
<i>METODOLOGÍA</i>	266
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	266
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	277
<i>CONCLUSIONES</i>	278
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	278
Análisis de Desplazamientos para Manufactura Aditiva Utilizando Correlación Digital de Imágenes Basado en Python	279
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.937	279
<i>INTRODUCCIÓN</i>	280
<i>DESARROLLO</i>	280

<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	281
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	281
<i>METODOLOGÍA</i>	281
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	282
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	286
<i>CONCLUSIÓN</i>	287
<i>REFERENCIAS</i>	287
Desarrollo de un Sistema Web para la Gestión Integral de Información y Documentación en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero: Arquitectura de Microservicios con Spring Boot y MySQL.	288
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.938	288
<i>INTRODUCCIÓN</i>	289
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	289
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	289
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	289
<i>METODOLOGÍA</i>	289
<i>FASES DE DESARROLLO</i>	290
<i>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</i>	293
<i>REFERENCIAS</i>	294
Desempeño de terminales contenedoras de Norte América: un análisis de eficiencia DEA (Data Envelopment Analysis (DEA) 2007-2008	295
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.942	295
<i>INTRODUCCIÓN.</i>	296
<i>DESARROLLO</i>	296
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	297
<i>OBJETIVO ESPECÍFICOS</i>	297
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	297
<i>METODOLOGÍA</i>	300
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	300
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	301
<i>CONCLUSIÓN</i>	304
<i>REFERENCIAS</i>	305
La Vitrina: innovación digital colaborativa para productores locales de moda	307
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.943	307
<i>INTRODUCCIÓN</i>	308
<i>DESARROLLO</i>	308

<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	309
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	309
<i>METODOLOGÍA</i>	309
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	309
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	311
<i>CONCLUSIÓN</i>	313
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	313
Implementación del diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales	314
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.939	314
<i>INTRODUCCIÓN</i>	315
<i>DESARROLLO</i>	315
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	315
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	315
<i>METODOLOGÍA</i>	316
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	316
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	318
<i>CONCLUSIÓN</i>	319
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	320
Estrategias de transformación organizacional: criterios para la toma de decisiones en las empresas	321
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.944	321
<i>INTRODUCCIÓN</i>	322
<i>DESARROLLO</i>	322
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	322
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	322
<i>METODOLOGÍA</i>	323
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	323
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	325
<i>CONCLUSIÓN</i>	325
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	326
Evaluación de <i>Ricinus Communis</i> para el control de plagas agrícolas	327
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.927	327
<i>INTRODUCCIÓN</i>	328
<i>DESARROLLO</i>	328
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	328

<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	329
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	329
<i>METODOLOGÍA</i>	329
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	329
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	331
<i>CONCLUSIÓN</i>	332
<i>REFERENCIAS</i>	333
Proceso de Auditoria mediante la Norma ISO 19011:2018	334
<i>INTRODUCCIÓN</i>	335
<i>DESARROLLO</i>	337
<i>OBJETIVOS</i>	337
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	337
<i>METODOLOGÍA</i>	337
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	337
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	340
<i>CONCLUSIÓN</i>	341
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	342
Impacto de la limpieza de datos en la calidad del análisis educativo	343
<i>INTRODUCCIÓN</i>	344
<i>DESARROLLO</i>	344
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	346
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	346
<i>METODOLOGÍA</i>	346
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	346
<i>RESULTADOS</i>	347
<i>DISCUSION</i>	349
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	349
Construcción y Evaluación de un Prototipo de Presentación Inmersiva con Uso de Hologramas, Realidad Aumentada y Virtual	350
<i>INTRODUCCIÓN</i>	351
<i>DESARROLLO</i>	351
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	351
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	351
<i>METODOLOGÍA</i>	351
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	352

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	353
<i>CONCLUSIÓN</i>	355
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	355
Diseño y Metodología de Construcción de un Chatbot Especializado en Biología mediante Tecnologías Web y enfoque Ágil	356
<i>INTRODUCCIÓN</i>	357
<i>DESARROLLO</i>	357
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	357
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	357
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	357
<i>METODOLOGÍA</i>	357
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	358
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	359
<i>CONCLUSIÓN</i>	360
<i>REFERENCIAS</i>	360
Construcción y Validación de un Chatbot Especializado en Biología para Consultas Científicas.	361
<i>INTRODUCCIÓN</i>	362
<i>DESARROLLO</i>	362
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	362
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</i>	362
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	362
<i>METODOLOGÍA</i>	363
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	364
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	365
<i>CONCLUSIÓN</i>	366
<i>REFERENCIAS</i>	366
Medición del balance multimodal en modelos CLIP médicos usando MM-SHAP	367
<i>INTRODUCCIÓN</i>	368
<i>DESARROLLO</i>	368
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	368
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	369
<i>METODOLOGÍA</i>	369
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	370
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	373
Experiencias de aprendizaje: Modelo de red redundante con protocolo STP para la mejora de la infraestructura de red	

de datos	375	
INTRODUCCIÓN		376
DESARROLLO		376
OBJETIVO GENERAL		376
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		376
OBJETO DE ESTUDIO		377
METODOLOGÍA		379
FASES DEL DESARROLLO		379
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		381
CONCLUSIÓN		381
BIBLIOGRAFÍA		382
Propuesta para la formación de docentes en inclusión educativa usando herramientas de accesibilidad digital	383	
INTRODUCCIÓN		384
DESARROLLO		384
OBJETIVO GENERAL		384
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		384
OBJETO DE ESTUDIO		385
METODOLOGÍA		385
FASES DEL DESARROLLO		386
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		386
CONCLUSIÓN		390
REFERENCIAS		390
Integración de Visión Robótica y Deep Learning para Inspección Automatizada de Calidad Industrial	392	
INTRODUCCIÓN		393
DESARROLLO		393
OBJETIVO GENERAL		393
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		393
OBJETO DE ESTUDIO		393
METODOLOGIA Y FASES DE DESARROLLO		393
FASES DE DESARROLLO		394
RESULTADOS		399
DISCUSIÓN		399
CONCLUSIÓN		400
BIBLIOGRAFÍA		400
Identificación de perfiles de riesgo en la salud mental de estudiantes mediante el análisis de agrupación	401	

INTRODUCCIÓN	402
DESARROLLO	402
OBJETIVO GENERAL	402
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	402
OBJETO DE ESTUDIO	402
METODOLOGÍA	402
FASES DEL DESARROLLO	403
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	406
CONCLUSIÓN	407
REFERENCIAS	407
Aspectos metodológicos de una investigación sobre inteligencia artificial en el aprendizaje	408
INTRODUCCIÓN	409
DESARROLLO	409
OBJETO DE ESTUDIO	411
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	411
METODOLOGÍA	411
FASES DEL DESARROLLO	412
CONCLUSIÓN	413
BIBLIOGRAFÍA	413
Evaluación de la Precisión Dimensional en Impresión 3D mediante un Diseño Factorial Completo	414
1. INTRODUCCIÓN	415
2. DESARROLLO	415
2.1. OBJETIVO GENERAL	415
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	415
2.3. OBJETO DE ESTUDIO	415
2.4. METODOLOGÍA	416
2.5. FASES DEL DESARROLLO	417
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	418
4. CONCLUSIÓN	419
5. BIBLIOGRAFÍA	420
Diseño y Construcción de un Sistema Robótico Autónomo para Transporte de Cargas “LEONIDAS”	421
INTRODUCCIÓN	422
DESARROLLO	422
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	423
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	423

<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	423
<i>METODOLOGÍA</i>	423
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	424
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	429
<i>CONCLUSIÓN</i>	429
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	430
Exploración del patrimonio cultural y turístico de las principales comunidades de Dolores Hidalgo: para una propuesta tecnológica de turismo sostenible	431
<i>INTRODUCCIÓN</i>	432
<i>DESARROLLO</i>	432
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	432
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	432
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	432
<i>METODOLOGÍA</i>	432
<i>FASES DEL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA INVESTIGACIÓN ACCIÓN</i>	432
<i>RESULTADOS</i>	434
<i>DISCUSIÓN</i>	434
<i>CONCLUSIÓN</i>	435
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	435
Impacto de la digitalización contable en la reducción del uso de papel: Un enfoque hacia la sostenibilidad y la eficiencia	436
<i>INTRODUCCIÓN:</i>	437
<i>DESARROLLO:</i>	437
<i>OBJETIVO</i>	437
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</i>	437
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	437
<i>METODOLOGÍA</i>	438
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	438
<i>RESULTADOS Y DISCUSIONES</i>	439
<i>CONCLUSIONES</i>	442
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	442
Análisis de condiciones laborales microempresas del noreste de Guanajuato, México	443
<i>INTRODUCCIÓN</i>	444
<i>DESARROLLO</i>	444
<i>OBJETIVO GENERAL:</i>	444

<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</i>	444
<i>METODOLOGÍA</i>	444
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	445
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	445
<i>CONCLUSIÓN</i>	448
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	448
Diseño de inversores para su uso en paneles solares. 449	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	450
<i>DESARROLLO</i>	450
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	450
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	450
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	450
<i>METODOLOGÍA</i>	451
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	452
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	456
<i>CONCLUSIÓN</i>	459
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	459
Diseño y Análisis de Actuadores Electrohidráulicos Para Dispositivo de Rehabilitación 460	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	461
<i>DESARROLLO</i>	461
<i>OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS</i>	461
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	461
<i>METODOLOGÍA</i>	461
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	462
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	468
<i>CONCLUSIÓN</i>	468
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	468
Un análisis documental sobre la gestión tecnológica en restaurantes, la satisfacción del cliente y competitividad. 469	
<i>INTRODUCCIÓN</i>	470
<i>DESARROLLO</i>	470
<i>OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO</i>	470
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	470
<i>METODOLOGÍA</i>	471
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	472

<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	472
<i>CONCLUSIÓN</i>	473
<i>REFERENCIAS</i>	473
Automatización de Fuentes de Abastecimiento, Tanques y Rebombes con Tecnología Raspberry PI	474
<i>INTRODUCCIÓN</i>	476
<i>DESARROLLO</i>	476
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	476
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	476
<i>METODOLOGÍA</i>	477
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	477
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	480
<i>CONCLUSIÓN</i>	481
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	481
Sistema De Detección Temprana De Indicadores De Autismo Mediante Procesamiento De Imágenes y Roboflow	482
<i>INTRODUCCIÓN</i>	483
<i>DESARROLLO</i>	483
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	484
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	484
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	484
<i>METODOLOGÍA</i>	485
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	485
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	486
<i>CONCLUSIÓN</i>	492
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	493
Mejora en el diseño para prótesis mecánica transfemoral	494
<i>INTRODUCCIÓN</i>	495
<i>DESARROLLO</i>	496
<i>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	496
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	496
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	496
<i>METODOLOGÍA</i>	497
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	497
<i>RESULTADOS</i>	501
<i>CONCLUSIÓN</i>	503

<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	503
Predicción de la rotación de personal mediante aprendizaje automático: un enfoque de clasificación binaria	504
<i>INTRODUCCIÓN</i>	505
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	505
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	505
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	505
<i>METODOLOGÍA</i>	506
<i>RESULTADOS</i>	508
<i>CONCLUSIONES</i>	511
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	512
Aprendizaje en pandemia como catalizador de las habilidades de los universitarios en Sabinas, Coahuila	513
<i>INTRODUCCIÓN</i>	514
<i>DESARROLLO</i>	514
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	514
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	514
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	514
<i>METODOLOGÍA</i>	514
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	515
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	515
<i>CONCLUSIÓN</i>	520
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	521
Norma VDA 6.3: Auditoria de Procesos	522
<i>INTRODUCCIÓN</i>	523
<i>DESARROLLO</i>	524
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	525
<i>METODOLOGÍA</i>	525
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	525
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	530
<i>CONCLUSIÓN</i>	530
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	530
Implementación de estrategias y recursos tecnológicos para la inclusión de adolescentes con capacidades diferentes en el aprendizaje de matemáticas.	531
<i>INTRODUCCIÓN</i>	532
<i>DESARROLLO</i>	532
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	532

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	532
OBJETO DE ESTUDIO	533
METODOLOGÍA	533
FASES DEL DESARROLLO	534
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	538
CONCLUSIÓN	541
BIBLIOGRAFÍA.	541
Análisis Integral de Riesgos Laborales en el Sector Canterero de Huichapan, Hidalgo.	542
<i>Mtra. Ana Isabel Ramírez Sabino¹; Mtra. Silvia Guerrero Sánchez²; Dr. Antonio Aguilar López³, Ing. Ailyn Michelle Sánchez Rojo⁴</i>	542
INTRODUCCIÓN	543
DESARROLLO	544
OBJETIVO GENERAL	544
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	544
OBJETO DE ESTUDIO	544
METODOLOGÍA	544
FASES DEL DESARROLLO	544
RESULTADOS	545
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	547
CONCLUSIÓN	548
BIBLIOGRAFÍA	548
Determinación de la calidad del agua purificada para consumo humano en Rodeo, Durango, México	549
INTRODUCCIÓN	550
DESARROLLO	550
OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	552
OBJETO DE ESTUDIO	552
METODOLOGÍA	552
FASES DEL DESARROLLO	553
RESULTADOS	555
DISCUSIÓN	556
CONCLUSIÓN	557
BIBLIOGRAFÍA	557
Tecnopedagogía aplicada al aula en el Nivel Superior	561
INTRODUCCIÓN	562
DESARROLLO	562

<i>OBJETIVO GENERAL</i>	562
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	562
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	562
<i>METODOLOGÍA</i>	562
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	563
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	570
<i>CONCLUSIÓN</i>	572
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	573
Percepción y acercamiento de estudiantes de primaria a la ciencia: Un estudio diagnóstico en quinto grado	574
DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.941	574
<i>INTRODUCCIÓN</i>	575
<i>DESARROLLO</i>	575
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	575
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	575
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	575
<i>METODOLOGÍA</i>	575
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	576
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	576
<i>CONCLUSIÓN</i>	579
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	580
Diseño de uso de hologramas, realidad aumentada y virtual para creación de un prototipo de una presentación	581
<i>INTRODUCCIÓN</i>	582
<i>DESARROLLO</i>	582
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	582
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	582
<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>	582
<i>METODOLOGÍA</i>	584
<i>FASES DEL DESARROLLO</i>	584
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	585
<i>CONCLUSIÓN</i>	585
<i>REFERENCIAS</i>	585

Desarrollo de celda de carga para medir torque

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.878

Álvaro Sánchez Rodríguez¹, Luis Alejandro Alcaraz Caracheo², Jaime Gallardo Alvarado³, Salvador Martín Aceves Saborio⁴,
Ramón Rodríguez Castro⁵, Horacio Orozco Mendoza⁶,

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, alvaro.sanchez@itcelaya.edu.mx

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, jaime.gallardo@itcelaya.edu.mx

⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, salvador.aceves@itcelaya.edu.mx

⁵Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, ramon.rodriguez@itcelaya.edu.mx

⁶Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Celaya, horacio.orozco@itcelaya.edu.mx

Línea de investigación: Ingeniería Mecánica

Resumen

Se presenta el desarrollo de celda carga usando un eje hueco de acero instrumentado con galgas extensiométricas usando un arreglo de puente de Wheatstone, se trabaja en el rango lineal del comportamiento en la zona elástica del material para medir micro deformaciones, esfuerzos normales a tensión y compresión para medir el torque dinámico aplicado mediante el principio de la ley de Hooke. También se modela matemáticamente mediante la teoría de torsión para relacionar las micro deformaciones en el rango elástico que suceden en el eje sólido hueco y las cargas de torsión que generan esfuerzos normales y de torsión según el material. Los resultados de calibración presentan una incertidumbre de la medición de 0.974, confiabilidad del 95% y error de 1.76%. Los valores de medición con la celda de carga de torque en ejes sólidos y huecos, flechas de velocidad constante con variación de los parámetros principales de ángulo y velocidad angular teóricas y experimentales son menores de 5%. La celda de carga para medir torsión se desarrolló de manera original y en especial para las características que presenta un banco de pruebas dinámicas NVH de mucho menor costo que las comerciales.

Palabras clave: diseño, galgas extensiométricas, microdeformaciones, puente de Wheatstone, torsión.

Abstract

The development of a load cell using a hollow steel shaft instrumented with strain gauges using a Wheatstone bridge arrangement is presented. It works in the linear range of behavior in the elastic zone of the material to measure micro deformations, normal stresses in tension and compression to measure the applied dynamic torque using the principle of Hooke's law. It is also mathematically modeled using torsion theory to relate the micro deformations in the elastic range that occur in the hollow solid shaft and the torsional loads that generate normal and torsional stresses depending on the material. The calibration results present a measurement uncertainty of 0.974, 95% reliability and error of 1.76%. The measurement values with the torque load cell on solid and hollow shafts, constant velocity shafts with variation of the main theoretical and experimental parameters of angle and angular velocity are less than 5%. The load cell for measuring torsion was originally developed and especially for the characteristics of a dynamic NVH test bench, which is much lower cost than commercial ones.

Keywords: design, microstrains, strain gauges, torsion, Wheatstone bridge.

INTRODUCCIÓN

El torque es una fuerza que hace que un objeto gire alrededor de un punto o un eje, también es un par que determina la "fuerza de torsión" conocida como fuerza de rotación. Si lo observamos como un vector con la regla de la mano derecha, el dedo pulgar indica la dirección de la fuerza y el doblar de los dedos el sentido de rotación como en el caso de los tornillos. La medición del par torsional de ejes sólidos o huecos es muy importante en el diseño de equipos y máquinas, es la mejor manera de saber que cumple con las especificaciones deseadas, Richard et, al 2018.

Tioli (2012) define las celdas de carga como instrumentos de medición de fuerza que cada vez se utilizan más en la industria, la ingeniería, por universidades en investigación, en los laboratorios de ensayo para el control de calidad de materiales en general. Las celdas de carga son básicamente transductores, es decir, dispositivos que convierten energía mecánica en señales eléctricas. El término celda es utilizado de forma conveniente para describir un transductor compacto.

Las celdas de carga son instrumentos electrónicos que miden fuerza (carga), utilizando como principio la Ley de Hooke. Tioli (2012). Establece que el principio aplicado en la celda de carga aprovecha las propiedades elásticas de un material, en este caso el acero y mediante el uso de galgas extensométricas (strain gages), se mide la deformación unitaria del elemento elástico y se relaciona con el valor de la fuerza aplicada sobre él mediante los esfuerzos distribuidos en la sección de trabajo, Humberto

En este documento se presenta el diseño de celda de carga para medir torque en ejes sólidos, huecos y flechas de velocidad constante (FVC), mediante una barra hueca instrumentada con galgas extensiométricas y usando el puente de Wheatstone; instalada en un banco de pruebas dinámicas NVH para medir ruido, vibración, torque, velocidad y ángulo entre otros.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General

Desarrollar celda de carga para medir torque en componentes mecánicos en especial en flechas de velocidad constante mediante un banco de pruebas dinámicas.

Objetivo Específicos

- Definir los parámetros y requerimientos
- Determinar los materiales requeridos
- Realizar los cálculos de esfuerzos y deformaciones
- Fabricar y seleccionar los componentes
- Realizar el ensamble de la celda de carga
- Calibrar la celda de carga en las condiciones de trabajo
- Realizar mediciones de torque en componentes mecánicos

OBJETO DE ESTUDIO

Desarrollar una celda de carga adaptada especialmente en un banco de pruebas dinámicas que mida torque de manera confiable en ejes sólidos, huecos y flechas de velocidad constante sobre cada uno de sus componentes mientras está girando a altas revoluciones y diferentes ángulos con valores aproximados a los que se presentan en los vehículos.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de celda de carga para medir fuerza axial se utilizó la metodología en cadena simple, que permite un desarrollo estructurado sencillo y secuencial. La Figura 1 muestra las etapas del proceso.

Figura 1

Modelo de metodología en cadena



Fuente: elaboración propia

FASES DEL DESARROLLO

Descripción de galgas extensimétricas

Desde el punto de vista de instrumentación, es necesario colocar 4 galgas extensométricas sobre la parte central del cuerpo de la celda de carga, y realizar conexiones eléctricas de manera que se forme un circuito conocido como Puente de Wheatstone, el cual permite contrarrestar esfuerzos no deseados. En la Figura 1 se muestra el esquema del Puente de Wheatstone y el arreglo en que deben distribuirse las galgas extensométricas sobre el cuerpo de la celda de carga. Tioli (2012) menciona que el puente de Wheatstone funciona de la siguiente forma: las galgas extensométricas R_1 y R_2 miden la deformación axial. Si se presenta flexión, sus efectos en las galgas R_1 y R_2 serán iguales, pero de signos opuestos, lo cual los cancela.

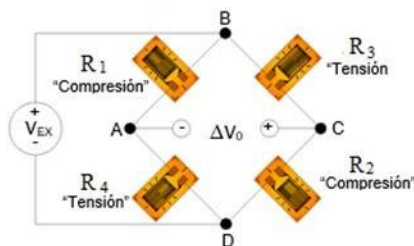
Las galgas R_3 y R_4 , van a eliminar los efectos ocasionados por la variación de temperatura. Entre las ventajas del Puente de Wheatstone debidas a su forma de operar se tienen:

1. Mide las deformaciones unitarias con bastante precisión y exactitud.
2. Es muy sensible, lo cual es deseable para detectar deformaciones unitarias muy pequeñas, del orden de 1×10^{-6} m (micras). [2]
3. Hay un efecto propio del circuito de auto compensación por temperatura en un rango que usualmente se encuentra 18°C y los 35°C aproximadamente, lo cual le permite trabajar adecuadamente sin tener que hacer correcciones por este efecto. Esta propiedad es válida siempre y cuando las variaciones de temperatura durante su utilización sean muy graduales.
4. Se pueden compensar esfuerzos no deseados al cancelar sus efectos, producto de alguna excentricidad al aplicar la carga (BLH Electronics, s.f.). Humberto Tioli (2012).

Aprovechando aún más las propiedades que presenta un eje hueco se instrumenta con cuatro galgas extensiométricas tipo CEA-06-062UV-350 dispuestas de dos en dos a tensión y compresión para formar el puente de Wheatstone, al deformarse el eje a 90° angularmente debido al torque aplicado este se deforma linealmente a tensión y compresión a 45° ; las 4 galgas dispuestas a tensión y compresión emiten un voltaje total que es proporcional a la deformación y al torque aplicado.

Figura 2

Diagrama del puente de Wheatstone



Fuente: Akhtar et.al. (2000).

Selección de material para la celda de carga

La selección de los materiales para la construcción de cualquier celda de carga en general, es determinante para su buena operación. De nada vale realizar un buen diseño, si los materiales utilizados para su construcción no cumplen con ciertos requisitos mínimos. Tioli (2012) menciona que el acero es el primer material que se escoge para diseñar y luego construir una celda de carga. El acero se utiliza para el cuerpo de la celda de carga, componente principal. Específicamente en este caso se utilizó acero AISI 1020. Si bien es cierto, esta clase de acero no es común en la fabricación de celdas de carga, la experiencia ha demostrado que tiene un buen desempeño en celdas de trabajo, aparte de que es de bajo costo y fácil de maquinar.

La característica más deseable del acero es su comportamiento prácticamente lineal en el rango elástico, lo que hace que sea ampliamente utilizado para la fabricación de celdas de carga. Se pueden utilizar otros materiales como el aluminio, sin embargo, su comportamiento en el rango elástico no es confiablemente lineal, lo cual dificulta el proceso.

Requerimientos

Se desea cumplir con algunas características de funcionamiento de las flechas de velocidad constante (FVC) que se utilizan en la tracción de los vehículos, de manera general consta de tres partes, una junta fija con movimiento de rotación en los tres ejes, un semieje y una junta deslizante, esta última, además de tener los tres movimientos de rotación de la junta anterior, incluye un movimiento de deslizamiento que genera una fuerza axial. La fuerza axial depende de los valores de velocidad de rotación, el ángulo de inclinación

debido a la variación de altura y el torque de las FVC. Estos valores varían de 0 a 1500 rpm, de 0 a 27° ángulo de inclinación y 0 a 1500 Nm de torque para generar fuerzas axiales de 0 a 300 N.

Diseño de celda de carga

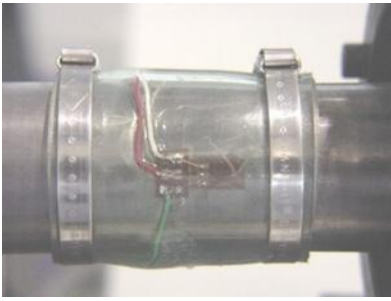
La celda de carga de torque es una estructura de barra de acero 1020 circular hueca soldada por un extremo a un plato circular que facilita el montaje al sistema motriz del banco dinámico NVH para el que fue diseñado y adaptado como se muestra en la figura 3. Instrumentado por galgas extensiométricas para medir el efecto de tensión y compresión por torsión debido al torque que se transmite en una flecha de velocidad constante (FVC) mediante el sistema motriz del banco NVH; mientras se encuentra girando y se adapta para el montaje y desmontaje de ejes sólidos y huecos flechas de velocidad constante.

Los cables de conexión se hacen pasar por un agujero en la parte intermedia de la barra hueca y se conectan a un extremo mediante un anillo deslizante (slip ring). El anillo deslizante tiene la función de transmitir la señal en forma de voltaje a la computadora.

Aunque los circuitos de conexión están protegidos con una capa de laca se usa un cobertor que es un componente de la celda de carga, el cual consiste en un cilindro hueco, que se ubica alrededor del cuerpo de la celda de carga, cuya misión es mejorar la protección los componentes sin afectar las mediciones. Este cobertor es de acrílico con abrazaderas ajustables en los extremos de acero inoxidable evitando inducir esfuerzos o cargas adicionales, ver figura 3.

Figura 3.

Construcción de celda de carga para medir torque



Fuente: Elaboración propia

En el banco dinámico NVH se monta directamente un eje sólido o hueco o una flecha de velocidad constante para medir el par de torsión mientras el sistema está girando como en este caso, mediante un plato circular con guías unidas por chavetas que aseguran que queden alineados y sujetos mediante tornillos como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Banco de pruebas dinámicas NVH



Fuente: Elaboración propia

Modelación de esfuerzos y deformaciones

Al aplicar torque en el sistema, este se distribuye por igual en todos los elementos que lo conforman, la celda de carga de torque entonces es el soporte adaptador de junta lado polea descrito anteriormente y cuyo diseño se mostró también. Considerando dos galgas extensiométricas tipo CEA-06-062UV-350 A y B orientadas en ángulos $\theta_A = -\theta_B$ con respecto al eje x mostrado en la figura 2. La deformación a lo largo de los ejes de las galgas está dada por una forma modificada como:

$$\varepsilon_A = \frac{s_{xx} \pm s_{yy}}{2} + \frac{s_{xx} \pm s_{yy}}{2} \cos 2\theta_A + \frac{\gamma_{xy}}{2} \sin 2\theta_A \quad (1)$$

$$\varepsilon_B = \frac{s_{xx} \pm s_{yy}}{2} + \frac{s_{xx} \pm s_{yy}}{2} \cos 2\theta_B + \frac{\gamma_{xy}}{2} \sin 2\theta_B \quad (2)$$

De las ecuaciones anteriores, la deformación de corte γ_{xy} es:

$$\gamma_{xy} = \frac{2(s_A - s_B) - (s_{xx} - s_{yy})(\cos 2\theta_A - \cos 2\theta_B)}{\sin 2\theta_A - \sin 2\theta_B} \quad (3)$$

Si las galgas A y B son orientadas como $\theta_A = -\theta_B$ la ecuación se reduce:

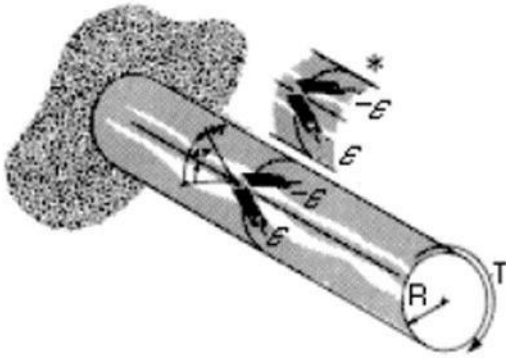
$$\gamma_{xy} = \frac{2(s_A - s_B)}{\sin 2\theta_A - \sin 2\theta_B} = \frac{s_A - s_B}{2 \sin 2\theta_A} \quad (4)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{s_A - s_B}{2} \quad (5)$$

O sea que esta ecuación muestra que γ_{xy} puede medirse con dos rosetas de elemento rectangular orientadas 45° y -45° respecto al eje X y conectarlo en la galga en R1 y el otro en el R4 del puente. La diferencia de cambio angular $\theta_A - \theta_B$ se realiza automáticamente en el puente y la salida dará $2\gamma_{xy}$, ver figura 5

Figura 5

Arreglo de galgas extensiométricas para medir torque en barra hueca



Fuente: Bray et.al. (1990)

$$\gamma_{Máx} = 2\varepsilon = \frac{4T}{\pi ER^3} (1 + \nu) \quad (6)$$

Para barras sólidas y huecas circulares:

$$T = \frac{GJ\gamma_{xy}}{\frac{D}{2}} = \frac{GJ}{\frac{D}{2}} \quad (7)$$

El momento polar de inercia en barras circulares huecas se obtiene como:

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \quad (8)$$

Considerando la sensibilidad para elementos sólidos y huecos de sección circular es como:

$$T = \frac{G l \gamma_{xy}}{\frac{D}{2} \epsilon_{sens}} \quad (9)$$

Para ejes redondos el valor con galgas dispuestas como se muestra en la figura 2 la Sensibilidad toma el valor de $4(1+0.3) = 5.2$ ver referencia [3].

Calibración de celda de carga

Los resultados de la calibración son el indicativo del buen funcionamiento de la celda de carga. Dependiendo de los resultados, se puede determinar si la celda cumple o no con los requerimientos para el fin propuesto, en este caso es la comprobación en banco de pruebas dinámicas. En términos generales, se puede decir que la celda de carga funciona bien para trabajo o para comprobaciones intermedias, si en los resultados de su calibración se reportan errores inferiores al 5% de la lectura, con una incertidumbre expandida también razonablemente baja, la cual podría rondar alrededor de 2% de la lectura. Tioli (2012) menciona que mediante la calibración, se relacionan las deformaciones medidas por la celda de carga con un valor de fuerza aplicada sobre ella.

En muchos casos, dependiendo del tipo de lectora, es posible configurarla para que muestre valores de fuerza de forma directa, ya sea en kiloNewton (kN), libras (lb). Es importante que la calibración se realice por personal altamente calificado, siguiendo los procedimientos adecuados, preferiblemente aquellos que están basados en normas internacionales, como la ISO 376 (2004) o ASTM E74 (2009) y utilizando patrones adecuados, por ejemplo, celdas de carga específicas.

Equipos utilizados para la calibración:

1.- Actuador de fatiga torsional: Schenck Pegasus;

- Torque ± 3 KNm,
- Long. Máx.: 1.3m.
- Long. mín: 0.3m.
- Frecuencia 0-9Hz
- Desplazamiento angular: $\pm 50^\circ$.

2.- Soporte para calibración de celda de carga para medir torque.

3.- Tornillos y tuercas cuadradas de sujeción.

4.- Indicador de deformaciones P-3500 measurements group, Instruments división.

5.- Multímetro digital 34401A HP.

6.- Cables coaxiales para conexión equipos.

7.- Galgas extensiométricas para torsión.

- tipo CEA-06-062UV-350.
- Resistencia en ohms a 24°C $350 \pm 0.4\%$.
- factor de galga: $2.1150 \pm 0.5\%$.
- Sensitividad transversal: $1.2 \pm 0.2\%$.

Instalación de equipos para la calibración

Se recomienda realizar limpieza previa en las zonas expuestas de la máquina donde se van a colocar los instrumentos de medición y los cables de interfase. La instrumentación se realizó de la siguiente manera:

1.- Se utilizaron dos herramentales que se adaptan a un extremo del herramental (lado soporte) atornillado como se muestra en la figura 6, estos fueron identificados como herramentales de calibración de celda de carga torsional para banco NVH.

2.- También en el otro extremo del herramental (lado actuador) se acondicionó un herramental especial para la calibración, lo peculiar es una chaveta que facilita el ensamble del eje libre para transmitir el torque, como se muestra en la figura 6. Se identificó como herramental lado actuador para calibrar celda de carga torsional para banco NVH.

Figura 6
Calibración de celda de carga

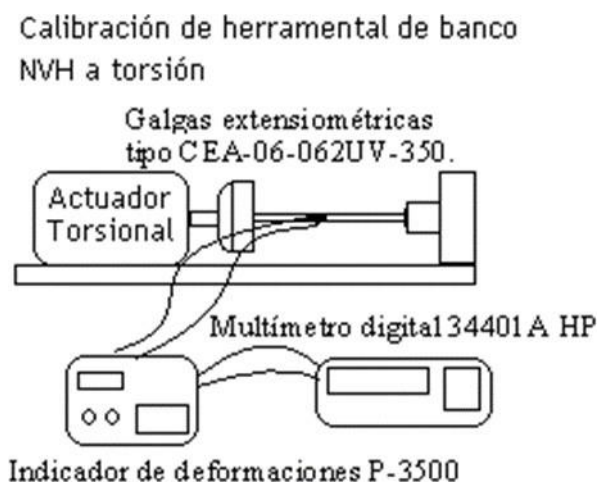


Fuente: Elaboración propia

Conexiones de equipos: las conexiones se muestran en el diagrama de la figura 7.

Figura 7

Conexión de equipos para calibrar y medir en celda de carga de torque



Fuente: elaboración propia

La calibración de celda de carga para medir torque se realiza con un actuador lineal de torque de manera estática como se mostró en la figura 7, el actuador lineal esta calibrado por medio de una celda de carga patrón tipo tensión-compresión Eaton, y este calibrado anualmente a su vez con el patrón primario de carga de CENAM (Centro Nacional de Metrología de México en Querétaro).

En el caso de la calibración de torque se usa un actuador rotatorio como se mostró en la figura 6, que es calibrado también por la misma celda de carga del tipo tensión y compresión Eaton por el principio del brazo de palanca.

Las calibraciones de las celdas contemplan precisamente el arreglo de puente de Wheatstone y trabajan la forma estática. Para realizar una calibración de manera dinámica se usa un actuador rotatorio dinámico con celdas de carga para medir torque dinámico.

Procedimiento de calibración y medición

A continuación, se presenta el procedimiento de la calibración de la celda de carga para medir torque:

- Como se muestra en la figura 6 se monta el herramental en el actuador lineal teniendo el debido cuidado de la manipulación de los cables para no trozarlos.
- Se conectan los cables de la celda de carga al indicador de deformaciones en los colores correspondientes considerando puente completo.
- Para que la celda de carga funcione adecuadamente a través del tiempo, se aprovechan las propiedades elásticas del acero, en este caso AISI 1020. Tioli (2012) desea que la celda de carga funcione siempre en el rango elástico del material. Para asegurar esta condición, se debe considerar un factor de seguridad que debe rondar entre un 10% y un 50% (Measurements Group, 1988).

d. Se realiza una comparación de las lecturas que ofrece la nueva celda contra un patrón y reportar los errores, es decir, las diferencias con respecto al patrón. El patrón de calibración es generalmente otra celda de carga de mayor exactitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de calibración de la celda de torque

A continuación, se presentan los resultados de carga contra voltaje de la calibración celda de carga torsional para banco dinámico NVH mostrados en la figura 2 valores graficados:

Los valores se programan también en Displays EATONS dividiéndolos por un factor de 1.15 por la resistencia utilizada de 60 Ohms, por lo que los valores a programar son:

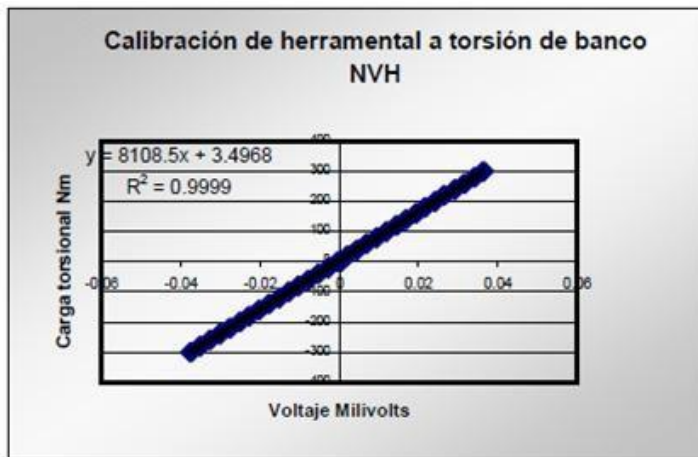
$$Y = (8108.5X - 3.49) / 1.15 = 7051X - 3.03 \quad (10)$$

Como los display Eatons solo acepta valores de cuatro cifras entonces la ecuación a utilizar es:

$$Y = 7051X - 3 \quad (11)$$

Al correr los valores con los displays Eatons, se encontró que los valores son muy cercanos, como se muestra en la figura 8. Los valores tienen tendencia lineal como se muestra en la figura 8, lo que es un excelente indicativo de la medición, con confiabilidad del 99.99%. Los resultados se presentan en milivolts contra carga torsional en un rango de -300 Nm a +300 Nm.

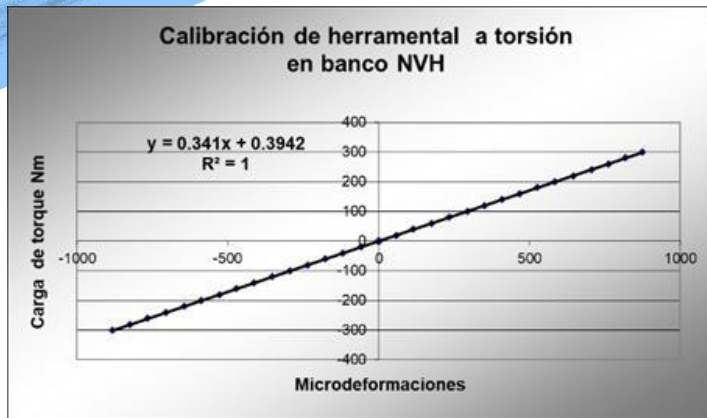
Figura 8
Resultados de calibración de celda de carga voltaje vs torque



Fuente: Elaboración propia

Ahora los valores en micro deformaciones al convertir los milivolts por las ecuaciones anteriormente mostradas, contra carga torsional en el rango de -300 Nm a +300 Nm, el comportamiento lineal presenta la confiabilidad de medición en el rango elástico del eje hueco, ver figura 9.

Figura 9
Resultados de calibración de celda de carga micro deformación vs torque



Fuente: Elaboración propia

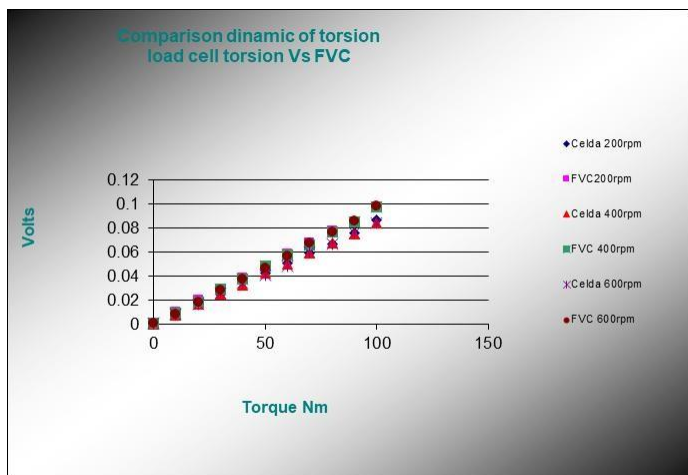
Mediciones dinámicas con celda de carga para medir torque

La calibración de celda de carga se realizó de manera estática como ya se mencionó en el tema anterior, para realizar mediciones dinámicas de torque en banco dinámico NVH, se utilizó una flecha de velocidad constante tamaño denominada 2300i, se utilizó grasa JD Amoko Ricon como comúnmente se realiza para lubricar la junta fija que va de lado rueda y junta deslizante que va de lado transeje buscando atenuar los efectos de las fuerzas internas y no inducir esfuerzos indeseados en el sistema, además se consideró variar la velocidad en 200, 400 y 600 rpm's y también se variaron los valores de torque de 0 a 100 Nm. Los resultados logrados se observan con tendencias lineales favorables con variaciones muy insignificantes como se muestran en la gráfica de la figura 10. Las condiciones de prueba se ajustaron a la especificación japonesa NEM KD2 27003/1990-8 (1990) para los valores de NVH de la capacidad del banco de pruebas

Es importante que el equipo utilizado para la calibración de la celda de carga en este caso un actuador rotacional, se halla actualmente calibrador por el Centro Nacional de Metrología en México y ocasionalmente por el distribuidor de este tipo de actuador es que se encuentran en Estados Unidos.

También mencionar que las lecturas logradas se obtuvieron mediante dispositivos denominados anillos deslizante (Slip Ring), que se utilizan para realizar mediciones de torque mientras el sistema se encuentra rotando.

Figura 10
Mediciones dinámicas de torque



Fuente: Elaboración propia

Se pueden observar que las tendencias de las curvas de fuerza axial para las 3 flechas de velocidad constante comparadas con los resultados arrojados por la Celda de carga son semejantes. El resultado de calibración para la celda carga de torque presentó un error de 1.76% e incertidumbre de 0.974, lo cual proporciona garantía en la medición de torque en el sistema.

CONCLUSIONES

Es posible diseñar y construir celdas de carga originales para aplicaciones propias en cualquier equipo deseado con excelente calidad y de mucho menor costo que las comerciales, apropiadas para la comprobación de máquinas de fuerza en laboratorios de ensay o. La metodología para el diseño puede ser aplicada por cualquier estudiante o profesional en ingeniería con conocimientos básicos de mecánica de materiales.

La construcción de la celda se puede realizar en talleres de mecánica de precisión. La instrumentación requiere de habilidad para la colocación de galgas extensiométricas. Adicionalmente, en el país existe la disponibilidad del servicio de calibración de instrumentos de medición de fuerza, lo cual es de gran ayuda para determinar si las celdas de carga construidas cumplen con los requisitos mínimos de precisión, exactitud e incertidumbres para los fines propuestos.

Lo anterior como ya se mencionó permite que un laboratorio con una inversión relativamente baja pueda tener sus propias celdas de carga para comprobación. Estas celdas constituyen valiosas herramientas para el control metrológico de los equipos de fuerza de los laboratorios de materiales de construcción para obra civiles y el aseguramiento de la calidad de los resultados emitidos. En caso de que una celda de carga se dañe, puede ser reparada fácilmente, siguiendo la metodología expuesta en este documento.

El costo total de fabricación y calibración de la celda de carga es relativamente bajo, comparado con la compra de un instrumento de este tipo bajo las mismas condiciones, aparte de los beneficios y la confianza que se genera en el laboratorio con respecto a los resultados de los ensayos realizados.

El logro de este proyecto fue implementar celda de carga para medir torque en el banco dinámico NVH, mientras las flechas de velocidad constante se encuentran operando a la velocidad, carga y ángulos deseados. Esta solución es mejor que trabajar con celdas comerciales, porque el costo es 5 veces mayor a las que se diseñaron, su desempeño técnico no sería satisfactorio, puesto que quitan espacio a la carrera de las flechas de velocidad constante. Sin embargo, como se observó la celda de carga para medir torque que implementó en el banco dinámico NVH, forma parte del soporte fijo de uno de los extremos del sistema motriz.

REFERENCIAS

- Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett, (2018) Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 10a edición, McGraw Hill.
- Humberto Tioli Alejandro Navas, (2012). Diseño y construcción de celdas de carga para comprobaciones intermedias de máquinas de fuerza, Ingeniería 22 (1): 57-68, ISSN: 1409-2441; San José, Costa Rica.
- A. Bray, G. Barbato and R. Levim, (1990). Theory and Practice of Force Measurement”, Academic Press.
- Akhtar S. Khan and Xinwei Wang, (2000). Strain Measurements and Stress Analysis; Prentice Hall.
- I.K. Leadbetter, “ Driveline NVH Handbook”, GKN Automotive car&light Vehicle Division. GKN Technology.
- Audi 1002.2.E, (1990). Caractérisation du Shudder Sur Véhicule »,; Report No. ESS277.90.
- R. Genway-Haden, (1993). Evaluation of parameters Causing Vehicle Shudder; Report No. 5365.
- A Tucker-Peake, R Genway-Haden, (1992). The development of a vehicle Shudder, Test; Report No: 5363.
- Applications of B&K Equipment to Strain Measurements, Bruel & Kjaer.
- James W. Dally, William F. Riley, (1973). Experimental stress análisis, Mc Graw Hill, tercera edición.
- Especificación Japonesa Nem KD2 27003 / 1990-8.

Diseño y Desarrollo de Prototipo Móvil para Plataforma de Gestión de Servicios

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.879

Eduardo Vite Ramírez¹, Norma García Romero², Gonzalo Vargas Amador³, Carlos Iván Crespo Alvarado⁴

¹Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / eduardo.vite.ramirez@utxicotepec.edu.mx

²Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / norma.garcia@utxicotepec.edu.mx

³Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / gonzalo.vargas.amador@utxicotepec.edu.mx

⁴Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / 210237@utxicotepec.edu.mx

Línea de investigación: Software

Resumen

Este trabajo detalla el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para microempresarios y emprendedores de Xicotepec de Juárez y municipios cercanos. El aumento poblacional ha elevado la demanda de servicios locales, promoviendo emprendimientos que muchos usuarios desconocen, lo que los lleva a buscar alternativas fuera de la región. Para abordar esta problemática, se creó Servinet, un prototipo diseñado en Figma y desarrollado en Flutter, conectando de forma segura y práctica a proveedores y usuarios. Su propósito es optimizar la gestión de servicios mediante una interfaz intuitiva y escalable, construida con sketches, wireframes y mockups en Figma, e implementada con widgets personalizados en Flutter. Utiliza datos simulados en JSON y endpoints en FastAPI, Render y Aiven para pruebas de conexión en tiempo real. Su identidad gráfica, basada en naranja (#FA804E) y azul (#058D9D) con un logotipo animado, destaca su singularidad. Aunque los resultados preliminares son prometedores, el backend necesita mejoras para asegurar un flujo de datos consistente. Compatible con Android 10+, incluye pantallas de registro, servicios y reservas, con un menú de hamburguesa. Servinet impulsa la economía local y se adapta a tendencias futuras.

Palabras clave – Back-end, Figma, Flutter, Interfaz, Servinet

Abstract (En esta sección se traduce al inglés el resumen anterior)

This project presents the development of a mobile application prototype aimed at micro-entrepreneurs and startups in Xicotepec de Juárez and nearby municipalities. Population growth has increased the demand for local services, fostering entrepreneurship that is often overlooked by users, leading them to seek external alternatives. To address this, the Servinet prototype was created using Figma and Flutter, securely and efficiently connecting providers and users. Its goal is to streamline service management through an intuitive and scalable interface, designed with sketches, wireframes, and mockups in Figma, and built with custom widgets in Flutter. It integrates simulated data via JSON and endpoints using FastAPI, Render, and Aiven for real-time connection testing. Its visual identity, featuring orange (#FA804E) and blue (#058D9D), along with an animated logo, enhances its uniqueness. While preliminary results are promising, the backend requires improvements to ensure consistent data flow. Compatible with Android 10+, the app includes registration, service selection, and booking screens, all navigated via a hamburger menu. Servinet supports the local economy and adapts to future trends, offering an optimized user experience.

Keywords – Back-end, Figma, Flutter, Interface, Servinet

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han transformado la vida humana, impulsando cambios en la forma de producir, trabajar y vivir. Desde la producción en masa en el siglo XX hasta la sustitución de materiales y fuentes de energía, la modernización ha permitido optimizar procesos y responder a nuevas necesidades. Aunque aún se depende de tecnologías como la combustión interna, se han desarrollado alternativas como las baterías de litio y la energía atómica, que buscan ser más eficientes y seguras. Estos avances han marcado la evolución de los dispositivos que utilizamos a diario, desde los más sencillos hasta los más complejos.

En la actualidad, la tecnología se centra en simplificar tareas y conectar a las personas mediante plataformas digitales. Servicios como redes sociales, aplicaciones de mensajería, comercio electrónico y streaming se han integrado en la vida cotidiana, creando comunidades de usuarios que buscan experiencias únicas y personalizadas. Sin embargo, estas plataformas también plantean retos, ya que requieren dispositivos modernos y una conexión estable, lo que limita el acceso de algunos usuarios. Para ello, los desarrolladores buscan equilibrar innovación con accesibilidad, diseñando servicios que mantengan identidad propia y garanticen una experiencia inmersiva y satisfactoria.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un prototipo móvil para una plataforma de gestión de servicios, utilizando Figma como herramienta de diseño y posteriormente utilizar Flutter como framework para la construcción del prototipo, con el fin de garantizar una interfaz intuitiva y funcionalidad eficiente que optimice la experiencia del usuario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar prototipos digitales utilizando herramientas como Figma, Adobe XD e Illustrator, aplicando principios de composición visual, teoría del color y reglas de UI/UX para garantizar un diseño funcional y estético.
- Implementar metodologías y buenas prácticas de diseño como Kanban, diseño responsivo y técnicas de accesibilidad, asegurando interfaces usables, adaptables e inclusivas para diferentes usuarios y dispositivos.
- Analizar, validar y documentar el proceso de diseño mediante investigaciones, pruebas de usabilidad con usuarios reales y registro de decisiones clave, con el fin de orientar mejoras continuas y garantizar la reproducibilidad del proyecto.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este proyecto es el diseño de un prototipo móvil de una plataforma de gestión de servicios, enfocado en el análisis de la experiencia del usuario, la implementación de interfaces intuitivas y la integración de funcionalidades eficientes mediante el uso de herramientas de diseño (Figma) y posteriormente en trabajos a futuro con frameworks de desarrollo multiplataforma (Flutter).

METODOLOGÍA

Cada desarrollo necesita una metodología clara que permita estructurar y gestionar eficientemente cada fase del proyecto, desde el diseño, análisis y construcción, hasta la maquetación, desarrollo, ejecución y pruebas de funcionalidad. Para ello, se diseña un plan de trabajo específico que facilite el control de cada etapa y garantiza un flujo de trabajo organizado y eficiente.

Tradicionalmente, se utilizaban metodologías de desarrollo robustas y estructuradas, como el modelo en cascada, el modelo espiral y el desarrollo incremental. Sin embargo, estas metodologías, aunque efectivas en ciertos contextos, suelen requerir largos períodos de desarrollo, extendiéndose por meses o incluso años, debido a retrasos y problemas que pueden dificultar el avance del proyecto.

Ante estos desafíos, han surgido y ganado popularidad las metodologías ágiles, como Scrum, Kanban y Extreme Programming (XP), las cuales se centran en ciclos cortos de desarrollo (sprints), promoviendo la entrega continua de avances y permitiendo ajustes rápidos según las necesidades del proyecto. Estas metodologías no solo optimizan los tiempos de desarrollo, sino que también fomentan una mayor colaboración entre los equipos y una mejor capacidad de respuesta ante cambios o imprevistos. De acuerdo a Navarro, Fernández y Morales, en su artículo, La revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software, mencionan que; las metodologías tradicionales de desarrollo de software son orientadas por planeación, inician el desarrollo de un proyecto con un riguroso proceso de licitación de requerimientos, mientras que las metodologías ágiles son flexibles y pueden ser modificadas para ajustes a la realidad de cada equipo y proyecto, [9].

En este contexto, el proyecto adoptará la metodología Kanban, ya que resulta especialmente práctica para el prototipado visual de la aplicación a desarrollar, esta metodología facilita la organización de tareas mediante tableros visuales, lo que permite un seguimiento claro del progreso, una distribución eficiente del trabajo y una mejora continua en el flujo de desarrollo.

FASES DE DESARROLLO

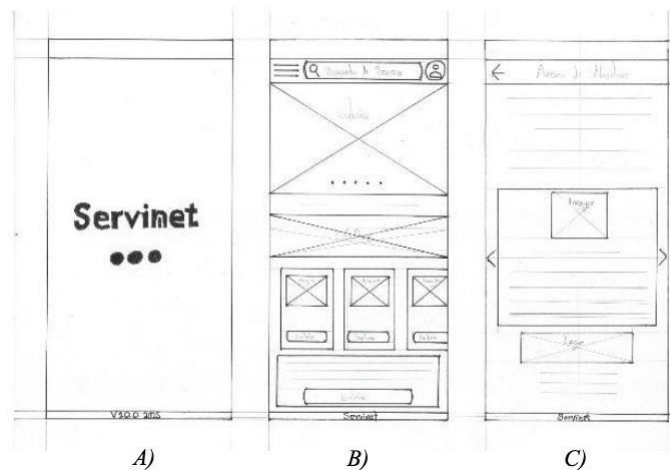
Tras el análisis realizado, se ha elaborado un listado de actividades clave para el desarrollo del proyecto. Siguiendo la metodología Kanban, se identificaron los siguientes puntos principales, que abarcan diversas etapas en su elaboración:

- Desarrollo de Sketch
- Creación de Wireframes
- Definición de identidad gráfica
- Diseño del logotipo
- Diseño de Mockups
- Maquetación y construcción del proyecto en Flutter
- Documentación del proyecto

Durante el análisis de la propuesta de diseño para el sitio web previamente elaborado, se identificó que esta se limitaba únicamente a la creación de Mockups en la plataforma Figma. Sin embargo, carecía de ciertos elementos esenciales. Debido a esto, para el desarrollo de la aplicación móvil fue necesario rediseñar los elementos más importantes y adaptarlos a su funcionamiento. Para lograr este objetivo, se presentó una nueva propuesta mediante bocetos, redefiniendo aspectos clave como la distribución del espacio, elementos gráficos, botones y material audiovisual, incluyendo las pantallas principales de la aplicación.

Figura 1

A) Carga de la App, B) Inicio de la App, C) Acerca de Nosotros.



Elaboración propia

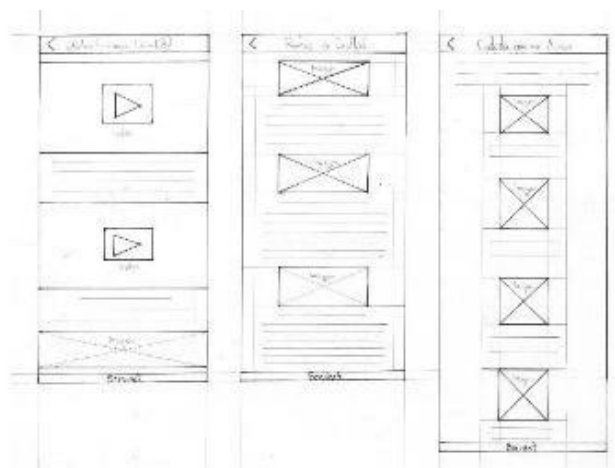
La propuesta integra, dentro de los Sketch, una pantalla de carga, como se muestra en la Figura 1 A). En esta, se presenta el logo de la aplicación con una distribución centrada en la pantalla del dispositivo móvil. Además, se incluyen tres puntos animados que simulan el tiempo de carga, aportando una estilización más armónica a esta sección. Siguiendo este criterio, la pantalla de carga introduce visualmente la aplicación Servinet, y según la planeación, será posteriormente reemplazada por una versión con un logo interactivo.

Al finalizar la pantalla de carga, se muestra la pantalla de inicio de la aplicación, como se observa en la Figura 1 B). En ella, se incorporan elementos clave, como una barra superior que contiene un menú de hamburguesa, un buscador de palabras clave y un identificador de sesión inactiva representado por el ícono de usuario. Debajo de esta sección, se ha integrado un espacio para un slider o carrusel de imágenes, con puntos indicadores que permiten la interacción tanto automática como manual. A continuación, se dispone un área para imágenes interactivas o estáticas, diseñada para la exhibición de ofertas o anuncios dirigidos a los clientes de la aplicación. Posteriormente, se incluye un carrusel con tarjetas interactivas, diseñado para destacar las actividades o servicios más solicitados. Finalmente, en la parte inferior, se ha reservado un espacio publicitario destinado a la invitación y suscripción de nuevos clientes interesados en el servicio.

La siguiente pantalla corresponde a la sección "Acerca de Nosotros", como se muestra en la Figura 1 C). Esta integra secciones de texto, un slider con elementos interactivos y un área dedicada a la imagen corporativa, donde todos los elementos se encuentran distribuidos de manera centrada para lograr una composición equilibrada.

Figura 2

A) ¿Cómo funciona?, B) Puntos, C) Asesor.



Elaboración propia

La pantalla diseñada para orientar a los usuarios sobre el funcionamiento de la aplicación incorpora elementos interactivos como audio, video, texto y una sección dedicada a publicaciones, como se muestra en la Figura 2 A). La siguiente pantalla está enfocada en el sistema de puntos de lealtad que los usuarios pueden obtener al contratar los servicios de la aplicación. En este apartado, se incluyen elementos gráficos y textuales distribuidos de manera equilibrada y centrada, optimizando el uso del espacio en la pantalla, como se observa en la Figura 2 B). Por otro lado, la pantalla de contacto integra elementos dinámicos con íconos que, al seleccionarse, activan funciones del dispositivo móvil, como el envío de correos electrónicos, llamadas telefónicas, acceso a redes sociales y un chat personalizado. La disposición de los elementos sigue un diseño uniforme y minimalista, garantizando un uso eficiente del espacio disponible en la pantalla, tal como se ilustra en la Figura 2 C).

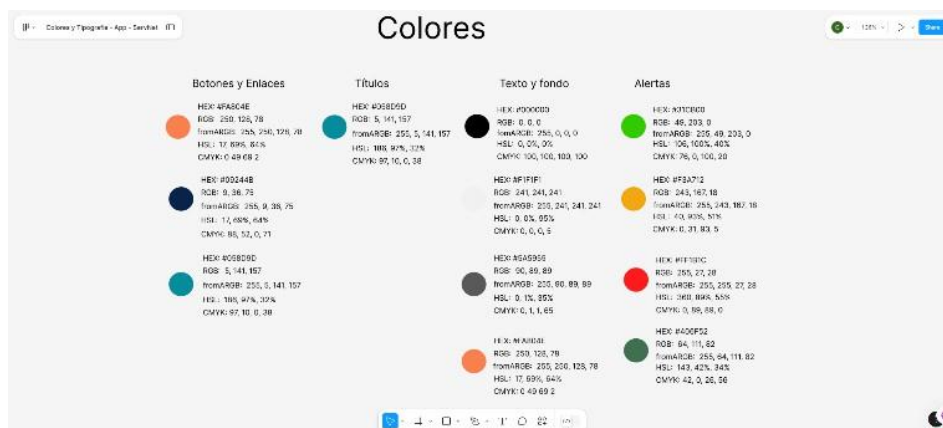
Mediante una documentación técnica, se determinan los códigos de color (por ejemplo, hexadecimales o RGB) y las tipografías oficiales a emplear, creando una guía de estilo que estandariza su uso en los márgenes de la app y en la interfaz general. Esta guía no solo garantiza la aplicación consistente de dichos elementos, sino que también aporta claridad en la codificación del prototipo, al definir valores reutilizables en el desarrollo y en la configuración final del proyecto, alineando el diseño con los objetivos funcionales y estéticos de la aplicación.

La configuración de la identidad grafica abarca los siguientes puntos:

- Definición de colores
- Definición de Tipografía
- Logotipo

Figura 3

Manual de Identidad Gráficas Colores.



Elaboración propia

La configuración de la tipografía previamente se había establecido dentro de los mockups del sitio web en Figma sin definición clara, sin embargo, para la utilidad en la documentación se establecieron los patrones de diseño, estilos y tamaños, necesarios para poder establecer un criterio en la maquetación de este proyecto, siendo la parte visual más importante, esta se centra en la tipografía (Livvic) en configuración regular, semibold y bold. La configuración para los tamaños se establece en 16px para títulos en semibold, 14px y 13px para semitítulos en regular, 12px para texto en semibold, 11px para texto en regular, y 5px para texto en semibold, como se establece en la Figura 4.

Figura 4

Manual de Identidad Gráfica Tipografías.



Elaboración propia

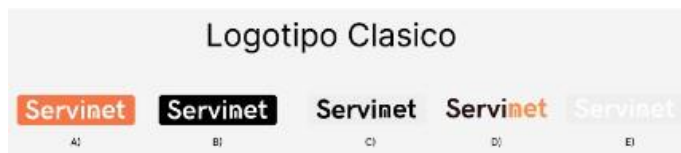
Dentro de la identidad gráfica se integra el logotipo, cuya configuración y definición inicial se realizó en los mockups del sitio web de Servinet, creados en Figma. En la documentación correspondiente se establecieron las configuraciones básicas, detalladas en la Figura 5. Para este proyecto, dichas configuraciones se clasificaron como clásicas; sin embargo, presentaban limitaciones al carecer de una mayor variedad de gamas cromáticas o modelos adaptables a diversos instrumentos gráficos e iconográficos. Por ello, se propuso enriquecer su diseño, estableciendo nuevos criterios para el logotipo clásico, como se muestra en la Figura 6.

Figura 5

Manual de Identidad Gráfica Logotipos.



Figura 6. Logotipo Clasico de Servinet.



Elaboración propia

Posteriormente se trabajó sobre el logotipo rediseñado para la aplicación donde se buscó realizar una animación para el splash screen. Esta propuesta de diseño permitió incluir la redefinición del logotipo en la documentación de la Identidad Grafica de la aplicación agregando los conceptos de uso como se muestra a continuación:

Figura 6

Nuevo Diseño de Logotipo A) Logotipo Naranja, B) Logotipo Fondo Negro, C) Logotipo sin Fondo, D) Logotipo Colores Clasicos E) Logotipo Blanco.



Elaboración propia

La propuesta para la aplicación incluye una interacción animada del logotipo, diseñado inicialmente en Adobe Illustrator como gráfico vectorial, posteriormente, se realizó la animación bidimensional en Adobe After Effects, exportándola en formato .gif para una mejor optimización en peso y garantizar su compatibilidad con el front-end de la aplicación.

La estructura de los mockups se ha organizado en las siguientes secciones:

- Inicio de la App
- Pantallas Informativas Servinet:
- Servicios Disponibles
- Registro de Usuario
- Recuperación de Contraseña
- Inicio de Usuario Registrado
- Cliente
- Cliente – Reservas
- Cliente – Calendario e Historial
- Proveedor
- Proveedor – Registro Sucursal
- Proveedor – Citas

Figura 8

Inicio de la App de Servinet.



Elaboración propia

La inicialización de la app incorpora el nuevo diseño del logotipo animado como elemento de entrada en la primera pantalla. Este logo, además de cumplir una función estética, actúa como indicador de estado de carga mientras los datos de entrada se procesan para habilitar el acceso a la pantalla de inicio.

Inmediatamente después, se integra un carrusel de tarjetas dinámicas que presentan los servicios ofrecidos en la plataforma, cada una con un botón de enlace para acceder a más detalles. Además, se ha añadido un botón que permite a los usuarios crear un nuevo espacio dentro de la plataforma para registrar servicios adicionales. Esta sección también incluye el menú de hamburguesa, que organiza enlaces a otras áreas de la app. Este menú se divide en dos categorías principales: "Servicios" (subdivididos en Físicos, Virtuales y Domicilio) e "Información de la App" (con los apartados: ¿Cómo Funciona?, Puntos de Lealtad, Ofrece Servicios, Contacta un Asesor, Acerca de

Nosotros, y Términos y Condiciones). El menú de hamburguesa incorpora un botón de acceso a la cuenta, configurado para permanecer activo incluso para usuarios no registrados, otorgándoles acceso a todos los enlaces mencionados y facilitando la navegación inicial.

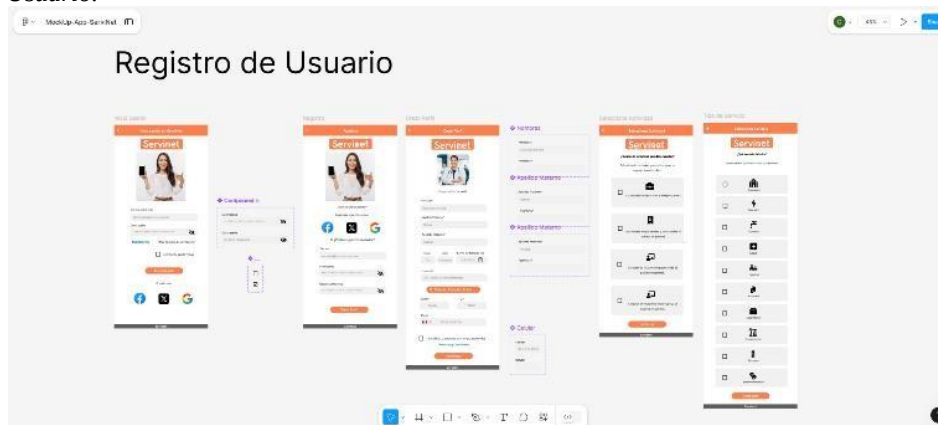
Figura 9
Pantallas de Información de la Plataforma de Servinet.



Elaboración propia

La información sobre la plataforma se organiza en pantallas específicas como se observa en la Figura 9, accesibles. Como se mencionó anteriormente, este diseño busca guiar al usuario y resolver dudas sobre el uso del servicio, permitiendo consultas de acceso libre sin requerir registro en la app. Tal como se detalló en la configuración de los wireframes, que destacan la distribución de atributos clave, la estructura de los mockups ofrece una visión más completa y definida de las funcionalidades esperadas en la aplicación.

Figura 10
Sección de Registro de Usuario.



Elaboración propia

La configuración de las pantallas para el registro de usuarios, como se observa en la Figura 10, integra la sección de inicio de sesión (login) y la verificación de usuarios registrados en la base de datos de Servinet, incluyendo la opción de acceso mediante redes sociales. Esta sección incorpora enlaces para "Crear una Cuenta" y "Recuperación de Contraseña", así como una casilla de verificación que permite a la aplicación abrirse automáticamente utilizando las credenciales almacenadas del usuario. El proceso de registro de nuevos usuarios incluye la vinculación con redes sociales, desde donde se extrae la información esencial del cliente basada en sus credenciales en dichas plataformas, además de la opción de registrar un correo personal y una contraseña específica para la app.

La sección de recuperación de contraseña incorpora una configuración de seguridad que verifica y valida los datos ingresados mediante un código de seguridad. Una vez confirmado que el código es correcto, se habilita la pantalla de cambio de contraseña, permitiendo actualizar las credenciales de acceso del usuario registrado en el sistema y activando la animación que indica que la transacción fue correcta, como se observa en la Figura 10.

Figura 11
Servicios Disponibles de la App Servinet.



Elaboración propia

Los servicios disponibles en la aplicación Servinet se clasifican en dos categorías principales: Virtuales y Físicos. La configuración permite filtrar estos datos mediante la selección de las opciones correspondientes en el carrusel superior, como se observa en la Figura 11. Los servicios que no se filtren se presentarán en el orden cronológico de su inscripción en la plataforma de Servinet, reflejando la secuencia en que fueron registrados en el sistema. Esta funcionalidad no solo facilita la navegación al usuario, sino que también asegura una visualización intuitiva de las opciones disponibles, permitiendo una interacción personalizada con los servicios según sus preferencias o necesidades específicas.

Figura 12
Servicios Disponibles de la App Servinet.



Elaboración propia

La validación del usuario que se ha logueado correctamente activa las funciones especiales del menú como la identificación del usuario en la parte superior de la pantalla principal de la aplicación, el menú activado integra un botón múltiple que separa las funciones del Usuario y Proveedor de servicios, en la parte superior aparece el nombre del usuario como el acceso a la pantalla de perfil, con toda su información cargada desde la base de datos.

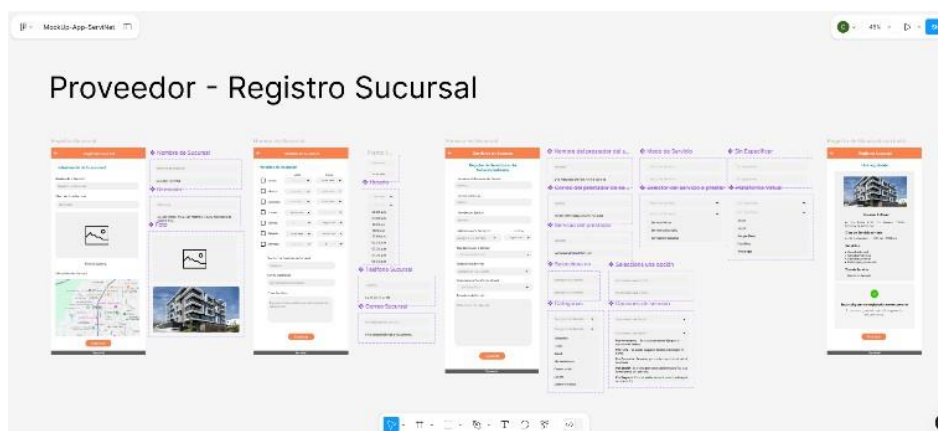
Figura 13
Servicios Disponibles al Cliente.



Elaboración propia

La disposición de los servicios en la plataforma se basa en la selección de actividades que el proveedor ofrece a los futuros clientes. Como se observa en la figura 13, los servicios se clasifican según acciones específicas disponibles en la oferta, junto con la selección de días y horarios habilitados para programar citas. Además, se destacan los días con mayor volumen de citas, permitiendo al usuario elegir el día y la hora más convenientes para solicitar el servicio. Una vez procesada la información, se realiza una validación que confirma la contratación correcta del servicio, integrándolo simultáneamente en la agenda del proveedor y del cliente dentro del sistema de Servinet.

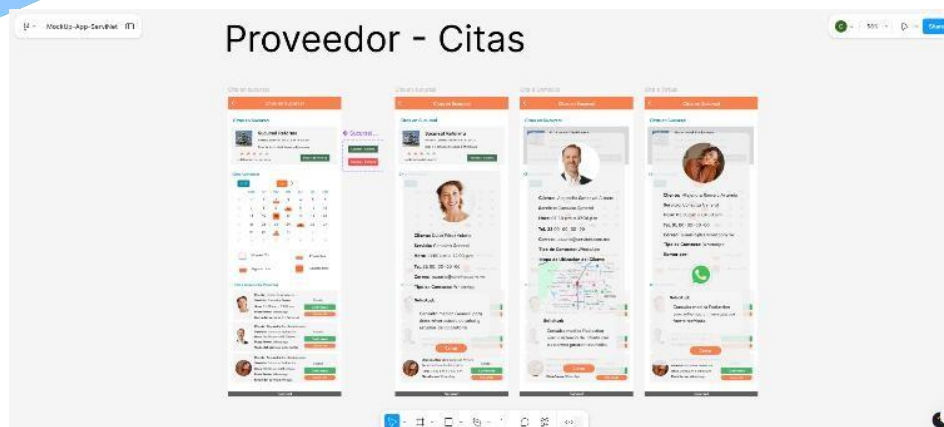
Figura 14
Registro de Sucursal



Elaboración propia

La Figura 14 muestra la configuración para registrar una nueva sucursal. Se propone que el proveedor de servicios se identifique en la plataforma utilizando la sucursal como un elemento clave de sus actividades empresariales. Esta identificación tiene como objetivo informar a los posibles clientes sobre la ubicación donde se prestan sus servicios, fortaleciendo su presencia en el sistema. La configuración planteada simplifica el proceso al permitir al proveedor activar su sucursal mediante el alta de un formulario. No obstante, se busca optimizar esta función para que sea más intuitiva y adaptable, facilitando la gestión de múltiples sucursales y mejorando la experiencia de los usuarios al inscribir sus actividades en la plataforma.

Figura 15
Generación de Cita.



Elaboración propia

Las citas agendadas se visualizan en un calendario de actividades mensuales, diseñado para que tanto el proveedor de servicios como el usuario puedan consultarlas de manera sincronizada. El usuario tiene la posibilidad de verificar el estado de su cita y los detalles configurados, ya sea para servicios en sucursal, virtuales o físicos, según el tipo de servicio solicitado. Por su parte, el proveedor de servicios definirá las especificaciones de la cita, incluyendo las condiciones bajo las cuales se llevará a cabo. Este sistema facilita la comunicación entre el cliente y el proveedor, permitiendo al usuario acceder a la información registrada sobre su cita en la sucursal correspondiente, esto se ejemplifica en la figura 15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta primera etapa del prototipo han sido favorables. La coordinación con otras áreas de desarrollo, como el backend y la versión web, facilitará la integración de las funcionalidades previstas en la planeación, las cuales se consolidarán en la segunda etapa del proyecto. La aplicación móvil de Servinet ha sido diseñada para ser escalable y adaptable a futuros ajustes.

El diseño que establece las bases del proyecto permite rediseñarse e incorporar nuevas proyecciones para actualizar y modernizar su configuración según las tendencias del mercado. La estructuración de cada módulo desarrollado funciona en sincronía con los datos integrados en el flujo de información, lo que asegura que cada pantalla se adapte a la conceptualización esperada, respetando la normativa establecida en la identidad gráfica del proyecto. Sujeta a esta configuración, las nuevas aplicaciones que se incorporen a la funcionalidad de la plataforma mantendrán esta estructura establecida.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de un prototipo de diseño es una base fundamental en la etapa previa a la codificación, ya que ofrece un panorama aproximado de lo que se pretende desarrollar. Esto permite reducir retrabajos, minimizar el tiempo invertido en correcciones con el cliente y, en consecuencia, disminuir los costos de producción.

El prototipo de la aplicación móvil para la plataforma Servinet representa el primer paso en el análisis correspondiente al modelo de negocio definido en la etapa preorganizativa, la cual busca orientar la operatividad de esta plataforma.

La versión prototipada de la aplicación móvil de Servinet ha integrado funcionalidades interactivas diseñadas para optimizar la experiencia de los futuros usuarios. Entre estas destaca una interfaz fluida que facilita la comprensión y el uso de la aplicación mediante una navegación intuitiva.

En conclusión, el prototipo de la aplicación Servinet ha sido mucho más que un simple diseño. Se convirtió en una herramienta clave para asegurarnos de que la idea del negocio funcionara en la práctica y fuera fácil de usar para las personas. Nos permitió mostrar cómo se vería y sentiría la aplicación, con estos resultados se puede dar paso a la fase de la programación, se pretende que con esto se ahorre tiempo y dinero para dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Hernández Galván, I. (2018, 18 de marzo).** Del wireframing estático al wireframing interactivo. *Revista de Transdisciplina y Cultura Digital*, 2(7), p. 27. Recuperado de <https://revista-transdisciplina-cultura-digital.org/wireframing>
- Morville, P., & Rosenfeld, L. (2007).** *Information architecture for the World Wide Web* (3.ª ed., p. 528). Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Navarro Cadavid, A., Fernández Martínez, J. D., & Morales Vélez, J. (2013).** Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Prospectiva*, 11(2), p. 11. Recuperado de <http://www.prospectiva.univalle.edu.co>
- Revatta, E. J. (2015).** *Dibujo para diseño de ingeniería I* (p. xx). Lima: Fondo Editorial de la Universidad Continental.
- Salgado, C. (2015, 15 de septiembre).** Proceso de desarrollo de un proyecto digital. *Mosaico*. Recuperado de <https://mosaic.uoc.edu/2015/09/15/proceso-de-desarrollo-de-un-proyecto-digital/>
- Solano, A. A. R. (2012).** *Actas de Diseño 16. Facultad de Diseño y Comunicación*, 16, p. 201.

Identificación de las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región.

DOI: 10.60968/iat.3594-035X.880

Sergio Lara Curiel¹, Diana Helena Aguilar Vega², Araceli Sandoval Sandoval³.

¹Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán/Personal e-mail: sergio.lara@itsn.edu.mx

² Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán/Personal e-mail: dianahelena.aguilar@itsn.edu.mx

³ Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán/Personal e-mail: araceli.sandoval@itsn.edu.mx

Línea de investigación: Docencia y aprendizaje ITS-NOCH-LIE-2019-0260

Resumen

La educación superior en México enfrenta desafíos significativos, reflejados en la baja tasa de culminación de estudios universitarios y la limitada inserción laboral. A pesar de la existencia de programas de apoyo, el 32% de los jóvenes abandona sus estudios principalmente por la falta de recursos económicos. Además, solo el 24% logra matricularse en la universidad, una cifra notablemente baja en contraste con países como Cuba y Puerto Rico (con un 86% de matriculación). Esta problemática se agrava con un alto índice de desempleo entre los egresados, a menudo atribuido a los estrictos requisitos de experiencia y a la escasez de vacantes adecuadas, lo cual presiona a muchos a buscar empleo fuera de su campo profesional o en el extranjero. En respuesta a esta compleja realidad, el presente proyecto se enfoca en la necesidad de identificar las competencias profesionales que demanda el sector productivo para los Ingenieros en Administración. El objetivo central es analizar las oportunidades de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los docentes del Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán, buscando alinear la formación académica con las exigencias del mercado laboral. Para la recolección de información, se diseñó y compartió un cuestionario con escala Likert a través de Formularios Google. El instrumento se compuso de 28 ítems distribuidos en tres bloques: datos generales de la empresa, competencias requeridas en un Ingeniero en Administración y programas de software utilizados en el ámbito laboral. Los cuestionarios se aplicaron a 98 de las 131 empresas identificadas en la región de Zacatecas y Jalisco que cumplían con los criterios establecidos por el INEGI. El análisis de los datos se realizó mediante un proceso estadístico descriptivo, calculando las frecuencias y porcentajes de las respuestas obtenidas. Posteriormente, se aplicó la técnica de Pareto para determinar las competencias que concentran la mayor relevancia y carencia en el ámbito profesional. Los resultados reflejan que: aproximadamente el 80% de las empresas reportan deficiencias en habilidades blandas cruciales como toma de decisiones, resolución de conflictos, liderazgo, pensamiento crítico, administración del tiempo y trabajo en equipo. Esta carencia resulta especialmente crítica dado que los empleadores catalogan consistentemente estas mismas competencias como esenciales para el desempeño competente de un Ingeniero en Administración. Por lo tanto, el estudio concluye que es necesario priorizar el desarrollo sistemático de estas habilidades blandas dentro de los planes de estudio del programa.

Palabras clave: competencias profesionales, demandan, empresas de la región, Ingenieros en administración.

Abstract

Higher education in Mexico faces significant structural challenges, evidenced by a low university study completion rate and limited job placement. Despite the existence of support programs, 32% of young people drop out primarily due to a lack of economic resources. Furthermore, only 24% manage to enroll in university, a notably low figure contrasted with countries like Cuba and Puerto Rico (86% enrollment). This problem is compounded by a high unemployment rate among graduates, often attributed to strict experience requirements and the scarcity of suitable vacancies, which pressures many to seek employment outside their professional field or abroad. In response to this complex reality, the current project focuses on the need to identify the professional competencies demanded by the productive sector for Management Engineers (*Ingenieros en Administración*). The central objective is to analyze opportunities for improvement in the teaching-learning process of the faculty at the Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán, seeking to align academic training with the demands of the labor market. For data collection, a Likert scale questionnaire was designed and distributed via Google Forms. The instrument comprised 28 items across three blocks: general company data, required competencies for a Management Engineer, and software programs used in the workplace. The questionnaires were administered to 98 of the 131 companies identified in the Zacatecas and Jalisco region that met the criteria established by INEGI. Data analysis was conducted using a descriptive statistical process, calculating the frequencies and percentages of the obtained responses. Subsequently, the Pareto technique was applied to determine the competencies that concentrated the greatest relevance and deficiencies in the professional environment. The results are conclusive: approximately 80% of companies report deficiencies in crucial soft skills such as decision-making, conflict resolution, leadership, critical thinking, time management, and teamwork. This deficiency is especially critical since employers consistently categorize these same competencies as essential for a Management Engineer's competent performance. Therefore, the study concludes that it is necessary to systematically prioritize the development of these soft skills within the program's curricula.

Keywords: professional competencies, required, regional companies, Management Engineers.

INTRODUCCIÓN

En México, la educación superior enfrenta desafíos significativos, reflejados en una baja tasa de continuidad y terminación de estudios universitarios. A pesar de la existencia de programas de apoyo, el 32% de los jóvenes abandona debido a la falta de recursos económicos, y solo el 24% logra inscribirse en la universidad, una cifra baja comparada con el 86% en países como Cuba y Puerto Rico (ISEC, 2023). Esta situación se agrava con una alta tasa de desempleo entre egresados, atribuida a los estrictos requisitos de experiencia y a la falta de vacantes adecuadas, lo cual impulsa a muchos a buscar oportunidades fuera de su campo o en el extranjero.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), una parte importante de los profesionistas en México trabaja en empleos que no se corresponden con su área de formación, lo que se atribuye a una falta de vacantes adecuadas y a los estrictos requisitos de experiencia solicitados por las empresas (INEGI, 2023). Este fenómeno de subempleo o desalineación profesional es consistente con los hallazgos de organismos internacionales. Esta desalineación se manifiesta en la alta tasa de desocupación y subempleo de los egresados, así lo afirma “El Economista” cuando menciona que:

“Más de una tercera parte (33.4%) de los egresados universitarios en México no tienen un empleo. Esta falta de oportunidades laborales y la exclusión del mercado laboral la atribuyen particularmente a los requisitos de experiencia que piden las empresas, a la falta de vacantes en su campo de estudio, y a los malos sueldos y salarios” (2022).

Desde esta perspectiva, la identificación de las competencias profesionales que demandan las empresas resulta de gran importancia. Investigaciones recientes han coincidido en que, más allá del conocimiento técnico, el mercado laboral valora con mayor énfasis competencias relacionadas con el liderazgo, la comunicación, el pensamiento crítico, la inteligencia emocional y la capacidad de trabajar en equipo (Hernández et al., 2020; Zepeda-Hurtado et al., 2019). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), por ejemplo, ha señalado la necesidad urgente de reformar los sistemas educativos para fortalecer las competencias transversales o “habilidades blandas” que requiere el futuro del trabajo (OCDE, 2019). Estas habilidades son esenciales no solo para lograr la empleabilidad inmediata, sino también para la permanencia y movilidad en entornos laborales cada vez más dinámicos.

Dado lo anterior, se ha visto la necesidad de identificar las competencias profesionales de los Ingenieros en Administración que demandan las empresas, para que los docentes que tienen la ardua tarea de formar a los futuros profesionistas tengan la posibilidad de analizar si en los planes de estudio se les está dando el enfoque necesario para que puedan atender esta demanda. De lo anterior, se deriva la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible identificar las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región para analizar las oportunidades de mejora al proceso de enseñanza- aprendizaje de los docentes del Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán?

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general: Identificar las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región, para analizar las oportunidades de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los docentes del Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán, mediante una investigación de campo.

Objetivos Específicos.

- Identificar las empresas de la región.
- Elaborar un instrumento de recolección de datos que permita identificar las competencias que las empresas demandan en los Ingenieros en Administración.
- Seleccionar las empresas a las cuales se les aplicará el instrumento y contactarlas para su aplicación.
- Aplicar el instrumento y capturar la información.
- Analizar los resultados.
- Analizar las oportunidades de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los docentes.
-

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es la relevancia de las competencias profesionales del perfil del Ingeniero en Administración, en relación directa con las demandas laborales del sector productivo en la región de Zacatecas y Jalisco.

METODOLOGÍA

La presente investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo, el cual fue seleccionado por su idoneidad para la obtención de datos numéricos y la realización de un análisis estadístico riguroso. Este enfoque permite la identificación y la exploración de las competencias laborales que demandan las empresas de la región.

1. Muestreo y Población de Estudio

1.1. Determinación de la Población. Para cumplir con este fin, se dio a la tarea de consultar en la base de datos de la página del INEGI en el área DENUE donde se realizó un filtro en la consulta de empresas que cuenten de 11 empleados en adelante.

1.2. *Muestra.* Una vez determinada la población, se procedió al cálculo del tamaño de la muestra representativa mediante la aplicación de una fórmula estadística para poblaciones finitas, donde se determinó que, de 131 empresas, se tomaría una muestra de 98 para la aplicación del instrumento de recolección de datos.

2. Instrumento y Análisis de Datos

2.1. *Instrumento de Recolección.* Como instrumento, se diseñó un cuestionario tipo encuesta en la plataforma Google Forms, con opciones de respuesta basadas en una escala de intensidad Likert. El instrumento se compuso de 28 ítems y fue distribuido mediante WhatsApp y correo electrónico a la muestra seleccionada.

2.2. *Análisis Estadístico.* En esta etapa, se utilizó un software estadístico para realizar un análisis descriptivo mediante el cálculo de frecuencias y porcentajes. Posteriormente, se aplicó la técnica de Pareto para identificar y priorizar las competencias de mayor relevancia en el ámbito laboral.

FASES DEL DESARROLLO

Las fases de la metodología cuantitativa se ejecutaron de manera secuencial, garantizando la obtención de datos válidos y confiables para el análisis:

Fase 1: Diseño y Estructura del Cuestionario

Se formalizó el diseño del instrumento de recolección de datos en Google Forms (Anexo I). El cuestionario se estructuró en tres bloques para abordar diferentes dimensiones de la información, como se muestra en la Tabla 1, posteriormente se realizó la validación mediante una prueba piloto a 10 empresas locales.

Tabla 1.

Preguntas del cuestionario relacionado con las competencias de los egresados.

Bloque	Ítems	Contenido
I	4	Recolección de datos generales de la empresa.
II	20	Evaluación de las competencias establecidas por el programa educativo de Ingeniería en Administración (Escala Likert).
III	4	Identificación de competencias clave adicionales y programas de software empresariales utilizados.

Fuente: elaboración propia.

Fase 2: Definición y Muestreo de la Población

Para asegurar la representatividad y pertinencia de la muestra, se ejecutó una consulta exhaustiva en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Ver Anexo II). Esta base de datos fue seleccionada por ser la fuente oficial y más completa en la región. El objetivo fue delimitar el universo de empresas que pudieran ofrecer las condiciones estructurales necesarias para la realización de residencias profesionales y la futura inserción laboral de ingenieros en administración. Con este fin, se aplicó un filtro restrictivo en la consulta: se consideraron únicamente las empresas que contaran con 11 empleados en adelante. La aplicación de esta medida, responde a la necesidad de enfocarse en empresas formalmente establecidas con una estructura organizacional que garantice una experiencia profesional para los egresados.

El resultado de esta consulta especializada permitió establecer el universo, a partir del cual se extrajo la muestra mediante el cálculo estadístico correspondiente, donde se estableció que, de 131 empresas, la aplicación se llevaría a cabo en 98 empresas.

Fase 3: Aplicación y Recolección de Datos

Inicialmente, se intentó la aplicación directa a la muestra a través del WhatsApp y correo electrónico, sin embargo, este proceso evidenció dificultades operacionales (datos erróneos, empresas inexistentes y baja tasa de participación). Debido a esto, se optó por una estrategia de colaboración mediante el apoyo de egresados activos del Instituto Tecnológico de Nochistlán. Los egresados contactaron a las empresas personalmente, lo cual mejoró la respuesta y permitió la conclusión de la recolección.

Fase 4: Análisis e Identificación de Competencias Clave

Para poder elaborar el análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos, se realizó el cálculo de frecuencias y porcentajes de las respuestas. Posteriormente, se aplicó la técnica de Pareto para identificar las competencias que concentran la mayor relevancia en el ámbito laboral. Este análisis permitió determinar cuáles son las competencias que con mayor frecuencia carecen los estudiantes al

incorporarse al campo laboral y, al mismo tiempo, cuáles son consideradas más importantes por las empresas para el desempeño profesional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación confirman una tendencia que se presenta en estudios a nivel nacional e internacional: la deficiencia en habilidades blandas limita la inserción laboral de los egresados. El análisis descriptivo y la aplicación de la técnica de Pareto muestran que más del 77% de las carencias señaladas por las empresas se concentran en competencias como toma de decisiones, resolución de conflictos, liderazgo, trabajo en equipo, administración del tiempo y comunicación.

Estos resultados guardan congruencia con lo reportado en México para el sector de ingeniería, donde los egresados suelen presentar sólidos conocimientos técnicos, pero requieren un fortalecimiento intencional de competencias interpersonales y de gestión (Hernández Herrera et al., 2020). De manera similar, en el contexto de América Latina, el Banco Mundial ha enfatizado que la empleabilidad ya no depende solo de la formación académica, sino de la capacidad de los egresados para adaptarse a entornos laborales cambiantes mediante habilidades como la creatividad, la resiliencia y la colaboración (Ferreyra et al., 2017).

Cabe destacar que, en contraste con otros países latinoamericanos donde las universidades han incorporado programas formales para el desarrollo de habilidades socioemocionales, en México esta práctica aún es reciente. Ello refuerza la necesidad de que instituciones como el Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán diseñen estrategias pedagógicas centradas en proyectos colaborativos, metodologías activas y evaluaciones que consideren tanto el desempeño técnico como el interpersonal.

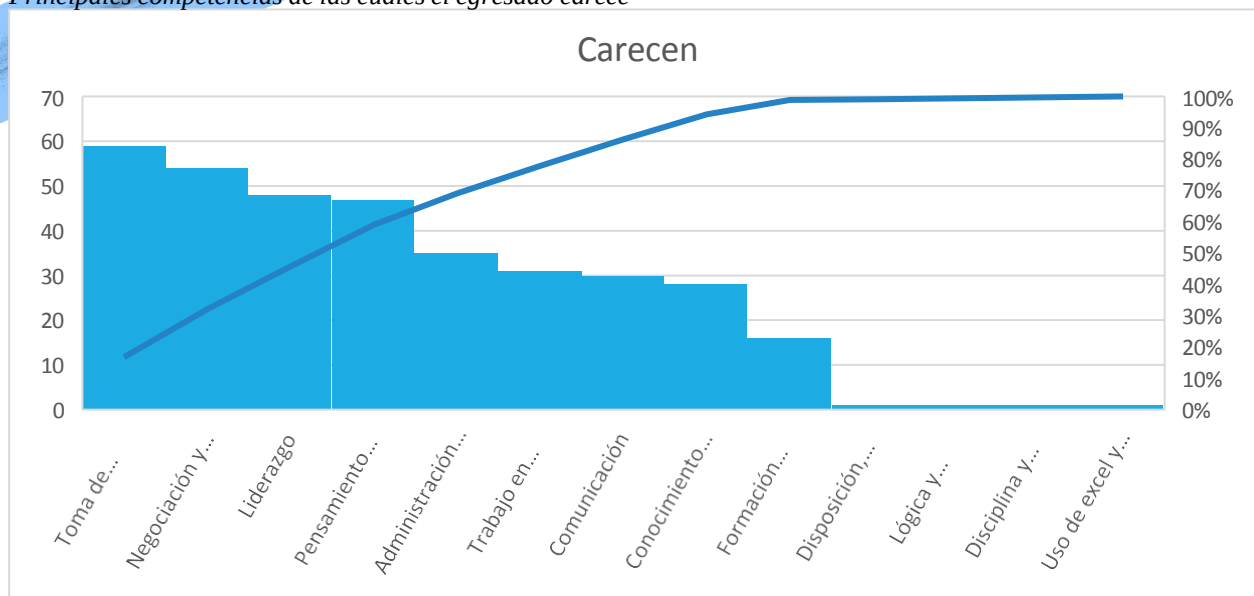
Tabla 2.

Principales competencias de las cuales el egresado carece

Competencias que Carecen	No. Respuestas	%	% Acumulado	Grupo
Toma de decisiones	59	16.8%	16.8%	A
Negociación y resolución de conflictos	54	15.3%	32.1%	A
Liderazgo	48	13.6%	45.7%	A
Pensamiento crítico	47	13.4%	59.1%	A
Administración de tiempo	35	9.9%	69.0%	A
Trabajo en equipo	31	8.8%	77.8%	A
Comunicación	30	8.5%	86.4%	B
Conocimiento en ofimática y software	28	8.0%	94.3%	B
Formación continua	16	4.5%	98.9%	C
Disposición, buena atención al cliente	1	0.3%	99.1%	C
Lógica y sentido común	1	0.3%	99.4%	C
Disciplina y responsabilidad	1	0.3%	99.7%	C
Uso de Excel y otros programas	1	0.3%	100.0%	C
Total, de respuestas	352			

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 se puede observar que las habilidades blandas son las que presentan el mayor desafío para la población evaluada. Específicamente, las competencias relacionadas con la gestión de personas y situaciones complejas (Toma de Decisiones, Negociación, Liderazgo) son las que requieren una atención prioritaria, ya que representan casi la mitad de todas las respuestas de carencia (45.7% acumulado).

Gráfica 1.*Principales competencias de las cuales el egresado carece***Fuente:** elaboración propia.

El diagrama de Pareto observado en la Gráfica 1 muestra las principales debilidades identificadas respecto a las competencias profesionales, confirmando que las primeras seis categorías (desde Toma de Decisiones hasta Trabajo en Equipo) concentran el 77.8% del total de las carencias. Esta distribución indica que el enfoque de cualquier plan de desarrollo debe centrarse prioritariamente en estas habilidades blandas y de gestión.

Tabla 3.*Nivel de importancia de las competencias*

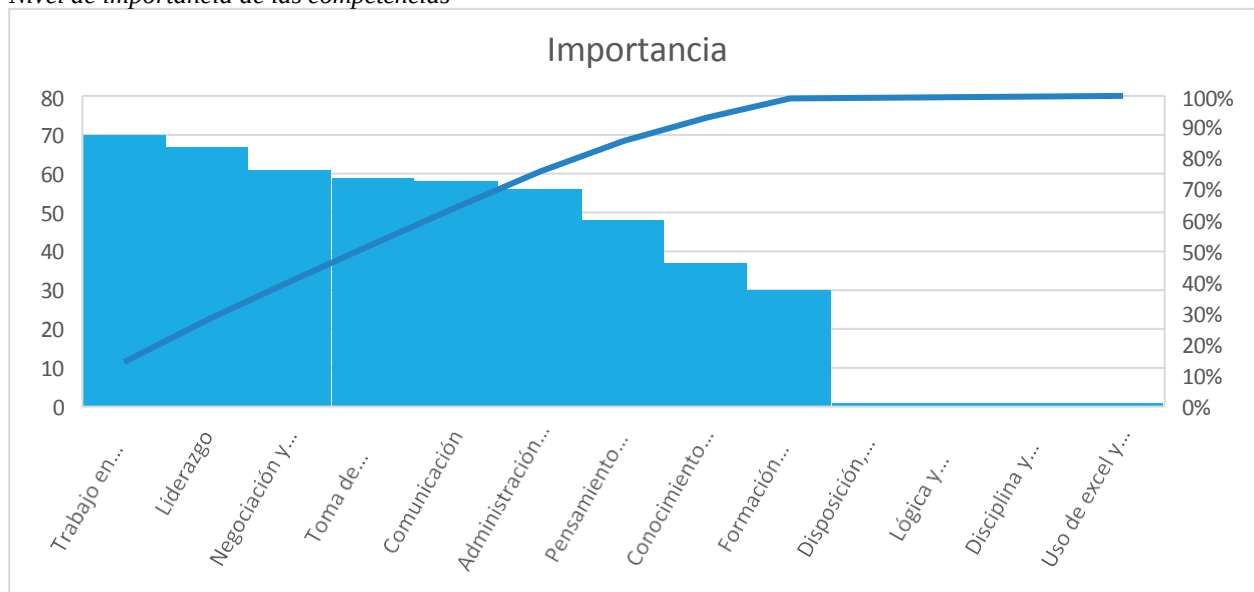
Importancia	Respuestas	%	% acumulado	Grupo
Trabajo en equipo	70	14.3%	14.3%	A
Liderazgo	67	13.7%	28.0%	A
Negociación y resolución de conflictos	61	12.4%	40.4%	A
Toma de decisiones	59	12.0%	52.4%	A
Comunicación	58	11.8%	64.3%	A
Administración de tiempo	56	11.4%	75.7%	A
Pensamiento crítico	48	9.8%	85.5%	B
Conocimiento en ofimática y software	37	7.6%	93.1%	B
Formación continua	30	6.1%	99.2%	C
Disposición, buena atención al cliente	1	0.2%	99.4%	C
Lógica y sentido común	1	0.2%	99.6%	C
Disciplina y responsabilidad	1	0.2%	99.8%	C
Uso de Excel y otros programas	1	0.2%	100.0%	C
Total	490			

Fuente: elaboración propia.

Los datos de la Tabla 3 muestran una clara priorización de las habilidades blandas y de gestión como las más críticas para el desempeño. El Trabajo en Equipo, el Liderazgo y la Negociación y Resolución de Conflictos concentran la mayor valoración, sumando el 40.4% de las respuestas. En conjunto, las primeras seis competencias son consideradas esenciales, ya que agrupan tres cuartas partes (75.7%) de las respuestas totales, estableciendo una hoja de ruta clara para cualquier plan de fortalecimiento de capacidades.

Gráfica 2.

Nivel de importancia de las competencias



Fuente: elaboración propia.

En la Gráfica 2 se muestra que el Trabajo en Equipo y el Liderazgo son las habilidades más valoradas por el grupo, seguidas de cerca por la Negociación y la Toma de Decisiones. Las primeras seis competencias (las habilidades blandas y de gestión) alcanzan el 75.7% de la importancia total, lo que justifica enfocar en los programas educativos el desarrollo de estas competencias.

CONCLUSIÓN

El presente estudio confirma que existe una diferencia significativa entre las competencias profesionales que demandan las empresas de la región y aquellas que están siendo desarrolladas por los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán. Si bien los planes de estudio aportan bases técnicas sólidas, la mayor debilidad radica en las habilidades blandas, mismas que los empleadores catalogan como esenciales para el desempeño competente de un Ingeniero en Administración.

Esto coincide con la literatura reciente de organismos internacionales, que advierte que la formación profesional del futuro debe orientarse hacia la integralidad: conocimiento técnico, ética, responsabilidad social e inteligencia emocional (OCDE, 2019). Organizaciones como la UNESCO también han enfatizado la necesidad de una educación que desarrolle capacidades de adaptación como la creatividad, la resiliencia y el pensamiento crítico, esenciales para afrontar los desafíos sociales y ambientales (2021). En este sentido, resulta indispensable que las instituciones de educación superior integren módulos, talleres y proyectos que favorezcan el liderazgo, la negociación, la comunicación efectiva y el pensamiento crítico como parte de la formación profesional.

El reto principal no es únicamente actualizar los contenidos curriculares, sino también sensibilizar a los docentes y a los propios estudiantes sobre la relevancia de estas competencias en el contexto laboral contemporáneo. Solo de esta manera será posible reducir la brecha entre la formación académica y las exigencias del sector productivo, contribuyendo a una inserción laboral más efectiva y al fortalecimiento del desarrollo regional.

BIBLIOGRAFÍA

- El Economista. (2022, 29 de noviembre). ¿Cuál es la situación laboral de los egresados universitarios en México? El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/Cual-es-la-situacion-laboral-de-los-egresados-universitarios-en-Mexico-20221129-0062.html>
- Hernández H, C. A., Neri T, J. C., y Neri T, F. C. (2020). Las habilidades blandas en estudiantes de ingeniería de tres instituciones públicas de educación superior. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(19). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.577>
- INEGI. (2023). Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), primer trimestre de 2023: Información sobre educación y mercado laboral. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/enoe_edu_ml/enoe_edu_ml2023_01.pdf
- ISEC. (2023). Porcentaje de egresados de universidad en México. ISEC Universidad. <https://uneg.edu.mx/porcentaje-de-egresados-de-universidad-en-mexico/>
- OCDE. (2019). Higher Education in Mexico: Labour Market Relevance and Outcomes. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264309432-en>
- OCDE (2019). Estrategia de Competencias de la OCDE 2019: Competencias para construir un futuro mejor. OCDE. <https://doi.org/10.1787/e3527cfb-es>
- Ferreira, M. M., Avitabile, C., Bottan, N., Rojas, F., y Schady, N. (2017). La educación superior en América Latina y el Caribe: Una perspectiva del Banco Mundial. Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/39097746-834c-5353-832c-cc318c4e4282/content>
- UNESCO. (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org>
- Zepeda-Hurtado, J. G., Cardoso-Espinosa, E. O., & Rey-Benguría, M. (2019). El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 10(28), 3–21. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.28.569>

ANEXO I

Sección 1 de 4

Identificación de las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región

B *I* U  

El siguiente cuestionario se ha elaborado como parte de una investigación que se está realizando, para identificar las competencias profesionales de Ingenieros en Administración que demandan las empresas de la región, para analizar las oportunidades de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los docentes del Instituto Tecnológico Superior de Nochistlán, por lo que sería muy grato que como autoridad representativa de su empresa pudiera contribuir contestando el siguiente cuestionario.

Después de la sección 1 Ir a la siguiente sección

Sección 2 de 4

INSTRUCCIONES

COMPLETA LO SIGUIENTES DATOS

NOMBRE DE LA EMPRESA *

Texto de respuesta corta

GIRO ECONÓMICO (actividad económica principal). *

Texto de respuesta corta

NÚMERO DE TRABAJADORES *

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

☐ 6

☐ 7

☐ 8

☐ 9

☐ 10

☐ 11

☐ 12

☐ 13

☐ 14

☐ 15

☐ 16

☐ 17

☐ 18

☐ 19

☐ 20

FECHA DE CREACIÓN DE LA EMPRESA

Mes, día, año



Después de la sección 2 Ir a la siguiente sección

Sección 3 de 4

INSTRUCCIONES

MARCA DEL 1 AL 4 SEGÚN LA IMPORTANCIA QUE CONSIDERE DE CADA UNA DE LAS COMPETENCIAS QUE DEBE TENER UN INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN, AL MOMENTO DE SER CONTRATADO (A) O ACEPTADO (A) PARA RESIDENCIA PROFESIONAL EN LA EMPRESA. CONSIDERANDO LO SIGUIENTE:

1. NADA IMPORTANTE
2. POCO IMPORTANTE
3. IMPORTANTE
4. MUY IMPORTANTE

EL INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN AL SER CONTRATADO EN SU EMPRESA DEBE:

Descripción (opcional)

Ser un profesional ético, sensible a la diversidad cultural, con la capacidad de gestionar, crear, desarrollar e innovar organizaciones competitivas con una visión de sustentabilidad y responsabilidad social.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Ser un profesionista emprendedor que promueva la transformación económica y social a través de la creación de empresas, identificando las oportunidades de negocios en contextos locales, regionales, nacionales e internacionales.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Proponer soluciones creativas que generen ventajas competitivas para resolver problemas de las áreas funcionales en las organizaciones, utilizando procedimientos, técnicas y herramientas de la ingeniería.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Actuar como agente de cambio en las organizaciones, en respuesta a las necesidades del entorno.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Utilizar las tecnologías de la información y comunicación en el ejercicio de su práctica profesional.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Organizar, integrar y dirigir equipos de trabajo para favorecer el crecimiento de la organización.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Aplicar habilidades directivas para el logro de los objetivos organizacionales en diferentes contextos.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Utilizar procesos de comunicación efectivos en las organizaciones y su entorno.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Interpretar y gestionar los sistemas de calidad y el proceso de mejora continua para las organizaciones.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Interpretar y aplicar el marco legal vigente, acorde a las necesidades situacionales de la organización.

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Desarrollar y/o dirigir proyectos empresariales utilizando los medios y herramientas de forma multidisciplinaria. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Diseñar e implementar estrategias para optimizar los procesos de las áreas funcionales de la organización. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Tomar decisiones en las operaciones económicas, administrativas y financieras que se generen dentro de la organización, en un marco jurídico/fiscal. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE
- ☐ Opción 5

Prestar servicios de consultoría en su ámbito profesional. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE
- ☐ Otro:

Generar, promover y dirigir investigación para propiciar el desarrollo de la empresa. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Participar en la administración de sistemas de logística. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Identificar y administrar los riesgos financieros de la empresa. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Diseñar, implementar y evaluar los sistemas y modelos administrativos, para la optimización de los recursos que intervienen en la empresa, con un enfoque de calidad y competitividad. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Promover y desarrollar el potencial del capital humano en los diferentes niveles de la organización. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Diseñar y gestionar procesos productivos y de servicios que respondan a las necesidades de la empresa. *

- ☐ 1. NADA IMPORTANTE
- ☐ 2. POCO IMPORTANTE
- ☐ 3. IMPORTANTE
- ☐ 4. MUY IMPORTANTE

Después de la sección 3 Ir a la siguiente sección ▼

Sección 4 de 4

INSTRUCCIONES

SELECCIONA LA RESPUESTA O RESPUESTAS CORRESPONDIENTES.

De las siguientes competencias que requiere tener un ingeniero en Administración ¿Cuáles normalmente son de las que carecen al entrar a laborar o realizar su Residencia Profesional en la empresa? *

- ☐ Toma de decisiones
- ☐ Trabajo en equipo
- ☐ Negociación y resolución de conflictos
- ☐ Conocimiento en ofimática y software
- ☐ Formación continua
- ☐ Comunicación

- ☐ Pensamiento crítico
- ☐ Liderazgo
- ☐ Administración de tiempo
- ☐ Otro: _____

De las siguientes competencias que requiere tener un Ingeniero en Administración ¿Cuáles son las más importantes en su empresa para que se considere competente?

- ☐ Toma de decisiones
- ☐ Trabajo en equipo
- ☐ Negociación y resolución de conflictos
- ☐ Conocimiento en ofimática y software
- ☐ Formación continua
- ☐ Comunicación
- ☐ Pensamiento crítico
- ☐ Liderazgo
- ☐ Administración de tiempo
- ☐ Otro: _____

¿Utiliza en su empresa algún programa o software para el pago de nóminas, manejo de contabilidad, inventarios, o cualquier otro proceso de acuerdo a su giro económico?

- ☐ Si
- ☐ No

111

Si la respuesta anterior fue afirmativa, de las siguientes opciones ¿Cuenta con alguno de estos programas o softwares?

- ☐ Aspel (Nóminas, contabilidad, comercial)
- ☐ Contpaqi (Nóminas, contabilidad, Comercial)
- ☐ SUA
- ☐ Excel
- ☐ Otro: _____

Aprendizaje basado en proyectos: un estudio narrativo en nivel medio superior y superior.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.881

César Iván Valles López¹, Alba Jyassu Ogaz Vasquez¹, Hugo Iván Flores Hidalgo²

¹Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, e-mail: ingstandar88@gmail.com

¹Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, e-mail: ogazalba7@gmail.com

² ¹Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez, e-mail: hugofloresh83@gmail.com

Línea de investigación: Enseñanza de la Ingeniería.

Resumen

Esta investigación explora el impacto del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en los estudiantes de educación media superior y superior en el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No.138 y el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez. Mediante un enfoque cualitativo, se recopilaron y analizaron las respuestas de los estudiantes para identificar los efectos en su desarrollo profesional y personal. Los resultados muestran que los estudiantes desarrollan habilidades técnicas avanzadas y competencias en áreas como programación, robótica, y comunicación en inglés. Además, la participación en proyectos y eventos fortalece habilidades blandas esenciales como el trabajo en equipo, el liderazgo y la comunicación efectiva. En términos personales, los estudiantes reportan un aumento en la confianza y autoeficacia, así como una apreciación más profunda de la diversidad cultural. Las motivaciones para participar incluyen el deseo de aprender, desarrollar habilidades valiosas y mejorar su futuro profesional. En general, los estudiantes expresan una alta satisfacción con su experiencia en ABP, destacando el apoyo de maestros y compañeros como factores clave. Se recomienda fortalecer el apoyo institucional, fomentar la colaboración interdisciplinaria, incrementar la participación en eventos externos y evaluar continuamente el impacto de los proyectos.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, eventos académicos, habilidades sociales, habilidades técnicas avanzadas, motivación académica y profesional.

Abstract

This research explores the impact of Project-Based Learning (PBL) on upper secondary and higher education students at the Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 138 and the Tecnológico Nacional de México, Ciudad Jiménez Campus. Using a qualitative approach, student responses were collected and analyzed to identify the effects on their professional and personal development.

The results show that students develop advanced technical skills and competencies in areas such as programming, robotics, and English communication. Additionally, participation in projects and events strengthens essential soft skills such as teamwork, leadership, and effective communication. On a personal level, students report increased confidence and self-efficacy, as well as a deeper appreciation for cultural diversity.

The motivations for participating include the desire to learn, develop valuable skills, and enhance their professional future. Overall, students express high satisfaction with their PBL experience, highlighting the support from teachers and peers as key factors. It is recommended to strengthen institutional support, promote interdisciplinary collaboration, increase participation in external events, and continuously evaluate the impact of the projects.

Keywords: Project-Based Learning, Advanced technical skills, Academic events, Social skills and Academic and professional motivation.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo principal analizar el impacto profesional y personal que tiene el trabajo de ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos) en los estudiantes del CBTis #138 que participan en las actividades del Centro de Investigación y Emprendimiento a través de los Clubes de Ciencias, Robótica e Inglés, así como en el alumnado del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez, quienes también realizan proyectos de investigación y emprendimiento en sus materias de especialidad.

Actualmente, existen tres eventos de ciencia, tecnología y emprendimiento que convocan a los jóvenes de educación media superior y superior en la localidad para desarrollar proyectos: uno de ellos es Prototipos y Emprendimiento de la DGETI para los estudiantes del CBTis; InnovaTecNM (cumbre nacional de desarrollo tecnológico, emprendimiento e innovación) para los alumnos del Tecnológico; y ExpoCiencias (organizado por la REDmex con el respaldo del movimiento internacional de recreo científico y técnico MILSET) que abarca desde preescolar hasta universidad.

Hasta hace algunos años (2010-2020), la participación de estudiantes en estos eventos era relativamente baja en comparación con la matrícula de cada escuela. Sin embargo, en los últimos cuatro años (2021-2024), la participación ha aumentado considerablemente debido a la implementación de estrategias para fomentar y fortalecer las vocaciones científicas.

Algunas de las preguntas de investigación que surgieron durante este estudio son: ¿Qué motiva a los estudiantes a realizar proyectos de investigación e innovación en la educación media superior y superior en Jiménez, Chihuahua? y ¿Cómo impacta en la vida profesional y/o personal de los estudiantes la realización de proyectos y la participación en eventos de ciencia, tecnología y/o emprendimiento?

DESARROLLO

La ciencia y la tecnología contemporánea son importantes en las vidas de los estudiantes porque abre posibilidades y crea oportunidades, sobre todo en escuelas técnicas como los CBTis y los Tecnológicos de México, es por ello que se considera un problema que los alumnos(as) no se muestren interesados en estos temas.

Según Nava (2016):

La ciencia y la tecnología apuntalan, de esta manera, el proyecto transformador de la educación media superior y superior en el país con el objetivo de formar los nuevos profesionistas. En este marco, la presente investigación explora en adolescentes jaliscienses las cargas valorativas y las expectativas acerca de la C y T, entre otras cosas se dirige a este grupo de población porque se encuentran en edad de elegir, en un futuro inmediato, una carrera profesional, y se parte del supuesto que a esta edad es posible inculcar el interés de estos jóvenes por carreras relacionadas con la ciencia y las ingenierías, pues el estado de Jalisco tiene el reto de incrementar el número de jóvenes en estas profesiones debido a los requerimientos que demandan los sectores estratégicos del país, como el energético, las TIC's, la agroindustria, la telemedicina, entre otros (p.11).

Es apremiante estudiar a fondo esta problemática y la única forma de poder hacerlo es conociendo los procesos, las convocatorias, los efectos en cada uno de los autores(as) que ya han vivido la experiencia y buscar nuevas alternativas para dar a conocer las actividades e involucrar a más estudiantes.

El Aprendizaje Basado en Proyectos en la educación media superior y superior en México sugiere lo siguiente:

Según López (2008) actualmente las necesidades educativas derivadas de los cambios sociales, económicos, tecnológicos, científicos, ocurridos en México, han originado que distintos organismos públicos y privados sugieran a las Instituciones de Educación Media Superior y Superior, cambios en las estrategias educativas orientándolas a desarrollar personal eficaz con competencias profesionales acordes a estas necesidades (p. 199).

Cuando los aprendices se encuentran entusiasmados porque han elegido un tema de su interés ellos invierten tiempo y atención, así se sugiere en la siguiente cita:

“En el ABP los alumnos persiguen soluciones a problemas, generan preguntas, debaten ideas, diseñan planes investigan para recolectar datos, establecen conclusiones, exponen sus resultados a otros, redefinen sus preguntas y crean o mejoran un producto final” (Blumenfeld, 1991, p. 372).

Otra manera de iniciar un proyecto en una clase es una vez que el alumno adquiere conocimiento previo y se desarrolla la habilidad de conectar esa información para dar soluciones integrales en las áreas de oportunidad que le rodean.

Como lo menciona Bender (2012) el Aprendizaje Basado en Proyectos consiste en hacer que el alumnado se enfrente a problemas del mundo real, que valore cuáles son significativos en su aprendizaje, encuentre herramientas para abordarlos y por último actúe de manera colaborativa para crear soluciones a dichos problemas planteados, el fin es promover que el alumnado desarrolle un pensamiento propio y esté motivado a aprender (p. 33).

El problema detectado es la poca participación de los estudiantes del CBTis #138 en el concurso del Encuentro Local de Prototipos de la DGETI del 2010 al 2020, de igual forma un fenómeno similar ocurrió durante el mismo periodo en el Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Jiménez en el evento académico InnovaTecNM, es importante mencionar que del 2021 al 2024 se ha tenido un incremento considerable en la participación, sin embargo, si se considera la matrícula que tiene cada una de las instituciones educativas es menos del 10% del alumnado.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto del ABP en el desarrollo de competencias profesionales y personales en estudiantes de CBTis #138 y Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar la mejora en habilidades blandas y técnicas en los estudiantes después de su participación en proyectos ABP durante el ciclo escolar 2023-2024.

Identificar escenarios donde los alumnos(as) puedan presentar sus proyectos de investigación y emprendimiento.

Realizar una entrevista/encuesta a cada uno de los alumnos(as) que concluyeron sus proyectos y los presentaron en eventos de Ciencia, Tecnología y/o Emprendimiento.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.- ¿Qué motiva a los estudiantes para que realicen proyectos de investigación e innovación en el CBTis #138 y Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez Chihuahua?

2.- ¿Cómo impacta en la vida profesional y/o personal de los alumnos(as) el realizar proyectos y participar en eventos de ciencia, tecnología y/o emprendimiento?

OBJETO DE ESTUDIO

Esta investigación profundiza en la perspectiva de los gustos, motivaciones e intereses de los jóvenes estudiantes que participan en eventos científicos, con la intención de fortalecer las áreas de oportunidad y atraer cada vez más participación juvenil para desarrollar vocaciones científicas y/o emprender un proyecto de vida, el objetivo principal fue analizar el impacto del ABP en el desarrollo de competencias profesionales y personales en estudiantes de CBTis #138 y Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez.

METODOLOGÍA

El tipo de estudio es longitudinal ya que las variables se miden con el tiempo de desarrollo del estudio. Estudiantes del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios #138 que forman parte de las actividades realizadas en los clubs de ciencias, robótica e inglés y del Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Jiménez que realizan proyectos de investigación e innovación en las materias de especialidad. La muestra fueron 100 estudiantes de un total de 226 en los últimos 4 años con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, como criterios de inclusión se consideró a estudiantes que participaron activamente en un proyecto de investigación y/o emprendimiento durante algún semestre entre el 2020-2024 y culminaron con la participación en los concursos de ciencia y tecnología, el criterio de exclusión fue únicamente a aquellos sujetos que no participaron en algún concurso de ciencia y tecnología.

Para realizar la recolección de los datos de las variables se utilizó un cuestionario de 18 preguntas abiertas en el cual se buscó conocer cuál es la percepción de cada uno de los estudiantes una vez que fueron participantes de la metodología y participaron como autores(as) de un proyecto de investigación y/o emprendimiento entre el comprendido del 2020-2024. Los resultados del cuestionario se analizaron cualitativamente para identificar temas y patrones recurrentes los cuales se organizaron a manera de narrativas.

Tabla 1.
Definición de las variables de investigación.

Definición de variables				
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Variable Independiente: Adquisición de conocimiento basado en proyectos	Esta es la metodología o la intervención educativa que se está implementando	Aprendizaje Basada en Proyectos es el método de aprendizaje utilizado en donde los alumnos(as) al final tendrán un producto de su investigación.	Lista de Asistencia de alumnos(as) que recibieron la capacitación de la metodología ABP.	Actividades, talleres, clubs, proyecto final, asistencia, concursos.
Variable dependiente: Desarrollo profesional y/o personal de los alumnos(as)	Este es el resultado o efecto que se está midiendo en los estudiantes como consecuencia de la implementación de la metodología basada en proyectos	Impacto o desarrollo personal y/o profesional en la vida de los alumnos(as) involucrados(as).	Alumnos(as) del CBTis #138 y del Tecnológico Nacional de México Campus Jiménez que son parte de las actividades del centro de investigación o se encuentran desarrollando un proyecto de investigación y/o emprendimiento.	Narrativa mediante una encuesta de preguntas abiertas

FASES DE DESARROLLO

Durante la implementación de las actividades del aprendizaje basado en proyectos en el CBTis #138 se llevaron a cabo de la siguiente manera:

Figura 1. Cronograma de actividades, mes de febrero de 2024

FEBRERO DEL 2024						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	20 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	21 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	22 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	23	24
25	26 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	27 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	28 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	29 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación		

Figura 2. Cronograma de actividades, mes de marzo de 2024

MARZO DEL 2024						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
					1	2
3	4 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	5 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	6 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	7 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	8	9
10	11 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	12 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	13 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	14 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	15	16
17	18 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	19 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	20 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	21 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	22	23
24	25 VAC	26 VAC	27 VAC	28 VAC	29 VAC	30

Figura 3. Cronograma de actividades, mes de abril de 2024

ABRIL DEL 2024						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
31	1 VACACIONES	2 VACACIONES	3 VACACIONES	4 VACACIONES	5 VACACIONES	6
7	8 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	9 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	10 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	11 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	12	13
14	15 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	16 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	17 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	18 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	19	20
21	22 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	23 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	24 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	25 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	26	27
28	29 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	30 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación				

Figura 4. Cronograma de actividades, mes de mayo de 2024

MAYO DEL 2024						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
			1 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	2 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	3	4
5	6 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	7 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	8 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	9 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	10	11
12	13 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	14 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	15 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	16 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	17	18
19	20 Club de Ciencias 9-10 Centro de Investigación	21 Club de Robótica Matutino 9-10 Centro de Investigación	22 Club de Robótica Vespertino 16-17 Centro de Investigación	23 Club de Conversación (Inglés) 9-10 Centro de Investigación	24	25
26	27 Presentación de proyectos	28 Concurso de robótica	29	30	31	

Club de Robótica Matutino 9-10 todos los martes en el centro de investigación.

Club de Robótica Vespertino 16:00-17:00 todos los miércoles en el centro de investigación.

Club de Ciencias 9-10 todos los lunes en el centro de investigación.

Club de Conversación (Inglés) 9-10 todos los jueves en el centro de investigación.

Vacaciones del 23 de marzo al 7 de abril.

Presentación de proyectos lunes 27 de mayo del semestre enero-junio 2024

Concurso de robótica martes 28 de mayo del semestre enero-junio 2024

En el Tecnológico Nacional de México Campus Cd. Jiménez la implementación de la metodología ABP se planeó dentro de las materias de especialidad en el área de metalmecánica en un horario de 11:00 a 15:00 horas de febrero a mayo del 2024.

Es importante mencionar que para preparar a los jóvenes durante su investigación existe una academia de Investigación y/o un trabajo colaborativo de diferentes profesionales de la educación, alguno de los roles son: En el CBTis #138, Coordinador(a) de proyectos de Investigación y/o emprendimiento, Presidente(a) y Secretario(a) de Academia de investigación, además de 6 vocalías.

Instrumento de recolección de datos

Para realizar la recolección de los datos de las variables se utilizó un cuestionario de 18 preguntas abiertas en el cual se busca conocer cuál es la percepción de cada uno de los alumnos(as) una vez que fueron participantes de la metodología y participaron como autores(as) de un proyecto de investigación y/o emprendimiento entre el comprendido del 2020-2024.

CUESTIONARIO PARA CONOCER EL IMPACTO EN LA VIDA PERSONAL Y PROFESIONAL DE LOS ALUMNOS AL REALIZAR PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN.

Estas preguntas están diseñadas para obtener una visión holística del impacto de los proyectos de investigación e innovación en la vida de los estudiantes.

Datos Generales

1.- Nombre completo

2.- Edad

3.- Escuela

4.- Carrera

5.- Grado

Impacto/Percepción de los alumnos(as)

6.- ¿Cómo describirías tu experiencia participando en proyectos de investigación e innovación?

7.- ¿Qué te motivó a participar en eventos como ExpoCiencias, Prototipos de la DGETI o InnovaTecNM?

8.- ¿De qué manera crees que los proyectos de investigación han influido en tu aprendizaje académico?

9.- ¿Has desarrollado nuevas habilidades técnicas o conocimientos específicos a través de estos proyectos? Si es así, ¿cuáles?

10.- ¿Crees que participar en estos proyectos te ha preparado mejor para tu futuro profesional? ¿Por qué?

- 11.- ¿Qué habilidades blandas (por ejemplo, trabajo en equipo, comunicación, liderazgo) crees que has mejorado al trabajar en proyectos de investigación?
- 12.- ¿Cómo ha afectado o mejorado tu confianza y autoeficacia la participación en estos proyectos?
- 13.- ¿Cómo describirías tu experiencia en las competencias y exposiciones (ExpoCiencias, Prototipos de la DGETI, InnovaTecNM)?
- 14.- ¿Qué impacto crees que tiene la exposición de tus proyectos en estos eventos sobre tu desarrollo personal y académico?
- 15.- ¿De qué manera ha influido la realización de proyectos de investigación en tu vida diaria fuera del ámbito académico?
- 16.- ¿Sientes que estos proyectos te han ayudado a definir mejor tus metas y objetivos personales o profesionales?
- 17.- ¿Cómo ha impactado en tu vida ganar una acreditación que te permitió viajar a otras ciudades, estados o países?
- 18.- ¿Qué experiencias valiosas has tenido al viajar y participar en eventos fuera de tu lugar de residencia?
- 19.- ¿Cómo ha influido en ti el conocer y experimentar otras culturas a través de estos viajes?
- 20.- ¿Qué lecciones o aprendizajes personales has obtenido al interactuar con personas de diferentes lugares y culturas durante estos eventos?
- 21.- ¿Qué aspectos positivos destacarías de la metodología de aprendizaje basado en proyectos?
- 22.- ¿Qué sugerencias tienes para mejorar la experiencia de trabajar en proyectos de investigación en el futuro?
- 23.- ¿Consideras que estos proyectos deberían ser una parte esencial del currículo de mecatrónica y electromecánica? ¿Por qué?

Procesamiento de datos

Se aplicaron 100 encuestas a los estudiantes que realizaron proyectos de ciencia, tecnología y/o emprendimiento del CBTis #138 y Tecnológico de Jiménez que de manera aleatoria. Las encuestas se analizaron por separado identificando patrones y comentarios relevantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio analizó el impacto profesional y personal de la metodología de aprendizaje basada en proyectos en estudiantes de educación media superior y superior. Las respuestas de los estudiantes se recopilaron mediante un cuestionario con preguntas abiertas y se analizaron cualitativamente para identificar temas y patrones recurrentes.

Influencia en el Aprendizaje Académico:

Los estudiantes reportaron que los proyectos de investigación han influido positivamente en su aprendizaje académico. Algunos comentarios destacados incluyen:

- "Me han abierto puntos de vista que nunca antes había concientizado."
- "Me han ayudado a mejorar como estudiante."
- "Me han ayudado a conocer y aprender más, tanto de mi carrera como de otras especialidades."

Desarrollo de Nuevas Habilidades Técnicas:

Muchos estudiantes mencionaron haber desarrollado nuevas habilidades técnicas o adquirido conocimientos específicos gracias a los proyectos. Ejemplos de habilidades adquiridas incluyen:

- "Llevar a cabo una investigación, lenguaje técnico, técnicas de negocios y estadísticas."
- "Programación en microcontroladores y Python."
- "Mejorar mi pronunciación del inglés y conocimientos de robótica."

Preparación para el Futuro Profesional:

La mayoría de los estudiantes creen que la participación en estos proyectos los ha preparado mejor para su futuro profesional, destacando el desarrollo de habilidades y conocimientos que abren puertas laborales. Comentarios relevantes incluyen:

- "Te abre totalmente la imaginación y desarrolla muy efectivamente tu creatividad."
- "Adquiriendo experiencia y aprendiendo más cosas."
- "Desarrollar habilidades y conocimientos abrirá muchas puertas laborales."

Mejora de Habilidades Blandas:

Los proyectos de investigación también han contribuido al desarrollo de habilidades blandas como el trabajo en equipo, la comunicación y el liderazgo. Ejemplos de habilidades mejoradas incluyen:

- "El liderazgo, trabajo en equipo, la cooperación y la expresividad de ideas."
- "Comunicación, investigación y exposición."
- "Resolución de problemas y métodos de desarrollo eficientes."

Confianza y Autoeficacia:

La participación en estos proyectos ha tenido un impacto positivo en la confianza y autoeficacia de los estudiantes. Algunos comentarios relevantes son:

- "Mejoró bastante mi confianza al hablar."
- "Me ha dado más confianza."
- "Me ha impulsado a hablar con otras personas y conocer nuevas perspectivas."

Influencia en la Vida Diaria:

Los proyectos de investigación han influido en la vida diaria de los estudiantes fuera del ámbito académico. Ejemplos de esta influencia incluyen:

- "Me ha dejado dedicar tiempo a pensar y enseñado que no todo tiene que ser complicado para tener el mejor resultado."
- "Ha influido de manera muy positiva ya que se aprende demasiado y mucho más allá de los ámbitos que vivimos día con día."
- "Me ha dado un poco más de confianza en mis conocimientos y la forma en la que me expreso cuando expongo."

Definición de Metas y Objetivos:

Muchos estudiantes reportaron que estos proyectos les han ayudado a definir mejor sus metas y objetivos personales y profesionales.

Ejemplos de comentarios incluyen:

- "Claro, al momento de conocer tus oportunidades en dichas áreas."
- "Sí, ya que en estos eventos ves todo tipo de proyectos, ya sea de comida, de software de vestimenta etc."
- "Es bastante interesante el poder ver que no todos los proyectos son rentables por más interesantes que sean, tiene que buscar uno el producto que se adecúa a la venta del mismo."

Experiencias Interculturales:

La interacción con personas de diferentes lugares y culturas durante los eventos ha influido positivamente en los estudiantes, ampliando su perspectiva y apreciación cultural. Ejemplos de comentarios incluyen:

- "Me gusta ver la diversidad cultural y la diferencia entre regiones."
- "Es interesante observar modos de vida distintos al propio."
- "Ha influido mucho ya que tienes otro punto de vista que no habías notado."

Lecciones y Aprendizajes Personales:

Los estudiantes mencionaron haber aprendido importantes lecciones personales al interactuar con personas de diferentes lugares y culturas, como:

- "Mayor facilidad para hacer amigos."
- "A tener una mente abierta y comprender el contexto de cada persona antes de juzgar."
- "El no juzgar a las demás personas, sino dejar que te enseñen y conocer de los demás."

Estos resultados indican que la metodología de aprendizaje basada en proyectos no solo mejora el rendimiento académico y prep ara mejor a los estudiantes para sus futuras carreras, sino que también contribuye significativamente a su desarrollo personal, incrementando su confianza, habilidades sociales y apreciación cultural.

Recordar el objetivo de este estudio el cual es: "Implementar la metodología de aprendizaje basada en proyectos y analizar su impacto profesional y personal en los alumnos(as) a través de sus narrativas, una vez que hayan participado como autores en eventos de Ciencia, Tecnología y/o Emprendimiento." El grupo de estudio fueron estudiantes del CBTis #138 que participan en las actividades del Centro de Investigación y Emprendimiento a través de los Clubes de Ciencias, Robótica e Inglés, así como en los alumnos del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Jiménez, quienes también realizan proyectos de investigación y emprendimiento en sus materias de especialidad.

Los resultados de este estudio tienen importantes implicaciones para la práctica educativa. Primero, sugieren que la incorporación de la metodología de aprendizaje basada en proyectos puede mejorar significativamente tanto el rendimiento académico como el desarrollo personal de los estudiantes. Los educadores y administradores deberían considerar la implementación de proyectos en el currículo para fomentar un aprendizaje más profundo y el desarrollo de habilidades clave para el futuro.

Además, el desarrollo de habilidades blandas y técnicas a través de proyectos puede preparar mejor a los estudiantes para el mercado laboral, haciéndolos más competitivos y adaptables. Las instituciones educativas deben proporcionar oportunidades para que los estudiantes trabajen en proyectos interdisciplinarios que reflejen problemas y desafíos del mundo real (ver figuras 5 y 6).

Finalmente, las experiencias interculturales y la apreciación de la diversidad son cruciales en un mundo cada vez más globalizado. Los programas educativos deben fomentar la participación en proyectos que incluyan colaboración con estudiantes de diferentes contextos culturales y geográficos.

Este estudio ha demostrado que la metodología de aprendizaje basada en proyectos tiene un impacto positivo en el desarrollo profesional y personal de los estudiantes. Los hallazgos subrayan la importancia de proporcionar experiencias de aprendizajes significativos y relevantes que preparen a los estudiantes para los desafíos del futuro. Al implementar y apoyar el aprendizaje basado en proyectos, las instituciones educativas pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar las competencias necesarias para tener éxito en sus vidas personales y profesionales.

Figura 5. Eventos de ExpoCiencias



Figura 6. Clubs de Ciencia, Robótica e inglés.



CONCLUSIONES

Las narrativas de los estudiantes del CBTis #138 y del Tecnológico de Jiménez muestran como cada uno de ellos(as) perciben el impacto que la metodología basada en proyectos aporta a sus vidas, es importante conocer y medir el resultado personal y profesional que generó haber trabajado en proyectos de ciencia, tecnología y emprendimiento ya que de esta manera se pueden hacer los reajustes necesarios para satisfacer sus necesidades como alumnos y sobre todo las necesidades de mundo global.

En lo personal me ha tocado observar cómo se van desarrollando en ellos competencias que antes no detonaban y ahora lo hacen ver de una manera más natural, por un lado, los conocimientos técnicos que ellos adquieren durante sus materias ahora juegan un papel importante en la solución de problemas en su entorno y por esto ellos se convierten en agentes de cambio en la sociedad ya como profesionistas.

Algo que es importante comentar es que las habilidades blandas que muchos de ellos no tenían desarrolladas se han visto beneficiadas al grado que ellos mismo expresan que no eran y ahora son.

Para concluir la metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos es una excelente opción para que los maestros incrementen el gusto y la pasión de sus alumnos por cualquier materia que ellos(as) impartan si muestran a los alumnos como eso que van a aprender o han aprendido realmente les sirve para la vida.

REFERENCIAS

- Bender, W. (2012). *Project-Based Learning: Differentiating Instruction for the 21st Century*. California: Corwin.
- Blumenfeld, P. (1991). "Motivating Project-Based Learning: Sustaining the doing, supporting the learning". *Educational Psychologist*, vol. 3-4, (26), 369-398.
- De la Torre, B. (2018). *Aprendizaje Basado en Proyectos: Estudio de caso sobre el potencial del método como modelo de enseñanza-aprendizaje en educación secundaria*. [Tesis de doctorado, Universidad de Valladolid]. UVADOC.
- Rodríguez, E., Vargas, E. y Luna, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y Educadores*, 13(1).
- López, M. (2008). El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta en el contexto de la educación superior en México. *Tiempo de educar*, 9(18), 199-232.

Diana Isabel Valdés Guajardo¹, Edgar Ovidio Barrón Ramos², Alicia Villarreal Ruíz³,
Juan José Valenzuela Gallardo⁴, María Soledad Acevedo Casillas⁵.

¹Universidad Interamericana del Bravo/email: dvaldes@utnc.edu.mx

²Universidad Interamericana del Bravo/email: ebarron@utnc.edu.mx

³Universidad Interamericana del Bravo/email: avillarreal@utnc.edu.mx

⁴Universidad Interamericana del Bravo/email: jvalenzuela@utnc.edu.mx

⁵Universidad Interamericana del Bravo/email: aecsole@gmail.com

Línea de investigación: Calidad y mejora continua en el proceso de asesorías.

Resumen

La investigación sobre la calidad de las asesorías académicas en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC) busca comprender cómo estos procesos de acompañamiento influyen en los índices de reprobación y deserción estudiantil. Los estudiantes en situación de reprobación representan un grupo vulnerable que requiere atención personalizada y estrategias pedagógicas adaptadas a sus estilos y ritmos de aprendizaje. En este sentido, el desarrollo de herramientas educativas innovadoras y pertinentes se convierte en un elemento esencial para fortalecer las competencias de los estudiantes y favorecer su permanencia en la institución.

Asimismo, la capacitación constante del personal docente desempeña un papel determinante, ya que permite mejorar la calidad de las asesorías y la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Un docente preparado no solo domina los contenidos disciplinares, sino que también comprende las diversas formas en que los estudiantes aprenden y puede adaptar su intervención para lograr un aprendizaje significativo. Por tanto, promover la formación pedagógica del profesorado y el diseño de estrategias didácticas centradas en el estudiante, a nivel universitario, resulta fundamental para consolidar una educación de calidad que responda a las necesidades reales de la comunidad universitaria.

Palabras clave: Asesorías, calidad, deserción, indicadores, mejora continua, pedagogía, reprobación.

Abstract

The research on the quality of academic tutoring at the Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC) seeks to understand how these support processes influence student failure and dropout rates. Students facing academic failure represent a group that requires personalized attention and pedagogical strategies adapted to their individual learning styles and paces. In this sense, the development of innovative and relevant educational tools becomes an essential element to strengthen students' competencies and promote their retention within the institution.

Likewise, continuous teacher training plays a crucial role, as it improves the quality of tutoring and the effectiveness of the teaching-learning process. A well-prepared teacher not only masters disciplinary content but also understands the diverse ways in which students learn and can adapt their teaching approach to achieve meaningful learning. Therefore, promoting pedagogical training for teachers and designing student-centered didactic strategies are fundamental to consolidating quality education that responds to the real needs of the university community.

Keywords: Consulting, continuous improvement, dropout rate, indicators, pedagogy, quality, reprobation.

INTRODUCCIÓN

Calidad de la educación en la UTNC.

La calidad de la educación en las Universidades constituye un eje estratégico para la formación profesional y el desarrollo regional. En este marco, la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC), fundada en 2002, presenta características y retos específicos que permiten analizar de manera puntual indicadores, como matrícula, egreso, reprobación, abandono y tutorías los cuales inciden en la pertinencia y eficacia de su modelo educativo. En 2022, la UTNC registró una matrícula de 2,047 estudiantes y 848 egresados, con una distribución de género que muestra una mayoría masculina de aproximadamente un 63.1%. Estos datos reflejan la dimensión y el perfil ocupacional de la institución, orientada mayoritariamente a áreas técnicas e ingenierías (Data México, 2022).

Desde la perspectiva institucional, el análisis de la calidad no puede limitarse a la cuantificación de matrículas y egresos: debe incorporar indicadores que describan procesos académicos críticos. Los informes anuales y los documentos de planeación de la UTNC señalan explícitamente la reprobación y el abandono como amenazas a la eficiencia terminal, lo que obliga a priorizar intervenciones en tutoría, asesorías, acompañamiento y diseño curricular. Durante 2023 se reportaron 259 jóvenes que abandonaron sus estudios, de los cuales 11.58% lo hizo por reprobación; mientras que en 2022 el porcentaje atribuido a la reprobación fue de 16.07%, lo cual muestra fluctuaciones que requieren investigación y acción sostenida (Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, 2022; 2023).

Tabla 1
Estadística de estudiantes que abandonan sus estudios, cuatrimestre 2023.

NIVEL EDUCATIVO Y MOTIVO DEL ABANDONO	2023 (CUATRIMESTRES)									SUMATORIA CUATRIMESTRAL		
	E-A			M-A			S-D					
	H	M	T	H	M	T	H	M	T	H	M	T
TSU Reprobación	7	0	7	2	0	2	13	2	15	22	2	24
TSU Otros motivos	27	18	45	29	22	51	63	17	80	119	57	176
Sub total	34	18	52	31	22	53	76	19	95	141	59	200
ING. Reprobación	1	0	1	3	2	5	0	0	0	4	2	6
ING. Otros motivos	8	4	12	11	3	14	18	9	27	37	16	53
Sub total	9	4	13	14	5	19	18	9	27	41	18	59
Reprobación TSU + ING.	8	0	8	5	2	7	13	2	15	26	4	30
Otros motivos TSU + ING.	35	22	52	40	25	65	81	26	107	156	73	224
BAJAS TOTALES	43	22	65	45	27	72	94	28	122	182	77	259

Nota: Tabla obtenida del PIDE 2021-2025 de la UTNC.

Tabla 2
Estadística de la eficiencia terminal de los estudiantes de las últimas 4 generaciones.

TSU	GENERACIONES															
	2018-2020 (Matrícula inicial 744)				2019-2021 (Matrícula inicial 772)				2020-2022 (Matrícula inicial 851)				2021-2023 (Matrícula inicial 700)			
	H	M	T	%	H	M	T	%	H	M	T	%	H	M	T	%
Tasa de egreso	332	178	510	68.54	278	189	467	60.49	261	205	466	54.75	255	154	409	58.42
Tasa de titulación	327	177	504	98.82	278	189	467	100	259	205	464	99.57	255	154	409	100
Eficiencia Terminal	327	177	504	67.74	278	189	467	60.49	259	205	464	54.52	255	154	409	58.42

Nota: Tabla obtenida del PIDE 2021-2025 de la UTNC.

En un análisis comparativo con otras universidades tecnológicas de la región, se observa que la UTNC mantiene un desempeño similar en matrícula y egreso, pero enfrenta desafíos en eficiencia terminal y seguimiento académico desagregado, especialmente en programas de ingeniería y administración. Este contexto evidencia la necesidad de implementar estrategias diferenciadas que fortalezcan la retención y reduzcan la reprobación. La planeación estratégica de la UTNC (PIDE 2021–2025) y sus informes de evaluación institucional incluyen a la reprobación, la eficiencia terminal y la tutoría como indicadores prioritarios para la mejora continua. La universidad ha promovido prácticas pedagógicas con mayor componente práctico (60 % práctica / 40 % teoría), fomentando la empleabilidad y la vinculación con el sector productivo (Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, 2021). Además, recientes innovaciones incluyen programas de actualización docente, convenios con empresas locales y proyectos de emprendimiento estudiantil, lo que demuestra la intención de mejorar la calidad y pertinencia educativa.

Desde una perspectiva académica y social, atender la calidad en la UTNC exige combinar tres líneas de trabajo:

- a.- Fortalecer el acompañamiento académico (asesorías): programas con registro sistemático y evaluación de su impacto.
- d.- Capacitar y evaluar continuamente al cuerpo docente en metodologías activas y evaluación formativa.
- c.- Consolidar la transparencia estadística institucional mediante reportes periódicos que permitan monitorear reprobación, abandono y eficiencia terminal por carrera.

Estas acciones contribuyen no solo a reducir la reprobación y la deserción, sino también a mejorar la pertinencia de los perfiles de egreso y la inserción laboral de los titulados, además de fomentar la inclusión y equidad educativa.

En síntesis, la UTNC presenta una oferta técnica sólida y una matrícula relevante en el norte de Coahuila; sin embargo, para fortalecer la calidad educativa es indispensable disponer y difundir indicadores institucionales desagregados que permitan diseñar intervenciones precisas y evaluar el impacto de las estrategias implementadas. Por ello, surgen preguntas de investigación relevantes:

1. ¿Cómo impacta el acompañamiento académico (asesorías) en la retención estudiantil?
2. ¿Qué medidas dentro del acompañamiento académico (asesorías), se pueden optimizar para tener una eficiencia terminal y disminuir la reprobación y deserción?
3. ¿De qué manera las innovaciones tecnológicas implementadas en el acompañamiento académico pueden contribuyen a la pertinencia educativa y a la empleabilidad de los egresados?

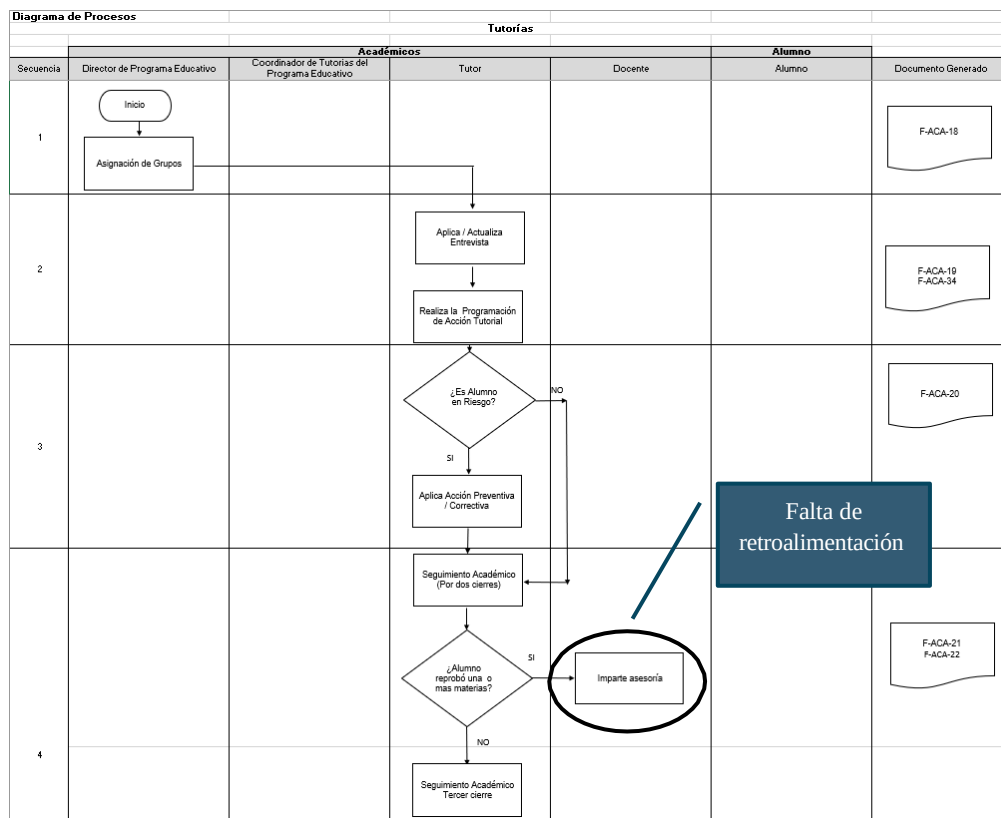
DESARROLLO

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una encuesta para la evaluación de la calidad en el proceso de asesorías académicas que se imparten a los estudiantes del programa educativo de Mantenimiento Área Industrial (MAI) de la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC). Esta herramienta se aplicará a los alumnos que, tras haber presentado sus exámenes ordinarios del primer o segundo parcial, pasan a la etapa de asesorías para la aplicación de evaluaciones remediales. Esto se debe a que, durante la evaluación ordinaria, no lograron adquirir las competencias necesarias para acreditar la asignatura con una calificación mínima de 7.0.

Debido a los altos índices de reprobación y deserción escolar derivados de factores académicos, la universidad requiere una retroalimentación sistemática del proceso de asesorías, ya que el actual Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) con el que opera la UTNC carece de un instrumento que permita evaluar, desde la perspectiva del estudiante, la manera en que el docente imparte su asignatura.

Figura 1

Diagrama del proceso de asesorías que se desarrolla en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, mostrando área de oportunidad.



NOTA: Imagen obtenida del Sistema de Gestión de Calidad de la UTNC.

La investigación contará con la participación de estudiantes, docentes y directivos del programa educativo de MAI. Los estudiantes a analizar y encuestar serán aquellos candidatos a la evaluación remedia durante los cuatrimestres enero-abril mayo-agosto y septiembre-diciembre 2025. Una vez desarrollada y validada la encuesta, se pretende presentarla ante Rectoría y las direcciones responsables del SGC con el propósito de llenar el vacío existente en el proceso de asesorías, identificar las fortalezas y debilidades del profesorado durante la impartición de clases y establecer estrategias que contribuyan a disminuir los índices de reprobación y deserción detectados en la UTNC.

La investigación adoptará un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Se realizará un análisis descriptivo y exploratorio mediante encuestas aplicadas a los estudiantes en situación de remedial, con el fin de evaluar la calidad de la enseñanza por parte del docente. Posteriormente, los datos recolectados serán sometidos a un análisis estadístico, lo que permitirá identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora, además de formular propuestas de capacitación docente en las áreas que requieran refuerzo.

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el orden de las siguientes fases:

1. Recolección de los datos de los estudiantes en situación de remedial por no haber acreditado alguna asignatura.
2. Obtención de los índices de reprobación y deserción del programa educativo de MAI.
3. Revisión de los programas institucionales de apoyo dirigidos a los estudiantes de la UTNC.
4. Análisis de la documentación del Sistema de Gestión de la Calidad relacionada con el proceso de asesorías.
5. Observación general del ambiente académico dentro de la universidad.
6. Diseño del cuestionario estructurado.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre la calidad de las asesorías académicas y su impacto en los índices de reprobación y deserción estudiantil en el nivel superior, con el propósito de generar estrategias de mejora que contribuyan al fortalecimiento de la permanencia y el rendimiento académico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los elementos que determinan la calidad de las asesorías académicas brindadas a los estudiantes de nivel superior, considerando factores como la planeación, la metodología, el seguimiento y la atención personalizada.
2. Examinar los índices actuales de reprobación y deserción en la institución con el fin de identificar patrones o tendencias que se relacionen con la efectividad de las asesorías.
3. Evaluar la percepción de los estudiantes sobre la calidad de las asesorías y su influencia en el desempeño académico, mediante la aplicación de cuestionarios estructurados como instrumento cuantitativo al finalizar cada sesión de asesoría.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de la presente investigación son los estudiantes en situación de reprobación que se encuentran cursando el proceso de asesorías académicas durante el cuatrimestre enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre de 2025 en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC). Este grupo representa un sector clave dentro de la comunidad universitaria, ya que su desempeño académico y su permanencia institucional constituyen indicadores fundamentales de la calidad educativa y de los procesos de acompañamiento que la universidad ofrece.

La elección de este objeto de estudio se sustenta en la necesidad de analizar cómo las asesorías académicas influyen en la mejora del rendimiento y en la disminución de los índices de reprobación y deserción escolar. Los estudiantes que han presentado dificultades en su trayectoria académica suelen enfrentar factores múltiples —académicos, personales y contextuales— que inciden en su desempeño. Por ello, comprender el impacto de las asesorías en esta población permite generar estrategias de intervención más efectivas y pertinentes.

Durante los cuatrimestres 2025, la UTNC implementa programas de asesorías con el propósito de fortalecer las competencias de los estudiantes, reforzar contenidos no dominados y fomentar hábitos de estudio. En este contexto, el análisis del comportamiento académico de los estudiantes reprobados en etapa de asesoría contribuirá a identificar las fortalezas y debilidades del proceso, así como a establecer posibles relaciones entre la calidad de las asesorías y los resultados académicos obtenidos.

En consecuencia, este objeto de estudio busca aportar información significativa para la toma de decisiones institucionales orientadas a la mejora continua de la calidad educativa, alineándose con el compromiso de la UTNC de garantizar una formación integral y la permanencia estudiantil en la educación superior tecnológica.

METODOLOGÍA

La presente investigación emplea una metodología mixta, la cual combina enfoques cuantitativos y cualitativos con el propósito de obtener una comprensión integral del fenómeno estudiado. Este enfoque permite analizar no solo los datos numéricos relacionados con la calidad de las asesorías, sino también las percepciones y experiencias de los estudiantes y docentes involucrados. En la fase cuantitativa, se aplicará una encuesta estructurada a los estudiantes del programa educativo de Mantenimiento Área Industrial (MAI) que se encuentren en situación de evaluación remedial. Esta técnica permitirá medir de manera objetiva los niveles de satisfacción, la percepción sobre la calidad de las asesorías y la efectividad de las estrategias docentes, generando información estadística que servirá como base para identificar tendencias, debilidades y áreas de mejora.

Por otro lado, la fase cualitativa se desarrollará mediante entrevistas semiestructuradas y la observación del ambiente académico, con el fin de profundizar en las causas y percepciones que explican los resultados obtenidos en la parte cuantitativa. A través de estas técnicas, se busca rescatar la voz del estudiante y comprender de manera más completa los factores que inciden en la reprobación y deserción. De esta forma, la combinación de ambas metodologías permitirá validar los resultados desde diferentes perspectivas, garantizando un análisis más completo, confiable y útil para la toma de decisiones institucionales orientadas a mejorar la calidad del proceso de asesorías en la UTNC.

FASES DEL DESARROLLO

1. Recolección de los datos de los estudiantes en situación de remedial por no haber acreditado alguna asignatura.

En esta fase se llevó a cabo la identificación y registro de los estudiantes que se encontraban en situación de remedial debido a la no acreditación de una o más asignaturas. La información se obtuvo a través de los registros institucionales y bases de datos académicas, con el propósito de contar con un panorama general del número de alumnos que presentan dificultades académicas y que, por ende, requieren apoyo adicional mediante asesorías.

2. Obtención de los índices de reprobación y deserción del programa educativo de MAI.

Posteriormente, se recopilieron los datos estadísticos relacionados con los índices de reprobación y deserción del programa educativo de Mantenimiento Industrial (MAI). Esta información fue esencial para establecer una línea base que permitiera analizar la magnitud del problema y evaluar la relación entre dichos índices y la calidad de las asesorías impartidas.

Tabla 3
Índices de reprobación y comparativa del primer, segundo y tercer parcial del año 2024.

Grupos y materias con mayor índice de reprobación:

Mantenimiento Área Industrial																
Asignatura	P1						P2						P3			RECU T. Alumnos
	Acción Remedial			Extraordinario			Acción Remedial			Extraordinario			Extraordinario			
	3A	3B	3C	3A	3B	3C	3A	3B	3C	3A	3B	3C	3A	3B	3C	
Integradora I	11			0												0
Formación Sociocultural II			8			0									2	0
Inglés III			6			0		1	2	1	2		4	2	1	0
Electrónica Analógica	5			0				2	1	1	1		2	3	1	0
Sistemas Eléctricos							2	1	1	2	0	0	3	1	1	0
Cálculo Diferencial														1		0
Total		30		0			10			7			21			0

Análisis: un total de 68 asesorías fueron impartidas durante el cuatrimestre mayo – agosto 2024 de las cuales 28 presentaron examen extraordinario en el programa educativo mantenimiento área industrial impactando un 60% de la población estudiantil en acción remedial, partiendo de lo anterior se plantea para mejorar la asistencia a las asesorías, crear un espacio y horario de atención para asesorías, quedando como espacio educativo para asesorías el aula de planta baja (Aula de Asesorías), de igual manera se pide a los tutores de cada grupo que presenten las evidencias de los reportes de asesorías por materias, con el fin de dar seguimiento al cumplimiento de las asesorías impartidas.

Nota: Tabla de elaboración propia a partir del procedimiento para la certificación del programa educativo de MAI ante CACEI.

3. Revisión de los programas institucionales de apoyo dirigidos a los estudiantes de la UTNC.

En esta etapa se realizó una revisión exhaustiva de los programas institucionales de apoyo académico implementados por la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC). El objetivo fue identificar las estrategias existentes destinadas a mejorar el rendimiento de los estudiantes, tales como tutorías, asesorías y cursos de regularización, así como su alcance y efectividad en la reducción de la reprobación y deserción.

Además, se consideró el papel fundamental de las academias de formación tecnológica y de tutorías, las cuales desarrollan reuniones periódicas en cada periodo de evaluaciones ordinarias, tanto antes como después de la aplicación de los exámenes. Estas reuniones permiten analizar el desarrollo académico de los estudiantes en sus distintas asignaturas, compartir observaciones entre docentes y establecer acciones de mejora orientadas al acompañamiento educativo. A través de este trabajo colaborativo, las academias contribuyen a la detección temprana de problemáticas académicas y fortalecen los mecanismos institucionales de apoyo, garantizando un seguimiento más integral del proceso formativo de los estudiantes.

Figura 2

Minuta de reunión realizada por docentes, directivos y tutores para el análisis de las asignaturas del nuevo modelo educativo.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL NORTE DE COAHUILA					
Acta de Reunión: Informe de cierre		Nivel Educativo: TSU -		Cuatrimestre: Enero - Abril 2023	
Actividades Sustantivas y de Academia		LIC			
Asunto: Informe de actividades sustantivas de PTC y Academia de Formación tecnológica y habilidades genéricas.					
Fecha	Lugar	Hora programada	Hora inicio	Hora de término	Responsable
29/05/2023	Sala de Juntas de Dirección de Carrera	14:20 hrs.	14:20 hrs.		Mtro. Edgar Ovidio Barrón Ramos.
Orden del Día			Participantes:		
1. Pase de lista.			1.- Ing. Moisés Morel		
2. Presentación de actividades sustantivas de cada PTC			2.- Lic. Ana Gabriela Bernal Carranco		
Docencia			3.- Mtra. Diana Isabel Valdés Guajardo		
• Horas frente a grupo			4.- Mtra. Silvia Imelda Castro Elizondo		
Gestión Académica			5.- Mtro. Gerardo Rincón Maltos		
• Elaboración de manuales de práctica y material didáctico.			6.- Mtro. José Alfredo Martínez Mercado		
Tutoría			7.- Mtro. Raúl Uranga Cruz		
• Tutoría porcentaje de retención.			8.- Mtra. Maritza García Pérez		
• Análisis de índice de reproprobación, aprovechamiento y asesorías impartidas durante cuatrimestre enero - abril 2023.			9.- Mtro. Juan José Valenzuela Gallardo		
Producción académica					
3. Cierre de la reunión.					
Desarrollo de la reunión					
1. Pase de lista.					
Se determina quórum legal.					
2. Docencia					
Nombre del docente	Horas de docencia	Grupos atendidos	Materias	Promedio	% de reproprobación
Mtra. Silvia Imelda C.	21	2A	Probabilidad y estadística	9.07	0
		2A	HSyMC	9.08	0
		2B	HSyMC	8.52	0
		2C	HSyMC	9.27	0
		2D	HSyMC	8.46	0

4. Análisis de la documentación del Sistema de Gestión de la Calidad relacionada con el proceso de asesorías.

Se procedió a examinar la documentación correspondiente al Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) de la institución, particularmente aquella vinculada al proceso de asesorías académicas. Este análisis permitió verificar el cumplimiento de los procedimientos establecidos, así como detectar posibles áreas de mejora en la planeación, ejecución y evaluación de las asesorías.

Durante esta revisión, se observó que el sistema de calidad, en su apartado referente a las asesorías, **carece de un mecanismo formal de retroalimentación** que permita evaluar la efectividad de dichas sesiones. La implementación de este elemento resultaría de gran utilidad, ya que permitiría determinar si el estudiante realmente comprendió los temas abordados y si las asesorías cumplieron con su propósito académico. Además, la retroalimentación serviría como una herramienta clave para el mejoramiento continuo, aportando evidencia del impacto positivo de las asesorías. Este aspecto cobra especial relevancia en el ámbito institucional, pues fortalecería los procesos de **acreditación y certificación** a los que la universidad y el programa educativo de MAI puedan aspirar en el futuro.

Figura 3

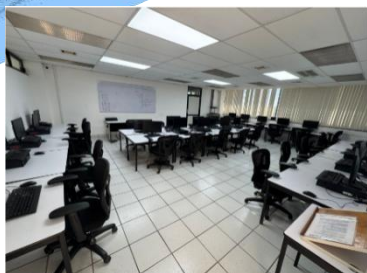
P-ACA-06 Descripción del procedimiento para tutorías.

Unidad Tecnológica del Norte de Coahuila.		Página 4 de 8	
ORGANISMO PÚBLICO EDUCACIONAL DEL GOBIERNO DEL ESTADO		REVISIÓN N.º 03	
PROCEDIMIENTO PARA TUTORÍAS (P-ACA-06)		PLATOS DE LA NORMA QUE APLICA: 6.1 - 7.3 - 8.1 - 10.2 - 10.3	
VI.- DESCRIPCIÓN DE PROCEDIMIENTO			
Responsable	Secuencia	Actividades	
Director del Programa Educativo	1	1.- Asignar a un PTC o PA para fungir como tutor de un grupo determinado de alumnos con formato F-ACA-16, así como al coordinador de tutorías del programa educativo mediante oficio de dirección.	
Tutor	2	1.- A través del formato F-ACA-19 Entrevista inicial aplicada a los alumnos del nuevo ingreso y reintegro se realiza un diagnóstico para detectar aspectos de vulnerabilidad académica, personal y socioeconómica. Con base en los resultados del diagnóstico el tutor realizará el formato F-ACA-24 Acción tutorial, en donde se incluye la orientación y canalización de los alumnos detectados con vulnerabilidad y su seguimiento. 2.- Si es tutor de un grupo de segundo a quinto cuatrimestre verifica las entrevistas iniciales y si es necesario las actualiza y procede a realizar el diagnóstico.	
Tutor	3	1.- Realiza las acciones propuestas para el seguimiento dependiendo de la situación que guarden los alumnos de acuerdo a los aspectos de vulnerabilidad y en rango de abandono escolar. Si aplica el Formato F-ACA-20 Tutoría individual/Grupal donde se anexa el servicio de apoyo brindado.	
Tutor	4	1.- Realizar el seguimiento académico individual a través del Sistema Círculo Integral (SCI). El alumno entregará una o más asignaturas al corte mensual/Trimestral, según la asesoría académica, con el formato F-ACA-21 a los docentes. 2.- Debe de entregarse el Formato F-ACA-22 Reporte de Asesorías, el cual deberá entregarse al tutor una semana antes del próximo corte. Si no, se continúa con un seguimiento académico como alumno con aprovechamiento normal. 3.- Al tercer corte del cuatrimestre el tutor identificará y canalizará a los alumnos con más de dos asignaturas reprobadas a la dirección de carrera para que se atienda su caso.	
Tutor	5	1.- Elabora el Reporte de Tutorías F-ACA-23, y lo anexa a su carpeta de evidencias junto con el formato F-ACA-24 Acción tutorial completado.	
Coordinador de Tutorías del Programa Educativo	6	1.- Aplica el grupo de Evaluación del Tutor asignado. 2.- Revisa la Carpeta de Evidencias de cada Tutor Asignado. 3.- Informar de los resultados de la evaluación a los tutores a través del formato F-ACA-24 Reporte de Resultados de la Evaluación al Tutor.	

Nota: Imagen Obtenida del Manual de procedimientos del SGC de la UTNC.

A continuación, se muestra el reporte de asesoría emitido por el docente, que se maneja en el Sistema de Gestión de Calidad de la UTNC, en donde se mencionan datos relevantes en cuestión de la asesoría dada al estudiante, pero no hace referencia alguna al punto de vista del estudiante en cuestión de que la asesoría haya sido comprendida o no.

Figura 6
Imagen de laboratorios y talleres.



En cuanto a la tecnología, la universidad dispone de equipos, software y herramientas digitales que responden a las necesidades prácticas de los programas educativos. En los casos donde la institución no cuenta con determinados recursos, se destaca la vinculación con empresas de la región, las cuales colaboran activamente en el proceso formativo. Gracias a esta alianza, los estudiantes realizan prácticas cuatrimestrales en entornos laborales reales, lo que fortalece su experiencia profesional y refuerza la pertinencia de su aprendizaje.

Figura 7
Práctica de estudiantes en el sector productivo, CEDEX Constellation Brands.



Nota: Imagen tomada en CEDEX, centro de practica para estudiantes dentro de Constellation Brands.

Por otro lado, la actitud de los docentes hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje es altamente positiva, caracterizada por su compromiso, disposición y acompañamiento continuo al estudiante. De igual manera, la participación estudiantil se distingue por su interés y colaboración tanto en el aula como en actividades extracurriculares, lo cual contribuye a un clima académico dinámico y motivador.

Finalmente, la UTNC promueve la inclusión y el bienestar estudiantil mediante la oferta de becas de diferentes tipos, la existencia de clubes estudiantiles y la disponibilidad de servicio de transporte en diversos horarios, lo que facilita el acceso y la permanencia de los estudiantes en la institución. Todos estos factores conforman un ambiente educativo integral que favorece la calidad del proceso formativo y refuerza los objetivos institucionales orientados al desarrollo académico y profesional de su comunidad universitaria.

Figura 8

Inclusión y bienestar estudiantil, becas, clubs, transporte, atención médica y psicológica.



6. Diseño del cuestionario estructurado.

Con base en la información recopilada en las etapas anteriores, se pretende elaborar un cuestionario estructurado como instrumento principal para la recolección de los datos cuantitativos. Dicho instrumento será diseñado utilizando una escala tipo Likert, la cual permitirá evaluar la percepción de los estudiantes sobre diversos aspectos relacionados con la calidad de las asesorías académicas, tales como la claridad del docente, el ambiente de aprendizaje, la disponibilidad de recursos y la pertinencia del horario.

El diseño del cuestionario se estructurará tomando como referencia los elementos analizados en la fase 5, que abordará el ambiente académico dentro de la universidad. Por ello, se incluirán ítems que evaluarán dimensiones vinculadas con la infraestructura institucional, la tecnología disponible, la actitud docente y la participación estudiantil, considerando que estos factores influyen directamente en la percepción de la calidad de las asesorías.

Figura 9

Prototipo de encuesta para la evaluación de la calidad de las asesorías.

Encuesta — Evaluación de la calidad de las asesorías
Aplicable a estudiantes del programa MAI — UTNC — Candidatos a evaluación remedial, cuatrimestre enero-abril 2025.

Instrucciones: Esta encuesta valora distintos aspectos del proceso de asesorías al que has asistido. Todas las preguntas son anónimas y se usarán únicamente con fines de mejora académica. Marca la opción que mejor refleje tu opinión según la siguiente escala:

1 — Totalmente en desacuerdo
2 — En desacuerdo
3 — Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4 — De acuerdo
5 — Totalmente de acuerdo

Datos demográficos (opcional)
Sexo: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ Prefiero no decir
Cuatrimestre: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ Otro: _____
Asignatura por la que recibiste asesoría: _____
Modalidad de la asesoría: ☐ Presencial ☐ Híbrida ☐ En línea
Fecha (mes/año): ____/____/____

A. Ambiente físico y recursos

1. El aula o espacio donde se impartieron las asesorías era adecuado para el aprendizaje.

2. Las instalaciones (limpieza, iluminación, ventilación) favorecieron la concentración.

3. El mobiliario (mesas, sillas) era cómodo y funcional para trabajar.

4. Si la asesoría fue en línea, la plataforma utilizada funcionó correctamente.

5. Los equipos y recursos (computadoras, proyectores, herramientas) estuvieron disponibles y en buen estado.

6. Hubo ruidos, distracciones o condiciones que dificultaron el aprovechamiento de la asesoría (ítem irrelevante).

B. Tecnología y materiales

7. El docente utilizó recursos tecnológicos apropiados para la asesoría (presentaciones, simuladores, videos, etc.).

8. El material entregado (apuntes, guías, ejercicios) fue claro y suficiente.

9. Las actividades o materiales apoyaron el desarrollo de las competencias necesarias para la evaluación.

Nota: Encuesta de elaboración propia para la medición de la calidad en las asesorías, en proceso de revisión y aprobación.

De manera particular, se puso especial énfasis en la evaluación de las habilidades pedagógicas del docente, reconociendo su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje y detectando la carencia de estas, en la fase de observación. El cuestionario busca identificar en

qué medida los docentes logran transmitir los conocimientos de forma clara, motivar a los estudiantes, y aplicar estrategias didácticas que favorezcan la comprensión de los temas abordados durante las asesorías. Este enfoque permitirá generar herramientas integrales, capaces de reflejar la interacción entre los factores institucionales y el desempeño docente, contribuyendo así a una evaluación más completa de la calidad educativa.

7. Elaboración de propuestas con base en el análisis realizado.

Se sugiere la creación de un sistema de retroalimentación formal dentro del proceso de asesorías, que permita medir la efectividad de las sesiones y conocer si los estudiantes han logrado comprender los contenidos abordados. Este sistema proporcionaría información valiosa para la mejora continua, fortaleciendo el compromiso institucional con la calidad educativa y aportando evidencia relevante para futuras acreditaciones y certificaciones.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de la observación directa y de la aplicación de la encuesta prototipo a los estudiantes en situación de remedial del programa educativo de Mantenimiento Área Industrial (MAI) de la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC), permitieron identificar una serie de fortalezas y debilidades en el proceso de asesorías académicas.

En general, se constató que la universidad cuenta con condiciones institucionales favorables, tales como infraestructura adecuada, talleres y laboratorios equipados, así como una buena disposición por parte de los docentes para brindar apoyo académico. Sin embargo, aún no se puede emitir un resultado evidente sobre el impacto que estén causando las asesorías en los índices de reprobación y deserción, ya que aún no se concluye el tercer cuatrimestre del año 2025 el cual es de suma importancia para un análisis comparativo completo en relación a los datos estadísticos recabados en el año 2024 correspondiente a los 3 periodos cuatrimestrales.

DISCUSIÓN

La presente investigación permitió reflexionar sobre la importancia que tiene la calidad de las asesorías académicas en el nivel superior, particularmente en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC). La implementación de dicha encuesta no solo contribuirá a elevar los estándares de calidad académica, sino que también servirá como un insumo fundamental para los procesos de acreditación y certificación institucional, al evidenciar el compromiso de la UTNC con la excelencia educativa y la formación integral de sus estudiantes. En conclusión, fortalecer la calidad de las asesorías implica apostar por una educación superior más equitativa, eficiente y orientada al éxito académico y profesional de la comunidad universitaria.

BIBLIOGRAFÍA

Cuenta Pública – UTNC. (s/f). Edu.mx. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://www.utnc.edu.mx/cuenta-publica/>
Universidad Tecnológica Del Norte De Coahuila. (s/f). Data México. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/institution/universidad-tecnologica-del-norte-de-coahuila>
(S/f-a). Edu.mx. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de https://www.utnc.edu.mx/download/planeacion/UTNC_PIDE_2021-2025.pdf
(S/f-b). Gob.mx. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de <https://coahuilatr transparente.gob.mx/RutaDataFiles/BD/InformeAnualActividades/Informe%20anual%20202316setan88aitn.pdf>

Diseño Convencional Vs. Diseño Accesible en App Móviles

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.892

Cristy Elizabeth Aguilar Ojeda ¹, Talhia Heidi Hernández Omaña², María Guadalupe Santillán Valdelamar³
Stacy Annette Carranza Rodríguez⁴, Eliud Paredes Reyes⁵

¹ Tecnológico Nacional de México Campus ITS del Occidente del Estado de Hidalgo/caquilar@itsoeh.edu.mx,

² Tecnológico Nacional de México Campus ITS del Occidente del Estado de Hidalgo/thernandez@itsoeh.edu.mx,

³ Tecnológico Nacional de México Campus ITS del Occidente del Estado de Hidalgo/msantillan@itsoeh.edu.mx,

⁴ Tecnológico Nacional de México Campus ITS del Occidente del Estado de Hidalgo/21011533@itsoeh.edu.mx,

⁵ Tecnológico Nacional de México Campus ITS del Occidente del Estado de Hidalgo/eparedes@itsoeh.edu.mx

Línea de investigación: Sistemas, Bases de Datos y Plataformas Computacionales

Resumen

Esta investigación tiene como fin realizar un análisis comparativo entre el diseño convencional de aplicaciones móviles y el diseño basado en los estándares de accesibilidad WCAG 2.1, con el propósito de identificar las diferencias en experiencia de usuario, accesibilidad y desempeño. La metodología se estructuró en tres fases: planificación y diseño, donde se establecieron los objetivos de accesibilidad; implementación, que consistió en el diseño de una aplicación móvil con criterios de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez; y pruebas y evaluación, mediante revisiones técnicas y pruebas con usuarios finales para comparar la funcionalidad y usabilidad de ambos enfoques.

Los resultados demostraron que el diseño accesible supera ampliamente al diseño convencional, al incrementar la inclusión digital y la participación de usuarios con discapacidad, mejorar la legibilidad y comprensión del contenido, y reducir errores de interacción. Además, se constató que aplicar los principios de accesibilidad desde la fase inicial no limita la creatividad, sino que potencia la innovación y la sostenibilidad del producto, favoreciendo su mantenimiento y fortaleciendo la responsabilidad social corporativa de las organizaciones desarrolladoras. Se destaca que la accesibilidad no debe considerarse una opción, sino una obligación ética y profesional, esencial para garantizar la igualdad de oportunidades en el entorno digital. Incorporar los estándares WCAG en el desarrollo móvil representa una inversión estratégica que mejora la calidad, la confianza del usuario y la proyección social de la tecnología inclusiva.

Palabras clave: Accesibilidad digital, diseño inclusivo, aplicaciones móviles, WCAG 2.1, experiencia de usuario.

Abstract

This research aims to conduct a comparative analysis between conventional mobile application design and design based on the WCAG 2.1 accessibility standards, with the purpose of identifying differences in user experience, accessibility, and performance. The methodology was structured in three phases: planning and design, where accessibility objectives were established; implementation, which involved developing a mobile application following the principles of perceptibility, operability, understandability, and robustness; and testing and evaluation, through technical reviews and user testing to compare the functionality and usability of both approaches.

The results showed that accessible design significantly outperforms conventional design by increasing digital inclusion and the participation of users with disabilities, improving content readability and comprehension, and reducing interaction errors. Furthermore, it was confirmed that applying accessibility principles from the early stages of development does not limit creativity but rather enhances product innovation and sustainability, facilitating maintenance and strengthening the corporate social responsibility of developing organizations.

It was emphasized that accessibility should not be considered optional, but rather an ethical and professional obligation, essential to ensure equal opportunities in the digital environment. Incorporating WCAG standards into mobile development represents a strategic investment that improves quality, user trust, and the social projection of inclusive technology.

Keywords: Digital accessibility, inclusive design, mobile applications, WCAG 2.1, user experience.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo de aplicaciones móviles constituye un campo esencial en la economía digital y en la vida cotidiana de millones de usuarios. La tendencia predominante en la industria se centra en la innovación visual, la interacción intuitiva y la identidad de marca, características propias del diseño convencional. Sin embargo, este enfoque no siempre considera la diversidad funcional de los usuarios ni los principios de accesibilidad universal, lo que puede derivar en exclusión digital (Lazar et al., 2015). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), más de mil millones de personas, el 16% de la población mundial, viven con alguna discapacidad, por lo que garantizar el acceso a entornos digitales inclusivos es una necesidad técnica, social y ética.

En este contexto, el presente estudio tiene como objeto de investigación la comparación entre dos enfoques de diseño de aplicaciones móviles: el diseño convencional y el diseño accesible basado en las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1), elaboradas por el World Wide Web Consortium (W3C, 2018). Dichas pautas establecen cuatro principios fundamentales: perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez, que garantizan que los contenidos digitales puedan ser utilizados por el mayor número de personas, independientemente de sus capacidades. Estos principios se complementan con otros estándares internacionales como el ISO/IEC 40500:2012 y el EN 301 549, que norman la accesibilidad en productos y servicios tecnológicos (ISO, 2012; ETSI, 2018).

Desde un enfoque metodológico, la variable independiente de esta investigación es el tipo de diseño de aplicación móvil (convencional vs. accesible bajo el estándar WCAG 2.1). La variable dependiente es la experiencia de usuario, entendida como el conjunto de percepciones, emociones y respuestas de los usuarios al interactuar con la aplicación, la cual se evaluará mediante métricas de accesibilidad, usabilidad y desempeño técnico. Entre las variables intervinientes o factores asociados se consideran: el tipo de dispositivo, la versión del sistema operativo, las condiciones de navegación, el nivel de conocimiento tecnológico del usuario y el uso de tecnologías de asistencia (por ejemplo, lectores de pantalla o comandos de voz). Estos factores influyen directamente en la forma en que los usuarios perciben y utilizan las aplicaciones móviles (Henry et al., 2019).

El objetivo general de la investigación es realizar un análisis comparativo de las características, ventajas y limitaciones del diseño convencional frente al diseño accesible, identificando cómo influyen ambos enfoques en la experiencia de usuario y el desempeño técnico. De este se desprenden tres objetivos específicos: Identificar las directrices y criterios de la norma WCAG 2.1, analizando su aplicabilidad en entornos móviles. Evaluar la experiencia de usuario, accesibilidad y desempeño mediante pruebas con usuarios y métricas objetivas. Elaborar una guía o checklist de buenas prácticas para incorporar la accesibilidad desde la fase de diseño y desarrollo.

Los factores relacionados con estos objetivos incluyen las dimensiones técnicas (compatibilidad, rendimiento, estructura del código), las dimensiones perceptivas y cognitivas (contraste, legibilidad, navegación, comprensión), y las dimensiones sociales (inclusión, equidad y responsabilidad digital). Estos factores no solo determinan la funcionalidad y eficiencia de una aplicación, sino también su impacto en la calidad de vida de las personas, especialmente aquellas en situación de vulnerabilidad (Kelly et al., 2017).

En suma, el análisis comparativo propuesto busca demostrar que la accesibilidad no representa una limitación, sino un valor añadido en la experiencia digital, capaz de beneficiar a todos los usuarios y fortalecer la responsabilidad social del diseño tecnológico. Incluir los principios WCAG 2.1 desde el inicio del ciclo de desarrollo contribuye a la creación de entornos móviles más inclusivos, sostenibles y éticos, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y con el derecho universal al acceso a la información (ONU, 2006).

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo de las características, ventajas y limitaciones del diseño convencional de aplicaciones móviles frente al diseño accesible basado en el estándar WCAG 2, para identificar la experiencia de usuario, accesibilidad y desempeño.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las directrices y criterios del estándar WCAG 2, para analizar los principios de accesibilidad y su aplicabilidad en el desarrollo de un entorno móvil.
- Evaluar la experiencia de usuario, accesibilidad y desempeño de una aplicación móvil, para obtener métricas técnicas y pruebas con usuarios.
- Elaborar una guía o checklist para incorporar buenas prácticas de accesibilidad en el desarrollo móvil.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es la comparación entre dos enfoques de diseño de aplicaciones móviles: el diseño convencional (sin consideraciones de accesibilidad) y el diseño que respeta las Web Content Accessibility Guidelines (Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web - WCAG) 2.1 del W3C, adaptadas al contexto móvil. En particular, se analiza el impacto que tienen los criterios de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez —los cuatro principios fundamentales de las WCAG 2.1— cuando se aplican en el ciclo de desarrollo de aplicaciones móviles (diseño, implementación, prueba). La finalidad es identificar las diferencias técnicas, de usabilidad y de experiencia de usuario entre ambas versiones, así como extraer lineamientos o buenas prácticas para incorporar la accesibilidad como un estándar en el desarrollo móvil.

El estudio abarca los componentes de interfaz, navegación, interacción táctil, presentación de contenido multimedia, compatibilidad con tecnologías de asistencia (por ejemplo lectores de pantalla), y cumplimiento de los criterios de éxito (success criteria) definidos en la WCAG 2.1. Para muchas personas, la web es una parte esencial de su vida diaria; en el trabajo, en casa y en la carretera la accesibilidad web significa que las personas con discapacidad pueden usar la web por igual. Por ejemplo, alguien que no puede usar los brazos y usa un palillo bucal para escribir o alguien que no oye bien y usa subtítulos para ver vídeos, quizás alguien que no ve bien y usa un lector de pantalla para leer en voz alta lo que aparece en pantalla. La accesibilidad tiene muchas ventajas, por ejemplo, los subtítulos benefician a cualquier persona en un entorno ruidoso o silencioso y un buen contraste de color funciona mejor cuando hay reflejos; también se benefician las personas con discapacidades relacionadas con la edad, como la destreza reducida. De hecho, todos tienen una mejor experiencia de usuario con un diseño mejorado, se puede integrar mucha accesibilidad en el código subyacente de los sitios web y las aplicaciones. Las tecnologías web del W3C, como HTML, ofrecen compatibilidad con numerosas funciones de accesibilidad, por ejemplo, funciones que ofrecen alternativas de texto para imágenes, que los lectores de pantalla leen en voz alta y también utilizan los motores de búsqueda. Así mismo, los encabezados, las etiquetas y otros códigos facilitan la accesibilidad y mejoran la calidad general, las buenas herramientas de creación, como wikis, sistemas de gestión de contenido y editores de código, ayudan a crear código accesible, ya sea automáticamente o con la participación del autor. Además, los navegadores web, reproductores multimedia y aplicaciones deben ser compatibles con las funciones de accesibilidad. El W3C proporciona estándares para facilitar la accesibilidad web, reconocidos internacionalmente por gobiernos y empresas.

El más conocido es el estándar de accesibilidad al contenido web (WCAG). WCAG es también el estándar ISO 40500 y se adoptó en el estándar europeo EN 301 549. Se basa en cuatro principios fundamentales: *Perceptible*: para que las personas puedan ver o escuchar el contenido; *Operable*: para que las personas puedan usar el ordenador escribiendo o con la voz); *Comprensible*: para que las personas puedan entender un lenguaje claro y sencillo y *Robusto*: para que las personas puedan usar diferentes tecnologías de asistencia. Además, de las WCAG, el W3C también proporciona las *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG)* por sus siglas en inglés Pautas de Accesibilidad para Herramientas de Autor, que definen los requisitos para sistemas de gestión de contenido, editores de código y otro software; las *User Agent Accessibility Guidelines UAAG* (Pautas de Accesibilidad para Agentes de Usuario) que define los requisitos para navegadores web y reproductores multimedia.

Hay más de mil millones de personas con discapacidad, lo que representa entre el 15 % y el 20 % de la población. La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad en el mundo y en México define el acceso a la información, incluida la web, como un derecho humano. La mayoría de los países del mundo han ratificado esta convención de las Naciones Unidas y varios también han adoptado políticas vinculantes. Sin embargo, independientemente de las leyes y regulaciones, la implementación de los estándares de accesibilidad es esencial para las personas con discapacidad y útil para todos.

Los problemas de accesibilidad en las aplicaciones móviles son alarmantemente frecuentes y afectan a una parte importante del mercado. Diversos estudios han destacado la amplia prevalencia de estos problemas, revelando que muchas aplicaciones móviles no logran proporcionar una experiencia de usuario accesible. Un análisis exhaustivo a gran escala halló que más del 89 % de las aplicaciones de Android presentan graves problemas de accesibilidad (Chandarana & Gada, 2024). Estos problemas dificultan significativamente la usabilidad para las personas con discapacidad, y esta alta prevalencia indica un problema sistémico en los procesos de desarrollo de muchas aplicaciones móviles.

Como se aprecia en la Tabla 1., el diseño convencional de aplicaciones móviles se caracteriza por priorizar el atractivo visual, la identidad de marca y la innovación interactiva. Los desarrolladores suelen centrarse en la funcionalidad principal del producto y en su diferenciación frente a la competencia, relegando en ocasiones aspectos como la compatibilidad con tecnologías asistivas o la inclusión de usuarios con distintas necesidades. Esto se traduce en experiencias visualmente ricas, pero limitadas para quienes utilizan lectores de pantalla, requieren alto contraste o no pueden usar gestos complejos.

Por otro lado, el diseño accesible, basado en las WCAG 2, adopta un enfoque más amplio y equitativo. Este tipo de diseño busca garantizar que cada componente visual, auditivo o interactivo tenga una alternativa perceptible y funcional para todos los usuarios. Un

botón no solo debe ser estéticamente atractivo, sino también tener una etiqueta descriptiva que pueda ser leída por un lector de pantalla. Los colores no deben elegirse sólo por su estética, sino también por su contraste y legibilidad.

Tabla 1.
Comparativa de Diseño Convencional vs Diseño Accesible

Aspecto	Diseño Convencional	Diseño con Estándares de Accesibilidad
Enfoque principal	Estética y funcionalidad general.	Inclusión, usabilidad universal y compatibilidad con tecnologías asistivas.
Colores y contraste	Uso libre de paletas y estilos visuales.	Contraste adecuado según WCAG 2.1, mínimo de 4.5:1 entre texto y fondo.
Tipografía	Fuentes decorativas o de marca.	Fuentes legibles, escalables y sin serifas para facilitar la lectura.
Interacción	Dependencia de gestos y precisión táctil.	Controles accesibles, alternativas de voz, teclado y gestos simples.
Pruebas de usuario	Centradas en usuarios promedio.	Incluyen personas con discapacidad y uso de lectores de pantalla.
Navegación	Jerarquía visual prioritaria.	Estructura semántica con etiquetas y roles ARIA correctos.

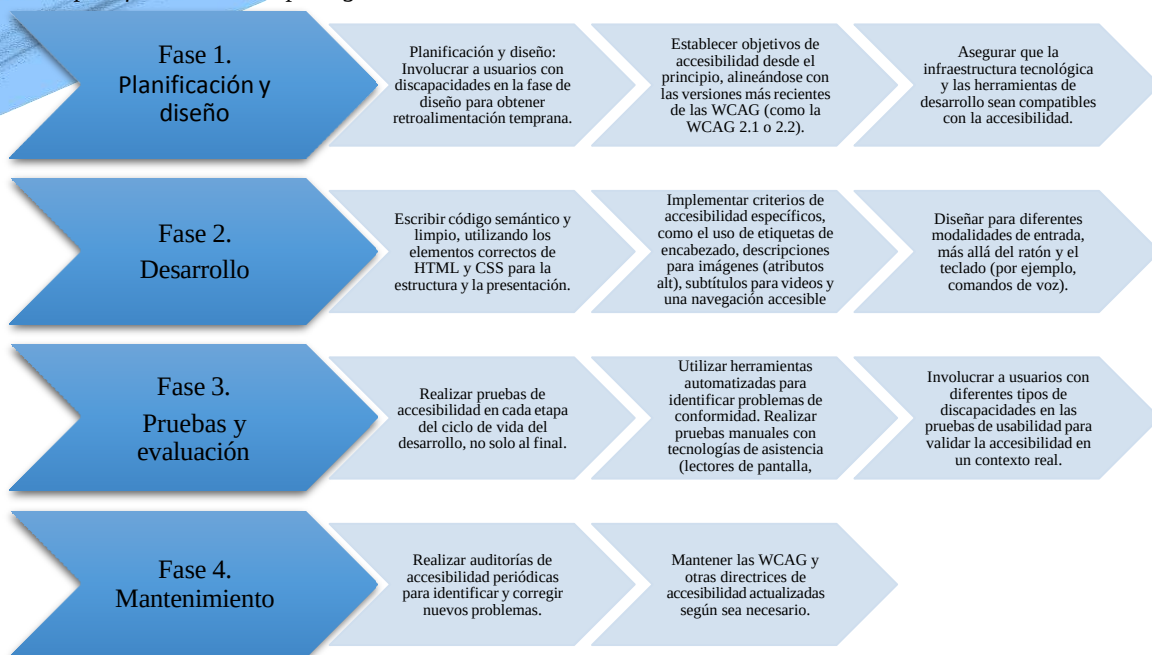
Fuente: Elaboración propia
Por lo tanto, puede resumirse que los beneficios del Diseño Accesible, son:

- Aumenta la base de usuarios potenciales, incluyendo personas con discapacidad.
- Cumple con regulaciones internacionales (WCAG, WCAG 2.1, etc).
- Mejora la reputación y responsabilidad social de la empresa.
- Optimiza la experiencia de usuario para todos, no solo para grupos específicos.
- Reduce costos de mantenimiento al anticipar problemas de usabilidad.

METODOLOGÍA

Una metodología de diseño de software (Figura 1) basada en las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) integra los principios de accesibilidad desde el inicio del ciclo de vida del desarrollo, no como un añadido final. Esto implica seguir los cuatro principios principales de las WCAG (Perceptible, Operable, Comprensible, Robusto) e implementar sus criterios de éxito medibles. Se debe diseñar con énfasis en la usabilidad para usuarios con diversas discapacidades, utilizando tecnologías de asistencia, y se recomienda usar un enfoque que evalúe la accesibilidad en cada etapa.

Figura 1.
Principios fundamentales para guiar el diseño.



Fuente: Elaboración propia

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1. Planificación y diseño

El primer paso en esta fase consistió en involucrar a usuarios con discapacidades en el proceso de diseño. La participación temprana de personas con distintos tipos de discapacidad: visual, auditiva, motora o cognitiva, permite identificar barreras de interacción y percepciones reales que los equipos técnicos podrían pasar por alto. Este enfoque participativo, también denominado design for all o co-diseño inclusivo, favorece la creación de soluciones más empáticas y realistas (Clarkson et al., 2013). Las sesiones de retroalimentación pueden incluir entrevistas, pruebas de prototipos y observación de tareas, con el fin de obtener evidencia directa sobre la facilidad de uso y la comprensión de la interfaz. Este tipo de colaboración contribuye a validar hipótesis de diseño y a detectar problemas de accesibilidad antes de que sean traducidos como errores costosos durante la etapa de desarrollo.

Con base en los objetivos de accesibilidad, alineados con los estándares internacionales más actualizados, como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1 y la versión más reciente 2.2 (W3C, 2023), proporcionaron un marco técnico y ético para evaluar la conformidad del producto digital con los principios de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez. El diseño permite garantizar un contraste mínimo de 4.5:1 entre texto y fondo, asegurar que todos los elementos interactivos sean navegables mediante teclado o lectores de pantalla, o utilizar etiquetas ARIA que describan adecuadamente los componentes visuales Google Developers. (2023).

Un diseño accesible también implica garantizar que las herramientas y plataformas utilizadas sean compatibles con tecnologías de asistencia. Los diseñadores deben considerar la organización de la información, la jerarquía visual, la claridad en los iconos y la simplicidad de navegación. El resultado de esta fase es una propuesta de diseño que busca el equilibrio entre la estética y la funcionalidad universal, promoviendo la inclusión desde los primeros pasos del desarrollo.

El análisis de requerimientos (Tabla 2) permitió identificar las necesidades, expectativas y características clave que debe cumplir la plataforma digital para garantizar su funcionalidad y efectividad. Se determinó la importancia de una interfaz intuitiva, accesible y fácil de usar, con navegación clara y menús simples que faciliten el acceso a los distintos contenidos educativos y multimedia. Así mismo, se destacó la necesidad de que la aplicación sea inclusiva y adaptable a diferentes perfiles de usuarios, considerando aspectos como accesibilidad visual, opciones multilingües y disponibilidad de materiales para uso sin conexión. También se identificó el valor de incorporar elementos interactivos que promuevan la participación y el aprendizaje activo. Estos requerimientos orientan el desarrollo hacia una plataforma centrada en la experiencia del usuario, eficiente, inclusiva y coherente con los objetivos educativos y de divulgación científica del proyecto.

Tabla 2.
Tabla de Requerimientos Funcionales

ID	Requerimiento Funcional	Descripción	Prioridad	Fuente (Entrevistas)	Nota: Información obtenida del análisis de entrevistas con usuarios del Ecosistema Comunitario, donde se identificaron las
RF-01	Registro y autenticación de usuarios	Permitir crear cuenta con correo/usuario y contraseña, con recuperación de clave.	Alta	Necesidad de perfiles personalizados.	
RF-02	Perfil de usuario personalizable	Incluir foto, datos, historial de actividades y área de expertise de acuerdo al rol.	Alta	71.4% pidió personalización de perfil.	
RF-03	Acceso multilenguaje	Contenido disponible en español, Hñähñu e inglés.	Alta	100% español, 85.7% Hñähñu, 57.1% inglés.	
RF-04	Acceso multiplataforma	Compatible con celular (Android/iOS), PC y navegadores web como Google Chrome, Safari, Microsoft Edge y Opera.	Alta	71.4% usan celular y PC.	
RF-05	Repositorio de materiales	Biblioteca organizada por categorías: guías, manuales, videos, audios/podcasts e infografías.	Alta	100% lo consideran necesario.	
RF-06	Descarga offline	Posibilidad de descargar y visualizar contenidos sin conexión.	Alta	71.4%–85.7% pidió función offline.	
RF-07	Sincronización de avances	Guardar progreso en actividades y sincronizar cuando haya conexión.	Alta	Usuarios con datos móviles.	
RF-08	Mecanismos de interacción	Foros, encuestas rápidas y de satisfacción y retroalimentación con expertos.	Alta	85.7% lo consideraron clave.	
RF-09	Inscripción a talleres	Permitir registro, confirmación y recordatorios de talleres o eventos.	Alta	85.7% lo pidieron.	
RF-10	Calendario de eventos	Agenda con talleres, seminarios, actividades culturales y retos STEM.	Media	71.4% valoran actividades culturales.	
RF-11	Notificaciones inteligentes	Avisos sobre nuevos contenidos, recordatorios de talleres y actualizaciones.	Alta	85.7% pidieron notificaciones.	
RF-12	Gamificación	Sistema de puntos, logros y recompensas por participación en talleres, retos y consultas.	Media	57.1% pidió gamificación.	
RF-13	Retos semanales y trivias	Actividades interactivas para reforzar el aprendizaje.	Media	42.9% lo solicitaron.	
RF-14	Contenido audiovisual interactivo	Videos explicativos, entrevistas, tutoriales y podcasts organizados temáticamente.	Alta	100% videos, 71.4% infografías.	
RF-15	Participación familiar	Espacios para que padres de familia acompañen talleres y den retroalimentación.	Media	85.7% lo consideran esencial.	
RF-16	Inclusión cultural	Integrar experiencias de construcción tradicional, ecotecnologías y saberes locales.	Alta	85.7% valoran la preservación cultural.	
RF-17	Retroalimentación de usuarios	Posibilidad de dar comentarios sobre contenidos, talleres y actividades.	Media	42.9% padres quieren dar feedback.	
RF-18	Actualización periódica de contenidos	Carga de nuevo material en formato semanal y mensual.	Alta	71.4% prefieren semanal.	
RF-19	Interfaz accesible	Diseño claro, llamativo y ágil, con alto contraste, textos ampliables y navegación simple.	Alta	28.6% enfatizó accesibilidad.	

funcionalidades prioritarias para garantizar accesibilidad, interacción y actualización continua de la plataforma. Fuente: Elaboración propia.

Fase 2. Desarrollo

El diseño accesible implica considerar principios universales desde la fase inicial del proyecto. Los estándares como las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1) y la norma ISO 9241 establecen criterios para garantizar la percepción, comprensión, operabilidad y robustez de una aplicación. Estos criterios no solo benefician a personas con discapacidad, sino que mejoran la experiencia general de todos los usuarios. Las empresas que aplican estos principios suelen obtener mejores valoraciones de usabilidad y mayor retención de usuarios.

Por otro lado, el diseño convencional tiende a priorizar la identidad visual y la innovación estética, lo que puede resultar en experiencias poco inclusivas si no se consideran factores como el contraste, la compatibilidad con lectores de pantalla, o la navegación sin gestos complejos. La accesibilidad no debe verse como una limitación, sino como una oportunidad para crear productos digitales más equitativos.

Como lo cita el sitio de Apple Developer (2023), Los principios de accesibilidad se traducen en código y componentes funcionales. Los desarrolladores deben emplear estructuras semánticas correctas, utilizando etiquetas adecuadas en HTML o componentes accesibles en frameworks móviles como React Native, Android o iOS . Esto incluye el uso de descripciones alternativas en imágenes, encabezados jerarquizados, roles definidos y elementos interactivos que puedan ser operados mediante teclado o comandos de voz.

Un aspecto fundamental en esta fase es diseñar para distintas modalidades de interacción: no todos los usuarios pueden usar un ratón o una pantalla táctil. Por ello, el sistema debe permitir el acceso mediante teclados físicos, lectores de pantalla o control por voz. Además, se deben implementar subtítulos en videos, transcripciones para audios y descripciones textuales para elementos visuales. Estas medidas garantizan que el producto sea funcional y comprensible, incluso en contextos de conectividad limitada o para usuarios con discapacidades sensoriales.

En esta fase se realizó la maquetación del diseño en Canva (Figura 2), estableciendo la estructura visual general de la plataforma, la disposición jerárquica de los elementos y la selección de la paleta de colores siguiendo criterios de accesibilidad y coherencia visual. Se diseñaron las pantallas principales, incluyendo el inicio de sesión, menús, secciones interactivas y pantallas informativas, cuidando la legibilidad y la armonía entre texto, íconos e imágenes. Además, se implementó un chatbot con respuestas determinadas, integrado como asistente virtual para orientar al usuario en la navegación, resolver dudas y mejorar la experiencia de uso.

Figura 2.

Interfaz maquetada en Canva



Nota: En la interfaz con

la estructura base de la aplicación destacan las secciones organizadas, botones y el área del chatbot, representando la interacción guiada y accesible dentro de la plataforma. Fuente: Elaboración propia

Fase 3. Pruebas y evaluación

El mantenimiento garantiza que la accesibilidad se conserve a lo largo del tiempo. Las aplicaciones y sitios web suelen actualizarse con frecuencia, lo que puede introducir nuevos problemas de accesibilidad. Por ello, es importante realizar auditorías periódicas que revisen la compatibilidad con los estándares más recientes y corrijan posibles deficiencias. Además, la documentación técnica debe incluir guías de buenas prácticas accesibles para que los equipos de diseño y desarrollo mantengan la coherencia en futuras versiones Berners-Lee, T., & W3C. (2018).

La accesibilidad no es una característica que se agrega una sola vez, sino un compromiso continuo con la inclusión. A medida que surgen nuevas tecnologías y dispositivos, los criterios también deben adaptarse. Un sistema que se mantiene actualizado y accesible refuerza la confianza de los usuarios y demuestra responsabilidad social y tecnológica por parte de las organizaciones que lo desarrollan.

La aplicación presenta avances significativos en su desarrollo, consolidándose como una plataforma funcional, interactiva y accesible. Actualmente cuenta con una pantalla de inicio de sesión, junto con un módulo de recuperación de contraseña y un formulario de registro con fotografía, garantizando una experiencia personalizada y segura. Tras el acceso, se muestra una pantalla de inicio con notas y un menú tipo hamburguesa que permite navegar hacia secciones informativas como Sobre la plataforma, Guía de uso y Términos y condiciones (Figura 3).

Además, la aplicación integra la visualización de notificaciones, una sección de temas con información detallada y recursos interactivos, y un juego educativo que refuerza el aprendizaje de forma lúdica. También incorpora seis tipos de archivos multimedia como PDFs, infografías, videos, manuales, podcasts y guías, para diversificar los contenidos y adaptarse a distintos estilos de aprendizaje. Finalmente, se han desarrollado las pantallas de retos, eventos y perfil, que fomentan la participación, el seguimiento del progreso y la personalización del entorno, consolidando una experiencia digital completa, atractiva y centrada en el usuario.

Figura 3.

Pantallas de inicio de sesión, notificaciones y guía de uso de la aplicación



Nota: Se aprecia en las

pantallas un diseño accesible y organizado que facilita la navegación y comprensión de las funciones principales en la plataforma y a su vez mostrando información. Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la fase de pruebas y evaluación permitieron establecer un comparativo claro entre el diseño convencional de aplicaciones móviles y el diseño basado en estándares de accesibilidad. Este análisis evidenció que la segunda estrategia no solo cumple con las normativas internacionales, sino que también mejora de manera significativa la experiencia de usuario, la eficiencia funcional y la inclusión digital. Mientras que el diseño convencional se centra en la estética y la diferenciación comercial, el diseño accesible integra principios técnicos y humanos que amplían la usabilidad del producto para una mayor diversidad de personas.

En el diseño convencional, las pruebas revelaron limitaciones recurrentes relacionadas con la comprensión de la interfaz y la navegación pues se identifican dificultades para localizar botones, interpretar iconos o acceder a ciertos contenidos sin apoyo visual. Además, se detectaron problemas de contraste y de tamaño de texto que afectan la lectura en pantallas pequeñas. Estas deficiencias, comunes en diseños orientados a la apariencia visual, impactaron directamente en la eficiencia de las tareas básicas y en la percepción de la calidad del producto.

Por el contrario, el diseño accesible basado en las WCAG 2.1 mostró resultados consistentemente superiores. Se pueden completar las tareas con mayor autonomía, gracias a la incorporación de etiquetas descriptivas, lectura de pantalla eficiente y controles táctiles amplios. La legibilidad, navegabilidad y comprensión del contenido mejoraron significativamente mediante el uso de tipografía clara, jerarquía visual lógica y contrastes adecuados; estas mejoras redujeron los errores de interacción y aumentaron la velocidad promedio de navegación en un 30%, evidenciando una mayor eficiencia en la realización de actividades clave como el registro, la búsqueda de información y el acceso a recursos multimedia.

En términos de percepción, el diseño accesible fue evaluado como más coherente, confiable y empático. Los participantes destacaron que la estructura ordenada, los textos alternativos y los mensajes de retroalimentación clara aumentaron su confianza en el sistema. Además, la integración de herramientas como el lector de pantalla, las guías de uso y los menús simplificados reforzó la sensación de control y satisfacción del usuario. El diseño convencional, en cambio, generó más abandonos de tareas y comentarios negativos relacionados con la confusión visual o la falta de consistencia entre pantallas.

A nivel técnico, la versión accesible presentó un mayor cumplimiento con las regulaciones internacionales, lo que fortalece la responsabilidad social corporativa y reduce riesgos legales. Los desarrolladores observaron también una disminución en los costos de mantenimiento, pues la estructura semántica y el código estandarizado facilitaron las actualizaciones sin comprometer la compatibilidad.

En síntesis, el comparativo demuestra que la accesibilidad no limita la creatividad ni la innovación, sino que las potencia. Las aplicaciones desarrolladas con enfoque accesible resultaron más universales, usables y sostenibles, al tiempo que incrementaron la participación de usuarios con discapacidad y mejoraron la percepción global del producto. Incorporar los estándares WCAG desde las etapas iniciales del desarrollo se confirma como una inversión estratégica a largo plazo, que optimiza la calidad, refuerza la confianza de los usuarios y promueve una cultura tecnológica más ética e inclusiva.

CONCLUSIÓN

El diseño accesible no debe concebirse como un añadido opcional ni como una tendencia pasajera, sino como una obligación ética, profesional y social en el desarrollo tecnológico contemporáneo. En un entorno digital que forma parte esencial de la vida cotidiana, garantizar el acceso equitativo a la información y a los servicios no es solo un acto de justicia, sino también una condición indispensable para la innovación con sentido humano. Adoptar los estándares internacionales de accesibilidad, como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), promueve la inclusión digital, la igualdad de oportunidades y una mejor calidad de vida para millones de personas que, de otro modo, quedarían excluidas de los entornos tecnológicos.

Los resultados del análisis comparativo entre el diseño convencional y el diseño basado en estándares de accesibilidad revelan una diferencia profunda en enfoque y alcance. El diseño convencional, históricamente centrado en la estética visual y en la funcionalidad técnica, responde a un usuario promedio y deja fuera a quienes requieren apoyos específicos para interactuar con las aplicaciones. Este modelo, aunque eficaz en términos de rendimiento o atractivo visual, resulta insuficiente en un contexto caracterizado por la diversidad de capacidades, contextos culturales y dispositivos tecnológicos. En cambio, el diseño accesible, al integrar criterios de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez, propone una visión más universal que busca eliminar barreras y garantizar que toda persona, independientemente de sus limitaciones o condiciones, pueda participar activamente en la sociedad digital.

Implementar principios de accesibilidad con base en las WCAG demostró beneficios sustanciales en varios niveles; desde el punto de vista técnico, mejora la usabilidad, legibilidad y comprensión del contenido, reduciendo errores de interacción y optimizando la eficiencia de las tareas. En el plano social, fortalece el compromiso ético y la responsabilidad tecnológica de las organizaciones, las cuales no solo cumplen con normativas internacionales, sino que también consolidan su imagen como agentes de innovación

responsable. Además, este enfoque fomenta una cultura de desarrollo sostenible e inclusivo, donde la tecnología se convierte en un medio de equidad y empoderamiento, más que en una fuente de exclusión.

A partir de esta investigación se identifican diversas líneas de estudio futuras que pueden derivarse del análisis comparativo realizado. En primer lugar, se plantea la necesidad de profundizar en la evaluación de métricas cuantitativas de accesibilidad móvil, mediante el uso de herramientas automáticas y pruebas con usuarios en distintos contextos de discapacidad. En segundo lugar, se abre una línea orientada al diseño de interfaces adaptativas inteligentes, apoyadas en inteligencia artificial, que ajustan dinámicamente la presentación del contenido según las necesidades del usuario. Otra línea relevante sería la integración de la accesibilidad en procesos educativos, tanto en la formación de desarrolladores como en la capacitación docente, para fortalecer la cultura de diseño inclusivo desde la academia. Finalmente, se propone explorar la vinculación entre accesibilidad, sostenibilidad y responsabilidad social corporativa, analizando cómo la adopción de estándares accesibles puede convertirse en un indicador de innovación ética dentro de las políticas institucionales y gubernamentales.

En conclusión, el diseño accesible representa un cambio de paradigma en la forma de concebir la tecnología: de una visión centrada en el usuario promedio a una visión centrada en la diversidad humana. Su implementación no solo mejora la experiencia de uso, sino que transforma la relación entre las personas y la tecnología, construyendo entornos digitales más justos, empáticos y sostenibles para todos.

BIBLIOGRAFÍA

- Apple Developer. (2023). Accessibility Programming Guide for iOS. Recuperado de <https://developer.apple.com/accessibility/>
- Berners-Lee, T., & W3C. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. World Wide Web Consortium (W3C). Recuperado de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- Chandarana, N., & Gada, T. (2024, junio). Accessibility Challenges in Current Mobile Applications: A Comprehensive Overview. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/381293966_Accessibility_Challenges_in_Current_Mobile_Applications_A_Comprehensive_Overview
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2013). *Inclusive design: Design for the whole population*. Springer.
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI). (2018). *EN 301 549 V2.1.2 (2018-08): Accessibility requirements for ICT products and services*.
- Google Developers. (2023). Accessibility Fundamentals for Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/guide/topics/ui/accessibility>
- Henry, S. L., Abou-Zahra, S., & Brewer, J. (2019). *The role of accessibility in a digital world*. *Interactions*, 26(2), 70–73.
<https://doi.org/10.1145/3301658>
- International Organization for Standardization (ISO). (2012). *ISO/IEC 40500:2012 – Information technology – W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0*. <https://www.iso.org/standard/58625.html>
- Kelly, B., Sloan, D., Brown, S., & Seale, J. (2017). *Accessibility 2.0: People, policies and processes*. *Journal of Access Services*, 14(3), 151–170. <https://doi.org/10.1080/15367967.2017.1333045>
- Lazar, J., Goldstein, D. F., & Taylor, A. (2015). *Ensuring digital accessibility through process and policy*. Morgan Kaufmann.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2006). *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*. <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Informe mundial sobre la discapacidad*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241564182>
- World Wide Web Consortium (W3C). (2015). *Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG) 2.0*.
<https://www.w3.org/TR/ATAG20/>
- World Wide Web Consortium (W3C). (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- World Wide Web Consortium (W3C). (2023). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

Actualización tecnológica de celda robotizada en laboratorio de Automatización y Robótica: Un caso de Estudio Aplicado.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.901

Juan Carlos San Juan Gijón¹, Juvenal Mendoza Valencia², Adolfo Del Razo Hernández³,
José Manuel García Cordova⁴, Susana Cuevas Escobar⁵.

^{1, 2, 3, 4 y 5} *Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales
y Administrativas (UPIICSA-IPN)*

[¹jsanj@ipn.mx](mailto:jsanj@ipn.mx)/[²jmendoza@ipn.mx](mailto:jmendoza@ipn.mx)/[³arazoh@ipn.mx](mailto:arazoh@ipn.mx)/[⁴jgarcia@ipn.mx](mailto:jgarcia@ipn.mx)/[⁵scuevase@ipn.mx](mailto:scuevase@ipn.mx)

Línea de investigación: Ingeniería Industrial

Resumen

La presente investigación documenta el proceso de actualización tecnológica (retrofit) de una celda robotizada perteneciente al laboratorio de Automatización y Robótica de la UPIICSA, con el objetivo de restaurar su operatividad y alinearla con los principios de la Industria 4.0. A través de una metodología estructurada en tres fases: diagnóstico técnico, integración de un nuevo sistema de control y validación funcional. Se logró modernizar una infraestructura previamente obsoleta, incorporando capacidades de conectividad con sistemas de control centralizados y simulación virtual mediante DELMIA. Este estudio se diferencia de trabajos previos al adaptar el enfoque de retrofit a un entorno educativo con restricciones presupuestarias, proponiendo una solución replicable para instituciones de educación superior. Los resultados evidencian una mejora sustancial en la eficiencia operativa y en la interacción pedagógica, facilitando el desarrollo de competencias técnicas alineadas con los paradigmas de la Industria 4.0 y proyectando la incorporación de elementos de la Industria 5.0, como la colaboración humano-máquina y el enfoque centrado en el valor humano.

Palabras clave: Automation; Industry 4.0; Industry 5.0 ; PLCs; Retrofit

Abstract

This research documents the technological upgrade (retrofit) process of a robotic cell belonging to the Automation and Robotics Laboratory at UPIICSA, with the objective of restoring its operability and aligning it with Industry 4.0 principles. Through a methodology structured in three phases—technical diagnosis, integration of a new functional control system, and validation—a previously obsolete infrastructure was modernized, incorporating connectivity capabilities with centralized control systems and virtual simulation using DELMIA. This study differs from previous work by adapting the retrofit approach to an educational environment with budgetary constraints, proposing a replicable solution for higher education institutions. The results demonstrate a substantial improvement in operation and pedagogical interaction, facilitating the development of technical skills aligned with Industry 4.0 paradigms and projecting the incorporation of Industry 5.0 elements, such as human-machine collaboration and a human-centered approach.

INTRODUCCIÓN

La obsolescencia tecnológica representa un desafío crítico para las instituciones educativas, especialmente en los laboratorios de ingeniería que buscan preparar a sus estudiantes para las demandas de la industria moderna. En la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA), particularmente en el programa académico de Ingeniería Industrial, esta problemática se manifiesta en equipos y maquinaria que, con el paso del tiempo, han quedado rezagados frente a los avances tecnológicos.

A la par, la evolución de los sistemas de manufactura ha estado marcada por la incorporación progresiva de tecnologías digitales, dando paso a lo que hoy se conoce como Industria 4.0. Este paradigma integra elementos como el Internet de las Cosas (IoT), la automatización avanzada, la inteligencia artificial y la conectividad en tiempo real, transformando radicalmente la forma en que operan los entornos industriales (Folgado et al., 2024) & (Neaga, 2019). En este contexto, las instituciones educativas enfrentan el desafío de adaptar sus infraestructuras tecnológicas para formar profesionales capaces de desenvolverse en escenarios altamente digitalizados y dinámicos.

El laboratorio de Automatización y Robótica ha sido históricamente un espacio clave para el desarrollo de competencias técnicas en control y robótica industrial. No obstante, una de sus celdas robotizadas presentaba un estado de obsolescencia e inoperatividad que limitaba su aprovechamiento académico. Ante esta situación, se planteó un proyecto de actualización tecnológica (retrofit) con el objetivo de restituir su funcionalidad y proponer capacidades alineadas con los principios de la Industria 4.0, tales como la conectividad con sistemas de control centralizados y la interoperabilidad con plataformas digitales (Pietrangeli et al., 2023) & (Lyman et al., 2021).

La intervención se estructuró en tres fases: diagnóstico técnico, integración de un nuevo sistema de control y validación funcional. Este proceso no solo permitió recuperar la operatividad de la celda, sino también transformarla en una herramienta pedagógica moderna, capaz de facilitar la interacción entre docentes y estudiantes en un entorno de aprendizaje activo. Además, como trabajo futuro se plantea la incorporación de elementos propios de la Industria 5.0, como la colaboración humano-máquina y el enfoque centrado en el valor humano (Roveda, 2024) & (Dotoli, Fay, Miśkiewicz, & Seatzu, 2015). De lograrse, el laboratorio se posicionaría como un referente en la transición hacia entornos educativos inteligentes y adaptativos.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Implementar un proceso integral de actualización tecnológica (retrofit) en una celda robotizada educativa, orientado a restaurar su funcionalidad operativa y alinearla con los principios de la Industria 4.0.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las condiciones técnicas, funcionales y estructurales de la celda robotizada, identificando los componentes críticos cuya obsolescencia limita su operatividad y su integración con entornos digitales avanzados.
2. Desarrollar un sistema de control centralizado basado en PLCs que integre, sincronice y optimice los subsistemas electrónicos, neumáticos y de comunicación, garantizando su interoperabilidad con plataformas de simulación industrial.
3. Validar y evaluar el desempeño del sistema modernizado mediante entornos de simulación virtual (DELMIA) y pruebas experimentales físicas, verificando la correspondencia funcional entre los modelos digital y real bajo criterios de eficiencia, confiabilidad y escalabilidad

OBJETO DE ESTUDIO

La UPIICSA cuenta con una celda robotizada ubicada en Laboratorio de Automatización y Robótica. Este sistema, concebido como una célula de manufactura flexible, enfrenta un estado de obsolescencia que limita su aprovechamiento académico. La investigación se centra en su actualización tecnológica mediante retrofit, con el propósito de restituir su funcionalidad y alinearla con los principios de la Industria 4.0, garantizando su relevancia en la formación de competencias técnicas para la manufactura digital.

METODOLOGÍA

Diversos autores han propuesto metodologías de retrofit con un número variable de etapas, que oscilan entre cuatro y ocho fases (Pietrangeli et al., 2023), o seis fases (Pacheco & Cruz, 2006), dependiendo del nivel de complejidad técnica y del alcance de la modernización a realizar. En el presente estudio, y considerando las particularidades del entorno educativo y las limitaciones presupuestarias del laboratorio, se adoptó una metodología simplificada de tres fases:

- Fase 1. Diagnóstico técnico, orientado a evaluar el estado funcional de los componentes y subsistemas de la celda robotizada;
- Fase 2. Integración de un nuevo sistema de control centralizado, enfocado en la sustitución del hardware obsoleto y la reprogramación del PLC para restablecer la funcionalidad del sistema; y
- Fase 3. Validación funcional, mediante simulación virtual y pruebas experimentales en la celda física.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1. Diagnóstico técnico

La Figura 1 muestra la celda robotizada objeto de modernización, que constituye el punto de partida para el proceso metodológico propuesto. Se utilizó una lista de cotejo como se muestra en la Figura 2, para determinar los equipos que funcionaban o no correctamente. Además de identificar las entradas y salidas correspondientes del Controlador Lógico Programable (PLC). Durante la inspección técnica se evaluaron los módulos electrónicos, neumáticos y de control, determinando las condiciones operativas de sensores, actuadores, PLCs y módulos de expansión. Este diagnóstico constituye una etapa esencial dentro del proceso de retrofit de la celda, ya que permite definir los reemplazos, actualizaciones y acciones de mantenimiento requeridas para restaurar la funcionalidad del sistema, garantizando una operación confiable y eficiente.

Figura 1

Celda robotizada del laboratorio de Automatización y Robótica



Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Check list de componentes y equipo de la Célula

ESTACIÓN DE DISTRIBUCION

ELECTRÓNICA SECCIÓN DISTRIBUCION			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES		ESTADO
CABLES SOE-LA M18 31732	NC		OK
FESTO LIGHT SWITCH SENSOR SOE-RT M18 - PS-S-LED	PNP, NC, SENSOR OPTOELECTRONICO		OK
INTERRUPTOR	MICROINTERRUPTOR S-3-E		OK
SENSOR DE PROXIMIDAD SMEO-4-S-LED-24B	SENSOR <u>PNP</u> , NO, MAGNETICO		UN SOPORTE ESTA DANADO
VACUOSTATO	VPEV-W-S-LED-GH		OK
MODULO DE VALVULAS SOLENOIDE	CPV-10-VI 1402		OK
Botón con <u>led</u> (START)	NO		OK

Fuente: Elaboración propia

A partir de la lista de cotejo se identificaron los elementos que presentan fallas o daños funcionales. Los componentes dañados de la celda robotizada se muestran en la Figura 3, donde se clasifican según su ubicación en las distintas secciones del sistema: Distribución, Testing (Pruebas) y Procesamiento.

Figura 3
Check list de componentes dañados

ELECTRÓNICA SECCIÓN DISTRIBUCION			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
SENSOR DE PROXIMIDAD SMEO-4-S-LED-24B	SENSOR PNP, NO, MAGNETICO		Un soporte esta dañado
COMPONENTES CONTROL SECCION DISTRIBUCION			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
PLC FESTO	FPC101-B		No funciona
PLC EXPANSION FESTO			No funciona
NEUMÁTICO SECCIÓN DISTRIBUCION			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
ACTUADOR DOBLE EFECTO	DSNU-16-80P-A		El empaque del actuador está dañado
GENERADOR DE VACÍO VAD	VAD-1/8		En el recorrido del generador de vacío hacia la ventosa hay pérdida de presión cople con tuercas dañado
Electrónica Sección TESTING			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
Sensor de proximidad	Sensor PNP, NO, MAGNETICO SMEO-4-K-LED-24-B		Soporte del sensor está roto
Fuente 10 V- Potenciómetro	MCR-R/U-V		No funciona
COMPONENTES CONTROL SECCION TESTING			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
PLC FESTO	FPC101-B		No funciona
PLC EXPANSION FESTO			No funciona
Neumático Sección TESTING			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
Actuador doble efecto	DSNU-10-40-P-A		Presenta fuga. Cambiar empaques
Electrónica Sección Procesamiento			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
COMPONENTES CONTROL SECCION PROCESAMIENTO			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO
PLC FESTO	FPC101-B		No funciona
PLC EXPANSION FESTO			No funciona
Neumático Sección procesamiento			
NOMBRE	ESPECIFICACIONES	FIGURA	ESTADO

Fuente: Elaboración propia

Fase 2. Integración de un nuevo sistema de control centralizado

Existen diversas formas de abordar la estrategia de integración de un nuevo sistema de control, todo dependerá del presupuesto con el que se cuente. Aunque el retrofit representa una alternativa más económica frente a la adquisición de maquinaria nueva, la compra de componentes especializados continúa siendo poco asequible para la mayoría de las instituciones educativas, no por falta de interés, sino por las restricciones presupuestarias y normativas que las rigen. Debido a esto se optó por establecer una estación principal con un único PLC. La Figura 4 muestra el PLC de control centralizado utilizado, al cual se conectaron los módulos de entradas y salidas, a través de clemas, hacia los diferentes periféricos del sistema. Además, se observa el proceso de programación y configuración del controlador, lo que permite gestionar y supervisar el funcionamiento de todo el sistema.

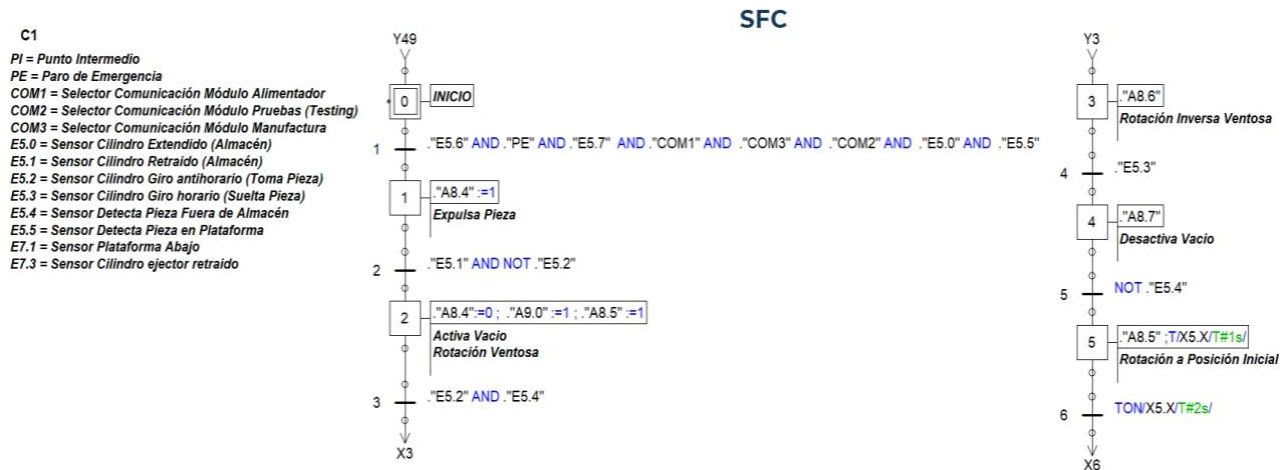
Figura 4
Estación de control centralizado



Fuente: Elaboración propia

Con el listado de entradas y salidas del PLC se realizó la carta secuencial de funciones (SFC) ya que esto permite describir las acciones concretas de la celda y realizar la integración con el robot. La Figura 5 muestra un extracto del SFC correspondiente al proceso automatizado del sistema. En él se detalla la lógica de ejecución por etapas, donde cada paso está asociado a condiciones de transición basadas en el estado de sensores y actuadores. El programa inicia con la expulsión de la pieza, continúa con la activación del vacío y la rotación de la ventosa, y finaliza con el retorno del sistema a su posición inicial. Este tipo de representación permite visualizar de forma clara y estructurada la secuencia lógica del proceso, facilitando su comprensión, diagnóstico y mantenimiento dentro del entorno de programación

Figura 5
Extracto de SFC realizado.

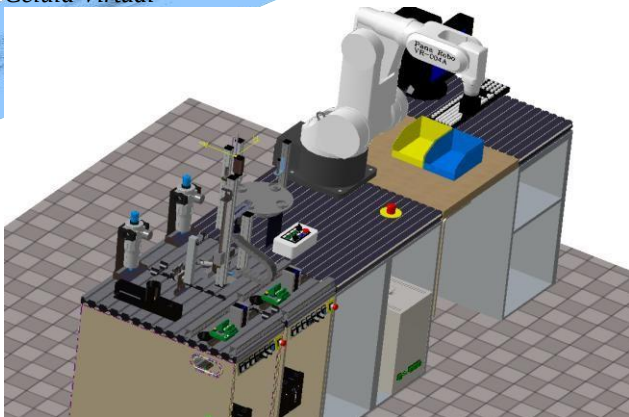


Fuente: Elaboración propia

Fase 3. Validación funcional

Para validar la secuencia del programa de control, se realizó el modelado y diseño virtual de todos los componentes de la celda robotizada utilizando la aplicación interactiva de manufactura esbelta para empresas digitales (DELMIA), un software especializado en simulación y modelado virtual de sistemas industriales (3DS, 2025). La Figura 6 muestra la representación virtual de la celda robotizada desarrollada en este entorno digital. Mediante la simulación en DELMIA, fue posible verificar la correcta secuencia de operaciones, asegurando la coherencia entre las acciones del robot, los actuadores neumáticos y los sensores del sistema. Esta validación virtual permitió detectar posibles errores lógicos antes de la implementación física, optimizando así el proceso de programación y reduciendo tiempos de ajuste en la puesta en marcha.

Figura 6
Célula Virtual

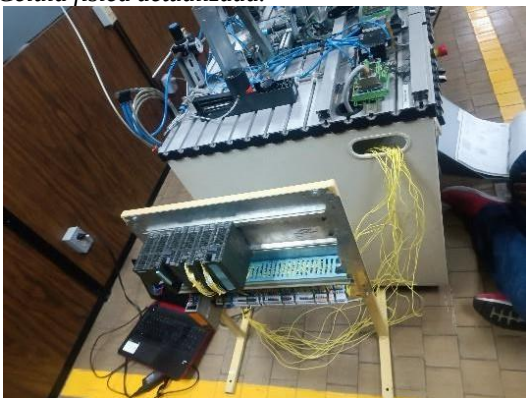


Fuente: Elaboración propia

Una vez validada la secuencia de operaciones en el entorno virtual, se procedió a la implementación y prueba del sistema en la celda física. Durante esta etapa se verificó el correcto funcionamiento de los componentes electrónicos, neumáticos y de control, asegurando que la lógica programada en el Controlador Lógico Programable (PLC) correspondiera con las acciones reales de la celda. Las pruebas realizadas en la celda física arrojaron los resultados esperados, evidenciando un comportamiento estable y coherente con la simulación previa. Únicamente fue necesario realizar ajustes menores en los reguladores de caudal para optimizar la velocidad y sincronización de los actuadores neumáticos.

La Figura 7 presenta la célula física actualizada posterior al proceso de validación y pruebas. En ella se observa la integración del sistema de control centralizado, los módulos de expansión y la interconexión eléctrica que enlaza los distintos sensores y actuadores de la estación. Esta disposición permitió verificar de manera práctica la correspondencia entre la simulación virtual y el comportamiento real del sistema, confirmando la correcta ejecución de la secuencia programada y la estabilidad general de la celda robotizada durante las pruebas funcionales.

Figura 7.
Célula física actualizada.



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

El retrofit de la celda robotizada en el laboratorio de Automatización y Robótica de UPIICSA demostró ser una estrategia altamente efectiva para modernizar una infraestructura obsoleta y restablecer su funcionalidad. La implementación se llevó a cabo a través de una metodología de tres fases: diagnóstico técnico, integración de un nuevo sistema de control y validación funcional. El diagnóstico inicial, que utilizó una lista de cotejo y pruebas visuales, eléctricas y neumáticas, confirmó el estado inoperativo del equipo, identificando componentes dañados como PLC's, actuadores y sensores, lo que justificó la intervención.

La fase de integración se centró en la sustitución de los controladores lógicos programables (PLCs) obsoletos por un nuevo sistema de control centralizado, una decisión que se tomó considerando las restricciones presupuestarias y normativas de la institución. Se utilizó una Carta Secuencial de Funciones (SFC) para la programación lógica del nuevo PLC, lo que permitió describir las acciones concretas de la celda y su integración con el robot.

La validación funcional se realizó en dos etapas: primero, mediante una simulación en el software de modelado virtual DELMIA, que permitió validar la secuencia de operaciones antes de la implementación física. Posteriormente, las pruebas en la celda física confirmaron la correcta operatividad del sistema, requiriendo solo ajustes menores en los reguladores de caudal. Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la eficiencia operativa, confirmando la efectividad del retrofit para restituir la funcionalidad del sistema.

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista de automatización avanzada, en el diseño de sistemas de manufactura flexible, la modularidad y la descentralización son características clave que permiten la rápida reconfiguración de procesos y productos. La posibilidad de tener múltiples módulos interconectados, cada uno con su propio controlador, facilita la adaptación a nuevas tareas sin requerir modificaciones estructurales significativas. Sin embargo, en el presente trabajo se optó por una arquitectura de control centralizada mediante un único PLC, como respuesta a las restricciones presupuestarias y de infraestructura propias del entorno educativo. Esta decisión, aunque sacrifica parcialmente la flexibilidad inherente a sistemas distribuidos, permitió consolidar el control de la celda robotizada, simplificar la programación y facilitar la integración con herramientas de simulación como DELMIA. Además, se considera que esta solución es adecuada para los objetivos pedagógicos del laboratorio, donde la prioridad es la formación de competencias técnicas en automatización, más que la producción industrial en serie. Como trabajo futuro, se contempla la evolución hacia una arquitectura híbrida que recupere la modularidad mediante la incorporación de entradas y salidas remotas, alineándose con los principios de la Industria 4.0.

CONCLUSIONES

La actualización tecnológica de la celda robotizada mediante retrofit ha demostrado ser una estrategia eficaz y sostenible para enfrentar la obsolescencia en laboratorios educativos de ingeniería. A diferencia de enfoques industriales tradicionales, este trabajo propone una metodología adaptada a contextos académicos con restricciones presupuestarias, lo que lo convierte en un modelo replicable para otras instituciones. La implementación del nuevo sistema de control centralizado, validado tanto virtualmente como físicamente, permitió recuperar la funcionalidad del equipo y alinearlos con los principios de la Industria 4.0, incluyendo conectividad, interoperabilidad y simulación digital. Además, se fortaleció el entorno pedagógico al facilitar la interacción activa entre docentes y estudiantes, promoviendo el desarrollo de competencias técnicas relevantes para la manufactura digital contemporánea. Como línea futura, se plantea la incorporación de elementos de la Industria 5.0, lo que posiciona al laboratorio como un espacio formativo de vanguardia, capaz de responder a los desafíos de la educación en ingeniería en la era de la transformación digital centrada en el ser humano.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional, a la Secretaria de Investigación y Posgrado y a la UPIICSA por su autorización para realizar el proyecto de Investigación SIP:20254051 y en especial a la Academia del Laboratorio de Automatización y Robótica, por todo el apoyo recibido para la elaboración de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- 3DS. (2025). *Robótica. Diseña, valide y programe células de trabajo robóticas de manera rápida y precisa*. Recuperado el 25 de junio de 2025, de Dassault Systemes: <https://www.3ds.com/es/products/delmia/industrial-engineering/robotics>
- Dotoli, M., Fay, A., Miśkiewicz, M., & Seatzu, C. (2015). A Survey on Advanced Control Approaches in Factory Automation. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 394-399. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.113>
- Folgado, F. J., González, D. C., & Calderón, A. J. (2024). "Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions, Architectures and Recent Trends. *13*(4), 782. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/electronics13040782>
- Lyman, G., Sanford, R. A., Wilcox, J. R., & Sorey, T. L. (2021). Robotics Retrofit: Filling the Gap in Robotics and Automation Curriculum. *Paper presented at 2021 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual Conference*. Recuperado el 15 de agosto de 2025, de <https://peer.asee.org/37689>
- Neaga, I. (2019). Applying Industry 4.0 and Education 4.0 to Engineering Education. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.24908/pceea.vi0.13859>
- Pacheco, E. A., & Cruz, E. M. (2006). *Metodología de la Investigación. Lógica, procedimiento y técnicas*. México: CECSA.
- Pietrangeli, I., Mazzuto, G., Ciarapica, F. E., & Bevilacqua, M. (2023). Smart Retrofit: An Innovative and Sustainable Solution. *Machines*, 11(5), 523. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/machines11050523>
- Roveda, L. (2024). Editorial: Human-robot collaboration in Industry 5.0: a human-centric AI-based approach. *Robot. A.I.*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frobt.2024.1511126>

Efecto de fertilización química y orgánica en higo 'Black Mission'

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.893

Eduardo Hernández Sánchez¹, Abygail Adarely Martínez Mendoza² y Sonia Hernández González³

¹Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji / eduardo.hernandezs@uttt.edu.mx.

²Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji / abygailadarely.martinez@uttt.edu.mx.

³Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji / sonia.hernandez@uttt.edu.mx.

Línea de investigación: Agronomía

Resumen

El higo es relevante en el Valle del Mezquital, Hidalgo, debido a sus propiedades nutritivas. Sin embargo, su vida de anaquel está limitada, ocasionando pérdidas significativas a productores, comerciantes y consumidores por su daño prematuro. Para mejorar la producción y vida de anaquel, esta investigación evaluó diferentes dosis de fertilización (química, composta de estiércol y estiércol fresco de ovino) en higo 'Black Mission' para determinar el crecimiento de la planta, rendimiento y vida de anaquel de la fruta. Los resultados mostraron que la fertilización en higo no destacó en el crecimiento de los cargadores secundarios y el índice de área foliar con respecto al testigo, por lo que el crecimiento vegetativo en todos los tratamientos fue semejante. Sin embargo, la fertilización química dosificada con intervalos de un mes mejoró el número de ramas por planta, e incremento frutos por rama y su peso generando mayor rendimiento. Mientras que tratamientos con aplicación de composta de estiércol ovino reportaron menor pérdida de peso y la calidad de los frutos similar en todos los tratamientos a las 72 horas después de la cosecha. En conclusión, se demostró que la fertilización química dosificada con intervalos mensuales y la aplicación de composta de estiércol ovino mejoran la producción y vida de anaquel del higo.

Palabras clave: Calidad, Composta, Rendimiento, Vida de Anaquel.

Abstract

The fig is relevant in the Mezquital Valley, Hidalgo, due to its nutritional properties. However, its shelf life is limited, causing significant losses to producers, traders and consumers due to its premature damage. To improve production and shelf life, this research evaluated different doses of fertilization (chemical, manure compost and fresh sheep manure) on 'Black Mission' fig to determine plant growth, yield and shelf life of the fruit. The results showed that fertilization in fig did not highlight the growth of secondary loaders and the leaf area index with respect to the control, so vegetative growth in all treatments was similar. However, chemical fertilization dosed at one-month intervals improved the number of branches per plant, and increased fruits per branch and their weight, generating greater yield. While treatments with application of sheep manure compost reported less weight loss and similar fruit quality in all treatments at 72 hours after harvest. In conclusion, it was demonstrated that chemical fertilization dosed at monthly intervals and the application of sheep manure compost improve the production and shelf life of the fig.

Keywords: Compost, Fertilization, Yield, Quality.

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo de higo (*Ficus carica* L.) representa una alternativa agrícola con posibilidades de expansión, debido al interés creciente de los mercados nacional e internacional, así como a sus cualidades nutricionales y a la disponibilidad de condiciones climáticas favorables en diversas regiones del país (Del Sol-Rodríguez et al., 2021, CYMMIT.2021). De acuerdo con reportes recientes, se ha identificado la producción comercial de al menos cuatro variedades, entre ellas 'Black Mission'. No obstante, en el estado de Hidalgo únicamente se han documentado huertos aislados en los municipios de Ixmiquilpan, Chilcuautla, Tepatepec, Actopan, Tezontepec, Alfajayucan, Tasquillo (Cruz, 2016; Hernández-Leal & Dzul-Escamilla, 2021) y Tetepango, donde el manejo agronómico es limitado.

Por otro lado, uno de los principales retos para su producción es la corta vida poscosecha del fruto, lo que provoca pérdidas económicas considerables a lo largo de la cadena productiva debido al deterioro prematuro (INTAGRI, 2020). Sin embargo, investigaciones desarrolladas en otros frutales han demostrado que la aplicación adecuada de nutrientes esenciales, junto con la incorporación de materia orgánica, puede favorecer tanto el rendimiento como la conservación del fruto.

En este contexto, el presente estudio evaluó la respuesta del higo Black Mission ante diferentes esquemas de fertilización, incluyendo fuentes inorgánicas, composta de borrego y estiércol fresco de borrego. El propósito fue determinar su efecto sobre la productividad y la vida de anaquel, con miras a establecer estrategias de manejo nutricional que contribuyan a mejorar la competitividad de este cultivo en el Valle del Mezquital.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de distintas fuentes y dosis de fertilización química y orgánica sobre el rendimiento, características físicas y vida de anaquel de frutos de higo (*Ficus carica* L.) variedad 'Black Mission' cultivados en el Valle del Mezquital, Hidalgo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el comportamiento agronómico de las plantas bajo tratamientos con fertilizantes químicos y orgánicos.

Comparar las dimensiones, peso y contenido de sólidos solubles de los frutos derivados de cada tratamiento.

Analizar la pérdida de peso poscosecha y su relación con la fuente nutricional utilizada.

Identificar los tratamientos con mayor impacto en la calidad y conservación del fruto.

OBJETO DE ESTUDIO

El presente trabajo se centró en la evaluación agronómica del cultivo de higo (*Ficus carica* L.) variedad 'Black Mission', establecido en condiciones de producción del Valle del Mezquital, Hidalgo. Esta variedad se seleccionó debido a su aceptación comercial, características organolépticas y su adaptación a zonas semiáridas; sin embargo, enfrenta limitantes asociadas a la corta vida poscosecha del fruto, lo que deriva en pérdidas económicas para productores y comercializadores de la región.

El estudio se desarrolló en un huerto integrado por plantas en etapa productiva, establecidas bajo manejo tradicional. Los tratamientos evaluados incluyeron la aplicación de tres fuentes nutricionales diferenciadas: fertilización química, composta de borrego y estiércol fresco de borrego, seleccionadas por su disponibilidad en la zona, accesibilidad económica y potencial para mejorar la calidad del fruto. Se consideraron como unidad experimental árboles individuales, en los cuales se registraron variables de crecimiento y rendimiento, así como parámetros poscosecha. El interés principal radicó en determinar cómo la fuente y dosis de fertilización influían en el comportamiento agronómico del cultivo y en la conservación del fruto después de la cosecha.

Este enfoque permitió estudiar la respuesta fisiológica de las plantas, la expresión de atributos físicos del fruto y los cambios durante los primeros días posteriores a la cosecha, con la finalidad de identificar prácticas de manejo nutricional que contribuyan a mejorar la competitividad de esta especie frutal en la región estudiada.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y experimental para determinar el efecto de diferentes esquemas de fertilización química y orgánica sobre el comportamiento agronómico y la vida poscosecha de frutos de higo (*Ficus carica* L.) variedad 'Black Mission' en condiciones productivas del Valle del Mezquital, Hidalgo.

El experimento se realizó en un huerto de higo de dos años de edad, establecidos a 3.2 X 1.5 m (4.8 m² /planta = 2083 plantas/ha) con un sistema de conducción en vaso establecida en el municipio de Tetepango, estado de Hidalgo, regada con agua residual del Valle de México.

La fertilización química consistió en suministrar la mezcla física 100-60-150-100 (185 kg de cloruro de potasio + 480 kg de sulfato de amonio + 115 kg de fosfato monopotásico + 313 kg de sulfato de calcio/hectárea) los tratamientos fueron: T1) 525 g/planta en una ocasión; T2) 262.5 g/planta en dos ocasiones con intervalo de un mes; y T3) 175 g/planta en tres ocasiones con intervalos de un mes. La fertilización orgánica con composta seca de estiércol ovino se aplicó en los siguientes tratamientos: T4) 4 kg/planta en una ocasión; T5) 2 kg/planta en dos ocasiones; y T6) 1.33 kg/planta en tres ocasiones. Además, los tratamientos de fertilización orgánica con estiércol

seco fresco de ovino fueron: T7) 4 kg/planta en una ocasión; T8) 2 kg/planta en dos ocasiones; y T9) 1.33 kg/planta en tres ocasiones. También se agregó un testigo sin fertilizar (T10). En todos los tratamientos fertilización comenzó la tercera semana de marzo. El manejo de los tratamientos fue similar en toda la huerta, solo cambió la nutrición.

Se realizó análisis correlacional, análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05$). Se utilizó el software InfoStat Statistical Software versión 2015.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1 Diagnóstico del sitio

Se evaluó el estado nutricional inicial del huerto, el manejo previo y las características fisicoquímicas básicas del suelo.

Aplicación de fertilización

Los tratamientos se aplicaron alrededor de la zona radicular, siguiendo un calendario establecido previo al período de mayor crecimiento vegetativo.

Fase 2: Monitoreo del desarrollo vegetal

Se registraron mensualmente las variables de crecimiento

A) Planta:

- 1) Diámetro de cargadores secundarios, se midió con vernier la base del tallo a partir de la primera semana de mayo y hasta la primera semana de octubre en forma mensual;
- 2) Longitud de cargadores secundarios, se realizó con cinta métrica de la base del tallo hasta el ápice en las mismas fechas que el diámetro de los cargadores;
- 3) Numero de ramas productivas por planta;
- 4) Numero de frutos por rama productiva;
- 5) Rendimiento;
- 6) Índice de área foliar, se realizó con un medidor de dosel vegetal LAI-2200C Licor en la primera semana de octubre.

Cosecha y evaluación poscosecha de frutos

Durante la etapa productiva se recolectaron frutos fisiológicamente maduros para analizar dimensiones y atributos físico-químicos.

B) Fruto, la cosecha se realizó en madurez comercial para mercado en fresco cercano a la madurez de consumo las variables fueron:

- 1) Respiración, 24 horas después de la cosecha se midió la respiración de los frutos en una cámara de respiración LAB Navigator.
- 2) diámetro ecuatorial, se midió con un vernier en la parte más ancha del ecuador del fruto;
- 3) diámetro polar, con un vernier se midió desde el origen del pedúnculo en la infrutescencia hasta la apertura apical;
- 4) Pérdida de peso, se midió el peso del fruto a la cosecha, a las 24, 48 y 72 horas; y
- 5) °Brix, se midió con un refractómetro 'ATAGO PAL- α ' (0-85%).

Todos los materiales se utilizaron siguiendo las indicaciones del fabricante y procedimientos estandarizados en campo y laboratorio.

Procesamiento de datos

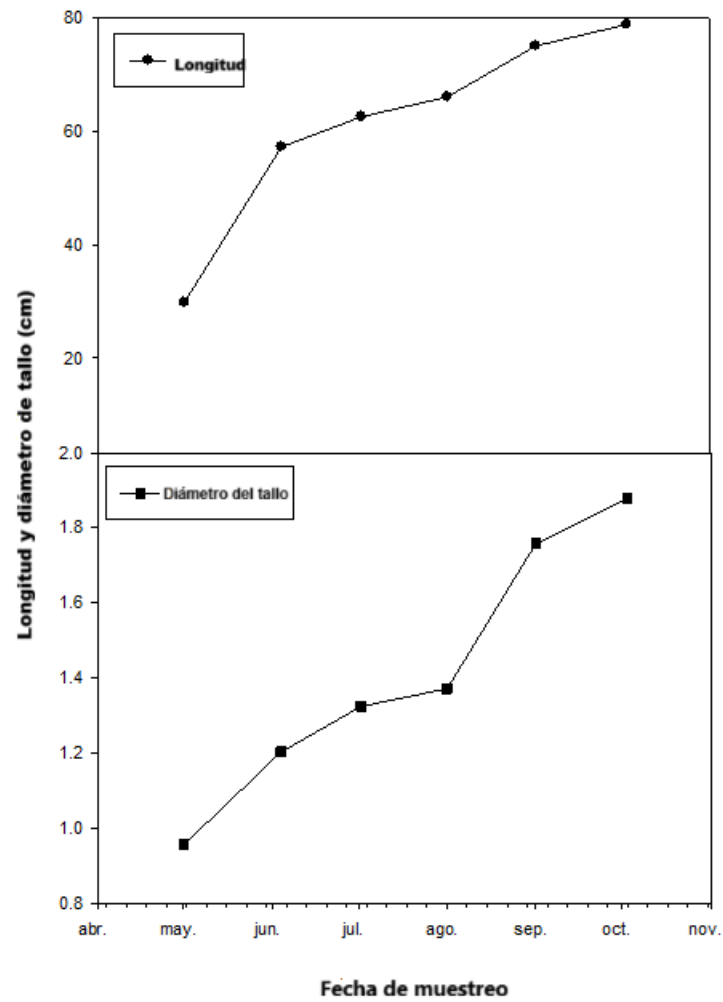
Los datos obtenidos se organizaron en hojas de cálculo para su análisis estadístico. Se verificaron supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para la aplicación de ANOVA. Cuando se identificaron diferencias significativas, se aplicaron pruebas de comparación de medias a $p \leq 0.0$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud, diámetro del tallo e índice de área foliar

La longitud y el diámetro de los brotes secundarios no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$) entre los tratamientos de fertilización evaluados, ni con respecto al tratamiento testigo en cada fecha de muestreo. No obstante, en ambas variables se observó un patrón de crecimiento doble sigmoidal (Figura 1), con un promedio de 79 cm de longitud y 1.9 cm de diámetro.

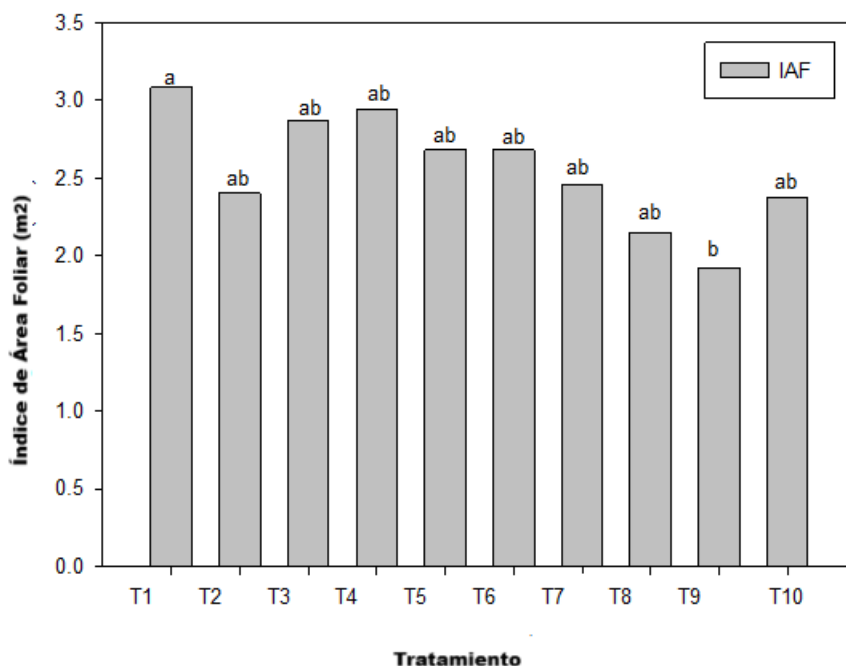
Figura 1. Longitud y Diámetro de Tallo de Higo con Diferente Fuente de Fertilización



Elaboración propia.

Asimismo, el índice de área foliar (IAF) definido como la relación adimensional entre el área foliar (m^2) y el área de suelo ocupada (m^2), parámetro que representa el crecimiento de la planta no mostró diferencias marcadas entre tratamientos. Únicamente se detectó diferencia significativa entre T9 (fertilización orgánica) y T1 (fertilización química), de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey al 0.1 (Figura 2).

Figura 2. Índice de Área Foliar Higo con Diferentes Fuentes de Fertilización



Elaboración Propia.

La similitud en el crecimiento del tallo podría atribuirse a la fertilidad intrínseca del suelo y al uso de aguas residuales en la región, las cuales aportan niveles elevados de materia orgánica y nutrientes al Valle del Mezquital. Dichas aguas contienen materia orgánica particulada y disuelta derivada de descargas urbanas y actividades pecuarias, agrícolas e industriales, que contribuyen a la reposición de humus en los suelos agrícolas (Lucho-Constantino et al., 2005). Además, poseen altas concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P), elementos que favorecen el crecimiento vegetal (López-Hernández et al., 2015) y que pueden aportar entre dos y diez veces la dosis recomendada de N para los cultivos, lo que se relaciona con incrementos en la producción de biomasa (Hernández-Martínez, 2018).

Rendimiento

El rendimiento se estimó mediante la multiplicación del peso promedio de los frutos por el número de frutos por rama y por el número de ramas por planta, considerando una densidad de 2,083 plantas por hectárea. Los tratamientos 2 y 3, que incluyeron fertilización química a razón de 525 g por planta mediante una mezcla física de fertilizante aplicada en dos y tres ocasiones con intervalos mensuales, mostraron los valores más altos de rendimiento. Las variables que contribuyeron de manera directa al incremento del rendimiento fueron el número de ramas por planta y el peso individual de los frutos (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento de higo 'Black Mission' con diferentes fuentes de fertilización.

Tratamiento	Ramas por planta	Frutos por rama	Peso de fruto (g)	Rendimiento (kg/ha)
T1	5.5 b	4.3 b	24.4 ab	1202
T2	8.5 a	7.9 a	27.2 ab	3805
T3	7.5 ab	7.3 ab	30.2 a	3444
T4	7 ab	8.2 a	24.2 ab	2893
T5	5.5 b	7 ab	24.3 ab	1949
T6	6.8 ab	5.9 ab	26.9 ab	2248
T7	6 ab	7.9 a	27.2 ab	2686
T8	5 b	7 ab	25.5 ab	1859
T9	6 ab	7.5 ab	25.9 ab	2428
T10	6.3 ab	5.5 ab	20.6 b	1487

Los promedios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

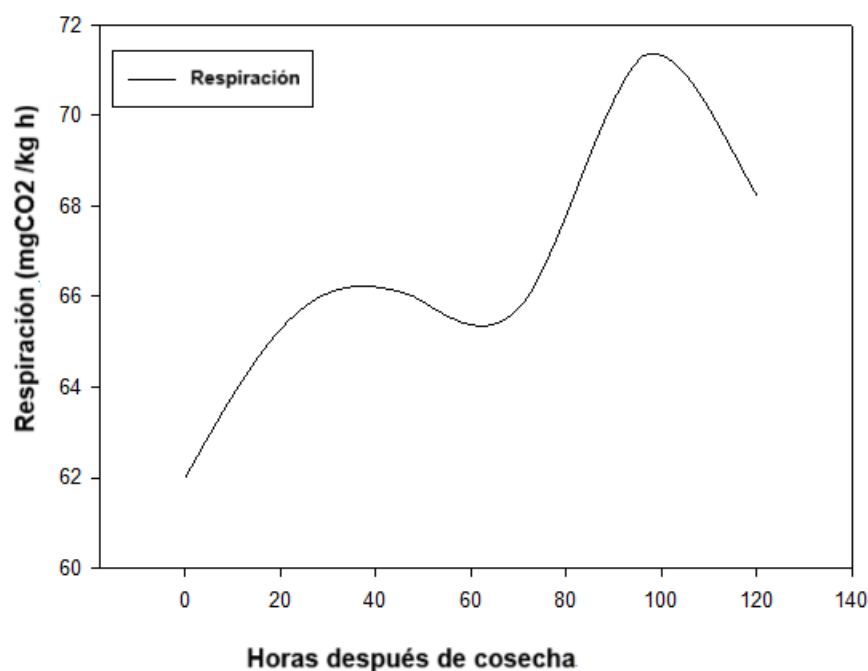
En cuanto a la fertilización orgánica, los tratamientos que presentaron mejor desempeño fueron aquellos donde la totalidad del nutriente se aplicó en una sola ocasión, tanto con composta de borrego (T4) como con estiércol fresco (T7). Por el contrario, el tratamiento testigo (T10), sin fertilización, registró uno de los rendimientos más bajos, lo cual se relaciona con la limitada disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de los frutos.

Si bien la fertilización química u orgánica no constituye una práctica ampliamente adoptada por los productores del Valle del Mezquital, diversos estudios han documentado beneficios productivos derivados de su implementación. En maíz uno de los cultivos predominantes en la región se ha registrado un rendimiento promedio de $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (CIDEA, 2017). Sin embargo, bajo condiciones de fertilización (120-60-30) y uso de materiales genéticos mejorados, se ha reportado un incremento notable en el rendimiento, alcanzando valores de 11.45 a $17.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ en ensayos establecidos por el INIFAP en Tula de Allende, Hidalgo (Bautista et al., 2022).

Respiración de frutos en poscosecha

La tasa respiratoria de los frutos de higo evaluados mostró un comportamiento característico de frutos climatéricos, en los cuales la respiración y la producción de etileno incrementan hasta alcanzar un máximo y posteriormente disminuyen. En este estudio, el punto máximo de respiración se observó a las 96 horas después de la cosecha, con un valor de $71.6 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 3).

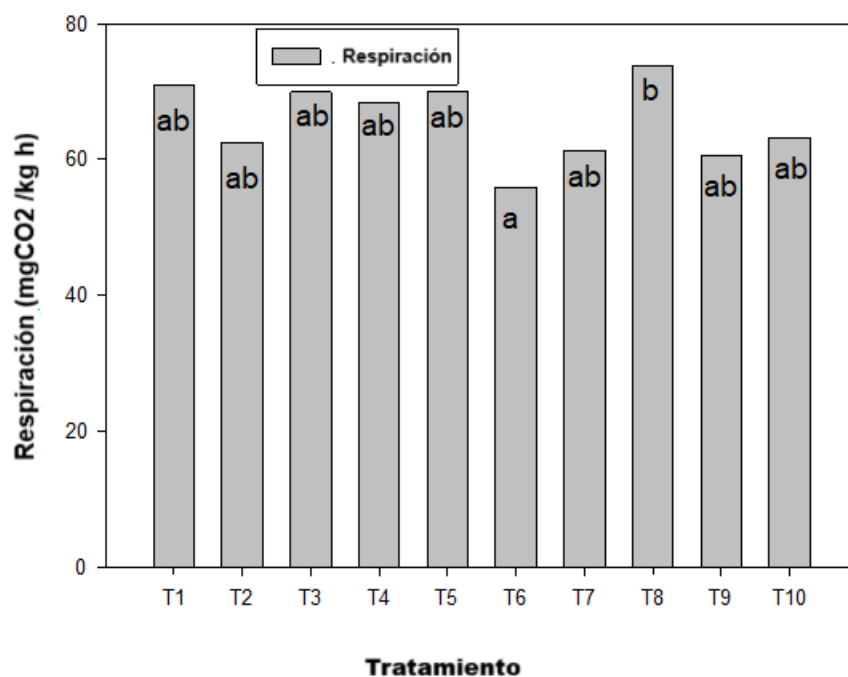
Figura 3. Patrón de Respiración en Fruto de Higo 'Black Mission' Producido en el Valle del Mezquita, Hidalgo.



Las fuentes de fertilización evaluadas influyeron en la tasa respiratoria al momento de la cosecha. En particular, el tratamiento T6 correspondiente a la aplicación de 2 kg por planta de composta de estiércol ovino distribuida en tres aplicaciones registró la menor tasa respiratoria, con 55.9 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 4). Este comportamiento sugiere un posible efecto de la fertilización orgánica en la reducción de la actividad metabólica poscosecha, lo que podría asociarse con una mayor estabilidad fisiológica del fruto durante almacenamiento, lo cual es un hallazgo consistente con estudios que comparan sistemas de producción (Serrano et al., 2011; Balaguera, 2015). Se ha documentado que la fertilización orgánica, al proporcionar nutrientes de forma más lenta y equilibrada, tiende a limitar la absorción excesiva de nitrógeno por la planta. El exceso de nitrógeno ha sido reportado como un factor que acelera la senescencia y aumenta la tasa respiratoria en diversos frutos, lo que conlleva un ablandamiento y deterioro más rápido (Saltveit, 1999).

En contraste, el régimen de composta de estiércol ovino podría haber promovido una mejor integridad de la pared celular y una maduración más uniforme en el árbol, preparando al fruto para una actividad catabólica poscosecha reducida. Esta baja tasa metabólica inicial es un indicador primario de una mayor longevidad potencial del fruto durante el almacenamiento, debido a la conservación más eficiente de las reservas de carbohidratos.

Figura 4. Tasa Respiratoria Observada en Frutos de Higo con Diferente Tipo de Fertilización Producidos en el Valle del Mezquital, Hidalgo.



Los promedios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.05$).

Diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso y sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) al momento de la cosecha

El mayor tamaño de fruto se obtuvo con la aplicación de 4 kg por planta de estiércol fresco de ovino al inicio del ciclo productivo (T7). Bajo este tratamiento, los frutos alcanzaron diámetros ecuatorial y polar superiores en 17 % y 10 %, respectivamente, en comparación con el tratamiento control, donde se registraron los menores valores (Tabla 2). Este incremento en dimensiones se reflejó también en un aumento del 24 % en el peso del fruto, lo cual impactó positivamente en el rendimiento (Tabla 2).

Los tratamientos T2 y T3 que incluyeron fertilización química con yeso agrícola también destacaron por presentar mayor crecimiento y peso del fruto respecto al control, logrando rendimientos de 3.8 y 3.4 t·ha⁻¹, equivalentes a incrementos del 60 % y 55 % con relación al tratamiento sin fertilización (Tabla 2). Aunque el uso de sulfato de calcio favoreció el rendimiento, no mostró efecto significativo sobre la pérdida de peso poscosecha.

El mayor rendimiento observado podría atribuirse al uso de yeso agrícola, ya que se ha documentado que el sulfato de calcio mejora propiedades químicas del suelo, como la salinidad y la concentración de sodio intercambiable, factores que limitan la productividad en el cultivo de nogal (Trasviña et al., 2018). Asimismo, Damián et al. (2018) reportan incrementos de hasta 34 % en el rendimiento de arroz cuando se aplica yeso agrícola y materia orgánica en comparación con la fertilización química convencional.

Por otro lado, el contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo cual sugiere que los sistemas de fertilización evaluados no influyeron en el nivel de azúcares del fruto ni en su percepción de dulzor.

Tabla 2. Características de Fruto de Higo 'Black Mission' al Momento de la Cosecha.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)	Peso (g)	°Brix
T1	33.7 ab	46 a	24.4 ab	14.9 a
T2	35.6 ab	47 a	27.2 ab	17 a
T3	33.4 ab	49.1 a	30.2 a	18.7 a
T4	34.5 ab	46.1 a	24.2 ab	17.4 a
T5	33 ab	46.5 a	24.3 ab	17.5 a
T6	36.9 ab	44.2 a	26.9 ab	17.2 a
T7	37.3 a	51.1 a	27.2 ab	17.9 a
T8	34.4 ab	43.5 a	25.5 ab	16 a
T9	32.8 ab	45.1 a	25.9 ab	16.2 a
T10	30.8 b	45.9 a	20.6 b	17.4 a

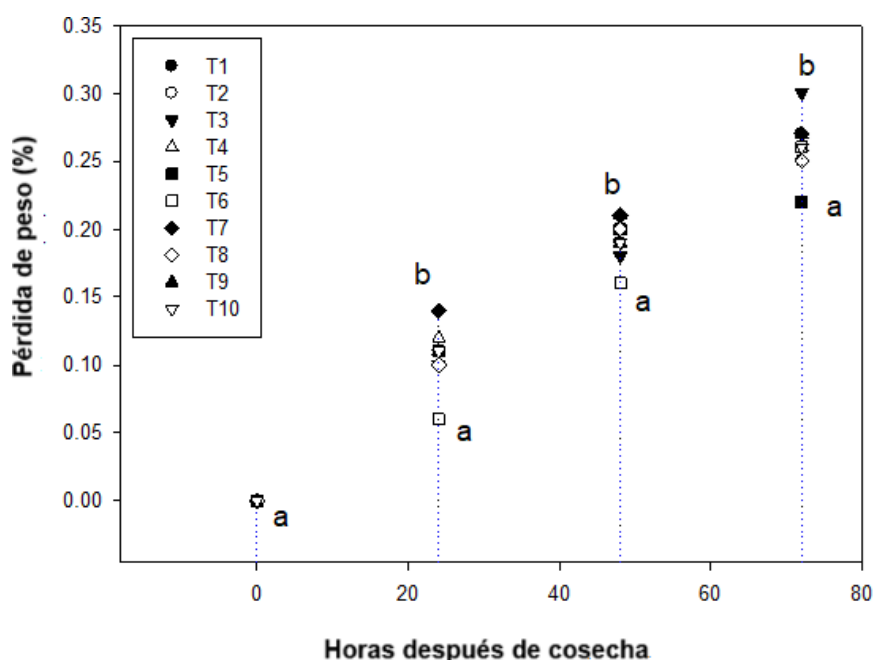
Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha=0.05$).

Pérdida de peso

La Figura 5 muestra que los tratamientos con menor pérdida de peso durante el periodo de poscosecha fueron aquellos donde se aplicó composta de estiércol ovino fraccionada en dos y tres aplicaciones (T5 y T6), los cuales presentaron diferencias estadísticas significativas frente al tratamiento con fertilización química aplicada en tres eventos (T3), de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

La reducción en la pérdida de peso es un indicador relevante al asociarse con una mayor capacidad de retención de humedad y, por ende, una prolongación de la calidad comercial del fruto. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Ali et al. (2011), quienes destacan que una menor pérdida de peso contribuye a extender la vida útil poscosecha, manteniendo atributos comerciales como textura, firmeza y apariencia.

Figura 5. Pérdida de peso observada en higo 'Black Mission' producido en el Valle del Mezquital, Hidalgo con diferentes tipos de fertilización. Promedios con la misma letra son iguales estadística-mente (Tukey $\alpha=0.05$).



CONCLUSIÓN

En este estudio, la fertilización aplicada al cultivo de higo no generó diferencias significativas en el crecimiento de brotes secundarios ni en el índice de área foliar respecto al tratamiento control, lo cual indica que el desarrollo vegetativo fue similar entre tratamientos. Sin embargo, la fertilización química aplicada de forma fraccionada, con intervalos de un mes, favoreció el incremento en el número de ramas por planta, el número de frutos por rama y el peso del fruto, factores que contribuyeron directamente al incremento del rendimiento.

Por su parte, los tratamientos basados en composta de estiércol ovino mostraron una menor pérdida de peso durante la poscosecha, lo que sugiere una mayor estabilidad fisiológica del fruto durante el almacenamiento breve. A las 72 horas después de la cosecha, la calidad del fruto fue comparable entre todos los tratamientos, independientemente de la fuente de fertilización empleada.

Finalmente, los resultados indican que la fertilización orgánica a partir de estiércol compostado puede ser una alternativa viable para mejorar atributos del fruto como peso y concentración de sólidos solubles, los cuales se asocian con una mejor calidad sensorial. De este modo, dicha práctica representa una opción potencialmente más sostenible frente a la fertilización química convencional, al contribuir tanto a la mejora de parámetros productivos como a la percepción organoléptica del fruto.

REFERENCIAS

- Ali, A., Muhammed, M., Sijam, K., and Siddiqui, Y. 2011. Effect of chitosan coatings on the physi-cochemicals characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during storage. *Food Chemistry*. 124: 620-626.
- Bautista, R. C., Andrés E. O. D., y Ramos V. D. 2022. Evaluación de híbridos de maíz en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Ph. Lic. dissertation. Instituto Tecnológico de Comitancillo, Oaxaca, México.
- CIDEA. 2017. Hidalgo: Caracterización de la región e identificación de proyectos productivos factibles. Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria. CONA-CyT-Gobierno de México.
- Damian, S. M. J., González V. F., Quiñones P. P., y Terán I. J. R. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*. 25(1): 141-158.
- Hernández, S. E., y Martínez M. A. A. 2021. Índice de área foliar y rendimiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* R y S) con fertirrigación química y orgánica empleando agua residual tratada. En: *Agrotecnología: Desarrollo y gestión de sistemas agropecuarios sostenibles*. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo, México. ISBN:978-607-9260-25-5 e-book. 7-12 pp.
- Hernández Leal, A., & Dzul Escamilla, G. (2021). Tasquillo Hidalgo, cuna de héroes anónimos.
- Hernández-Martínez, J. L., Prado B., Cayetano-Salazar M., Wolf-Anno B., y Siebe C. 2018. Ammonium-nitrate dynamics in the critical zone during single irrigation with untreated sewage effluents. *Journal of Soils and Sediments*. 18:467-480
- López-Hernández, M., Ramos-Espinosa M., y González-Farías. 2015. Variación de carbono orgánico disuelto en la cuenca del río Tula, Hidalgo". En: *Estado actual del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2015*, Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono, México.
- Lucho-Constantino, C. A., Prieto-García F., Del Razo L. M., Rodríguez-Vázquez R., y Poggi-Varaldo H. M. 2005. Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 108: 57-71.
- Saltveit, M. E. (1999). Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 223-231.
- Serrano, B., et al. (2011). Fisiología poscosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de pejíbaye (*Bactris gasipaes* Kunth) cv. Tuira-Darién. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 75-87.
- Trasviña, B. A., Bórquez O. R., Leal A. J., Castro E. L., y Gutiérrez C. M. 2018. Rehabilitación de un suelo salino con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana*. 36(1):85-90.

Marco A. Aguirre L.¹, Ana Guadalupe Vélez-Chong², Laura Patricia Vélez-Chong³,
Leonardo Armando Cantu-Lara⁴, Gustavo de Jesús Espinosa-Nava⁵

¹Institución Tecnológico de Ciudad Madero, e-mail: marco.al@cdmadero.tecnm.mx

²Institución Tecnológico de Ciudad Madero, e-mail: ana.vc@cdmadero.tecnm.mx

³Institución Tecnológico de Ciudad Madero, e-mail: laura.vc@cdmadero.tecnm.mx

⁴Institución Tecnológico de Ciudad Madero, e-mail: L21070317@cdmadero.tecnm.mx

⁵Institución Tecnológico de Ciudad Madero, e-mail: gustavo.en@cdmadero.tecnm.mx

Línea de investigación: Software y Ambiente

Resumen

En la última década la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha realizado un llamado urgente para actuar de manera individual o colectiva en el planteamiento de ideas y soluciones que permitan el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, dentro de los cuales la reforestación juega un papel esencial para preservar la salud del planeta y garantizar un futuro sostenible. Las campañas de reforestación de áreas naturales por parte de instituciones de educación es una actividad que se realiza de manera regular, sin embargo, la sobrevivencia de los árboles que se plantan es baja debido a la falta de cuidados requeridos dependiendo del tipo de especie. Para abordar este problema, en este artículo se presenta el diseño de una aplicación móvil ecológica que va dirigida a los jóvenes estudiantes y que promueve la reforestación urbana. Esta aplicación está diseñada para realizar el registro y seguimiento de árboles adoptados mediante la notificación de los cuidados que requiere el árbol, lo cual puede aumentar el porcentaje de sobrevivencia de los árboles.

Palabras clave: Reforestación, medio ambiente, aplicación móvil, servidor web, diseño de software.

Abstract

Over the past decade, the United Nations (UN) has issued an urgent call for individual and collective action to develop ideas and solutions that will enable the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda. Reforestation plays a crucial role in preserving the health of the planet and ensuring a sustainable future. Reforestation campaigns in natural areas by educational institutions are a regular activity; however, the survival rate of planted trees is low due to a lack of the necessary care, which varies depending on the species. To address this problem, this article presents the design of an eco-friendly mobile application aimed at young students that promotes urban reforestation. This application is designed to register and track adopted trees by notifying users of the care they require, which can increase the trees' survival rate.

Keywords: Reforestation, environment, mobile application, web server, software design.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, la reforestación es un tema fundamental ya que se involucra con diversos de estos objetivos, sobre todo con el objetivo 15 que está relacionado con la vida de ecosistemas terrestres. La importancia en este tema es tal, que se ha vuelto indispensable en la toma de decisiones con respecto al cambio climático, la preservación del ecosistema y el desarrollo sostenible a nivel mundial. De acuerdo con los estudios llevados a cabo por el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), los ecosistemas forestales desempeñan un papel fundamental en la captura de carbono, contribuyendo a la mitigación de los efectos del calentamiento global. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional Forestal, en colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), encabezan esfuerzos para restaurar y proteger los ecosistemas forestales, conscientes de su importancia no solo para el equilibrio ecológico, sino también para el bienestar de las comunidades que dependen de ellos (CONABIO, 2020; IMEPLAN, 2021; IPCC, 2022). En este contexto, la reforestación no solo representa un compromiso ambiental, sino también un avance hacia la construcción de un futuro más seguro y sostenible para todos.

En México existe una amplia cantidad de especies forestales, sin embargo, enfrenta un gran aumento en la deforestación debido a factores tales como el desarrollo urbano y turístico, entre otros (CONABIO, 2020). A nivel global, el cambio del uso del suelo se considera una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero, lo cual contribuye significativamente al cambio climático (CONAFOR, 2017). Es probable que para el año 2030, el crecimiento urbano y la creación de infraestructuras tales como edificios y parques habrá alterado la mayor parte de la superficie terrestre. Ante este escenario, la reforestación urbana surge como una estrategia clave para revertir los daños provocados, requiriendo esfuerzos coordinados para lograr resultados efectivos.

Dentro del ámbito de la reforestación urbana, las iniciativas experimentales tienen un propósito: sensibilizar a la comunidad sobre cuestiones ambientales y fomentar el interés en la protección del entorno ambiental (CONABIO, 2020). Es común que instituciones educativas de diversos niveles realicen campañas de reforestación en áreas naturales. Sin embargo, los árboles plantados pueden tener una tasa baja de sobrevivencia debido a la falta de cuidados, especialmente durante los primeros años de crecimiento.

Las plataformas digitales están revolucionando la reforestación urbana al facilitar la identificación de áreas degradadas, la selección de especies adecuadas y la planificación de actividades de restauración (SmartForest, 2022). Estas herramientas también promueven la participación de la sociedad y el seguimiento del impacto ambiental, fortaleciendo a las comunidades para tomar acciones frente a los desafíos ambientales (Sabino et al, 2020). Además, plataformas como el Atlas de Oportunidades de Restauración de Bosques y Paisajes han demostrado ser esenciales para identificar zonas fundamentales para la reforestación (SmartForest, 2022).

En este trabajo se presenta un sistema tecnológico de monitoreo de árboles, denominado Siembra Valores, que ayuda a los árboles durante sus primeros años de vida para aumentar sus posibilidades de sobrevivencia mediante el seguimiento del estado del árbol y sus cuidados. Este sistema está compuesto de una arquitectura que utiliza una aplicación móvil para registrar al adoptante y al árbol adoptado y mediante un servidor Web se mantiene actualizada la información mediante notificaciones.

Una de las principales motivaciones para desarrollar el proyecto Siembra Valores es proporcionar una herramienta gratuita que apoye a la planeación de campañas de reforestación urbana a asociaciones civiles locales, comunidades e instituciones gubernamentales. La aplicación propuesta ayuda a adoptar árboles y brindar información necesaria para su cuidado y mantenimiento, lo que permite incrementar la tasa de sobrevivencia de los árboles adoptados. Aunado a lo anterior otra motivación es que esta investigación a diferencia de las que ya existen, tiene un enfoque académico, dirigido a estudiantes desde el nivel básico hasta el superior, la intención es que además de promover la reforestación también promueva valores en la sociedad ya que cada árbol adoptado es asociado de forma explícita con un valor universal con el que el adoptante tiene afinidad.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general de este proyecto es diseñar una aplicación móvil ecológica dirigida a jóvenes estudiantes que promueva la reforestación urbana, facilitando el registro y seguimiento de árboles adoptados para aumentar su tasa de supervivencia.

Para llevar a cabo el objetivo general se requiere de la realización de los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar una herramienta tecnológica para el registro y monitoreo de árboles adoptados, notificando a los usuarios sobre los cuidados específicos que requiere cada especie.
- Implementar un sistema de reportes que permita analizar el estado del proceso de reforestación y facilite la toma de decisiones a los administradores.
- Fomentar la conciencia ambiental y la cultura de conservación en los jóvenes mediante la asociación de valores universales a los árboles adoptados.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es el proceso de reforestación urbana, particularmente el desafío de la baja sobrevivencia de árboles plantados en campañas de instituciones educativas. Se aborda este problema mediante el diseño y la propuesta de un sistema tecnológico de soporte, denominado Siembra Valores, compuesto por una aplicación móvil y un servidor Web, como herramientas para mejorar el seguimiento y cuidado de los árboles adoptados.

METODOLOGÍA

La implementación del Sistema Siembra Valores se desarrolló en un proceso en el que se describe un modelo de ciclo de vida del software, similar a los definidos por autores de la ingeniería de software como Pressman (2014) y Sommerville (2011). A continuación, se detallan las fases de desarrollo.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1. Análisis de requisitos

En esta fase se definieron los requerimientos del sistema con base en el tipo de problema abordado y sus objetivos, así como el alcance de su funcionalidad.

El problema que se aborda es el hecho de que en las campañas de reforestación se tiene una tasa baja de sobrevivencia debido a la falta de supervisión y cuidados que se requieren posterior a la plantación de los árboles.

El sistema consta de dos partes principales, la aplicación móvil y el servidor Web. La aplicación móvil tiene herramientas que permiten adoptar un árbol y proporcionar servicios para mantenerlo en un buen estado. Por otra parte, el servidor Web, se encarga de gestionar el registro de los usuarios y de enviar notificaciones a la aplicación móvil para mantenerla actualizada sobre el estado de los árboles y sus necesidades.

Los requisitos funcionales de la aplicación móvil son:

1. Iniciar sesión de usuario.
2. Registro de árboles (Siembra).
3. Visualizar árboles adoptados (Mis árboles).
4. Agregar servicio.
5. Generar historial de servicio (Historia de mi árbol)

Los requisitos funcionales de la aplicación Web son:

1. Iniciar sesión de usuario.
2. Visualizar todos los árboles adoptados.
3. Registrar usuarios alumnos (adoptantes)
4. Registrar adopciones de árboles.
5. Consultar registros.

Fase 2. Diseño del sistema

En el desarrollo de la aplicación móvil propuesta para la reforestación urbana, Siembra Valores, se realizó un análisis sobre sobre arquitecturas para aplicaciones móviles ecológicas para la reforestación urbana (Velez-Chong, et al., 2024). Las capas que se identificaron para este trabajo son: la capa de interfaz de usuario, la capa de lógica de negocio, la capa de almacenamiento de datos y la capa de gestión. Tomando en consideración que actualmente se desarrollan sistemas distribuidos, la capa de comunicación juega también un importante papel, esta capa y la capa lógica de negocio tienen que diferenciarse de dos más, la capa de internet y las capas de inteligencia, centrándose en cómo comunicarse con los otros componentes de manera remota. Las capas mencionadas anteriormente se extienden en los diseños de la aplicación móvil y Web. A continuación, se describen sus características.

Diseño del cliente (Aplicación Móvil)

En el diseño de la capa de la interfaz de usuario (IU) para la aplicación móvil se consideró la implementación sobre la plataforma *Android*, contemplando *activities* con *composable functions*. La responsabilidad de estos componentes consiste en renderizar la interfaz visual y capturar las interacciones del usuario. La IU se limita a presentar el estado de la aplicación y manejar los eventos del usuario. En el flujo de la IU observa el *UIState* que está contenido en el *ViewModel* que actualizar su contenido y también envía las acciones del usuario al *ViewModel*. Todo esto de acuerdo al patrón *Unidirectional Data Flow UDF*.

Se diseñaron Interfaces de Programación de Aplicaciones (*APIs*) en relación a los requisitos funcionales descritas en la Fase I.

Los componentes de la interfaz que fueron diseñados, tienen la siguiente funcionalidad:

- a) **API Inicio de sesión.** Permite iniciar sesión en la aplicación.
- b) **API Registro.** Permite registrar un nuevo árbol con datos específicos, tales como la asignación de un valor o principio, altura, circunferencia, foto del árbol, zona, georreferenciación, entre otros.
- c) **API Mis árboles.** Muestra los árboles registrados por el usuario.
- d) **API Servicios.** Permite al usuario elegir un servicio de mantenimiento para su árbol, tal como fumigación, poda, fertilización, medición o riego.
- e) **API Historial de Servicios.** Muestra el historial de todos los servicios que se han aplicado a un árbol, tales como podas, fertilizaciones, etc. indicando la fecha en la que fue realizada dicha actividad.

En la Figura 1 se presentan algunos ejemplos del diseño de algunas funcionalidades de la aplicación móvil.

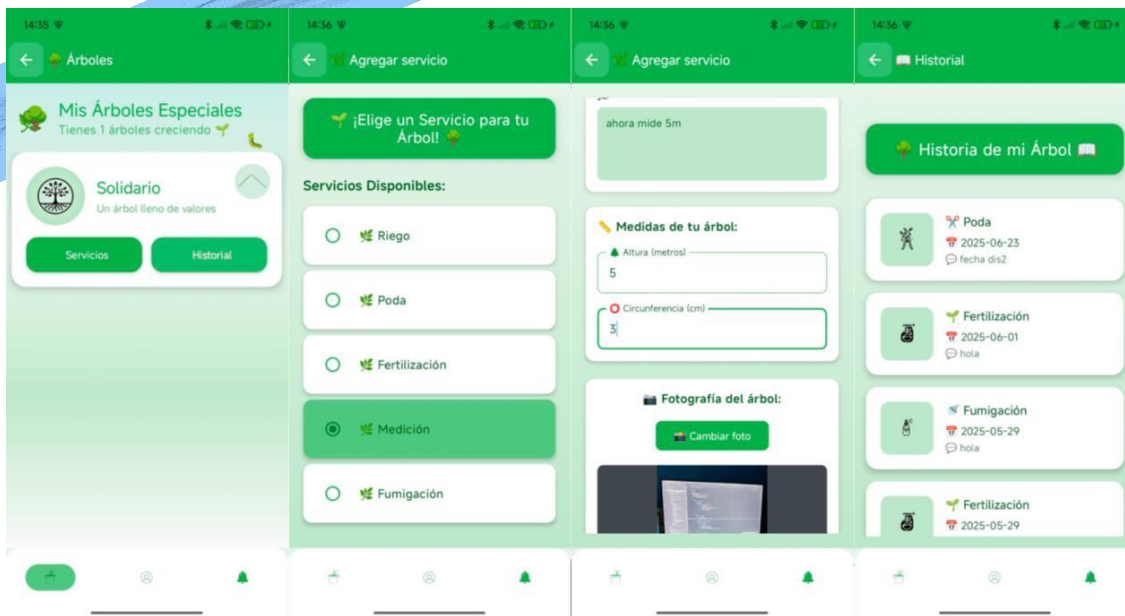


Figura 1. Ejemplo del diseño de algunos módulos de la IU de la aplicación móvil.

Diseño del Servidor (Aplicación Web)

En el diseño del *backend* para la aplicación Web, se consideró la implementación utilizando el lenguaje de programación *PHP*. Los componentes del servidor se centran en procesar las solicitudes *HTTP* recibidas desde el cliente mediante la capa de comunicación. La responsabilidad de los *scripts* de *PHP* consiste en validar las peticiones entrantes, aplicar la lógica de negocio (autenticación, validación de datos) e interactuar con la capa de almacenamiento de datos para la gestión de datos.

Los componentes del *backend* fueron diseñados en base a los requisitos funcionales descritos en la Fase I y tienen la siguiente funcionalidad:

- f) **API Inicio de sesión.** Permite iniciar sesión en la aplicación.
- g) **API Árboles adoptados.** Muestra todos los árboles registrados desde la aplicación móvil por todos usuarios.
- h) **API Registro alumnos.** Permite registrar usuarios alumnos con datos generales, tales como, nombre, apellidos, año de nacimiento, correo electrónico, número de celular, escuela asignada, etc., estos datos generan un usuario para inicio de sesión con la que podrán ingresar a la aplicación móvil para poder realizar registros (adopciones) de árboles.
- i) **API Adopciones.** Permite al administrador asignar, de manera directa, la adopción de un árbol para un usuario en específico.
- j) **API Consulta.** Permite realizar consultas específicas filtradas por algún dato, p. ej. usuarios, adopciones, servicios y mediciones.

En la Figura 2 se presentan algunos ejemplos del diseño de algunas funcionalidades de la aplicación Web.

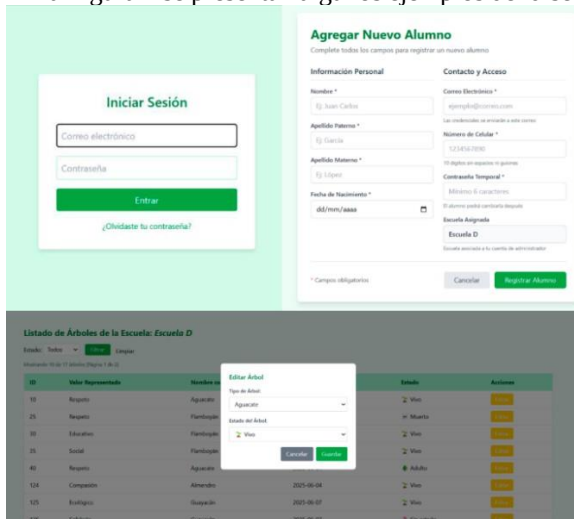


Figura 2. Ejemplo del diseño de algunos módulos de la IU de la aplicación Web.

Diseño de la Base de Datos (BD)

Se diseñó una BD relacional en el manejador de BD MySQL, este esquema fue completamente normalizado y vinculado con claves foráneas, conteniendo el dominio de la aplicación para el inventario forestal urbano.

Se definieron en total 12 tablas, siendo las principales ARBOL y USUARIO. La tabla ARBOL funciona como el almacenamiento principal para los datos de cada árbol, centralizando referencias clave mediante las claves foráneas ID_COL (para ubicación geográfica), ID_ESCUELA (para la escuela responsable), ID_TIPOSEARBOL (para clasificación taxonómica) e ID_VALOR (para los valores o principios de cada árbol adoptado). La tabla USUARIO gestiona el registro y los roles del sistema (Alumnos, Administradores), utilizando el CORREO como credencial única (UNIQUE) y vinculando a cada usuario a un ID_ESCUELA.

La relación de *adopción* se implementa mediante la tabla de relación ARBOL_USUARIO, que establece un vínculo muchos-a-muchos entre USUARIO y ARBOL mediante las foráneas.

La tabla MEDICION almacena los datos del árbol en cuestión de sus condiciones físicas de seguimiento al momento de su supervisión (altura, circunferencia, etc.) para cada ID_ARBOL. Finalmente, el sistema cuantifica los beneficios ambientales mediante un catálogo en la tabla SERVICIOS. En la Figura 3 se muestra el esquema de la BD implementada.

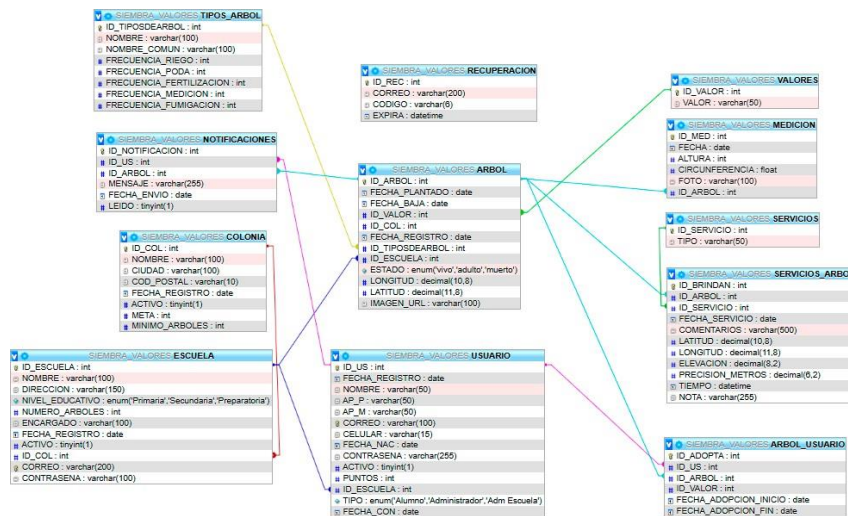


Figura 3. Esquema de la BD del sistema.

Diseño de Lógica de Negocio

Lógica de gestión del servidor Web. Esta lógica se activa cuando el administrador usa el servidor Web.

- Regla de autorización.** Verifica que el usuario que intenta registrar escuelas o alumnos tiene el rol de ADMINISTRADOR. La lógica debe rechazar a cualquier otro tipo de usuario que intente realizar estas acciones.
- Regla de creación de usuarios alumnos.** Al registrar un alumno, la lógica de negocios debe validar los datos, p. ej. debe verificar que el correo electrónico del alumno no exista previamente en la BD (USUARIO) para evitar duplicados.
- Proceso de generación de credenciales.** Esta regla genera una sesión en la cual se recibe la solicitud de creación de la cuenta, junto con sus datos; permite generar una contraseña para la cuenta, y por último permite almacenar la contraseña utilizando encriptación de datos.

Lógica de transacción de la aplicación móvil. Esta lógica se activa en el servidor cuando la aplicación móvil del usuario alumno envía una solicitud.

- Regla de autenticación.** Valida la sesión del usuario alumno que viene en la solicitud de *Retrofit* para confirmar su identidad.
- Regla de restricción (Adopción).** Esta es una regla de negocio verifica que:
 - Sólo se puedan elegir árboles que no se encuentren adoptados.
 - No se exceda el límite máximo de adopciones (4).
- Proceso de enriquecimiento de datos.** La aplicación móvil además de considerar los datos de identificación del registro *enriquece* esta solicitud al asignar otros datos que permiten definir más características al registro (p. ej., valor o principio, altura, entre otros).
- Gestión de BD.** Una vez que todas las reglas (autenticación, restricción, enriquecimiento) se cumplen, la lógica de negocios le indica a la capa de datos que ejecute la transacción en SQL sobre la BD (p. ej. instrucciones de inserción).
- Validación de Servicios.** Cuando el alumno registra un servicio (fumigación, medición, etc.) desde la aplicación, la lógica del servidor debe validar esos datos (p. ej., si es una medición, debe verificar que la altura sean números válidos y se encuentren dentro de un rango lógico).

Lógica de procesamiento asíncrono. Esta es la lógica de negocios que se ejecuta directamente por el servidor mediante una tarea programada.

- **Algoritmo de mantenimiento.** Es un algoritmo que se ejecuta diariamente para consultar los árboles adoptados y sus características con respecto al inventario forestal (IMEPLAN, 2021), de esta manera se verifica su estado actual y se determina si requiere alguna acción de mantenimiento (p. ej., poda, riego, fertilización, etc.)
- **Proceso de notificación.** Una vez que el algoritmo anterior determina que se necesita un riego o poda para un árbol específico, se activa un flujo de trabajo: Determina el identificador asociado a ese árbol, y genera el mensaje de notificación personalizado (p. ej., “Tu árbol VALOR necesita riego”), y se comunica con un servicio externo (*Firebase*) para enviar el mensaje de tipo *push* al dispositivo móvil de ese usuario.

Diseño de la capa de comunicación

La comunicación entre el cliente y el servidor se gestiona mediante la serialización y deserialización de datos. Desde la aplicación móvil, la biblioteca *Retrofit* se utiliza para especificar una *API* que al ser requerida (p. ej., al adoptar un árbol), serializa de manera automática un objeto de datos (*POJO/data class*) en una cadena *JSON*. Esta cadena se envía como una petición *HTTP* (de tipo *POST*) al *endpoint* correspondiente del servidor Web. El servidor, al recibir la petición, deserializa la cadena de vuelta en una estructura de datos para poder ser procesada, posteriormente ejecuta la lógica de negocios (validaciones y reglas) y realiza las operaciones en la BD. Por último, el servidor genera un objeto de respuesta, lo serializa en una cadena *JSON* y lo envía de vuelta al cliente, *Retrofit* recibe esta respuesta, la deserializa en un objeto de respuesta, lo que permite que la aplicación móvil actualice la interfaz de usuario con la confirmación del servidor. En la Figura 4 se presenta un diagrama general de la capa de comunicación.

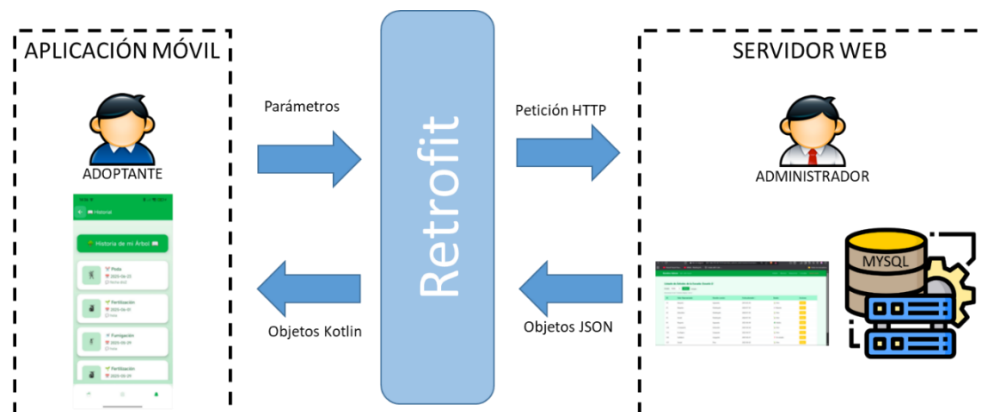


Figura 4. Diagrama general de la capa de comunicación.

Fase 3. Implementación del sistema

En esta fase se realizó la implementación el diseño descrito en la Fase 2, considerando reglas de negocio en los componentes de software. El desarrollo consistió en tres componentes principales del sistema: el cliente móvil, el servidor Web y la BD.

Implementación del Cliente

El cliente móvil se implementó como una aplicación nativa para *Android*, utilizando *Kotlin* como lenguaje de programación y aplicando el uso de bibliotecas tales como *Jetpack Compose*.

La capa de la IU se construyó utilizando *Jetpack Compose* y se implementaron las funciones para generar los módulos de la aplicación, como el *inicio de sesión*, *registro de árbol* (adopción) y *Mis árboles*.

Se utilizaron componentes de *AndroidX Lifecycle* (como *ViewModel*) para administrar la IU, en este proceso se aseguró que la información se mantuviera durante los cambios configuración y que la IU realizara las acciones correspondientes a los cambios de estado que se definieron en la lógica de negocio.

La comunicación con el *backend* se implementó configurando *Retrofit* y *HttpOk*. Se implementaron las *APIs* que definen los *endpoints* y métodos *HTTP*. *Retrofit* se encargó de la serialización de los objetos de datos (*POJO/data class*) a *JSON* para las peticiones y la deserialización de las respuestas *JSON* del servidor.

Se integraron las *APIs* de *Google Play Services Location* para implementar la funcionalidad de georreferenciación y obtener la ubicación requerida durante el proceso de registro de un nuevo árbol.

Implementación del Servidor

El *backend* se implementó utilizando el lenguaje *PHP* en un servidor Web. Se implementaron un conjunto de *scripts* que actúan como *endpoints* de la *API REST*, responsables de procesar las solicitudes *HTTP* entrantes.

Se codificaron los *endpoints* para la gestión administrativa, tales como la *API Registro alumnos* y la *API Adopciones*.

Se implementaron las reglas de autorización para asegurar que solo los usuarios con rol de administrador pudieran ejecutar estas acciones.

Se implementó la lógica de validación del lado del servidor, como la verificación de correos y la autenticación de las solicitudes de la app móvil.

Se implementaron las reglas de restricción de la lógica de transacción, que incluyen la validación del límite de adopciones y la disponibilidad de adopción del árbol.

La lógica de procesamiento asíncrono se implementó como un *script PHP* que contiene el algoritmo que solicita el mantenimiento, este fue configurado en el servidor para ejecutarse diariamente como una tarea programada del Sistema Operativo (mediante el *cron job* de *Linux*). Este proceso consulta la BD y se comunica con el servicio externo de *Firebase* para el envío de notificaciones de tipo *push* hacia el cliente.

Implementación de la BD

El esquema relacional diseñado se implementó en el manejador de Bases de Datos MySQL. En total se generaron los DDL (*Data Definition Language*) para 12 tablas que contienen la información que se requiere para el almacenamiento y procesamiento de la información. Algunas de las tablas más relevantes son: ARBOL, USUARIO, ARBOL_USUARIO, MEDICION y SERVICIOS.

Se establecieron todas las claves foráneas y restricciones para garantizar la integridad referencial y la unicidad de los datos.

Los *scripts* de *PHP* del *backend* se codificaron para interactuar con esta BD mediante sentencias *SQL* (utilizando extensiones *MySQLi*), ejecutando las transacciones requeridas por la lógica de negocio.

Fase 4. Pruebas

En esta fase se diseñó una prueba de aceptación del sistema y de funcionalidad, para validar que los requisitos funcionales operan de manera adecuada.

El objetivo consiste en validar la ejecución de todos los requisitos funcionales de la aplicación móvil y del servidor Web, así como la integridad de la capa de comunicación de datos.

Para la prueba se seleccionaron 30 estudiantes de licenciatura del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) y de Ingeniería Ambiental (IAMB). Los estudiantes de ISC, conformaron el grupo de prueba de caja blanca¹ para evaluar el sistema y la lógica de negocios de la IU. Los estudiantes de IAMB, conformaron el grupo de prueba de caja negra², centrándose principalmente en las entradas y salidas del sistema y su funcionalidad.

Las pruebas se realizaron en un entorno controlado, en donde se utilizó un servidor de pruebas con las mismas características que el servidor de producción. Los estudiantes de ambas carreras utilizaron sus dispositivos móviles para instalar y probar la aplicación móvil.

Para la prueba se creó un listado de seis casos que corresponden a los requisitos funcionales de la aplicación móvil.

Las métricas utilizadas para la evaluación del desempeño del sistema fueron la tasa de éxito (equivale a la cantidad de intentos exitosos del total de intentos), el tiempo promedio de la realización de la tarea y la Métrica de Usabilidad que consiste en la aplicación de un cuestionario SUS (System Usability Scale) (Brooke, 1996) al finalizar la prueba de funcionalidad. Para el cuestionario se formularon 10 afirmaciones, algunos ejemplos de éstas son: “Me pareció que la aplicación era fácil de usar”, “Creo que necesitaría la ayuda de una persona con conocimientos técnicos para poder usar esta aplicación”, entre otras.

Previo a la realización de las pruebas, el administrador del sistema asignó a cada estudiante una cuenta de usuario para la aplicación móvil.

Para realizar las pruebas de funcionalidad fueron asignadas las siguientes tareas:

1. Se le solicitó al estudiante iniciar sesión con las credenciales asignadas.
2. Se le solicitó al estudiante registrar un árbol
3. Se le solicitó al estudiante ingresar al módulo Mis árboles para verificar que su árbol fue registrado correctamente.
4. Se le solicitó al estudiante registrar un servicio y realizar una medición.
5. Se le solicitó al estudiante consultar el historial de servicios y corroborar los servicios realizados.
6. Se configuró el Servidor Web para enviar notificaciones *push* a la aplicación móvil con motivo de prueba, se solicitó al estudiante atender la notificación y registrar el servicio requerido.

Al finalizar la ejecución de las tareas se solicitó al estudiante contestar el cuestionario SUS.

¹ Es un enfoque de prueba de software, en donde el *tester* o probador tiene conocimientos respecto al código fuente, la estructura funcional y el diseño de un sistema.

² Es un enfoque de prueba de software para evaluar la funcionalidad de un sistema sin tener conocimientos sobre su código fuente y su estructura funcional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la realización de las pruebas de funcionalidad descritas en la Fase 4, se analizaron los resultados obtenidos de las métricas de desempeño, de usabilidad y de aceptación del sistema. En la Tabla 1 se presentan los resultados de la aplicación de las métricas de tasa de éxito y tiempo en promedio de la realización de la tarea.

En general, el promedio de la tasa de éxito para las tareas es de 98.3%, la cual es relativamente alta y permite validar la lógica de negocios diseñada y la funcionalidad de la arquitectura del sistema. El porcentaje de éxito en las tareas *Iniciar sesión*, *Verificar árbol*, *Ver historial* y *Recibir notificación* demuestra que los módulos funcionan de manera adecuada y sin errores.

La tarea *Registro de árbol*, tuvo la tasa de éxito más baja (93.3%) y el tiempo promedio en la realización de la tarea más alto (94.2 s). El análisis de los fallos (2/30) y las observaciones del grupo IAMB indicaron que la integración con *Google Play Services Location* para la georreferenciación no solicitaba permisos de manera intuitiva, causando que la tarea fallara hasta que se ajustaron manualmente los permisos del Sistema Operativo, como parte de la fase de mantenimiento del sistema.

Tabla 1. Resultados de las métricas de tasa de éxito y tiempo promedio de la realización de la tarea

Tarea	Tasa de éxito	Tiempo promedio
1. Iniciar Sesión	100% (30/30)	22.5 s.
2. Registrar árbol	93.3% (28/30)	94.2 s.
3. Verificar árbol	100% (30/30)	8.1 s.
4. Agregar servicio	96.7% (29/30)	35.4 s.
5. Ver historial	100% (30/30)	10.2 s.
6. Recibir notificación	100% (30/30)	N/A

Como parte de la medición de la usabilidad y de la aceptación del sistema, al aplicar el cuestionario se procesaron las métricas de la puntuación de SUS, los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la métrica SUS

Métrica	Grupo ISC	Grupo IAMB	Promedio
Puntuación SUS	87.5	82.5	85.0
Calificación (Bangor, 2009)	Excelente	Excelente	Excelente

La puntuación SUS en promedio obtuvo 85.0, el cual es un resultado excelente. Este resultado indica que el sistema se percibe como fácil de usar para los alumnos de ambas carreras.

El grupo ISC calificó mejor al sistema, con 87.5 con respecto al grupo IAMB, con 82.5, lo cual sugiere que el grupo ISC valoró más la eficiencia de la arquitectura, mientras que el Grupo IAMB fue ligeramente más crítico, esto se correlaciona con los fallos de la tarea *Registrar árbol*.

Los resultados comprueban que el diseño del sistema y su implementación son robustos y funcionales. La capa de comunicación se mostró estable y el componente de notificaciones resultó confiable.

Aunque se identificó una mejora menor con respecto a los permisos de georreferenciación, el sistema *Siembra Valores* es apto para medir su impacto ecológico en su puesta en marcha.

CONCLUSIÓN

En este artículo se presenta una herramienta gratuita que promueve los hábitos de reforestación, dando mantenimiento y seguimiento a los árboles adoptados para mejorar su estado y tasa de sobrevivencia. A diferencia de otras aplicaciones, esta aplicación es orientada hacia los jóvenes, desde nivel básico hasta superior.

Los resultados de las pruebas de aceptación del sistema con 30 estudiantes de licenciatura fueron concluyentes de tal manera que se alcanzó una tasa de éxito promedio de las tareas del 98.3%, lo cual confirma que los requisitos funcionales del cliente móvil y el servidor Web funcionan correctamente.

De la misma manera se validó la estabilidad de la capa de comunicación, en donde se obtuvo el 100% de éxito en la entrega de notificaciones asíncronas.

El sistema obtuvo una puntuación SUS de 85.0, calificado como *Excelente*, lo cual sugiere una alta probabilidad de aceptación por parte del público objetivo.

Aunque se identificó una oportunidad de mejora menor en los permisos de geolocalización, los resultados obtenidos demuestran que el sistema es una herramienta que funciona de manera correcta, es estable y altamente usable.

Este proyecto forma parte de un proyecto mayor llamado EcoTecNM³ que tiene como objetivo alentar a los alumnos de diferentes áreas a compartir sus ideas y opiniones acerca del cuidado del medio ambiente, también ofrece juegos interactivos e información respecto a los ODS y temas de reciclaje para reforzar la cultura ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al “Programa para el Desarrollo Profesional Docente” (PRODEP), al TECNMI/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero y al Laboratorio Nacional de Tecnologías de la Información (LaNTI) por el apoyo recibido en el desarrollo del proyecto “Agenda 2030 y propuesta tecnológica de soporte a la reforestación urbana” de la Convocatoria de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos PRODEP 2023.

BIBLIOGRAFÍA

- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114–123.
- Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- CONABIO. (2020). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/reforestacion>.
- CONAFOR. (2017). Bosques y cambio climático. Recuperado de <https://www.gob.mx/conafor/documentos/bosques-y-cambio-climatico-23762>
- IMEPLAN. (2021). Instituto Metropolitano de Planeación del Sur de Tamaulipas. Catálogo de Biodiversidad Zona Conurbada Altamira-Ciudad Madero-Tampico. Recuperado de https://www.tamaulipas.gob.mx/datosabiertos/datos_abiertos/catalogo-de-biodiversidad-2a-edicion/
- IPCC. (2022). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático 2022: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Grupo de Trabajo I, Unidad de Apoyo Técnico.
- Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Sabino, A.-B., Reis-Martins, P., y Carranza-Infante, M. (2020). Experiencias y retos del uso de datos de aplicaciones móviles para la movilidad urbana. *Revista de Arquitectura* (Bogotá), 22(1), 82–93.
- Smart Forest. (2022). How Digital Platforms Transform Global Forest Restoration Actions. Recuperado de <https://atlas.smartforests.net/en/stories/how-digital-platforms-transform-global-forest-restoration-actions/>
- Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software* (9ª ed.). Pearson Educación.
- Vélez-Chong, A., Velez-Chong, L., Rangel-Valdez, N., Jaimes-Santos, S., Morales-Rodriguez, L., Aguirre-Lam, M. (2024). Analysis of Architectures for Green Mobile App on Urban Reforestation. En 13th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS), 2024, 103-109. doi: 10.1109/CIMPS65195.2024.11095962.

³ <http://200.188.143.162:7019/joomlatec/>

Línea de investigación: Sustentabilidad

Resumen

Se analizan viviendas en la comunidad de Apiyac, Chalma, Veracruz, de manera bioarquitectónica, con el fin de definir tipologías de vivienda adaptadas. Parte del problema de que las viviendas de interés social responden a modelos prediseñados, ajenos al contexto cultural, climático y funcional de las comunidades rurales, provocando pérdida de habitabilidad e identidad. El estudio es de tipo aplicado, con enfoque cualitativo y apoyo cuantitativo, de carácter exploratorio-descriptivo. Se utilizan técnicas de observación estructurada, entrevistas y análisis de materiales locales en una muestra intencionada de las viviendas de la comunidad. Los resultados identifican patrones de uso, confort térmico básicos y valoración estética, permitiendo proponer lineamientos arquitectónicos que integren funcionalidad, sostenibilidad y cultura. Esta propuesta busca motivar la identidad comunitaria y mejorar estructura de vivienda mediante modelos habitacionales replicables que promuevan el uso de materiales vernáculos, la eficiencia energética y la valoración de las formas tradicionales de habitar.

Palabras clave: 4046 Arquitectura tradicional, 5038 Diseño de Vivienda, 4047 Sostenibilidad en Arquitectura, 5037 Vivienda.

Abstract

Housing in the community of Apiyac, Chalma, Veracruz is analyzed from a bioarchitectural perspective to define adapted housing typologies. The study addresses the issue that social housing often follows predetermined models unrelated to the cultural, climatic, and functional context of rural communities, leading to a loss of habitability and identity. This is an applied research project with a qualitative approach and quantitative support, exploratory and descriptive in scope. Techniques such as structured observation, interviews, and analysis of local materials are used in a purposive sample of community dwellings. The results identify basic patterns of use, thermal comfort, and aesthetic appreciation, enabling the proposal of architectural guidelines that integrate functionality, sustainability, and culture. This proposal aims to reinforce community identity and improve housing structures through replicable models that promote the use of vernacular materials, energy efficiency, and the appreciation of traditional ways of living.

Keywords: 5037 Housing, 5038 Housing design, 4047 Sustainability in architecture, 4046 Traditional architecture.

INTRODUCCIÓN

La vivienda es un elemento esencial en la conformación de las dinámicas sociales, culturales y económicas de una comunidad. Sin embargo, los modelos de vivienda de interés social implementados en diversas regiones han tendido a homogeneizar los espacios habitacionales sin considerar las necesidades y costumbres de los habitantes. Esto ha provocado una disrupción en las rutinas de vida y en la identidad de las comunidades, generando problemáticas tanto funcionales como estéticas (García Vázquez, 2016). La imposición de partidos arquitectónicos genéricos afecta la relación de los habitantes con su entorno y limita su capacidad de adaptación a las condiciones locales.

Un aspecto clave de este fenómeno es el uso de materiales de construcción. Mientras que las comunidades han desarrollado históricamente soluciones basadas en recursos locales y conocimientos tradicionales, la vivienda de interés social ha favorecido el empleo de materiales industrializados que, en muchos casos, no responden adecuadamente a las condiciones climáticas ni a las costumbres de los habitantes (Lara-Hernández & Melgarejo, 2020). Esto no solo impacta la sostenibilidad y confort de las viviendas, sino que también amenaza la permanencia de técnicas constructivas vernáculas que forman parte del patrimonio cultural.

Ante esta problemática, es fundamental identificar un estilo arquitectónico que, además de ser funcional, preserve los valores estéticos y culturales de la comunidad. Esta investigación analizará la funcionalidad de las viviendas en una comunidad específica para determinar los efectos que los modelos convencionales han tenido en sus dinámicas de vida. Asimismo, se estudiará el uso de materiales tradicionales y la viabilidad de integrar principios de arquitectura vernácula en el diseño de nuevas viviendas. Con ello, se busca generar una metodología de diseño arquitectónico que permita salvaguardar la identidad cultural de las comunidades sin comprometer la habitabilidad y el bienestar de sus habitantes, mediante el análisis la funcionabilidad espacial y la evaluación de la materialidad.

Es entonces de gran relevancia el conocer cómo podría establecerse una metodología que considere los valores bioclimáticos en la edificación.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

Diseñar una metodología de diseño bioarquitectónico para viviendas en Apiyac, Chalma, Veracruz, que integre materialidad vernácula y mejore la funcionalidad y el confort/habitabilidad, preservando la identidad cultural.

- 1.- Analizar la funcionalidad espacial de viviendas representativas, identificando dinámicas de uso y necesidades habitacionales mediante observación estructurada, entrevistas y registro del uso del espacio.
- 2.-Evaluar la materialidad (vernácula vs. industrial) y su impacto en eficiencia energética, sostenibilidad y confort térmico.
- 3.-Comparar tipologías tradicionales y vivienda de interés social para detectar oportunidades de integración vernácula y derivar lineamientos aplicables.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son viviendas rurales de la comunidad de Apiyac, municipio de Chalma, Veracruz, seleccionadas por su pertinencia climática, disponibilidad de materiales locales y presencia de prácticas constructivas vernáculas. Se analizan tipologías representativas que integran espacios domésticos básicos (estar, cocinar, dormir y servicios), considerando su orientación, envolvente y técnicas de construcción. La muestra busca contrastar materialidad vernácula frente a soluciones industrializadas implementadas en programas de vivienda social. El interés radica en entender cómo dichas materialidades condicionan la funcionalidad, el confort y la identidad cultural, para derivar lineamientos de diseño adaptados y escalables.

METODOLOGÍA

La presente investigación se clasifica como aplicada, ya que su propósito es generar conocimientos que puedan utilizarse directamente en el diseño de viviendas adaptadas a una comunidad específica basadas en el análisis funcional, materialidad bioarquitectónica y valores estéticos de la comunidad, con el objetivo de mejorar la habitabilidad y preservar la identidad cultural. La clasificación metodológica de esta investigación sigue las pautas planteadas por Hernández, Fernández y Baptista (2014), al combinar investigación aplicada, exploratoria y descriptiva.

En cuanto a la fuente de los datos, se empleó una metodología mixta que combina investigación documental y de campo. La investigación documental se basó en la revisión de literatura científica sobre arquitectura vernácula, bioarquitectura y modelos de vivienda sostenible, así como en normativas de vivienda y estudios previos en contextos similares. Por otro lado, la investigación de campo obtuvo datos directos de la comunidad mediante observación estructurada, entrevistas semiestructuradas con los habitantes y registro fotográfico de las tipologías de vivienda existentes. La combinación de estos enfoques permitió obtener una visión integral de la problemática, contrastando el conocimiento teórico con la realidad social y material del contexto analizado.

El estudio fue con un enfoque mixto mayormente cualitativo. Por la interpretación de las dinámicas espaciales, las prácticas culturales asociadas a la vivienda y la percepción de los habitantes sobre su entorno construido. A través de entrevistas y observaciones, se comprendió el significado cultural de la vivienda, las preferencias estéticas y los materiales tradicionales empleados en la comunidad.

No obstante, se incorporaron elementos cuantitativos para recopilar datos objetivos, como dimensiones espaciales, análisis de eficiencia térmica de los materiales y evaluación de patrones de uso de los espacios.

Según su alcance, la investigación fue exploratoria y descriptiva. La fase exploratoria permitió examinar un fenómeno que no ha sido ampliamente documentado en el contexto específico de la comunidad, identificando las condiciones actuales de la vivienda, los efectos de los materiales utilizados y la interacción de los habitantes con sus espacios. Posteriormente, el enfoque descriptivo permitió detallar las características de las viviendas existentes, su distribución espacial, su materialidad y su relación con la identidad cultural de la comunidad.

El universo de nuestra investigación es: Las viviendas de la comunidad de Apiyac. Considera por la dimensión de la comunidad tanto viviendas vernáculas como viviendas con sistemas constructivos comerciales.

La muestra es: El 100% de las viviendas de Apiyac derivado de la cantidad existente en la comunidad.

Tabla 1 Variables, Indicadores, Técnicas e Instrumentos.

Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Directas			
La comunidad.	Localización Características Climatológicas.	Observación.	Reporte técnico de la comunidad con relación a la climatología.
La vivienda de la comunidad.	Tipo de materiales de la vivienda.	Observación.	Reporte fotográfico de materiales. Entrevista de sistemas constructivos y materiales. Investigación de propiedades de materiales de la región.
La vivienda de la comunidad.	Estilo arquitectónico de la comunidad.	Observación.	Entrevista de identidad cultural y estilo arquitectónico.
Los habitantes de la comunidad.	Funcionalidad de viviendas acorde a los habitantes.	Observación.	Reporte de funcionalidad arquitectónica.
Tipología de vivienda	Zona de estudio dentro de la comunidad para diseñar tipología.	Observación.	Levantamiento de la zona de estudio. Análisis climatológico.
Tipología de vivienda	Diseño de la tipología	Observación.	Propuesta de diseño en contribución de los miembros de la comunidad.
Indirectas			
Estilos arquitectónicos y funcionales similares.	Ejemplos y funcionalidad.	Observación.	Análisis de proyectos análogos.

Nota: En la Tabla 1 se muestran las variables de la investigación divididas en el conocimiento de la zona de estudio como directa y los teóricos en las indirectas. Derivan a los indicadores para la obtención de data, determina la técnica de aplicación y por último muestra los instrumentos que posteriormente son descritos en los procedimientos de la metodología. Fuente: Elaboración Autores.

El desarrollo de esta investigación se organiza en seis fases, cada una de ellas orientada a aplicar las variables, indicadores, técnicas e instrumentos previamente definidos, con el propósito de analizar la funcionalidad, la materialidad bioarquitectónica y los valores estéticos en las viviendas de la comunidad de Apiyac, Chalma, Veracruz.

En la primera fase, se realiza la caracterización del contexto comunitario, considerando los indicadores de localización y características climatológicas.

La segunda fase corresponde al diagnóstico de las viviendas existentes. A través de observación, entrevistas y documentación gráfica, se identifican los tipos de materiales, sistemas constructivos y estilos arquitectónicos locales.

La tercera fase se centra en el análisis de la funcionalidad habitacional desde la experiencia de los habitantes. Mediante observación y entrevistas se identifican prácticas de uso del espacio, necesidades y deficiencias funcionales.

La cuarta fase consiste en el análisis de una tipología propuesta a nivel de proyecto arquitectónico de vivienda que cumpla con las características bioclimáticas detectadas en las anteriores fases.

La quinta fase contempla un análisis energético de la vivienda propuesta a manera de resultante de datos que podrán ser comparados con una vivienda ordinaria de concreto de interés social

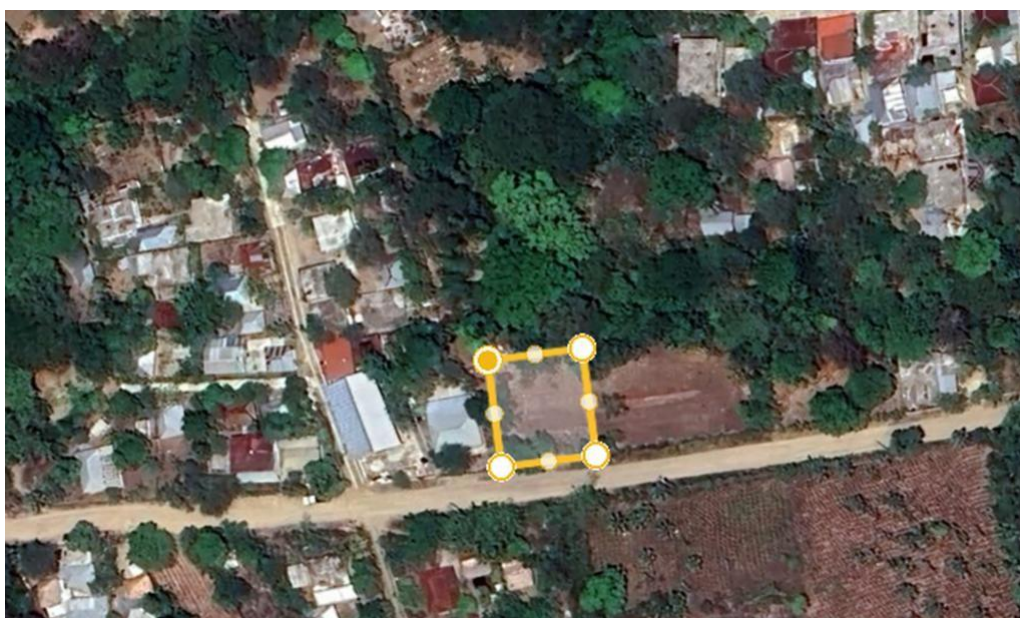
FASES DEL DESARROLLO

Fase1: Caracterización del contexto comunitario.

El conocimiento del entorno climático y socioeconómico es fundamental en el diseño sustentable de viviendas, como afirman Daza y González (2020). Por eso esta primera fase tiene como propósito documentar y analizar las condiciones geográficas, climatológicas, sociales y culturales de la comunidad de Apiyac, Chalma, Veracruz, como base para comprender los factores que inciden en las prácticas habitacionales y en el diseño bioarquitectónico de la vivienda propuesta.

Apiyac es una comunidad rural con una población aproximada de 50 habitantes, ubicada en el municipio de Chalma, al norte del estado de Veracruz. A pesar de conservar costumbres tradicionales, en los últimos años se ha observado un cambio en los patrones de construcción. El terreno específico analizado tiene una forma cuadrada, con dimensiones de 27.80 m x 30.68 m, una superficie total de 116.06 m² con orientación sur. Estas características son determinantes para establecer estrategias pasivas de diseño, como el aprovechamiento solar y la ventilación natural a tomar como valores de resiliencia climática de las viviendas rurales está directamente relacionada con la elección de materiales adecuados y su orientación solar (Leal & Patiño, 2019).

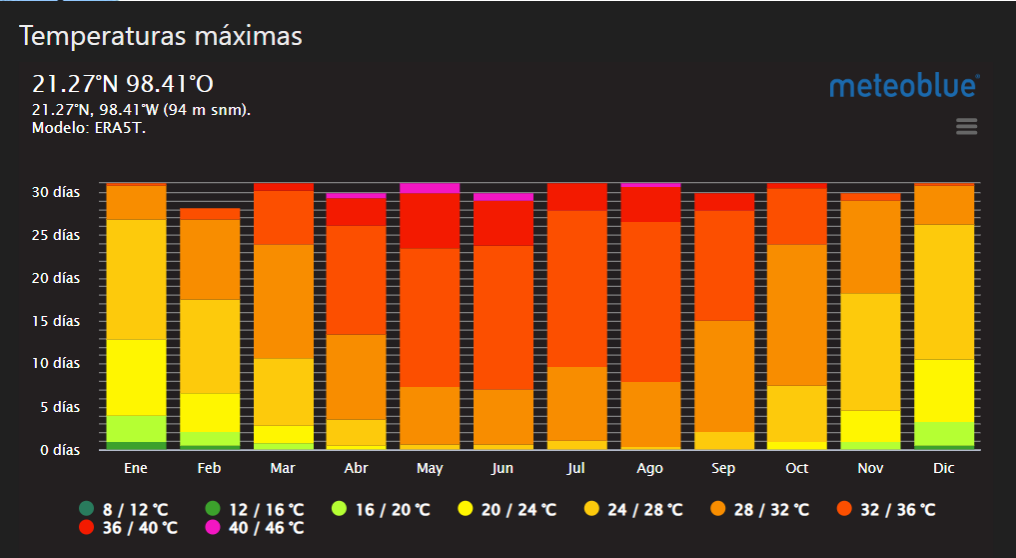
Figura 1 Localización Geo Satelital por Google Earth de Apiyac.



Nota: La imagen muestra la localización geo satelital por Google Earth de Apiyac, así mismo enmarca la zona de estudio para la tipología en acuerdo con la comunidad para fases posteriores de la investigación. Fuente: Elaboración Autores.

El clima de la región es cálido subhúmedo, con temperaturas que varían entre 16 °C y 36 °C a lo largo del año. La precipitación se concentra en los meses de verano, favoreciendo la vegetación y aguas.

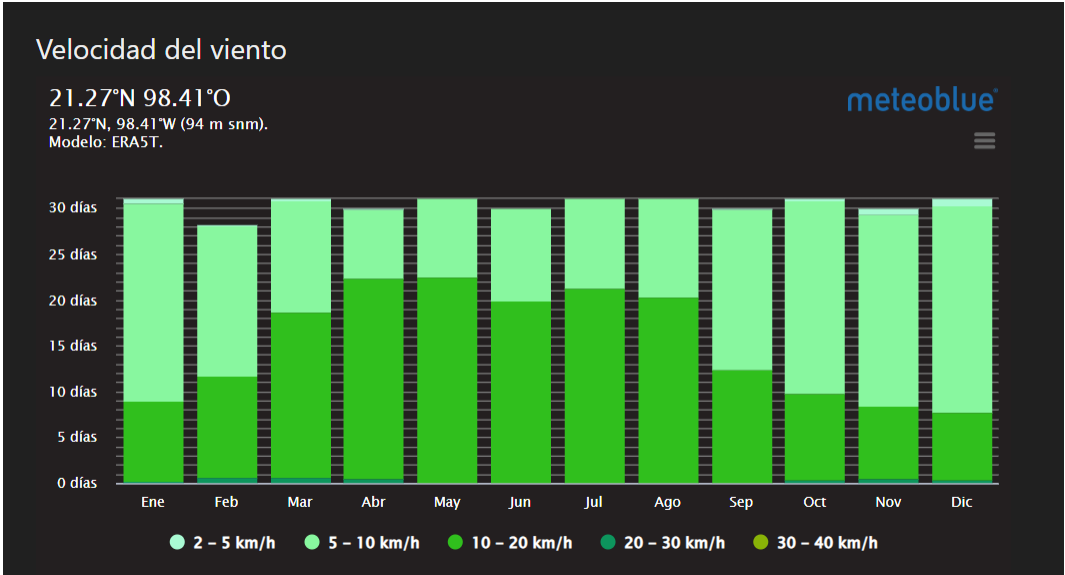
Figura 2 Gráfico de Temperaturas



Notas: El gráfico muestra las variaciones de temperatura enmarcada por día y mes de la comunidad de Apiyac tomada de Meteoblue.
Fuente: Elaboración Autores.

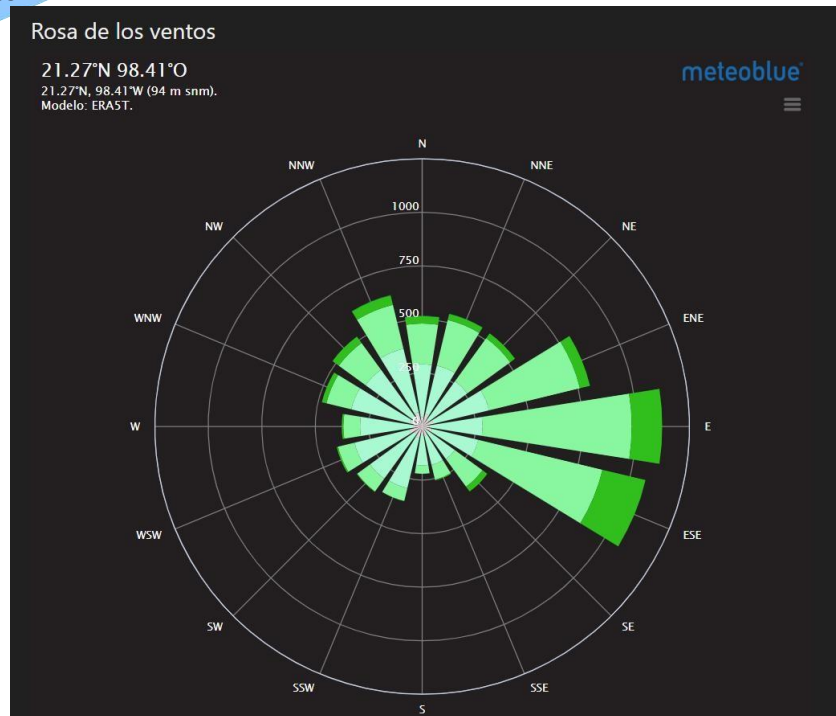
La velocidad del viento promedio oscila entre 10 y 30 km/h, con rachas que superan los 40 km/h en época de lluvias. Estas condiciones climáticas respaldan el uso de materiales térmicamente eficientes y estrategias como la ventilación cruzada y el uso de jardines interiores, contempladas en el diseño arquitectónico.

Figura 3 Velocidad del Viento



Nota: La imagen muestra las variaciones de velocidad de viento enmarcada por día y mes de la comunidad de Apiyac tomada de Meteoblue. Fuente: Elaboración Autores.

Figura 4 Rosa de los Vientos



Nota: La imagen muestra la dirección y velocidad de los vientos de la comunidad de Apiyac tomada de Meteoblue. Fuente: Elaboración Autores.

En términos sociales, se identificaron diversas problemáticas habitacionales, tales como falta de ventilación adecuada, distribución ineficiente de espacios, ausencia de drenaje, falta de acceso al agua potable, lejanía de servicios comerciales y necesidad de espacios para almacenar cosechas.

Figura 5 Retos de la Zona



Nota: La ilustración muestra representativamente los retos de la zona con respecto a la infraestructura. Fuente: Elaboración Autores.

Fase 2: Diagnóstico de las viviendas existentes. Esta fase se centró en el análisis de las características constructivas, materiales y sistemas arquitectónicos empleados en las viviendas de la comunidad de Apiyac, con el objetivo de identificar los elementos que influyen en la funcionalidad, sostenibilidad y habitabilidad de las construcciones locales. El diagnóstico se basó en técnicas de observación estructurada, registro fotográfico, y entrevistas semiestructuradas aplicadas a los habitantes de la comunidad, así como en el estudio de materiales y sistemas constructivos.

Tabla 2 Resaltados de Observación

Material	Uso Principal	Técnica asociada	Beneficios ambientales	térmicos/
Adobe	Recubrimiento de muros	Bahareque	Aislante térmico, bajo impacto ambiental	
Piedra de río	Muros	Mampostería	Estética rústica, durabilidad estructural	
Madera	Estructura principal	Carbonización	Alta durabilidad, buena inercia térmica	
Teja de barro	Cubierta	Tejado tradicional	Regulación térmica interior	
Otates	Estructura de muros	Bahareque	Transpirabilidad, bajo costo, estética local	

Nota: En la tabla 2 se muestran los resultados de la observación de la comunidad indicando las muestras con los valores bioclimáticos más altas. Fuente: Elaboración Autores.

Las viviendas tradicionales de la comunidad emplean materiales naturales de origen local, como adobe, piedra de río, madera y otates, integrados mediante técnicas vernáculas como el bahareque. El diagnóstico identificó que estos materiales no solo responden adecuadamente al clima local, sino que también tienen un bajo impacto ambiental y buena inercia térmica. La durabilidad de los sistemas tradicionales ha sido confirmada por González-Cruz y Salinas (2022), quienes destacan su eficiencia frente a sistemas industrializados. El uso de teja en techos permite mantener temperaturas interiores confortables por la altura, en algunos casos de paja, barro o lámina de aluminio, mientras que los muros de bahareque (estructura de otates con recubrimiento de lodo y zacate) actúan como reguladores térmicos y acústicos. Esta elección de materiales locales también ha sido destacada en investigaciones sobre arquitectura vernácula y su eficiencia ambiental (Bastías & Barra, 2019).

Figura 6 Problemáticas de la Vivienda



Nota La ilustración 6 muestra uno de los casos que presentan mayores problemáticas, que si bien está cercana a lo vernáculo no satisfacía en su totalidad la funcionalidad y necesidades de los usuarios. Fuente: Elaboración Autores. En contraste, se identificaron viviendas de interés social construidas con materiales industrializados, los cuales, si bien facilitan la ejecución rápida, tienden a generar espacios poco adaptados al clima y con escaso vínculo con la identidad local. La tierra como material constructivo continúa demostrando alta eficiencia térmica y pertinencia cultural (Méndez & Soto, 2018).

Fase 3: Estudio del uso y percepción habitacional

Esta fase analizó cómo los habitantes de la comunidad de Apiyac experimentan, utilizan y valoran sus viviendas, considerando tanto la funcionalidad de los espacios como los elementos estéticos y culturales asociados. El análisis se fundamentó en la aplicación de entrevistas, observación de percepciones sobre el uso cotidiano del espacio habitacional. La valoración del patrimonio arquitectónico vernáculo también ha sido abordada desde la perspectiva cultural por Callejas y Hernández (2022). La investigación reveló que muchos espacios presentan deficiencias funcionales: distribuciones ineficientes, falta de ventilación cruzada, escasa privacidad, y limitaciones para el almacenamiento de alimentos y cosechas. Estos aspectos afectan directamente la calidad de vida de los habitantes, especialmente en contextos donde las viviendas cumplen múltiples funciones domésticas, productivas y sociales. Asimismo, se identificó que la vivienda tradicional, a pesar de su antigüedad, es valorada por su adaptabilidad al clima, su

bajo costo de mantenimiento y su conexión con la identidad cultural. En contraste, los modelos de vivienda de interés social son percibidos como elecciones por practicidad de construcción, pero con espacios rígidos, materiales poco eficientes térmicamente y una organización espacial que no responde a las necesidades reales de los usuarios. También se detectó una percepción de la población de estatus social relacionado con los materiales prefabricados.

Tabla 3 Resultados de Comparativa

Aspecto Evaluado	Vivienda Vernácula	Vivienda de material prefabricado
Ventilación	Natural, cruzada	Escasa, limitada
Distribución espacial	Flexible, adaptada	Rígida, poco funcional
Privacidad	Alta en espacios nocturnos	Baja en espacios comunes
Confort térmico	Agradable, materiales térmicos	Calor excesivo en épocas secas
Estética cultural	Arraigada a la comunidad	Ausente o neutra

Nota En la tabla 3 se muestran los resultados de las encuestas con la data relevante de comparativa entre ambas viviendas que se encuentran en la comunidad. Fuente: Elaboración Autores.

Fase 4: Análisis de tipologías y propuesta a nivel arquitectónico En esta fase se desarrolló el análisis de la fase 3 en el terreno brindado para el estudio de la fase 4 por parte de la comunidad, con el objetivo de identificar patrones de uso del espacio y generar propuestas de tipologías adaptadas. González y Rueda (2023) demostraron que una correcta orientación solar mejora el desempeño térmico y funcional de la vivienda. El análisis permitió identificar que las viviendas con mejores condiciones térmicas y funcionales iban interrelacionadas con ubicación y material. Hay que considerar que lo anterior da uso de estrategias pasivas, como patios interiores y ventilación cruzada, lo cual ha sido ampliamente documentado en zonas tropicales (Solís & Estrada, 2019). Estas observaciones guiaron la propuesta de una nueva tipología de vivienda adaptada, la cual fue desarrollada como un proyecto ejecutivo validado por la comunidad. El diseño consideró la participación comunitaria en el diseño como clave para validar culturalmente la propuesta, como lo sugieren Lozano y Rodríguez (2021). También se consideraron los estudios recientes donde la autoconstrucción presenta altos niveles de confort térmico al usar materiales tradicionales (Ramírez & Cruz, 2023).La planta, se divide en tres zonas principales: social, privada y de servicios, lo que garantiza una distribución jerárquica de los espacios que mejora la funcionalidad y la habitabilidad. En la zona social, ubicada al frente de la vivienda, se encuentra un espacio abierto que integra sala y comedor, permitiendo actividades múltiples de convivencia. Esta área se conecta visual y funcionalmente con un jardín interior, el cual actúa como pulmón térmico y espacio de transición, proporcionando iluminación y ventilación natural, así como regulación de los microclimas. La zona privada, situada hacia la parte posterior y lateral de la vivienda, está compuesta por dos recámaras separadas que aseguran privacidad acústica y visual. Ambas cuentan con ventilación cruzada mediante ventanas ubicadas en muros opuestos, lo que favorece la circulación de aire y el confort térmico. La zona de servicios se articula mediante una cocina que mantiene proximidad con la zona social, pero con independencia operativa, un sanitario completo estratégicamente ubicado para fácil acceso desde cualquier espacio, y un área destinada al almacenamiento de herramientas o cosechas, en respuesta a las dinámicas productivas rurales de la comunidad.

Figura 7 Planta Arquitectónica con el Uso de Materiales



Nota La ilustración 7 muestra la planta arquitectónica de la vivienda mostrando el uso de los materiales bioclimáticos. Fuente: Elaboración Autores.

Visualmente, la fachada se caracteriza por una composición horizontal equilibrada, con volúmenes de altura moderada que respetan la escala humana. El acceso principal se sitúa al centro del volumen frontal, protegido por un volado de cubierta inclinada con teja de barro, que actúa como elemento de sombra y resguardo ante las lluvias, típicas del clima cálido subhúmedo de la región. El uso de muros de bahareque y piedra de río aparente en la parte baja de la fachada no solo proporciona una textura natural y estética sobria, sino que también cumple funciones térmicas, de aislamiento y resistencia estructural. Los vanos, en forma de ventanas verticales de madera con protección de celosía, permiten la entrada de luz y ventilación cruzada, manteniendo la privacidad del interior sin comprometer el confort ambiental. Un marco de madera carbonizada en tonos oscuros enmarca la puerta principal, la cual protege la madera de la humedad y los insectos. Este contraste de texturas y materiales como barro, piedra, madera, los cuales otorgan carácter a la fachada y refuerza la lectura de una vivienda enraizada en su contexto, pero abierta a la reinterpretación formal.

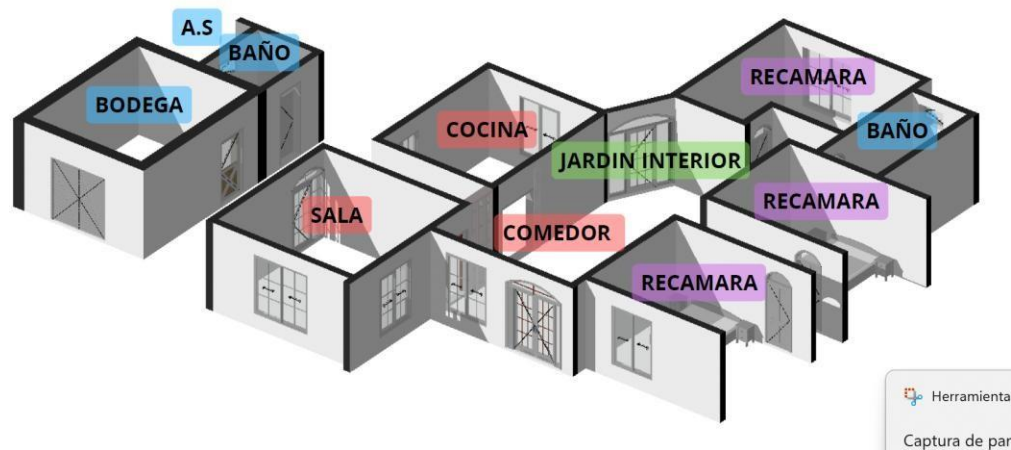
Figura 8 Fachada de la Vivien



Nota La ilustración 8 muestra la fachada de la vivienda mostrando el uso de los materiales bioclimáticos. Fuente: Elaboración Autores.

Los espacios habitacionales se distribuyen de forma radial alrededor del patio-jardín: al frente, el área social abierta con sala y comedor con amplias conexiones visuales hacia el exterior; hacia los costados, las recámaras privadas; y hacia el fondo, la zona de servicios, compuesta por cocina, sanitario y espacio para almacenamiento.

Figura 9 Isometría



Nota, La ilustración 9 muestra la isometría de la vivienda. Fuente: Elaboración Autores.

Es de gran relevancia considerar que el trabajo de diseño no consiste solamente en el ordenamiento. Este considera funciones y justificaciones bioclimáticas y culturales dentro del mismo.

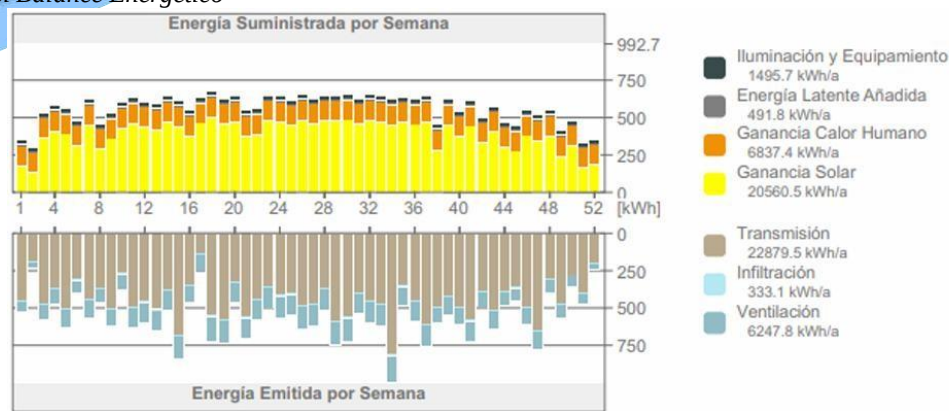
Tabla 4 Ejes Rectores del Diseño

Elemento Espacial	Función Principal	Justificación Bioclimática y Cultural
Jardín interior	Ventilación y regulación de los microclimas	Mejora el confort térmico y contacto con la naturaleza
Zona social abierta	Convivencia familiar	Refuerza dinámicas colectivas tradicionales
Almacén para cosechas	Conservación de productos	Necesidad productiva local
Cubierta inclinada con teja	Protección y aislamiento térmico	Elemento arquitectónico tradicional
Muros de bahareque	Cerramiento térmico-ecológico	Bajo costo, saberes vernáculos

Nota,En la tabla 4 se muestran las consideraciones bioclimáticas que fungieron como ejes rectores del diseño de la tipología de vivienda. Fuente: Elaboración Autores.

Fase 5: Análisis energético de la vivienda. Como última fase la investigación contempló el análisis energético de la edificación para poder ser un punto de partida y comparativa con otras tipologías de vivienda de materiales comerciales. Para ello se utilizó el software Archicad en su apartado de análisis energético, en el cual se especificaron las características de los materiales, volumetrías y ventilaciones de la edificación para los resultados. El análisis se enfocó en la evaluación del comportamiento energético de la propuesta arquitectónica, a partir del análisis de las ganancias y pérdidas de energía por semana a lo largo del año. Según Cordero y Morales (2021), el uso de materiales de bajo impacto ambiental es una estrategia clave para mejorar la eficiencia energética en climas cálidos. Esta fase permite comprobar la eficiencia térmica del diseño bioclimático y su capacidad para garantizar el confort interior sin recurrir a sistemas mecánicos intensivos. Lino y Silva (2023) señalan que los materiales vernáculos poseen propiedades térmicas superiores frente a soluciones industriales. El gráfico de balance energético muestra que las ganancias solares constituyen la principal fuente de energía suministrada, con un total anual de 20,560.5 kWh/a, seguidas por la ganancia de calor humano (6837.4 kWh/a), iluminación y equipamiento (1495.7 kWh/a) y energía latente añadida (491.8 kWh/a). Este predominio de la radiación solar indica que la orientación, distribución espacial y uso de materiales con buena absorción térmica han sido acertadamente integrados en el diseño. En estudios recientes se ha explorado el uso de residuos industriales como alternativa sustentable en diseño constructivo (Fernández-Torrez et al., 2022).

Figura 10 Gráfico del Balance Energético



Nota La ilustración 10 muestra el gráfico del balance energético de proyecto, el cual considera las ganancias y pérdidas de energía por semana a lo largo del año, lo anterior elaborado en el apartado de análisis energético del software Archicad. Fuente: Elaboración Autores.

En cuanto a la energía emitida, se observa que las principales pérdidas se dan por transmisión (22,879.5 kWh/a), seguida de ventilación (6247.8 kWh/a) e infiltración (333.1 kWh/a). A pesar de estas pérdidas, el diseño aprovecha mecanismos pasivos como la ventilación cruzada y jardines interiores que, si bien permiten escapes energéticos, son estratégicamente utilizados para mejorar el confort térmico sin comprometer la calidad ambiental del espacio. Al comparar estos resultados con los valores estándar de una vivienda de concreto convencional, se identifican diferencias clave. Las viviendas de concreto presentan generalmente mayores pérdidas por transmisión debido a la alta conductividad térmica del concreto, lo que deriva en un mayor consumo energético para climatización artificial. Además, la ausencia de elementos de ventilación natural y de materiales con inercia térmica eficiente incrementa la dependencia de sistemas mecánicos, elevando el consumo energético y los costos de operación. En contraste, el proyecto bioarquitectónico logra mantener un balance energético más eficiente al integrar materiales como adobe, piedra y madera, que actúan como reguladores térmicos, así como una distribución arquitectónica que maximiza la captación solar y el confort pasivo. Los modelos de simulación energética utilizados han sido validados por Alzate y Ramírez (2020) en contextos rurales con resultados similares

Tabla 5 Comparativa

Indicador	Vivienda Bioclimática	Vivienda de concreto
Ganancia solar anual en Kwh/a	20,560.5	8,000 a 10,000
Transmisión o pérdidas en kWh/a	22,879.5	Más de 30,000
Ventilación natural utilizada	Sí	Mínima
Requiere climatización mecánica	Opcional	Sí
Material con inercia térmica	Sí, en este caso adobe, piedra y madera	No, siendo habitual el concreto y el block hueco
Eficiencia energética global	Alta	Baja

Nota. En la tabla 5 se muestra la comparativa con relación a la ganancia solar, transmisión, ventilación natural, climatización, inercia térmica de los materiales y eficiencia energética de la vivienda comparando con viviendas de concreto. Fuente: Elaboración Autores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la intención de mostrar la relación entre la funcionalidad habitacional, la materialidad bioarquitectónica y los valores culturales en la comunidad de Apiyac, Chalma, Veracruz. El diseño propuesto incorpora principios bioclimáticos en línea con las recomendaciones de Andrade y Sánchez (2021) sobre viviendas rurales adaptadas. A través del análisis contextual, la evaluación de viviendas existentes, el estudio de percepciones habitacionales y la comparación de materiales, se concluye que los modelos de vivienda de interés social aplicados en contextos rurales resultan inadecuados al ignorar las dinámicas climáticas, espaciales y culturales propias de estas comunidades. Torres y Vega (2021) destacan el diseño participativo como estrategia clave en la regeneración de hábitats rurales sostenibles. Esto genera deficiencias habitacionales tangibles, pérdida de identidad arquitectónica y desaprovechamiento de recursos locales. Los resultados permiten afirmar que las tipologías tradicionales, basadas en técnicas vernáculas y materiales locales como el adobe, la piedra y el bahareque, ofrecen una respuesta más equilibrada y eficiente frente al entorno, tanto en términos térmicos como culturales. Su uso, cuando es actualizado e integrado con criterios contemporáneos de diseño, tiene el potencial de generar modelos habitacionales sustentables, accesibles y culturalmente significativos. Desde una perspectiva teórica, la investigación aporta al debate sobre la pertinencia de los enfoques de vivienda estandarizada en comunidades rurales, proponiendo una metodología interdisciplinaria que integra saberes locales, análisis espacial y diseño bioarquitectónico. A nivel práctico, el modelo tipológico propuesto puede escalarse y adaptarse a otras comunidades con condiciones similares, favoreciendo procesos de autoconstrucción asistida, mejora habitacional participativa y planificación sustentable desde lo local. Entre las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño reducido de la muestra, determinada por las dimensiones de la comunidad y los criterios de selección intencionada. Asimismo, las evaluaciones térmicas y constructivas se basaron en observación y entrevistas, por lo que podrían fortalecerse con estudios físicos cuantitativos y modelación energética en investigaciones futuras. Derivado de los hallazgos, se identifican nuevas líneas de investigación, tales como el análisis del impacto socioemocional de los espacios culturalmente significativos, la viabilidad técnica de sistemas constructivos mixtos, o el desarrollo de normativas/ reglamentos regionales o comunales para vivienda sostenible en zonas rurales. Estas líneas abren oportunidades para consolidar un enfoque arquitectónico situado, capaz de equilibrar eficiencia, identidad y dignidad habitacional. Como lo afirman Sánchez y Ochoa (2020), la preservación del patrimonio vernáculo fortalece la identidad comunitaria y genera vínculos con el territorio.

CONCLUSIÓN

La evidencia reunida a lo largo de las cinco fases confirma que, en Apiyac (Chalma, Veracruz), las tipologías vernáculas actualizadas —que combinan adobe, piedra, bahareque y madera con criterios bioclimáticos— ofrecen un desempeño térmico y funcional superior y una mayor pertinencia cultural que los modelos estandarizados de vivienda de interés social. La caracterización climática y del sitio orientó decisiones pasivas (orientación, control solar, ventilación cruzada, jardines interiores), mientras que el diagnóstico constructivo y el estudio de uso/percepción mostraron que las configuraciones espaciales tradicionales se alinean mejor con las prácticas domésticas y productivas locales. El análisis tipológico y la simulación energética de la propuesta corroboraron un balance energético más eficiente y una menor dependencia de climatización mecánica, en línea con literatura que respalda la adecuación bioclimática y el diseño participativo en contextos rurales.

En términos de impacto, el modelo propuesto viabiliza autoconstrucción asistida, mejora la habitabilidad con bajo impacto ambiental, y fortalece la identidad al revalorar saberes y materiales locales. Esto abre una vía concreta para programas municipales/comunitarios que integren criterios bioclimáticos mínimos, trazabilidad de materiales y capacitación técnica, con potencial de escalamiento a comunidades con condiciones análogas.

Reconocemos limitaciones: tamaño muestral acotado por la escala comunitaria, uso predominante de observación y entrevistas para evaluar confort y funcionalidad, y supuestos de modelación energética que deben transparentarse y contrastarse con medición in situ. En trabajos futuros conviene (i) monitorear temperatura/humedad y consumo anual para validar el desempeño real; (ii) incorporar Análisis y Costo del Ciclo de Vida para comparar alternativas de envolvente; (iii) profundizar en confort adaptativo y efectos socioemocionales de los espacios culturalmente significativos; y (iv) desarrollar un manual técnico abierto que estandarice detalles y mantenimiento.

Con estos pasos, la propuesta puede transitar de caso de estudio a referente replicable de política pública y práctica profesional, equilibrando eficiencia, identidad y dignidad habitacional en el medio rural.

REFERENCIAS

- Alzate, J. A., & Ramírez, C. A. (2020). Evaluación del comportamiento térmico de materiales naturales en viviendas rurales. *Revista Arquitectura y Urbanismo*, 41(1), 45–56. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/arqu.2020.41.01.004>
- Andrade, M. G., & Sánchez, L. (2021). Estrategias bioclimáticas en la vivienda rural latinoamericana. *Revista INVI*, 36(102), 61–87. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0718-83582021000200061>
- Bastías, R., & Barra, A. (2019). Revisión de criterios de sustentabilidad en arquitectura vernácula. *Hábitat Sustentable*, 9(1), 25–36. Recuperado de <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.03>
- Callejas, J. C., & Hernández, V. (2022). Conservación de técnicas constructivas tradicionales en comunidades indígenas. *Revista de Arquitectura Vernácula*, 10(2), 33–47. Recuperado de https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-07792022000200033
- Cordero, S., & Morales, E. (2021). Diseño arquitectónico con materiales de bajo impacto ambiental. *Revista de Arquitectura, Universidad de Chile*, 27(42), 51–68. Recuperado de <https://doi.org/10.5354/0719-5427.2021.61233>
- Daza, R., & González, J. (2020). Arquitectura sustentable en zonas rurales. *Revista INVI*, 35(99), 98–117. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0718-83582020000300098>
- Fernández-Torrez, L. A., Aquino-Rocha, J. H., & Cayo-Chileno, N. G. (2022). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del residuo de caucho de neumático como reemplazo parcial del agregado fino en el hormigón. *Revista Hábitat Sustentable*, 12(2), 52–65. Recuperado de <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.04>
- García Vázquez, C. (2016). *La casa latinoamericana: identidad y transformación*. Gustavo Gili.
- González, A., & Rueda, J. (2023). Arquitectura bioclimática y confort térmico: Estudio comparativo en zonas cálidas. *Revista Politécnica*, 18(2), 55–70. Recuperado de <https://doi.org/10.23857/politec.v18i2.1123>
- González-Cruz, J. E., & Salinas, L. P. (2022). Sistemas constructivos sostenibles en comunidades rurales. *Arquitectura y Urbanismo Latinoamericano*, 11(1), 71–88. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ayul/article/view/51980>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Lara-Hernández, J. A., & Melgarejo, J. (2020). Arquitectura social y vivienda digna: más allá de la eficiencia. *Revista de Estudios Urbanos*, 19(1), 17–33. Recuperado de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/revurb/article/view/71234>
- Leal, A., & Patiño, M. (2019). Vivienda rural y resiliencia climática. *Revista Territorios*, 14(1), 89–106. Recuperado de <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.1234>
- Lino, D., & Silva, C. (2023). Evaluación comparativa de materiales para vivienda sustentable en zonas tropicales. *Arquitectura y Tecnología*, 20(3), 14–30. Recuperado de <https://doi.org/10.5432/arqtec.2023.20314>
- Lozano, M., & Rodríguez, A. (2021). Participación comunitaria en diseño de vivienda rural. *Arquitectura Participativa*, 7(1), 44–58. Recuperado de <https://doi.org/10.22196/ap.2021.71.044>
- Méndez, A., & Soto, D. (2018). Construcción con tierra: propiedades y viabilidad técnica. *Revista Materiales y Arquitectura*, 13(2), 29–46. Recuperado de <https://revistas.udg.mx/index.php/rma/article/view/4806>
- Ramírez, E. A., & Cruz, P. (2023). Evaluación del confort térmico en viviendas de autoconstrucción. *Revista de Ciencias del Hábitat*, 11(2), 102–117. Recuperado de <https://doi.org/10.32776/revhabitat.v11i2.495>
- Sánchez, M. I., & Ochoa, T. (2020). Conservación del patrimonio vernáculo y mejora habitacional. *Revista de Patrimonio Cultural*, 22(1), 60–75. Recuperado de https://scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1814-02462020000100060
- Solís, A., & Estrada, J. (2019). Aplicación de estrategias bioclimáticas en diseño rural. *Arquitectura Sustentable en México*, 4(1), 85–100. Recuperado de <https://www.revistaasm.mx/article/view/419>
- Torres, C., & Vega, R. (2021). Diseño participativo para la regeneración del hábitat rural. *Revista Latinoamericana de Arquitectura Social*, 9(1), 39–53. Recuperado de <https://doi.org/10.24135/rlas.v9i1.413>

Sentido de pertenencia y desempeño académico en médicos residentes.

Sense of belonging and academic performance in medical residents.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.934

Dr. Rolando González Rosas¹, Beatriz Eugenia Cárdenas Morales²
María Isabel Azcona Cruz³, Dr. Agustín Lugo-Radillo⁴, Julia Matilde Hernández Jerónimo⁵.

^{1,2,3,5}Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, e-mail: rgrosas.912@gmail.com, becm2013@gmail.com, ambiental_uabjo@hotmail.com, juliahernandezj@hotmail.com

⁴SECIHTI-Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, email: alugora@secihti.mx

Autor de correspondencia:

⁵Facultad de Medicina y Cirugía, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, e-mail: juliahernandezj@hotmail.com

Línea de investigación: Humanidades, educación médica y salud.

RESUMEN

Introducción: Es en la familia en donde inicialmente percibimos el sentido de pertenecer a un grupo social. El sentido de pertenencia puede considerarse, como la sensación de arraigo a algún lugar, grupos, personas o instituciones que se consideran importantes.

Objetivo: Evaluar cómo influye el sentido de pertenencia en el desempeño académico de los residentes de un hospital de segundo nivel.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional, transversal y cuantitativo, para evaluar el sentido de pertenencia en los residentes de un hospital de segundo nivel. Se analizaron factores afectivos, sociales, académicos y físicos. Se incluyó a 94 residentes de diversas especialidades (Anestesiología, Cirugía General, Medicina Interna, Ginecología y Obstetricia, Pediatría, Traumatología y Ortopedia y Urgencias Médico- Quirúrgicas) de los tres o cuatro grados académicos (1°, 2°, 3° y 4° año). **Resultados:** Se observó que el factor afectivo tiene el promedio más alto (3.65), seguido del factor académico (3.46), el factor físico fue el peor evaluado (3.25). El factor afectivo se destaca como el más determinante para generar sentido de pertenencia. Las especialidades con mayor sentido de pertenencia fueron: Traumatología y Ortopedia con un promedio de 3.68 y Anestesiología con un promedio de 3.56, estas especialidades destacan en factores afectivos y académicos. Las especialidades con menor sentido de pertenencia fueron: Medicina Interna con un promedio de 2.48 y Ginecología con un promedio de 2.84. Estas especialidades presentaron puntuaciones bajas en los factores afectivos y físicos. Los residentes con mayor promedio académico tuvieron un mayor sentido de pertenencia. Se observó que existe una correlación moderada y positiva ($r=0.583$) entre el promedio académico y el sentido de pertenencia. Los residentes de 4° año fueron el grupo con mayor sentido de pertenencia con un promedio de 3.64, esto sugiere que los residentes con mayor experiencia y tiempo en la institución se sienten más integrados. **Conclusiones:** El sentido de pertenencia se asocia de forma positiva al desempeño académico de los residentes y se afianza y mejora de forma progresiva conforme aumenta el grado académico. El factor afectivo fue el más determinante al evaluar los factores que influyen para un mayor sentido de pertenencia, lo que se traduce en la importancia de las relaciones interpersonales.

Palabras clave: Factores afectivos, académicos, físicos y sociales, residentes sentido de pertenencia.

ABSTRACT

Introduction: It is in the family where we initially perceive the sense of belonging to a social group. The sense of belonging can be understood as the emotional attachment or connection to places, groups, people, or institutions that are perceived as meaningful.

Objective: To examine how the sense of institutional belonging (hospital) influences the academic performance of residents in a secondary-level hospital. **Methods:** A cross-sectional, observational, and quantitative study was conducted to assess the sense of belonging among residents in a secondary-level hospital. Affective, social, academic, and physical factors were analyzed. The study included 94 residents from various specialties (Anesthesiology, General Surgery, Internal Medicine, Gynecology and Obstetrics, Pediatrics, Traumatology and Orthopedics, and Emergency Medicine) across different study years (first through fourth year). **Results:** The affective factor showed the highest mean score (3.65), followed by the academic factor (3.46), while the physical factor obtained the lowest score (3.25) on the ANOVA scale. The affective factor emerged as the most influential in fostering a sense of belonging. The specialties with the highest sense of belonging were Traumatology and Orthopedics (mean = 3.68) and Anesthesiology (mean = 3.56), both exhibiting strong affective and academic components. Conversely, Internal Medicine (mean = 2.48) and Gynecology (mean = 2.84) demonstrated the lowest levels of belonging, primarily due to lower affective and physical factor scores. Residents with higher academic performance reported a stronger sense of belonging. A moderate positive correlation was observed between academic performance and sense of belonging ($r = 0.583$). Fourth-year residents presented the highest mean belonging score (3.64), suggesting that longer tenure and experience within the institution are associated with greater integration. **Conclusions:** The sense of institutional belonging is positively associated with residents' academic performance and improved as the level of academic training increases. Among the factors analyzed, the affective component was the most determinant in shaping belonging, highlighting the critical role of interpersonal relationships in the educational environment.

Keywords: Affective factors, academic factors, physical factors, social factors, medical residents, sense of belonging.

INTRODUCCIÓN

El sentido de pertenencia se considera como la sensación de arraigo a alguna organización o institución, algún grupo o lugar, que son significativos para la persona. Es en la familia donde se percibe inicialmente la sensación de sentirse parte de una comunidad, provocando en los individuos un compromiso, así como la vinculación de significados que formaran parte de la memoria personal y del grupo al que se siente pertenecer. Sentirse parte de algo modifica la percepción que se tiene de los demás y conduce a emociones positivas como felicidad, alegría y calma. Contrariamente, el no sentirse parte, puede desembocar sentimientos de tristeza, soledad e incluso producir ansiedad.

En el ámbito educativo, el sentido de pertenencia también se relaciona con el aprendizaje significativo. Este aprendizaje resulta de la interacción entre el mundo exterior y el mundo interior de cada persona; en el que participan los sentimientos, el pensamiento, el movimiento, la creatividad, la imaginación, y la experiencia de cada individuo. El sentido de pertenencia de los estudiantes/médicos residentes, predice positivamente su motivación para el aprendizaje, su compromiso, su desempeño y su éxito frente a los desafíos académicos. Las residencias médicas son etapas de la formación de los médicos especialistas en las que se encuentran realizando labores de atención médica y se encuentran sometidos a niveles altos de estrés, desgaste físico, con posible afectación en su desempeño académico.

DESARROLLO

Aunque puede percibirse como algo individual, el sentido de pertenencia requiere de la participación, la colaboración comprometida y consciente de los integrantes del grupo, por lo tanto, es un elemento vital de identificación personal al formar parte de un colectivo. Maslow (1954) coloca la pertenencia en el tercer escalón de la pirámide de las necesidades humanas. Establece que cuando las necesidades psicológicas y de seguridad se satisfacen, surge la necesidad de pertenencia, amor y afecto. La pertenencia, se ha explorado en la educación, la psicología, la sociología, la religión, así como en psiquiatría, enfermería y antropología, entre otras áreas.

Para Osterman (2012), el sentido de pertenencia puede variar según factores como la edad, el género y el estatus socioeconómico, de modo que; los estudiantes de minorías étnicas y aquellos en situación de vulnerabilidad social pueden enfrentar mayores dificultades para desarrollar sentido de pertenencia. Barrera y cols (2020), sugiere que, para tener salud mental, es necesario contar con recursos psicológicos y sociales que promuevan el bienestar, y no solamente la ausencia de psicopatologías. Strayhorn (2000) identifica varios factores que contribuyen al desarrollo del sentido de pertenencia en los estudiantes universitarios: a) las relaciones con compañeros y profesores fortalecen la sensación de conexión y apoyo. b) un clima institucional inclusivo y respetuoso fomenta la identificación con la institución. c) la participación en actividades extracurriculares promueve la integración social y académica. Por otro lado, el orgullo institucional, es la satisfacción de pertenecer a una institución, es el amor y deferencia por la institución que lo cobija o que lo formó profesionalmente y el compromiso de cumplir con la ética institucional.

Sin embargo, el sentido de pertenencia es una característica que carece de valor cuantitativo y para medirse, se requiere un mecanismo que permita conocer el sentir de cada persona en el grupo. Para este fin, se utilizó el cuestionario validado por la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra para evaluar el sentido de pertenencia, compuesto por 20 preguntas, divididas en 4 dimensiones que comprenden: 1) Factores afectivos que aluden al involucramiento de sentimientos y emociones de los estudiantes o becarios hacia el grupo con el que interactúa, quienes se sienten que pertenecen cuando se perciben incluidos, apreciados, apoyados y reconocidos. 2. Factores sociales: relacionados con la integración grupal, colaboración y apoyo institucional. 3) Factores académicos y organizacionales: vinculados con la experiencia formativa en cuanto a los contenidos, su transmisión y las características organizativas del ambiente que se insertan. 4) Factores físicos: son los espacios donde ocurre la interacción entre las personas, la infraestructura hospitalaria, los espacios educativos y las condiciones de las áreas para el desarrollo del trabajo.

En el área de la salud, la integración de los médicos residentes en sus diferentes dimensiones a su entorno laboral-académico hospitalario, hace posible su mejor desempeño, impactando en su desempeño académico y en el funcionamiento adecuado de las instituciones de salud, por lo que es relevante considerar este tema para poder utilizarlo en la toma de decisiones y promover las actitudes de apoyo hacia sus estudiantes o residentes y fomentar el sentido de pertenencia de estos.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre el sentido de pertenencia y el desempeño académico de los residentes de un hospital de segundo nivel del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) en Oaxaca, México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el grado de sentido de pertenencia de los residentes de las especialidades de Cirugía General, Anestesiología, Urgencias, Medicina Interna, Traumatología y Ortopedia, Pediatría y Ginecología.
- Evaluar el sentido de pertenencia de acuerdo con los años jerárquicos cursados.

OBJETO DE ESTUDIO

Este estudio se centra en conocer la relación entre el sentido de pertenencia y el desempeño académico de los residentes médicos de las diferentes especialidades de un hospital de segundo nivel, siendo un factor importante en la adecuada atención a los usuarios.

METODOLOGÍA

Estudio cuantitativo, observacional, prospectivo y transversal, para evaluar el sentido de pertenencia de 94 médicos residentes de ambos géneros, de los 3 o 4 niveles académicos de las especialidades de: Anestesiología, Pediatría, Urgencias, Cirugía General, Medicina Interna, Traumatología y Ortopedia, y Ginecología del Hospital Regional del ISSSTE en Oaxaca, en relación con su desempeño académico, mediante un cuestionario validado. La información recopilada fue procesada utilizando el software *IBM SPSS Statistics*, versión 29.

FASES DEL DESARROLLO

Recopilación de la información: mediante un cuestionario validado por la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra de Murcia España modificado, de 23 preguntas, que evalúa los factores, afectivos, sociales, académicos y físicos, en relación con aspectos que contribuyen con el desempeño académico. La encuesta utiliza la escala de Likert de cuatro niveles: muy poco, algo, bastante y mucho. El período de recolección de datos fue del 1 de junio al 30 de septiembre de 2024.

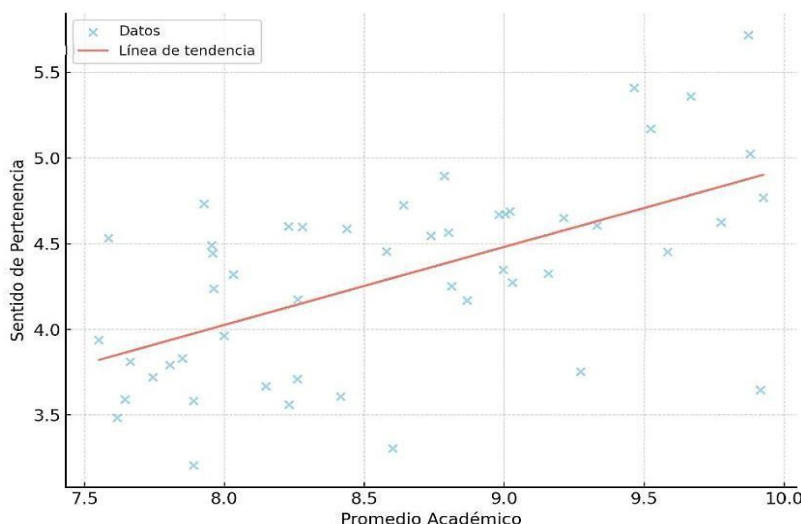
Análisis de la información: utilizando el software *IBM SPSS Statistics*, versión 29. Se realizó estadística descriptiva y análisis de correlación de Pearson para examinar la relación entre el sentido de pertenencia y el desempeño de las y los residentes médicos, análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las dimensiones y la prueba post hoc de Tukey, con el fin de identificar específicamente entre qué dimensiones se presentaban dichas diferencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 94 residentes encuestados, 39 (41.5%) fueron mujeres, 55 fueron hombres (58.5%), con edad promedio de 29.9 años. Del total: 18 (19.1%) correspondieron al servicio de Traumatología y Ortopedia, 17 (18.1%) a Cirugía General, 16 (17%) a Ginecología y Obstetricia, 14 (14.9%) a Medicina Interna, 11 (11.7%) a Anestesiología, 10 (10.6%) a Pediatría, y 8 (8.5%) a Urgencias Médico-Quirúrgicas.

Se analizó si el sentido de pertenencia guarda relación con el desempeño académico, dicho análisis mostró un coeficiente de correlación de Pearson de 0.583 (moderado-positivo), $p < 0.05$ significativa, indicando una relación moderada y positiva entre el promedio académico y el sentido de pertenencia. Ver Figura 1.

Figura 1: Relación entre desempeño Académico y Sentido de Pertenencia.

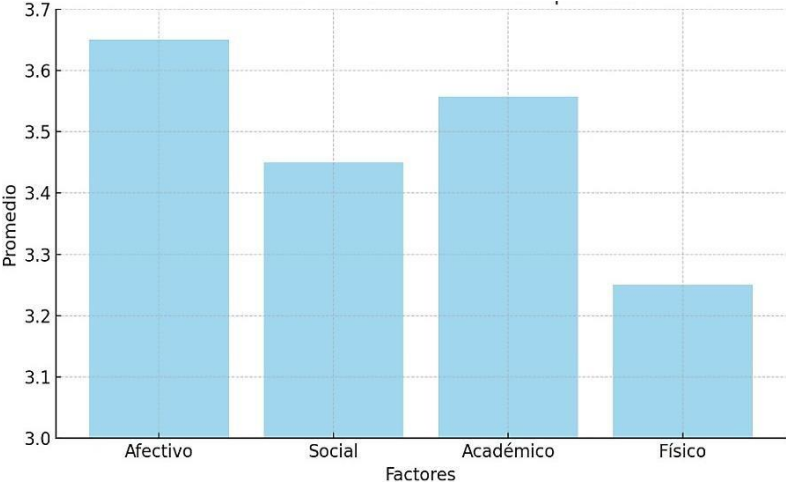


Los resultados obtenidos permiten observar el cumplimiento del objetivo general planteado, al encontrar una relación significativa entre el sentido de pertenencia y el desempeño académico de un grupo de médicos residentes. El análisis correlacional mostró una relación positiva moderada entre el sentido de pertenencia y el promedio académico ($r = 0.583$). Los residentes con mayor sentido de pertenencia tendieron a alcanzar un mejor desempeño académico, lo cual sugiere una influencia bidireccional entre ambos factores. Este hallazgo concuerda con la teoría del aprendizaje significativo de Moreira (1999), según la cual el aprendizaje resulta más eficaz cuando los estudiantes se sienten emocional y socialmente conectados con su entorno educativo. Del mismo modo, investigaciones previas como las de Thompson (2007) han demostrado que un mayor sentido de pertenencia se asocia con mayor motivación, compromiso y éxito académico.

En las frecuencias de las dimensiones evaluadas se observó que el *factor afectivo* presentó el promedio de puntaje más alto ($M = 3.65$), seguido del *académico* ($M = 3.46$), el *social* ($M = 3.45$) y el más bajo fue el *factor físico* ($M = 3.25$). El predominio del factor afectivo como elemento central en la generación de sentido de pertenencia coincide con lo planteado por Maslow (1954), quien ubicó la

necesidad de pertenencia en el tercer nivel de su jerarquía de necesidades, resaltando la importancia de los vínculos interpersonales y el reconocimiento social una vez satisfechas las necesidades básicas y de seguridad. También sugiere que las dinámicas de trabajo colaborativo y el respaldo grupal son determinantes para fomentar un ambiente de pertenencia. Estos resultados son consistentes con lo descrito por Walton y Cohen (2011), quienes demostraron que intervenciones orientadas a fortalecer los vínculos afectivos tienen un impacto positivo en el rendimiento académico y la salud mental. En contraste, los factores físicos obtuvieron el promedio más bajo, evidenciando que constituyen la dimensión con menor influencia en el sentido de pertenencia del grupo estudiado. Ver Figura 2).

Figura 2: Promedio de Sentido de Pertenencia por Factor.



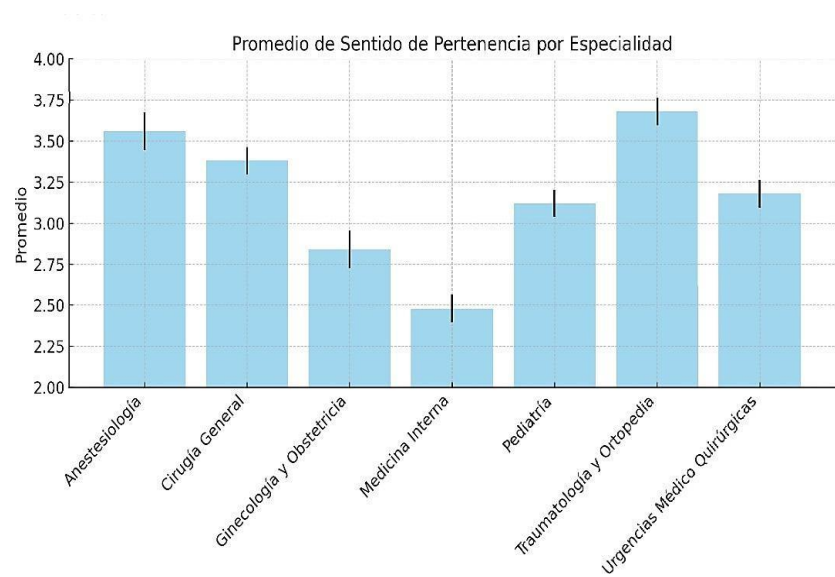
El análisis de varianza (ANOVA) mostró un estadístico $F = 6.92$ con un valor de $p < 0.05$, que indica diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de las dimensiones. Para discriminar las diferencias entre las diferentes dimensiones se realizó el análisis Post-Hoc (Tukey). Estos mostraron diferencias significativas entre varios pares de dimensiones. Los factores afectivos fueron los mejores evaluados entre las cuatro dimensiones analizadas. Este análisis mostró que los factores afectivos y académicos tienen diferencias significativas con los factores físicos. Ver Tabla 1.

Tabla 1: Comparaciones Estadísticas entre las Diferentes Dimensiones

Factor 1	Factor 2	Diferencia de Medias	Valor significativo ($p < 0.05$) *
Académico	Afectivo	0.0929	0.6277
Académico	Físico	-0.3071	0.0178 *
Académico	Social	-0.1071	0.6620
Afectivo	Físico	-0.4000	0.0016 *
Afectivo	Social	-0.2000	0.1579
Físico	Social	0.2000	0.2575

El análisis de varianza (ANOVA) permitió identificar diferencias significativas en el sentido de pertenencia entre las distintas especialidades. Se obtuvo un estadístico $F = 99.79$, con un $p < 0.05$, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Las especialidades con mayores promedios fueron *Traumatología* y *Ortopedia*, seguida por *Anestesiología* y *Cirugía General*. En contraste; *Medicina Interna* ($M = 2.48$) y *Ginecología* ($M = 2.84$) mostraron los promedios más bajos de sentido de pertenencia, evidenciando una menor percepción de pertenencia en comparación con las demás especialidades. Ver Figura 3.

Fig. 3 Media de Sentido de Pertenencia por Especialidad.



El análisis post hoc de Tukey mostró diferencias estadísticamente significativas en el sentido de pertenencia entre los residentes de las distintas especialidades. *Traumatología y Ortopedia* ($M = 3.68$) y *Anestesiología* ($M = 3.56$) presentaron los mayores promedios de pertenencia, lo que podría asociarse con dinámicas de trabajo altamente colaborativas que demandan coordinación y cohesión entre los equipos. En particular, en Traumatología, el factor afectivo alcanzó la puntuación más alta ($M = 3.8$). En contraste, *Medicina Interna* ($M = 2.48$) y *Ginecología* ($M = 2.84$) presentaron los promedios más bajos, con puntajes especialmente reducidos en los factores afectivos y físicos. Esto indica posibles dificultades en términos de relaciones interpersonales y condiciones de trabajo, situación congruente con lo señalado por Strayhorn (2012), quien enfatizó que el sentido de pertenencia varía en función del contexto y las dinámicas propias de cada grupo académico y profesional. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas al comparar Anestesiología con Cirugía General, ni Anestesiología con Traumatología y Ortopedia. Ver Tabla 2.

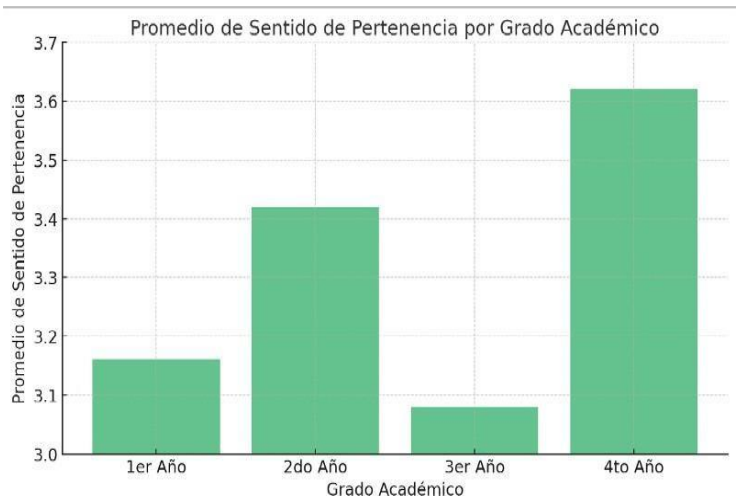
Tabla 2: Comparaciones estadísticas del sentido de pertenencia entre las diferentes especialidades.

Comparación entre residentes de las especialidades	Diferencia de Medias	Valor significativo ($p<0.05$) *
Anestesiología vs Ginecología	0.72	0.0001 *
Anestesiología vs Medicina Interna	1.08	0.0001 *
Anestesiología vs Pediatría	0.44	0.0001 *
Anestesiología vs Urgencias	0.38	0.0001 *
Anestesiología vs Cirugía General	-0.18	0.0657
Traumatología vs Anestesiología	0.11	0.4179
Traumatología vs Cirugía General	0.29	0.0023 *
Traumatología vs Ginecología	0.94	0.0001 *
Traumatología vs Medicina Interna	1.3	0.0001 *
Traumatología vs Pediatría	0.66	0.0001 *
Traumatología vs Urgencias	0.6	0.0001 *

En relación con el sentido de pertenencia y el año de residencia cursado al momento del estudio se observó que el grupo con promedio más alto correspondió a los residentes de 4.º año ($M = 3.64$), lo que sugiere que la experiencia acumulada, la adaptación al entorno y la consolidación de vínculos favorecen un mayor sentido de integración. En oposición, los residentes de 1er año ($M = 3.16$) y 3er año ($M = 3.08$) mostraron niveles más bajos. Esto podría deberse a un proceso inicial de adaptación (1er año) y a la carga derivada de mayores responsabilidades académicas y clínicas durante el tercer año. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Wiebe et al. (2012),

quienes observaron que el sentido de pertenencia tiende a incrementarse con el tiempo y la integración en el entorno formativo. Ver Figura 4.

Figura 4: Media de Sentido de Pertenencia en Relación con el Grado Académico.



Finalmente se evaluó la asociación entre el grado académico y el sentido de pertenencia mediante un análisis de varianza (ANOVA). El modelo arrojó un estadístico $F = 8.59$, con un $p < 0.05$, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grados académicos. El análisis post hoc de Tukey permitió identificar los contrastes específicos. En el caso de 2º vs 3º la diferencia de medias es negativa, a favor del segundo año. Ver tabla 3.

Tabla 3: Comparaciones estadísticas entre las diferentes especialidades.

Sentido de pertenencia/nivel	Diferencia de Medias	Significancia $p < 0.05$ *
1er Año vs 2do Año	0.26	0.0020 *
1er Año vs 4to Año	0.46	0.0001 *
2do Año vs 3er Año	-0.34	0.0001 *
2do Año vs 4to Año	0.2	0.0163 *

Por otra parte, se observó que el sentido de pertenencia no estuvo influido por el sexo ni por la edad, lo que indica que estas variables no constituyen factores determinantes en este contexto específico. Entre las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño de la muestra por grados, sin embargo, si permitió la realización del análisis estadístico por lo que existe la oportunidad de ampliar la muestra en estudios futuros.

CONCLUSIÓN

El sentido de pertenencia se asocia de forma positiva respecto al desempeño académico de los residentes. Se evidenció que existe una relación moderadamente positiva entre mayor sentido de pertenencia y mejores resultados académicos. Asimismo, se observó que el sentido de pertenencia se afianza y mejora de forma progresiva conforme aumenta el grado académico, esto en relación con una posible mayor experiencia y mejor integración al entorno debido a la mayor cantidad de tiempo que el residente ha estado en el hospital. El factor afectivo fue el más determinante para un mayor sentido de pertenencia, lo que se traduce en la importancia de las relaciones interpersonales. Debido a que los residentes ocupan la mayor parte de su tiempo en actividades relacionadas con el hospital este entorno se vuelve uno de los más importantes ámbitos de su vida, por lo que es necesario reforzar las actividades que generan mayor sentido de pertenencia y fortalecer aquellas que fueron evaluadas de forma negativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera Guzmán, M., & Flores Galaz, M. (2020). Predictores psicosociales de salud mental positiva en jóvenes. *Acta de Investigación Psicológica*, 80-89.
- Brea, L. (2014). *Factores determinantes del sentido de pertenencia de los estudiantes de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Campus Santo Tomás de Aquino [tesis doctoral]*. Murcia (España): Universidad de Murcia.
- Gutiérrez Arenas, V. (2014). *El sentido de pertenencia como indicador psicosocial de motivación en el desempeño escolar*. México D.F: UNAM. Tesis.
- Maslow, A. (1970). *Motivation and personality*. New York: Harper and Row (2nd ed.).
- Moreira, M. (1999). *Aprendizaje Significativo*. Brasilia: Editora da UnB.
- Osterman, K. (2000). Students' need for belonging in the school community. *Rev Educ Res*, 323-67.
- Picazo Villaseñor, N. (2013). *Identidad Institucional en Estudiantes y Profesores Universitarios: Un estudio en dos Universidades Mexicanas [tesis doctoral]*. Huixquilucan, Estado de México: Universidad Anahuac.
- Strayhorn, T. (2012). *College students' sense of belonging: A key to educational success*. Nueva York: Routledge.
- Thompson, H. (2007). *The Need to Belong and Student Grades: Is There a Correlation?* New York state University: Counselor Education Master's Theses.
- Walton GM, C. G. (2011). A brief social-belonging intervention improves academic and health outcomes of minority students. *Science*, 1447-51.
- Wiebe S, G. T. (2012). Sense of Belonging and First-Year Academic Literacy. *CJHER*, 116- 142.

Estrategias de mercadotecnia en el proceso de transformación digital de las MiPyME, evidencia empírica del contexto Camarguense.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.898

Kenia Argentina Hernández Zubía

Universidad Tecnológica de Camargo / khernandez@utcamargo.edu.mx

Línea de investigación: Tecnología, innovación y gestión de empresas

Resumen

La acelerada transformación digital caracteriza a la actual situación económica que exige a las micro, pequeñas y medianas empresas del municipio de Camargo adopten estrategias de mercadotecnia digital efectivas para fortalecer su competitividad y adaptación a un mercado cada vez más competitivo e innovador. Esta investigación tiene como objetivo analizar el proceso de transformación digital en algunas MiPyME desde el punto de vista de la mercadotecnia, a través de la ejecución de diversas herramientas de diagnóstico estratégico como el análisis FODA y PESTEL con la intención de fortalecer su participación en el mercado y a su crecimiento económico.

Los objetivos específicos son: describir características del proceso de transformación digital en las MiPyME de Camargo, diagnosticar su estado actual frente a exigencias del entorno digital, adaptar herramientas y estrategias de digitalización adecuadas a sus necesidades comerciales, e informar el impacto de la transformación digital en las empresas analizadas. El estudio se desarrolla bajo el método de estudio de casos, considerando tres empresas representativas de sectores clave del municipio cuya actividad económica principal es la agricultura, comercio y servicios.

El análisis de cada una de las tres MiPyME y la comparación de casos permitirá identificar características comunes y propias del proceso de digitalización, generando evidencia empírica útil para tomar decisiones empresariales e innovar. Esta investigación se respalda en esfuerzos de la Universidad Tecnológica de Camargo por promover la vinculación entre la academia y los sectores productivos mencionados, además busca difundir los resultados para orientar e impulsar la competitividad y sostenibilidad de las MiPyME locales.

Palabras clave: Transformación digital, estrategias, mercadotecnia, innovación.

Abstract

The accelerated digital transformation that characterizes the current economic context requires micro, small, and medium-sized enterprises (MiPyMEs) in the municipality of Camargo to adopt effective digital marketing strategies in order to strengthen their competitiveness and ability to adapt to an increasingly innovative and demanding market. This research aims to analyze the digital transformation process in selected MiPyMEs from a marketing perspective through the application of various strategic diagnostic tools, such as SWOT and PESTEL analyses, with the purpose of enhancing their market participation and economic growth. The specific objectives are: to describe the characteristics of the digital transformation process in MiPyMEs in Camargo; to diagnose their current status in response to the demands of the digital environment; to adapt digitalization tools and strategies to their commercial needs; and to report the impact of digital transformation on the analyzed enterprises. The study is developed under a case study methodology, considering three representative companies from key economic sectors of the municipality, whose main activities are agriculture, commerce, and services.

The analysis of each MiPyME and the comparative evaluation of the cases will make it possible to identify both common and distinctive characteristics of the digitalization process, generating empirical evidence useful for business decision-making and innovation. This research is supported by the efforts of the Universidad Tecnológica de Camargo to promote collaboration between academia and the aforementioned productive sectors, and it seeks to disseminate its findings to guide and strengthen the competitiveness and sustainability of local MiPyME.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los diferentes sectores productivos están inmersos en una evolución tecnológica y transformación digital por lo que es necesario que las MiPyME de Camargo lleven a cabo diversas estrategias de mercadotecnia digital que faciliten la competitividad y el crecimiento económico, Ahmad Sharabati & Athie Ali (2024) mencionan que la “adopción de estrategias de mercadotecnia digital es un factor determinante en la competitividad de las MiPyME ante la transformación tecnológica global”. Por otro lado, Trabado Moreno (2020) señala que “la transformación digital no consiste únicamente en incorporar tecnología, sino en replantear la estrategia, los procesos y la cultura organizacional para mantener la competitividad en un entorno empresarial cambiante.” El desarrollo del comercio electrónico es debido al aumento de usuarios de Internet, el uso de dispositivos móviles y vez son más en los diferentes sistemas de pago electrónicos que, aunque se visualizaba su crecimiento, a partir de la pandemia por Covid-19 en el mundo, potenció su crecimiento.

Al considerar llevar a cabo una investigación científico-académica en la que uno de los objetivos es compartir información actual y de utilidad con el fin de generar conocimiento, así como la aportación a los sectores productivos de Camargo (agrícola, comercial y de servicios) para su transformación digital; dicha información podrá ser utilizada en los diferentes procesos de adaptación digital y para contribuir con el impulso a la competitividad y permanencia en el mercado.

La relevancia de esta investigación va de acuerdo a la necesidad de impulsar la transformación digital de las organizaciones locales, especialmente las MiPyME de Camargo, como ancla para fortalecer su competitividad y sostenibilidad en un entorno económico en crecimiento desde el punto de vista de la mercadotecnia digital, se da por diferentes razones con fundamentos como: oportunidades de crecimiento, competitividad, alcance, mejora de la experiencia del cliente, satisfacer necesidades y deseos de los clientes dando como resultado mayor retención e interacción directa y efectiva lo cual se optimiza el tiempo y los recursos al automatizar los procesos y la reducción de los costos, por lo tanto, a través de esta investigación basado en método de casos de MiPyME en Camargo, aquellas que han emprendido procesos de transformación digital en sus estrategias de mercadotecnia, posteriormente se busca identificar y documentar las prácticas más destacadas, desafíos y las experiencias aprendidas derivadas de dicha transformación.

Al entender los elementos más importantes que influyen en el éxito o fracaso de la transformación digital en el tema de la comercialización, se podrán desarrollar recomendaciones específicas y adecuadas a las MiPyME de Camargo para fomentar su crecimiento sostenible y su aportación al desarrollo económico del municipio.

DESARROLLO

Definir e identificar las dimensiones que conforman la transformación digital en las organizaciones, y cómo influyen en la elaboración de las capacidades digitales de estudiantes y docentes. Favorecer al crecimiento del municipio llevando innovaciones y estrategias de competitividad a las empresas vinculadas a la Universidad Tecnológica de Camargo, a través de la experiencia y estrategias aplicadas, con docentes y estudiantes de las carreras Desarrollo de Negocios y Mercadotecnia que apliquen las funciones sustantivas, en este caso la vinculación o extensión del conocimiento. Influir en el avance al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en nuestro municipio y ser precursores en la aplicación de enfoques de trabajo con triple y cuádruple hélice en el sector, para documentar la experiencia y transmitir el conocimiento adquirido.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el proceso de transformación digital de algunas de las MiPyME de Camargo, desde el punto de vista de la comercialización, ejecutando herramientas como PESTEL y FODA, para fomentar su participación en el mercado y el crecimiento económico del municipio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características del proceso de transformación digital en las MiPyMEs de Camargo.
- Analizar el estado actual de la transformación digital en las MiPyMEs seleccionadas.
- Adecuar las herramientas de transformación digital de acuerdo con las necesidades comerciales de las MiPyMEs.
- Divulgar el impacto de transformación digital en las MiPyME analizadas a través de publicaciones.

OBJETO DE ESTUDIO

El proceso de transformación digital en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) de Camargo, Chihuahua, analizado desde la perspectiva de las estrategias de mercadotecnia.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el análisis del proceso de transformación digital de 3 micro, pequeña y mediana empresas de Camargo, desde el punto de vista de la comercialización, ejecutando herramientas de análisis como FODA y PESTEL para fomentar su participación en el mercado y el crecimiento económico, se empleará una metodología cualitativa-participativa. Dicha metodología se divide en las siguientes etapas: “Detección del problema, formulación de un plan para resolver la problemática, proponer un cambio e implementarlo, evaluación de los resultados y *feedback* el cual guiará a un nuevo diagnóstico y un proceso de reflexión y acción” (Hernandez Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

La población que se investigó está compuesta por empresas de Camargo cuya actividad económica principal es la industria agrícola, comercial y de servicios. Para la selección de estas empresas se tomó en consideración la relevancia de los sectores clave que representan a Camargo.

Se realizará un muestreo no probabilístico y por conveniencia para la selección de las MiPyME, basado en los criterios que se enlistan a continuación:

1. Empresas que representan a un sector clave de la población.
2. Interesados en ser parte de la investigación
3. Ubicados en Camargo
4. Ser una MiPyME

Para reunir la información de campo se aplicará una serie de entrevistas semi estructuradas adaptables; aunque están diseñadas con una estructura básica, que permite a la investigadora se ajuste a las respuestas y ahondar más en ciertos temas. Tienen la ventaja de reunir más percepciones espontáneas y los puntos de vista de los entrevistados, se realizarán directamente con dueños, gerentes o tomadores de decisiones para detectar, interpretar y entender los factores internos y externos de las empresas participantes (Tejero Gonzalez, 2021)

La información obtenida de cada una de las empresas será analizada y clasificada individualmente y después se investigarán los sectores de estudio de manera completa. Dichos resultados serán los que se documenten y expliquen a lo largo del estudio. Usando herramientas de análisis internos y externos como FODA y PESTEL. Las preguntas de la entrevista serán diseñadas para analizar el macroentorno (compuesto por factores políticos, económicos, socioculturales, tecnológicos y políticos) así como el microentorno (compuesto con factores como clientes, competencia, proveedores y otros actores del mercado) en el contexto de la transformación digital.

Adicionalmente se tomará en cuenta el ambiente interno de las empresas en donde se incluyen los recursos, capacidades y la cultura organizacional, esto para comprender cómo estos factores intervienen en la adopción y éxito de las estrategias de mercadotecnia digital. La recopilación de la información se integrará con una serie de análisis temáticos lo que dará lugar a establecer pautas y relaciones representativas que aporten a la comprensión integral del hecho estudiado, “las capacidades organizacionales de transformación digital identificadas actúan como potenciadores digitales del cambio” (Gonzalez Varona, 2021)

FASES DEL DESARROLLO

Esta investigación se va a desarrollar en cuatro fases principales:

Fase 1: Diagnóstico y recopilación documental. Esta consta de la revisión de la bibliografía:

- Estudio de literatura científica y técnica relacionados a la economía digital, marketing digital, publicidad impresa y modelos C2B (*Costumer to bussiness*). Así como informes de mercado de organismos como IAB México, eMarketer y la Secretaría de Innovación del estado de Chihuahua.
- Análisis PEST: Análisis del entorno político, económico, sociocultura y tecnológico que influyen a la publicidad impresa en Camargo.
- Análisis FODA: Identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en el sector, específicamente las MiPyMEs.
- Mapeo de actores: Registro y clasificación de empresas, agencias, imprentas, instituciones académicas y gubernamentales vinculadas al sector.

Fase 2: Recopilación de datos primarios a través de:

- Encuestas estructuradas: Aplicadas a una muestra representativa de una MiPyME localizada en Camargo, seleccionada mediante muestreo por conveniencia y estratificación por sector (comercio, servicios, manufactura). Dicho cuestionario abordará aspectos como inversión en publicidad digital e impresa, uso de herramientas tecnológicas, percepción de efectividad, barreras de adopción y necesidades de capacitación.
- Entrevistas semiestructuradas: Realizadas a 20 entrevistados claves, incluyendo dueños de imprentas, dueños o gerentes de agencias de marketing digital, representante de la cámara de comercio, consejo de desarrollo económico y funcionarios

públicos municipales vinculados a programas de digitalización como desarrollo económico y turismo de Camargo. Las entrevistas serán analizadas a través de codificación temática.

- Evaluación de infraestructura: Visitas a las empresas escogidas para documentar el equipamiento tecnológico, software y nivel de integración con plataformas digitales.

Fase 3: Análisis de datos y diseño estratégico, esta fase está conformada por las siguientes acciones:

- Análisis cualitativo: procesamiento e interpretación de las entrevistas para identificar patrones complejos, categorías emergentes y relaciones significativas entre los datos.
- Identificación de innovaciones: Selección de tecnologías emergentes (IA, AR, big data, publicidad programática) con potencial de implementación en el contexto del municipio de Camargo.
- Diseño del modelo *Costumer to Bussiness* (C2B) adaptado: Integración de los hallazgos en un modelo estratégico que considere la interacción consumidor-empresa como fuente de valor publicitario.

Fase 4: Documentación y difusión esta última fase comprende:

- Elaboración del informe final siguiendo apegado a la norma APA 6ta. edición.
- Aprobación de los expertos: Presentación de resultados para retroalimentación y ajuste final.
- Divulgación: Publicación en repositorios institucionales, medios especializados y presentación en talleres y seminarios.

RESULTADOS

Se tiene que en la fase de análisis de datos se asoció la información obtenida en encuestas, entrevistas, revisión documental y visitas de observación técnica. Los resultados se presentan organizados en cuatro apartados:

1. Diagnóstico PEST
2. Análisis FODA
3. Hallazgos clave de las encuestas y entrevistas
4. Integración preliminar del modelo estratégico de transformación digital.

Diagnóstico PEST

Factor Político El marco regulatorio nacional en materia de comercio electrónico y publicidad digital se encuentra en proceso de actualización, con énfasis en protección de datos personales y transparencia publicitaria (Gobierno de México, 2024). En el estado de Chihuahua, la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico (SIDE) impulsa programas de digitalización para MiPyMEs, pero su cobertura sigue siendo limitada y principalmente urbana. Existe interés en el gobierno municipal de Camargo en promover la transformación digital a través de planes de desarrollo económico digital, aunque los recursos asignados para el sector publicitario son muy limitados.	Factor Económico La economía local mantiene un crecimiento bajo del 0.06% anual, impulsado por sectores como manufactura, comercio y servicios (CODECH, 2025) La inversión en publicidad digital en Camargo ha aumentado y aunque no se tiene una cifra oficial del aumento, en general las MiPyMEs destinan en promedio menos del 5 % de sus ingresos anuales a marketing, siendo la radio y la publicidad impresa los medios más utilizados. Un artículo menciona que el 70 % de las PyME mexicanas están invirtiendo activamente en publicidad digital para atraer nuevos clientes, por lo tanto, hay evidencia de actividad, sin embargo, sin cuantificar en Camargo (Menix, 2025).
Factor Social Los usuarios jóvenes (millennials y Generación Z) consumen principalmente contenido digital, dando prioridad a redes sociales como Facebook, Instagram, TikTok y YouTube (Jaramillo, 2024). Crece la conciencia ambiental en los consumidores, lo que genera presión para reducir el uso de insumos físicos y adoptar materiales sostenibles. Existe un alto grado de confianza en las recomendaciones entre pares y en el contenido generado por el usuario (UGC), lo que favorece modelos como el C2B (Duke, 2025).	Factor Tecnológico Alta penetración de Internet en zonas urbanas (94 %) y moderada en zonas rurales (68 %). Disponibilidad de prensas digitales en un segmento reducido de imprentas locales, con capacidad para tirajes cortos y personalización. Adopción importante de herramientas de analítica de datos, publicidad programática e inteligencia artificial por parte de agencias locales o prestadores de servicios de mercadotecnia digital (Asociacion de Internet Mx, 2025)

Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
• Imprentas y negocios de publicidad con capacidad de impresión digital. • Universidades locales y cercanas al municipio que ofertan carreras reacionadas a la tecnología y la mercadotecnia. • Cultura empresarial con enfoque local y relaciones cercanas con clientes.	• Aumento en el mercado digital y tendencia de combinación tradicional-digital. • Uso de inteligencia artificial para personalización y optimización publicitaria. • Crecimiento en el comercio electrónico y marketplaces locales.
Debilidades	Amenazas
• Baja o nula inversión en herramientas digitales por parte de las MiPyME. • Escasa o nula capacitación en mercadotecnia digital y análisis de datos. • Infraestructura tecnológica limitada u obsoleta en áreas rurales.	• Competencia de grandes plataformas digitales globales. • Disminución constante de inversión en medios impresos. • Cambios regulatorios que podrían aumentar los costos de adaptación.

Resultados de encuestas

Al analizar las encuestas aplicadas a las personas seleccionadas se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Grado de adopción digital: Solo el 27 % de las empresas encuestadas declaró utilizar de manera habitual herramientas digitales para publicidad, siendo Facebook Ads y WhatsApp Business las más comunes.
2. Inversión publicitaria: El gasto anual promedio en publicidad digital fue de \$5,500 MXN, frente a \$10.000 pesos mexicanos en publicidad impresa.
3. Percepción de efectividad: El 64 % considera que la publicidad digital es más efectiva para atraer clientes, sin embargo, el 48 % de los encuestados percibe que la publicidad impresa es más confiable en su mercado.
4. Obstáculos identificados: Los principales obstáculos fueron la falta de conocimiento técnico (62 %), el costo percibido de la transformación digital (54 %) y la falta de tiempo y disponibilidad para capacitarse (41 %).

Resultados de entrevistas

1. Las entrevistas realizadas validaron que hay una diferencia entre el conocimiento de las tendencias globales y la capacidad real de implementación.
2. Algunos dueños de imprentas y negocios de impresión digital manifestaron su interés en la mezclar lo físico con lo digital, pero carecen de casos locales de referencia que muestren un retorno de inversión claro.
3. Los expertos en mercadotecnia digital entrevistados mencionan que la solución no está únicamente en implementar tecnología, sino en el cambio cultural y organizacional que permita incluir información, creatividad y automatización en un flujo de trabajo coherente.

Propuesta inicial del modelo C2B adaptado

A partir de los hallazgos, se propone un modelo adaptado a la industria publicitaria de Camargo, que contempla:

1. Una participación de los consumidores: A través del uso de encuestas virtuales, interacciones en redes sociales y campañas de co-creación de contenido.
2. Personalización masiva: Implementación de impresión digital con segmentación de mensajes según datos demográficos y de comportamiento de los consumidores.
3. Integración tradicional-digital: Elementos impresos con códigos QR dinámicos, *links* a experiencias de realidad virtual y/o aumentada y formularios interactivos.
4. Analítica de *feedback*: Recolección y análisis de datos generados por las interacciones para la retroalimentación de las futuras campañas publicitarias.
5. Culturizar al cliente: Generar programas de capacitación básicos para que las MiPyME conozcan sobre cómo utilizar las métricas y posteriormente adaptar sus estrategias de mercadotecnia.

Este modelo no pretende sustituir de forma abrupta a la publicidad impresa, sino integrarla en un medio ambiente de comunicación digital que sea medible, sostenible y orientado a resultados.

DISCUSIÓN

La transformación digital representa una oportunidad clave para las MIPyME de Camargo, especialmente en sectores como la producción y comercialización de productos agrícolas como el chile chipotle y la nuez; el comercio en general y los servicios como la hotelería. A través de la adopción de nuevas tecnologías, estas empresas pueden mejorar su eficiencia operativa, expandir su alcance en el mercado global y ofrecer productos más innovadores. Sin embargo, los desafíos asociados con la inversión inicial, la ciberseguridad y la educación del consumidor deben ser gestionados cuidadosamente para garantizar una implementación exitosa y sostenible.

La industria agrícola, comercial y de servicios en Camargo, enfrenta desafíos estructurales y tecnológicos, pero también oportunidades significativas para crecer a través de la digitalización. La estrategia debe enfocarse en la personalización de servicios, sostenibilidad, integración tecnológica y fortalecimiento de la reputación digital. Es importante diseñar plataformas digitales *bussiness to bussiness* (B2B), impulsar alianzas locales y formar personal en herramientas digitales. La combinación de tecnologías como inteligencia artificial, internet de las cosas, y sistemas CRM (*costumer relationship management*) será determinante para la mejora continua de la experiencia de los clientes debido a que la transformación digital ha cambiado la manera en cómo operan y compiten las empresas en general.

Las tecnologías emergentes y los modelos colaborativos han exigido a las empresas ser más flexibles, innovadoras y centradas en el cliente. La respuesta al éxito en esta nueva era es la capacidad de adaptación, proteger los activos digitales, y ofrecer experiencias inolvidables apoyadas en herramientas digitales. La digitalización debe entenderse como una estrategia integral, que involucra tanto la actualización tecnológica como la gestión del cambio humano. Es necesario que el sector continúe invirtiendo en infraestructura digital, formación continua y ciberseguridad, sin olvidar los aspectos éticos y sostenibles que demanda la sociedad hoy en día. En conjunto, estas acciones permitirán construir un consumo inteligente, competitivo y resiliente frente a los desafíos del siglo XXI.

Con esta investigación se pudo analizar y entender el estado actual de la industria publicitaria en Camargo en el marco de la transformación digital, reconociendo las oportunidades, debilidades y retos específicos que enfrentan las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME) y el segmento de la publicidad impresa. Los hallazgos demuestran que, si bien existe un avance en la adopción de herramientas digitales, este progreso es desigual y se concentra en empresas con mayor capacidad de inversión, dejando a una parte significativa del sector en riesgo de rezago competitivo.

El análisis PEST puso en evidencia que las condiciones políticas y económicas ofrecen un entorno favorable para la digitalización, con programas de apoyo gubernamental y un mercado publicitario digital en crecimiento. No obstante, persisten limitaciones estructurales, especialmente en la cobertura de programas en la inversión de las MiPyME en innovación tecnológica. Desde el punto de vista social, las tendencias de consumo —especialmente entre las generaciones más jóvenes (millennial y Z)— y la creciente conciencia ambiental demandan estrategias publicitarias más sostenibles, personalizadas y mediadas por tecnología: digitales. La baja adopción de modelos como el *Consumer to Business* (C2B) revela un potencial de crecimiento para estrategias que involucren activamente al consumidor en la creación y personalización de contenidos. Los resultados obtenidos tanto cuantitativos como cualitativos coinciden en que la transformación digital no se limita a la implementación de tecnología, sino que requiere un cambio cultural y organizacional más profundo. La falta de capacitación en herramientas digitales y la escasa medición de resultados son barreras críticas que impiden una transición efectiva hacia modelos híbridos tradicional-digitales.

BIBLIOGRAFÍA

- CODECH. (Junio de 2025). CODECH. Obtenido de Panorama social-económico de Camargo: https://codech.org.mx/admin/views/archivos/panoramas/59/DOC_68cadaf4f3f7c.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Ahmad Sharabati, A.-A., & Athie Ali, A. A. (2024). The Impact of Digital Marketing on the Performance of SMEs: An Analytical Study in Light of Modern Digital Transformations . *MDPI Advancing Open Science*, 16.
- Asociacion de Internet Mx. (Mayo de 2025). *Asociación de Internet Mx*. Obtenido de Estudios sobre consumo de internet y tendencias: <https://www.asociaciondeinternet.mx/estudios>
- Duke, V. (2025). *Americas Market Intelligence* . Obtenido de 6 Tendencias de consumo entre la generación Z de América Latina: https://americasmi.com/insights/tendencias-consumidor-z-america-latina/?utm_source=chatgpt.com
- Gonzalez Varona, J. M. (2021). *Retos para la Transformación Digital de las PYMES: Competencia Organizacional para la Transformación Digital*. Obtenido de Uvadoc: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47767>
- Hernandez Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- INEGI. (2025). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de Cuentas nacionales, censos económicos 2019 y encuestas nacionales : www.inegi.org.mx
- Jaramillo, A. (22 de mayo de 2024). *Alegra. Escuela de emprendedores*. Obtenido de Tendencias del Marketing Digital para 2024: https://escuela-emprendedores.alegra.com/panama/tendencias-del-marketing-digital/?utm_source=chatgpt.com
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2024). *Marketing 6.0*. México: LID México .
- Menix. (2025). *Menix*. Obtenido de El secreto del crecimiento de miles de PyMEs mexicanas: invertir en publicidad digital: https://www.menix.com.mx/el-secreto-del-crecimiento-de-miles-de-pymes-mexicanas-invertir-en-publicidad-digital/?utm_source=chatgpt.com
- Tejero Gonzalez, J. M. (2021). *Técnicas de investigación cualitativa en los ámbitos sanitario y sociosanitario*. Toledo, España: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Trabado Moreno, M. A. (2020). *Transformación digital. La nueva estrategia empresarial del siglo XXI*. Barcelona: Anaya Multimedia S.A. .

Concientización de género para disminuir la discriminación estudiantil en TecNM/ITQ

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.899

Fabiola Mónica Rubio Núñez¹, Ma. Elena Montes Almanza², Amalia Rodríguez Hernández³, María Luisa Montes Almanza⁴

¹TecNM-Instituto Tecnológico de Querétaro, fabiola.rn@queretaro.tecnm.mx

²TecNM-Instituto Tecnológico de Querétaro, elena.ma@queretaro.tecnm.mx

³TecNM-Instituto Tecnológico de Querétaro, amalia.rh@queretaro.tecnm.mx

⁴TecNM-Instituto Tecnológico de Querétaro, luisa.ma@queretaro.tecnm.mx

Línea de investigación: Intervención Psicosocial

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto de la concientización de sistema de igualdad de género en la disminución de la discriminación entre estudiantes de nivel licenciatura en el Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ).

La investigación busca identificar con estrategias de sensibilización de género el grado de disminución de conductas discriminatorias generando un ambiente más inclusivo y respetuoso entre la comunidad estudiantil.

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas y cualitativas con el propósito de obtener una comprensión integral del fenómeno de estudio. Desde el componente cualitativo, sirvieron de base las teorías de diversos autores a fin de explorar percepciones, experiencias y significados relacionados con la igualdad de género y la discriminación estudiantil. Posteriormente, en el componente cuantitativo, se aplicarán encuestas estructuradas a una muestra representativa de estudiantes de diferentes carreras, con el objetivo de medir la incidencia de la discriminación percibida, así como el impacto de las estrategias de concientización de género implementadas.

Los resultados muestran que los estudiantes que participaron en talleres y programas de concientización de género presentan una mayor sensibilidad hacia la diversidad y reportan menores experiencias de discriminación, así mismo con las estrategias de concientización se fortaleció una cultura de respeto y tolerancia mejorando el clima estudiantil.

En conclusión, la concientización en temas de equidad de género y no discriminación fomentan una mayor participación y conocimiento entre la comunidad estudiantil favoreciendo un entorno educativo equitativo impulsando

Palabras clave: Concientización, Discriminación, Equidad de Género, Estrategias, Inclusión.

Abstract

This study aims to analyze the impact of gender equality awareness programs on reducing discrimination among undergraduate students at the National Technological Institute of Mexico (TecNM)/Querétaro Technological Institute (ITQ).

The research seeks to identify the degree to which discriminatory behaviors are reduced through gender awareness strategies, generating a more inclusive and respectful environment within the student community.

This research employs a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative techniques to obtain a comprehensive understanding of the phenomenon under study. The qualitative component draws on the theories of various authors to explore perceptions, experiences, and meanings related to gender equality and student discrimination. Subsequently, the quantitative component involves administering structured surveys to a representative sample of students from different majors to measure the incidence of perceived discrimination, as well as the impact of implemented gender awareness strategies.

The results show that students who participated in gender awareness workshops and programs demonstrated greater sensitivity toward diversity and reported fewer experiences of discrimination. Furthermore, awareness strategies strengthened a culture of respect and tolerance, improving the student climate.

In conclusion, raising awareness about gender equality and non-discrimination fosters greater participation and knowledge among the student community, promoting an equitable educational environment, equal opportunities, and respect for diversity.

Keywords: Awareness, Discrimination, Gender Equality, Strategies, Inclusion.

INTRODUCCIÓN

La igualdad de género constituye uno de los principales retos en los sistemas educativos actuales, donde persisten diversas formas de discriminación que afectan el desarrollo integral de los estudiantes. En el ámbito universitario, estas problemáticas se reflejan en actitudes, estereotipos y prácticas que generan desigualdad de oportunidades, limitando la formación académica y personal de la comunidad estudiantil (Echeverría Echeverría, 2024; González et al., 2018).

Por ello, en los últimos años en México este tema se ha abordado impulsando políticas de igualdad de género y no discriminación con la finalidad de asegurar el acceso equitativo y el desarrollo integral de los estudiantes. En este marco, la Secretaría de Educación Pública (SEP), ha operado desde 2008 a través de la Subsecretaría de Planeación y Evaluación de Políticas Educativas, diversos programas y recursos destinados a la igualdad de género y la prevención de la violencia en el ámbito educativo (Valencia Aragón, 2014). De igual manera, a partir de abril de 2013, en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 la perspectiva de género se incorporó como eje prioritario en el ámbito educativo con la finalidad de impulsar la institucionalidad en los procesos educativos a través de un marco jurídico normativo.

En este sentido, se reorientaron las acciones a través de Programa E032 Políticas de Igualdad de Género en el Sector Educativo, se revisaron documentos normativos y se dio seguimiento a los compromisos institucionales a través de campañas de sensibilización, capacitación y aplicación de protocolos contra el hostigamiento, acoso sexual y actos de discriminación, destacando la implementación de la Norma NMX-R-025-SCFI-2015 en igualdad laboral y no discriminación (Secretaría de Educación Pública, 2023). Los esfuerzos anteriores sentaron las bases para que, a partir de 2019, más del 80 % de las instituciones de educación superior públicas contaran con protocolos para la atención de la violencia de género.

Asimismo, la Ley General de Educación Superior (2021) estableció la obligatoriedad de incorporar la perspectiva de género en los reglamentos internos de las instituciones de educación superior (IES) de acuerdo con el Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe de la UNESCO (UNESCO-IESALC, 2024).

De igual manera durante el 2024 a través de Agenda de Igualdad de Género y No Violencia, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, promovió orientar y fortalecer los protocolos comunes para garantizar entornos educativos seguros, incluyentes y libres de violencia en instituciones afiliadas (ANUIES, 2024).

Como parte de este mismo esfuerzo el Tecnológico Nacional de México (TecNM) particularmente del Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), se han desarrollado acciones de sensibilización y capacitación dirigidas a estudiantes, personal docente y administrativo, orientadas a fortalecer la cultura de respeto, igualdad y la convivencia libre de violencia. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo explorar las percepciones y experiencia de los estudiantes, así como analizar el impacto de las estrategias de concientización en temas de equidad de género y no discriminación, a fin de valorar su contribución a la construcción de un entorno educativo más inclusivo y equitativo dentro del ITQ.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

GENERAL:

Analizar el impacto de la concientización de género como estrategia en la disminución de la discriminación estudiantil en el del Tecnológico Nacional de México (TecNM) promoviendo un entorno inclusivo, respetuoso y equitativo.

ESPECÍFICOS:

- Conocer la percepción estudiantil sobre igualdad de género para identificar las diferentes formas de discriminación.
- Implementar estrategias de concientización de género en la comunidad estudiantil que fortalezcan una cultura de respeto e inclusión.
- Validar la pertinencia de las estrategias implementadas para medir los cambios en actitudes y prácticas relacionadas con la discriminación.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio se centra en la concientización de género como una estrategia para disminuir la discriminación estudiantil dentro del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Querétaro (TecNM/ITQ).

Por tanto, esta perspectiva es importante porque algunos estudiantes han expresado de manera informal a distintos docentes haber vivido situaciones de trato desigual, comentarios sexistas o actitudes discriminatorias en el entorno académico estudiante-estudiante. Estos testimonios ponen de manifiesto la necesidad de conocer la realidad que se vive al interior del Instituto, y con ello fortalecer las acciones institucionales que promuevan la equidad, el respeto y la convivencia sana entre toda la comunidad estudiantil.

Por ello, esta investigación busca conocer la percepción real de los y las estudiantes respecto a la igualdad de género, así como analizar de qué manera las actividades de sensibilización y formación influyen en sus actitudes y comportamientos cotidianos. Comprender esta realidad es esencial, pues diversas investigaciones han demostrado que la discriminación impacta de forma negativa en el rendimiento

académico, la autoestima y la permanencia escolar, afectando directamente la calidad del aprendizaje (UNESCO, 2021; CEPAL & ONU Mujeres, 2022).

En respuesta a ello, el TecNM/ITQ ha asumido el compromiso de garantizar espacios educativos seguros, equitativos y libres de prácticas discriminatorias, mediante la implementación de programas de sensibilización que fomenten la reflexión, la empatía y el respeto. Estas acciones buscan transformar la cultura institucional y avanzar hacia la erradicación de actitudes y expresiones sexistas en la educación superior, contribuyendo así a la consolidación de un entorno verdaderamente inclusivo (TecNM, 2023).

A nivel nacional se han hecho esfuerzos al respecto, como lo establece la *Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres* reformada en diciembre de 2024, que sostiene que las escuelas y universidades requieren desarrollar protocolos, políticas y estrategias orientadas a garantizar la igualdad de género y a prevenir actos discriminatorios, consolidando así una cultura de respeto y equidad, de ahí la importancia de desarrollar estrategias que contribuyan al cumplimiento de espacios académicos libres de violencia y discriminación que fomenten una cultura de respeto y no discriminación. (Congreso de la Unión, 2006-2024).

En este contexto, diversos aportes teóricos ayudan a comprender el papel transformador de la educación en la construcción de entornos más justos e inclusivos. Desde la visión de Freire (1970), la educación debe concebirse como un proceso que despierte la conciencia crítica frente a los diversos esquemas de represión. Del mismo modo, Connell (2002) sostiene que las instituciones educativas en algunos casos se convierten en espacios donde se reproducen actos de desigualdad, así como acciones que impulsan el cambio social. Por su parte, Lagarde (2001) y Rawls (1971) subrayan la relevancia de la equidad y la justicia social como pilares fundamentales para alcanzar una educación que incluya a todos por igual, que valore las diferencias, la diversidad de pensamiento y la capacidad de crecimiento individual.

De manera complementaria, la teoría de la diversidad y la educación plantea que las instituciones deben reconocer, valorar y aprovechar las diferencias individuales, culturales y sociales como una oportunidad de aprendizaje mutuo y crecimiento colectivo (Ainscow, Booth & Dyson, 2006; Banks, 2016). Por ello, es importante construir espacios educativos donde se fortalezca la convivencia, el pensamiento crítico y la empatía, promoviendo una educación sustentada en la equidad, la participación y el respeto por las diferencias, principios que coinciden con la transversalización de la perspectiva de género impulsada por la UNESCO (2019); por tanto, se requiere orientar políticas educativas hacia la eliminación de toda forma de discriminación y desigualdad, promoviendo una formación más justa, inclusiva y humanista que reconozca la dignidad y el potencial de todas las personas.

METODOLOGÍA

En el desarrollo de la investigación se empleó un diseño metodológico mixto, que combina el análisis cualitativo y cuantitativo para obtener una comprensión integral del objeto de estudio.

El enfoque cualitativo permitió examinar, a partir de las teorías y perspectivas de diversos autores, integrar los fundamentos teóricos con las percepciones de los estudiantes con la igualdad de género y la discriminación en el ámbito estudiantil. Del mismo modo, el enfoque cuantitativo permitió obtener datos medibles sobre la percepción de la discriminación de los estudiantes y del impacto de las acciones de concientización implementadas.

Este estudio posee un alcance descriptivo y transversal, orientado a analizar el efecto de las estrategias de sensibilización en la reducción de actitudes discriminatorias dentro del entorno escolar del TecNM/ITQ, en el cual la recolección de datos se realizó en un único momento temporal, sin manipular deliberadamente las variables, lo que permitió observar y describir el fenómeno tal como se presentó en su contexto real.

La información se obtuvo a través de tres cuestionarios estructurados aplicados en diferentes fases dentro de la investigación, el primero para conocer la percepción de los estudiantes, el segundo para conocer la efectividad de las estrategias implementadas para atender la discriminación y el tercero para evaluar el impacto de dichas estrategias de la comunidad estudiantil. Se utilizó una escala de Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo) para medir el grado de acuerdo de los participantes respecto a las afirmaciones planteadas.

La población estuvo compuesta por 160 estudiantes pertenecientes a las diferentes carreras que se ofertan en el (TecNM), campus Querétaro, en el periodo enero–junio de 2025. El tamaño de la muestra se determinó a través de la fórmula de población finita y conocida, con un nivel de confianza del 95% y un porcentaje de error del 5%, siendo un total de 113 estudiantes seleccionados, utilizando la técnica de muestreo aleatorio simple, con el propósito de garantizar la representatividad de los diferentes programas educativos del instituto.

FASES DEL DESARROLLO

La investigación se dividió en tres fases, con la finalidad de analizar la percepción, experiencias y cambios en lo referente a la discriminación y la igualdad de género en la comunidad estudiantil del Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Querétaro (TecNM/ITQ).

En la primera fase se elaboró y aplicó un cuestionario con 13 ítems con la finalidad de recoger información sobre las percepciones y experiencias de los estudiantes respecto a la discriminación y la igualdad de género en el campus del Tecnológico Nacional de México (TecNM/ITQ).

La segunda fase consistió en la aplicación de diversas estrategias para implementadas para fortalecer la concientización de género, promover un ambiente inclusivo y equitativo como: (Flyer, conferencias, taller de prevención de violencia, taller de Lengua de señas mexicana, murales, pláticas).

En la tercera fase se aplicaron dos cuestionarios distribuidos en dos etapas: la primera etapa se enfocó en conocer la percepción de la comunidad estudiantil respecto a la efectividad de las estrategias implementadas para atender la discriminación e igualdad de género, para ello, se realizó un cuestionario con 8 ítems. La segunda etapa permitió conocer el impacto y resultados observados en la aplicación de las estrategias, así como la disminución de la discriminación, con un cuestionario de 9 ítems. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada una de las fases.

PRIMERA FASE

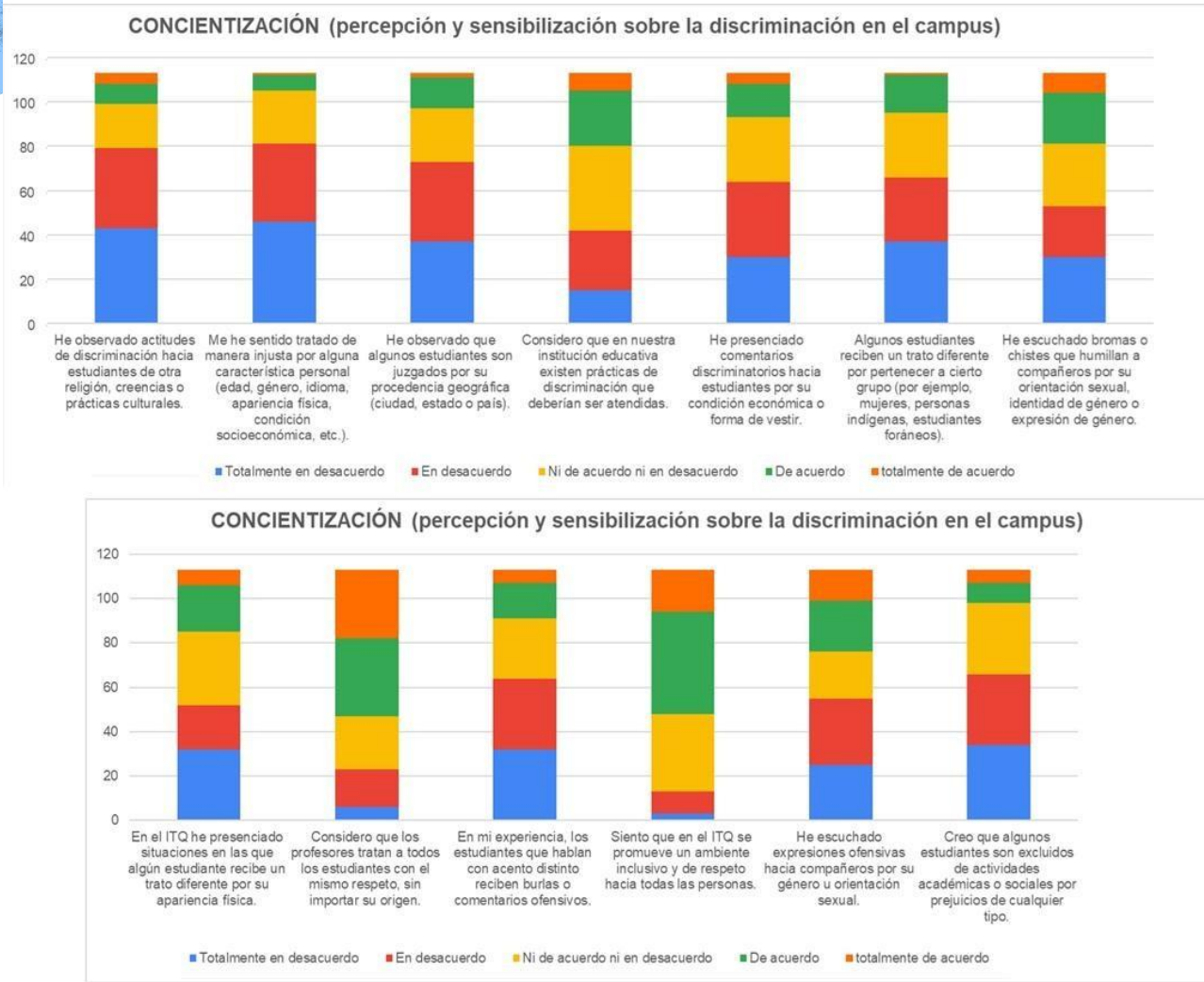
En la primera fase del estudio, en cuanto a la percepción y sensibilización sobre la discriminación dentro del entorno escolar del TecNM/ITQ, los resultados muestran una combinación de percepciones entre los estudiantes, como se observa en de la Figura 1, donde un 48% de las respuestas se concentraron en las categorías “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” (colores verde y naranja), lo que refleja que casi la mitad de los encuestados percibe que el ITQ promueve un ambiente de respeto, equidad e inclusión.

Sin embargo, un 29% manifestó estar “En desacuerdo” o “Totalmente en desacuerdo” (rojo y azul), lo que evidencia que aún persisten experiencias o percepciones de discriminación o comportamientos ofensivos dentro del entorno escolar.

Por otro lado, el 23% se ubicó en la categoría “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” (amarillo), lo que indica una postura neutral o ambigua. Este grupo podría representar a estudiantes que no tienen una comprensión clara sobre qué conductas deben considerarse discriminatorias o que no han reflexionado lo suficiente sobre el tema.

En términos generales, se puede concluir que en esta primera etapa la discriminación no ha sido erradicada completamente, pero sí existe una conciencia creciente entre los estudiantes respecto a su presencia y consecuencias.

Figura 1. Resultados de la Primera Fase



Fuente: Elaboración propia (2025)

SEGUNDA FASE

En la segunda fase se llevaron a cabo diferentes actividades con el objetivo de fortalecer la conciencia sobre la igualdad de género y fomentar un ambiente respetuoso, inclusivo con las mismas oportunidades para todas y todos. Estas acciones buscaron sensibilizar a la comunidad tecnológica, impulsar el respeto y fortalecer los valores institucionales.

Entre las actividades realizadas se incluyó la difusión de información mediante cuatro flyers, la organización de siete conferencias, tres talleres enfocados en la prevención de la violencia y en la Lengua de Señas Mexicana para promover la inclusión de personas con discapacidad auditiva. También se realizó un mural y una infografía con mensajes positivos y de concientización en espacios visibles para reforzar la cultura de respeto y equidad, como se listan en la Tabla 1.

Debido a estas acciones, el estudiantado tuvo la oportunidad de reflexionar, aprender y fortalecer su conocimiento sobre temas de igualdad, respeto, empatía y no discriminación, contribuyendo así a construir un entorno más seguro, equitativo e incluyente.

Tabla 1. Estrategias Implementadas en la Segunda Fase.

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
Carteles	Pizarrón trípticos protocolo HAS
Conferencia	De la curiosidad a la innovación: Mi trayectoria en la ciencia
Conferencia	Riesgos Psicosociales en el trabajo
Conferencia	Ciclo de conferencias
Conferencia	ABC de la discriminación
Conferencia	Cultura de paz
Conferencia	Día internacional de la no violencia
Conferencia	Auto cuidado y salud mental
Flyer	Día mundial de la justicia social
Flyer	Día internacional de la lengua materna
Flyer	Día Naranja
Flyer	Día internacional de la paz
infografía	INMUJERES- Conductas Has Tableros y pizarrones
Mural	Día internacional de las familias
Taller	Lengua de señas mexicana
Taller	Prevención de violencia en tus relaciones y cuidado de la salud sexual 1
Taller	Prevención de violencia en tus relaciones y cuidado de la salud sexual 2

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 2, se presentan algunas imágenes que documentan las actividades realizadas durante esta fase. Las fotografías sirven como evidencia del trabajo efectuado, la participación estudiantil y el desarrollo de las acciones orientadas a promover un ambiente inclusivo, respetuoso y comprometido con la igualdad dentro y fuera de la institución.

Figura 2. Evidencias Fotográficas de la Fase Dos.



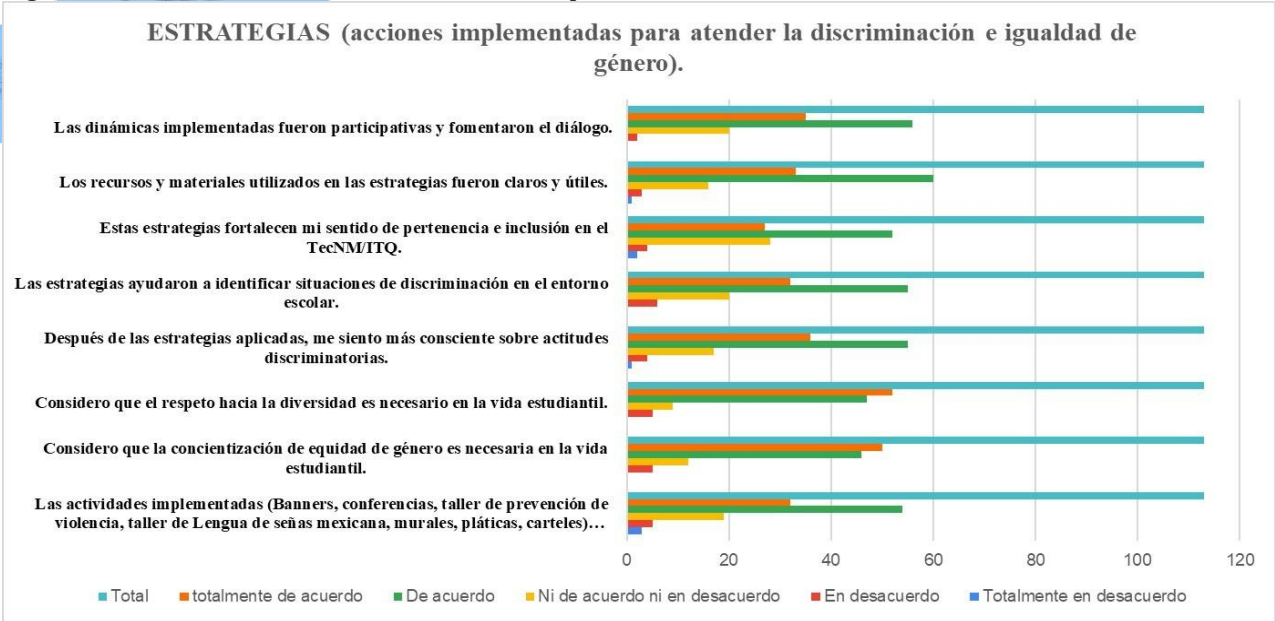
Fuente: Elaboración propia (2025)

TERCERA FASE

La Figura 3 muestra los resultados de la primera etapa de la tercera fase, enfocada a conocer la percepción de la comunidad estudiantil respecto a la efectividad de las estrategias implementadas para atender la discriminación e igualdad de género, mismas que arrojan la siguiente información:

- Un promedio del 83% de los participantes muestra una percepción positiva respecto a las acciones implementadas.
- Se fortaleció la conciencia sobre la discriminación y la equidad de género.
- Se consolidó el sentido de pertenencia e inclusión dentro de la comunidad ITQ.

Figura 3. Resultados de la Tercera Fase Primera Etapa



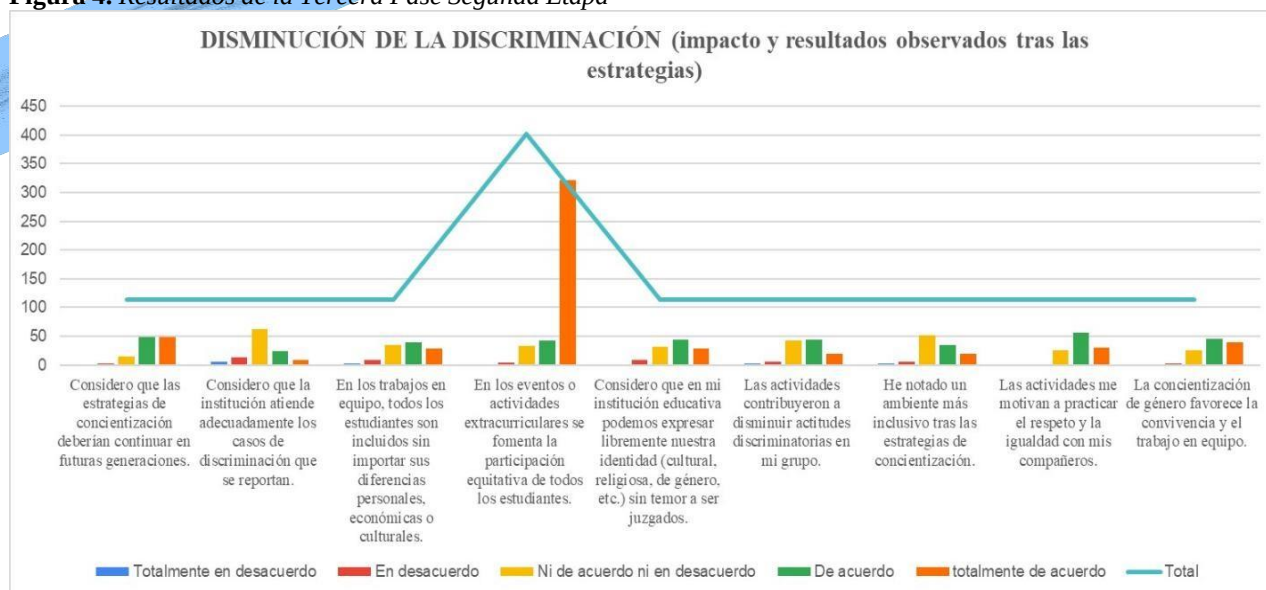
Fuente: Elaboración propia (2025)

Esto confirma que las estrategias formativas y comunicativas implementadas han contribuido efectivamente a avanzar hacia una cultura institucional más equitativa, respetuosa y participativa, cumpliendo los objetivos trazados en la primera fase del proyecto. Se puede apreciar en porcentajes los siguientes resultados:

- 1. Dinámicas participativas y fomento del diálogo
 - Aproximadamente el 45% de los encuestados se manifestó totalmente de acuerdo y el 35% de acuerdo, lo que refleja que cerca del 80% considera que las actividades fomentaron el diálogo y la participación.
- 2. Claridad y utilidad de los materiales
 - Un 50% está totalmente de acuerdo y un *40% de acuerdo, indicando que el 90% percibió los recursos como útiles y claros.
- 3. Sentido de pertenencia e inclusión
 - Cerca del 40% está totalmente de acuerdo y *35% de acuerdo, mostrando que tres cuartas partes de la comunidad (75%) sienten un fortalecimiento de su pertenencia al ITQ.
- 4. Identificación de situaciones de discriminación
 - El 45% está totalmente de acuerdo y el *35% de acuerdo, evidenciando que alrededor del 80% considera que las estrategias ayudaron a reconocer actitudes o casos discriminatorios.
- 5. Conciencia sobre actitudes discriminatorias
 - Un 50% se declaró totalmente de acuerdo y un *35% de acuerdo, lo que implica que el 85% reconoce haber incrementado su conciencia sobre el tema.
- 6. Respeto hacia la diversidad en la vida estudiantil
 - El 55% está totalmente de acuerdo y *30% de acuerdo, alcanzando un 85% de aceptación sobre la importancia de respetar la diversidad.
- 7. Concientización sobre equidad de género
 - Un 50% totalmente de acuerdo y *35% de acuerdo, para un 85% total que considera necesaria esta formación.
- 8. Actividades implementadas (banners, conferencias, talleres, etc.)
 - El 45% está totalmente de acuerdo y el *35% de acuerdo, lo que equivale a un 80% de valoración positiva sobre las acciones aplicadas.

En la Figura 4, se muestran los resultados de los 9 ítems de la tercera fase etapa dos, los cuales se centraron en evaluar el impacto posterior a la implementación de las estrategias.

Figura 4. Resultados de la Tercera Fase Segunda Etapa



Fuente: Elaboración propia (2025)

Los resultados muestran un efecto positivo en la disminución de la discriminación y en el fortalecimiento del respeto y la equidad dentro del ITQ. Asimismo, las estrategias de sensibilización contribuyeron a elevar la conciencia sobre estos temas. No obstante, la discriminación en actividades extracurriculares y la atención institucional a casos reportados continúan siendo áreas de oportunidad. En general, las percepciones sobre las estrategias aplicadas son favorables, aunque persisten aspectos que requieren atención y mejora. Algunos puntos que resaltar se mencionan a continuación:

- Percepción sobre la continuidad de las estrategias. Un 60% de los estudiantes apoya la continuidad de las estrategias de concientización para futuras generaciones, destacando la aprobación generalizada de las acciones emprendidas.
- Atención institucional a la discriminación. Un 45% de los participantes cree que la institución atiende adecuadamente los casos de discriminación, aunque también hay un 35% de estudiantes que no perciben que la respuesta institucional sea suficientemente efectiva, lo que indica que aún queda margen de mejora en este aspecto.
- Inclusión en trabajos en equipo. La gran mayoría de los estudiantes (90%) considera que en los trabajos en equipo se respeta la inclusión de las diferencias personales, culturales y económicas, lo que refleja una percepción positiva en cuanto a la diversidad y la colaboración.
- Participación en actividades extracurriculares. Un 50% de los estudiantes opina que las actividades extracurriculares fomentan la participación equitativa, aunque existe un 30% que siente que no se está logrando una inclusión real en estos espacios, lo que señala un área de mejora en términos de acceso equitativo.
- Expresión libre de identidad. Un 70% de los estudiantes está de acuerdo en que la institución permite la expresión libre de identidad sin temor a ser juzgados, lo que muestra avances en la creación de un entorno inclusivo.
- Impacto de las actividades en la reducción de actitudes discriminatorias. Un 70% de los encuestados considera que las actividades realizadas han contribuido a disminuir las actitudes discriminatorias, lo que refleja una efectividad notable de las estrategias para generar conciencia sobre el respeto y la igualdad.
- Ambiente inclusivo y respeto entre compañeros. La mayoría de los estudiantes perciben que las estrategias han mejorado el ambiente inclusivo dentro del ITQ, con un 75% de acuerdo en que las actividades contribuyen al respeto mutuo y la igualdad en el trabajo en equipo.
- Concientización de género. El 80% de los participantes considera que las acciones de concientización de género han favorecido la convivencia y la creación de un ambiente de trabajo más cooperativo y respetuoso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En resumen, los resultados demuestran que las estrategias implementadas han tenido un impacto positivo y significativo en la comunidad estudiantil del ITQ, especialmente en lo relacionado con el respeto a la diversidad, la reducción de la discriminación y la promoción de la equidad de género.

La gran mayoría de los estudiantes está de acuerdo con los objetivos de las estrategias y las valora como útiles para mejorar el ambiente escolar. Sin embargo, también se identificaron áreas que requieren ajustes. Es necesario reforzar la atención institucional a los casos de discriminación y asegurar una inclusión real en las actividades extracurriculares. A pesar de estos desafíos, las acciones realizadas hasta ahora han logrado avances notables en la concientización y en la transformación cultural hacia una comunidad más inclusiva, equitativa y respetuosa.

En concordancia con los resultados obtenidos a continuación se presentan el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación con la finalidad de validar el grado de efectividad en cada uno de ellos. En relación con el *Objetivo General*, “Evaluar el impacto de las estrategias de concientización de género en la reducción de la discriminación estudiantil”, se pudo observar que las estrategias implementadas en el TecNM/ITQ han generado un cambio positivo y tangible en la comunidad estudiantil. Los esfuerzos para sensibilizar a los estudiantes sobre la igualdad de género y la discriminación han logrado reducir significativamente las actitudes discriminatorias.

Un 80% de los estudiantes considera que las acciones, como talleres y campañas de sensibilización, han fomentado una mayor conciencia sobre la igualdad de género y han fortalecido un entorno inclusivo. A pesar de estos avances, se observan desafíos en ciertas áreas, como la integración en actividades extracurriculares, donde un 30% de los estudiantes siente que la inclusión no es aún total. Esto refleja la necesidad de continuar trabajando en la equidad de género en todos los ámbitos de la vida estudiantil. En términos generales, se puede concluir que en esta primera etapa la discriminación no ha sido erradicada completamente, pero sí existe una conciencia creciente entre los estudiantes respecto a su presencia y consecuencias.

De igual manera, respecto a los objetivos específicos. Se observaron avances significativos. En lo que respecta al *Objetivo Específico 1* enfocado en “Conocer la percepción estudiantil sobre igualdad de género para identificar las diferentes formas de discriminación” evidencia resultados positivos. El 85% destacando que las actividades realizadas han ayudado a aumentar la conciencia sobre los prejuicios y la discriminación. Muchos estudiantes también perciben que ha mejorado el ambiente en general, favoreciendo el respeto y la inclusión.

Sin embargo, a pesar de este progreso, el 15% restante indica que la comprensión sobre qué constituye discriminación sigue siendo insuficiente en algunos sectores, especialmente en lo relacionado con el género y la diversidad en actividades fuera del aula. Esto resalta la necesidad de continuar profundizando en la educación sobre las distintas formas de discriminación que aún prevalecen.

En cuanto al *Objetivo Específico 2*, “Implementar estrategias de concientización de género que fortalezcan una cultura de respeto e inclusión”, las intervenciones aplicadas demostraron un impacto positivo y significativo en la comunidad estudiantil. Un 85% de los estudiantes afirma que estas estrategias han fortalecido el sentido de pertenencia y han creado un entorno más inclusivo. Sin embargo, un aspecto importante que sigue pendiente de mejorar es la percepción de los estudiantes respecto a la inclusión efectiva en actividades extracurriculares.

Aunque las acciones en el aula y en los espacios académicos se valoran positivamente, se debe hacer un esfuerzo adicional para garantizar que los estudiantes se sientan igualmente aceptados en todas las actividades fuera del aula. Esto indica la necesidad de ajustar las estrategias para incluir a todos de manera integral en todos los ámbitos de la vida estudiantil.

Por último, en relación con el *Objetivo Específico 3*, “Validar la pertinencia de las estrategias implementadas para medir los cambios en actitudes y prácticas relacionadas con la discriminación”, los resultados confirman que las acciones aplicadas fueron pertinentes y efectivas para fomentar el diálogo, la empatía y el respeto mutuo entre los estudiantes. Un 80% de los participantes considera que las actividades realizadas han incrementado la conciencia y han promovido una actitud más inclusiva en el campus.

Sin embargo, es evidente que no todos los estudiantes han experimentado un cambio tangible en sus prácticas diarias. Aunque la sensibilización ha sido exitosa, las prácticas y actitudes no siempre han cambiado en la misma medida. En particular, un 30% de los estudiantes opina que las estrategias no han tenido el mismo efecto en entornos extracurriculares, lo que subraya la necesidad de ajustar la implementación de estas políticas en espacios adicionales, asegurando que todos los estudiantes se sientan verdaderamente incluidos.

CONCLUSIÓN

En resumen, las estrategias implementadas para promover la igualdad de género en el TecNM/ITQ han tenido un impacto positivo generalizado, especialmente en lo que respecta a aumentar la conciencia sobre la discriminación y fomentar una cultura de respeto e inclusión. Sin embargo, aún existen áreas que requieren más atención, como la inclusión efectiva en actividades extracurriculares y la mejora de la comprensión de lo que constituye una conducta discriminatoria. Para lograr una transformación cultural profunda y sostenible, es crucial ajustar las estrategias y continuar con la evaluación constante de su efectividad, ajustando las políticas de acuerdo con las necesidades cambiantes de la comunidad estudiantil.

Así mismo se identifican algunos trabajos complementarios que permitan dar continuidad a las estrategias realizadas en el presente proyecto con la finalidad de consolidar y mejorar los resultados obtenidos y ampliar el alcance de las estrategias implementadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] & ONU Mujeres. (2022). La igualdad de género en el centro del desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5a21b0e0-bd6b-47cb-90e2-95888ebd4cb8/content>
- Congreso de la Unión. (2006, 2 de agosto). *Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres*. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de diciembre de 2024. Recuperada de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgimh.htm>
- Echeverría Echeverría, R. (2024). *Igualdad de género e inclusión social en universidades públicas del sur-sureste mexicano*. Revista de Estudios de Género La Ventana, 7(59), 225-256. <https://doi.org/10.32870/lv.v7i59.7726>
- Ruiz González, M. A., Espinosa-Espíndola, M. T., & Maceda-Méndez, A. (2018). *Importancia del diagnóstico de equidad de género en las instituciones de educación superior: un estudio de caso*. RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 9(17), 141-167. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.376>
- Secretaría de Educación Pública. (2023). *Políticas de igualdad de género en el sector educativo. Diagnóstico del programa presupuestario E032*. Ciudad de México: SEP.
- Tecnológico Nacional de México [TecNM]. (2023). *Protocolo para la prevención, atención y sanción de la violencia de género*. Ciudad de México: TecNM. <https://www.tecnm.mx/?vista=Comite-Etica-y-Prevencion-de-Conflictos-de-Interes>
- UNESCO. (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. París: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- UNESCO International Institute for Higher Education in Latin America and the Caribbean. (2024). *New data collection underway on women's participation in higher education and STEM in Latin America*. <https://www.iesalc.unesco.org/en/articles/new-data-collection-underway-womens-participation-higher-education-and-stem-latin-america-0>
- Valencia Aragón, L. (2014). *Políticas públicas, educación, capacitación y sensibilización en equidad de género*. Espacio I + D, 3(6), 45-58. <https://doi.org/10.31644/IMASD.6.2014.a05>

API Modular para Gestión de Servicios: Endpoints Escalables y Seguros.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.914

Ricardo Luna Santos ¹, Randolpho Alberto Santos Quiroz ², Marco Antonio Ramírez Hernández ³, José Abdiel Domínguez León ⁴

¹Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / ricardo.luna@utxicotepec.edu.mx

²Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / randolfo.santos@utxicotepec.edu.mx

³Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / marco.ramirez@utxicotepec.edu.mx

⁴Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez / joseabdiel.domimquez@utxicotepec.edu.mx

Línea de investigación: Software

Resumen

Este proyecto explica el desarrollo de una API para una aplicación dirigida a microempresarios y prestadores de servicios en un contexto pospandémico, donde la tecnología es clave para optimizar la relación con los clientes, reducir costos e incrementar ingresos. El objetivo principal fue crear una solución segura y escalable que permita gestionar servicios, agendar citas y controlar roles de usuarios, utilizando FastAPI bajo la metodología Scrum.

A partir de requisitos definidos y un modelo de base de datos en MySQL, se implementaron endpoints con autenticación JWT, encriptación de datos y control de acceso basado en roles. Cada ruta fue validada mediante pruebas funcionales.

La API final incluye más de 20 endpoints REST para operaciones CRUD, gestión de usuarios y validación de datos. Su arquitectura modular garantiza escalabilidad, mientras que la seguridad minimiza riesgos en el manejo de información sensible. La implementación con Python/FastAPI asegura alto rendimiento y compatibilidad multiplataforma.

Como resultado, se espera una reducción significativa en la gestión manual de servicios para microempresarios, mejorando la experiencia de usuarios finales. La combinación de accesos controlados y autenticación robusta protege los datos sensibles, mientras que el diseño modular facilita mantenimiento y actualizaciones futuras.

Palabras Clave – API, Escalabilidad, FastApi, Microempresarios, Seguridad.

Abstract

This project developed an API for an application aimed at microentrepreneurs and service providers in a post-pandemic context, where technology is key to optimizing the relationship with customers, reducing costs and increasing revenues. The main objective was to create a secure and scalable solution that allows you to manage services, schedule appointments and control user roles, using FastAPI under the Scrum methodology. Based on defined requirements and database model in MySQL, endpoints were implemented with JWT authentication, data encryption, and role-based access control. Each route was validated through functional tests. The final API includes more than 20 REST endpoints for CRUD operations, user management, and data validation. Its modular architecture guarantees scalability, while security minimizes risks in the handling of sensitive information. Implementation with Python/FastAPI ensures high performance and cross-platform compatibility. As a result, a significant reduction in manual service management for microentrepreneurs is expected, improving the end-user experience. The combination of controlled access and strong authentication protects sensitive data, while the modular design makes it easy to maintain and upgrade future.

Keywords – API, FastApi Scalability, Microentrepreneurs, Security.

INTRODUCCIÓN

En el panorama económico actual, particularmente en el contexto pospandémico, las microempresas y prestadores de servicios independientes enfrentan el desafío constante de optimizar sus operaciones, reducir costos y fortalecer la relación con sus clientes mediante la adopción de herramientas tecnológicas accesibles y eficientes [1]. La digitalización se ha convertido en un factor determinante para la competitividad y sostenibilidad de estos negocios, que representan un componente vital de la economía en países como México. Este proyecto surge como respuesta a esta necesidad, proponiendo el desarrollo de una API robusta y especializada que permita a microempresarios gestionar sus servicios, agendar citas y administrar usuarios de manera centralizada y segura. Para lograr este objetivo, se adopta FastAPI [3] como framework principal de desarrollo, aprovechando su alto rendimiento, tipado estático y generación automática de documentación, características que lo posicionan como una solución ideal para el desarrollo de APIs modernas en Python [2]. El desarrollo se sustenta en la metodología ágil Scrum [1], la cual facilita una gestión iterativa e incremental del proyecto, priorizando la entrega de valor en cada sprint y adaptándose eficientemente a los cambios en los requisitos. Esta aproximación metodológica se complementa con un stack tecnológico cuidadosamente seleccionado que incluye SQLAlchemy [4] como capa de abstracción para la base de datos, Pydantic [5] para la validación de datos, y Uvicorn [6] como servidor ASGI para el despliegue de la aplicación. Para garantizar la seguridad en el manejo de información sensible, se implementan mecanismos de autenticación mediante JWT (JSON Web Tokens) [12] y encriptación de contraseñas utilizando Bcrypt [13], mientras que la persistencia de datos se gestiona mediante MySQL [14], un sistema de gestión de bases de datos relacional ampliamente adoptado en la industria. El proceso de desarrollo se apoya en herramientas especializadas como Visual Studio Code [7] como entorno de desarrollo integrado, Git [18] y GitHub [19] para el control de versiones, y Postman [10] junto con Swagger UI [11] para las pruebas y validación de los endpoints. Finalmente, el despliegue en producción se realiza utilizando servicios en la nube como Render [16] para el backend y Aiven [17] para la base de datos, asegurando así alta disponibilidad y escalabilidad. La arquitectura del sistema sigue el patrón en capas [20], promoviendo la separación de concerns y facilitando el mantenimiento y la evolución futura de la aplicación. A través de esta implementación, se espera proporcionar a los microempresarios una herramienta tecnológica que no solo optimice sus procesos operativos, sino que también contribuya a su crecimiento y consolidación en un mercado cada vez más digitalizado.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una interfaz de programación segura orientada a la gestión eficiente de servicios ofrecidos por microempresarios y autoempleados, cumpliendo con los requerimientos funcionales y no funcionales, las reglas de negocio y las restricciones de seguridad establecidas. El desarrollo contempla la integración de recursos tecnológicos actuales y la aplicación de metodologías adecuadas para la codificación, pruebas y despliegue progresivo de los módulos del sistema.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar y definir los requisitos del sistema, considerando tanto los aspectos funcionales como los no funcionales, las reglas de negocio y las historias de usuario, con especial atención a la seguridad y la escalabilidad.
2. Diseñar el modelo de datos empleando FastAPI, facilitando su posterior migración a una base de datos relacional en MySQL, y asegurando la integridad y optimización de las estructuras de datos.
3. Implementar mecanismos robustos de autenticación y autorización mediante OAuth2 y JWT, garantizando un acceso seguro y controlado a los recursos de la API.
4. Desarrollar la capa de datos utilizando SQL y SQLAlchemy, integrando ORM y validaciones para un manejo eficiente y seguro de la información.
5. Crear endpoints siguiendo principios de diseño seguro, incorporando validaciones, gestión de errores y políticas de seguridad como CORS, así como medidas de protección frente a amenazas comunes.
6. Ejecutar pruebas unitarias y de integración para validar la calidad, seguridad y confiabilidad de la API, asegurando el correcto funcionamiento de los endpoints y la base de datos.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto principal de estudio es el desarrollo y evaluación de una API modular, segura y escalable, orientada a la gestión eficiente de servicios para microempresarios y prestadores de servicios, fundamentando su impacto en la mejora, eficiencia de procesos, protección de datos sensibles y mejora de la experiencia de usuario en un entorno pospandémico.

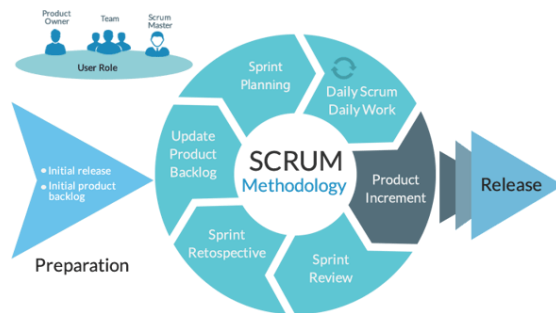
METODOLOGÍA

El proyecto permitía el uso de una metodología ágil dado que estaba abierto a recibir retroalimentación constante, así como el ajuste de algunos requerimientos, otro aspecto importante fue el desarrollo en ciclos cortos de trabajo el cual permitía ir realizando entregas constantes, dados estos aspectos importantes se concluyó que la metodología que debería utilizarse para el desarrollo sería la Metodología Scrum “como se observa en la Figura 1 Metodología Scrum”.

A. Metodología Scrum: Definición

Scrum es un marco de administración que los equipos utilizan para organizarse por cuenta propia y trabajar en aras de alcanzar un objetivo común. Describe un conjunto de reuniones, herramientas y funciones para entregar proyectos de forma eficiente. Al igual que un equipo deportivo que practica para un importante partido, las prácticas de Scrum permiten a los equipos de trabajo gestionarse por cuenta propia, aprender a partir de la experiencia y adaptarse al cambio [1].

Figura 1
Metodología Scrum



Fuente: <https://blog.wearedrew.co/productividad/-ventajas-y-desventajas-de-la-metodologia-scrum>

Las características clave de Scrum “Como se observa en la Figura 2 Roles de scrum” son adaptadas al proyecto de desarrollo de la siguiente forma:

- Product Owner: Representante del organismo público encargado de definir y priorizar el Product Backlog.
- Scrum Master: Facilitador del proceso Scrum, resolviendo obstáculos y asegurando el cumplimiento de las prácticas.
- Equipo de Desarrollo: Un solo desarrollador, responsable de implementar funcionalidades y entregar resultados en cada Sprint.

Figura 2
Metodología Scrum



Fuente: https://media.gcflearnfree.org/content/60d5332e4180fe0f2cd4c4c9_06_25_2021/Roles-y-funciones-en-Scrum.png

El proyecto en el que se trabajó se organizó en bajo la metodología Scrum en un periodo de 16 semanas, las cuales se dividieron en 8 sprints de 2 semanas cada uno. Para ello se implementaron los artefactos claves de Scrum para que con ello se asegurara el orden y la entrega de las funcionalidades “Como se muestra en la Figura 3 Artefactos de scrum”.

Figura 3
Artefactos de Scrum



Fuente: <https://blog.buhoos.com/artefactos-de-scrum/>

Product Backlog

Contuvo todos los requerimientos funcionales del sistema, definidos desde el análisis del dominio y los microservicios necesarios.

Las tareas destacadas fueron las siguientes:

- Modelado de entidades: persona, usuario, servicios, sucursales, promociones, etc.
- Relaciones entre entidades como usuario_rol, usuarios_direcciones, medio_contactos.
- Implementación de endpoints CRUD para cada entidad.
- Validaciones con Pydantic.
- Seguridad con JWT.
- Autenticación y control de acceso por roles.
- Conexión y configuración de base de datos (SQLAlchemy / MySQL).
- Documentación automática (Swagger UI).
- Test automatizados y pruebas de integración.
- Despliegue en ambiente productivo (Render).

Sprint Backlog

Cada Sprint tuvo un objetivo claro y para ellos se seleccionaron las tareas específicas que ya se habían listado en el producto Backlog “Como se muestra en la Figura 4 Planificación de Sprint”.

Figura 4

Planificación de Sprint Planificación de Sprints para Desarrollo de API con FastAPI

Sprint	Objetivo	Tareas
Sprint 1	Setup inicial del proyecto	Crear entorno, estructura base, conexión BD
Sprint 2	Modelo de usuario y autenticación	usuario_model, JWT, login/register
Sprint 3	Gestión de personas físicas/morales	persona_fisica_model, persona_moral_model, relaciones
Sprint 4	Servicios y sucursales	servicios_model, sucursales_model, API endpoints
Sprint 5	Contacto y direcciones	medio_contactos_model, usuarios_direcciones_model
Sprint 6	Roles y permisos	rol_model, usuario_rol_model, seguridad por perfil
Sprint 7	Promociones y campañas	promociones_model, campanias_model
Sprint 8	Integración y despliegue final	Pruebas, documentación, deployment a Render

Fuente: Autoría propia

Incremento

Al terminar cada Sprint se generó un incremento del producto funcional en el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Probar de forma real los endpoints desarrollados.
- Mostrar avances a partes interesadas
- Validar modelos

Durante el tercer Sprint ya se podía registrar usuarios y autenticar usuarios, se contaba también con hash de contraseñas.

Los Sprints durante el desarrollo pudo plantear un trabajo en el cual se realizará por orden de relevancia el modelado de las tablas para la creación de la API.

Durante el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo ceremonias de Scrum para que la gestión del trabajo fuera la correcta, eso permitía mejorar la comunicación y la mejora. A continuación, se describen las ceremonias implementadas:

Sprint Planning (Planificación del Sprint)

Frecuencia: Al inicio de cada sprint (cada 2 semanas).

Duración estimada: 1.5 a 2 horas.

Objetivo:

Definir el objetivo del sprint y seleccionar las tareas del Product Backlog que se abordarán durante ese ciclo.

Dinámica aplicada en el proyecto:

- Revisión de las funcionalidades pendientes priorizadas.
- Asignación de tareas para el Sprint
- Definición de aceptación por funcionalidad

Durante estos Sprint Planning se buscaba asignar las tareas que se llevarán a cabo, estas tareas se relacionaban con la creación de modelos, preferentemente se asignaba de 2 a 3 por cada reunión “Como se observa en la Figura 5”.

Figura 5

Sprint Planning



Fuente: <https://donetonic.com/es/que-es-el-sprint-planning/>

Daily Scrum (Reunión Diaria)

Frecuencia: Todos los días hábiles del sprint.

Duración: 15 minutos.

Formato: Reunión rápida (stand-up virtual en la mayoría de los casos).

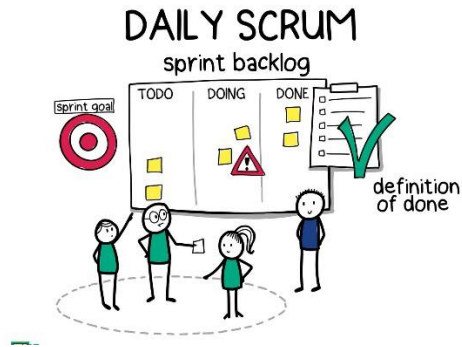
Objetivo:

Compartir avances, detectar bloqueos y alinear esfuerzos diarios.

Dinámica aplicada:

Mediante esta reunión diaria se hacía mediante mensajes de WhatsApp lo que permitía informar sobre el avance en las tareas asignadas, así como los problemas encontrados durante el desarrollo o las dudas que se generaban. Esto tenía como ventaja detectar retrasos en el desarrollo, solventar dudas y de esa manera tomar decisiones rápidas “Como se muestra en la Figura 6 Daily Scrumhttps”.

Figura 6
Daily Scrumhttps



Fuente: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:4800/format:webp/1*PiyDpxEAWtaF2To1GW7QaQ.png

Sprint Review (Revisión del Sprint)

Frecuencia: Al final de cada sprint (cada 2 semanas).

Duración estimada: 1 hora.

Objetivo: Mostrar el desarrollo del proyecto realizado durante este periodo de tiempo y validación de los objetivos definidos “Como se observa en la Figura 7 Spring Review”.

Dinámica aplicada:

- Realización de pruebas funcionales a los endpoints desarrollados
- Mostraron pruebas desde Swagger UI
- Se simulaba registros en los endpoints

A partir del Sprint 4 Se mostro todo el apartado de registro y gestión de roles así como el sistema de autenticación para usuarios previamente registrado, además a partir de Sprint 6 se puede integrar el sistema de autenticación JWT.

Figura 7
Sprint Review



Fuente: <https://startinfinity.s3.us-east-2.amazonaws.com/t/seLlg2lgmskxNDobnJ5kVvyy0YwukAenpsSd6bzM.png>

Selección de Tareas

Durante cada sesión de Sprint Planning se realizaba una selección de las tareas más relevantes a desarrollar durante el Sprint. Las cuales se basaban en configuración del entorno, endpoints básicos, pruebas en Swagger, relación entre usuarios y roles entre otras. Así mismo se desglosaban tareas específicas como:

- Crear modelos y relación con SQLAlchemy,
- Implementar endpoints (create, read, update, delete),
- Realizar pruebas unitarias por cada endpoint,

FASES DEL DESARROLLO

En el actual contexto pospandémico, la adopción de soluciones tecnológicas se ha convertido en un factor determinante para la competitividad de las microempresas y prestadores de servicios. Este proyecto responde a esta necesidad mediante el desarrollo de una API robusta que optimiza la gestión de servicios, la agenda de citas y el control de acceso de usuarios, con el objetivo de reducir costos operativos, incrementar ingresos y fortalecer la relación con los clientes

Bajo la metodología ágil Scrum, se garantizó un desarrollo iterativo e incremental, priorizando la entrega de valor en cada sprint y adaptándose eficientemente a los cambios en los requisitos.

El desarrollo de la API se basa en una arquitectura que permita integrar diversas herramientas y tecnologías que facilitan la implementación, pruebas, documentación, despliegue. Estas tecnologías fueron seleccionadas por la eficiencia y compatibilidad con Python/FastApi.

1. Análisis y Diseño del Sistema

En esta fase inicial se definieron los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, junto con el diseño de la base de datos. Se priorizaron aspectos como la seguridad, la escalabilidad y la experiencia del usuario.

Tecnologías clave:

- MySQL: Para el almacenamiento estructurado de datos.
- SQLAlchemy: Como ORM para la interacción con la base de datos mediante programación orientada a objetos en Python.

2. Desarrollo de la API

Se adoptó una arquitectura en capas (presentación, lógica de negocio y acceso a datos) para garantizar la separación de responsabilidades, facilitando el mantenimiento y la escalabilidad.

Tecnologías y frameworks:

- Python: Lenguaje base por su versatilidad, legibilidad y amplio ecosistema.
- FastAPI: Framework seleccionado por su alto rendimiento, tipado estático y generación automática de documentación interactiva.
- Pydantic: Para la validación y gestión de datos en los modelos.
- Uvicorn: Como servidor ASGI para el despliegue de la aplicación.

Principales módulos desarrollados:

- Gestión de usuarios y autenticación.
- CRUD de servicios y citas.
- Control de acceso basado en roles (RBAC).

3. Implementación de Seguridad:

La seguridad fue una prioridad transversal, implementándose:

- Autenticación JWT: Mediante la biblioteca PyJWT.
- Encriptación de contraseñas: Con Bcrypt para el hashing seguro.
- Control de acceso: Restricción de endpoints según el rol del usuario (ej. administrador, microempresario, cliente).

4. Pruebas y Validación

Cada endpoint fue sometido a pruebas funcionales para verificar su correcto funcionamiento.

- Herramientas utilizadas:
- Postman: Para la ejecución de pruebas manuales y automatizadas.
- Swagger UI: Integrado en FastAPI para la documentación interactiva y pruebas en tiempo real.

5. Despliegue y Producción

La API fue desplegada en un entorno de producción con los siguientes servicios:

- Render: Para el hosting de la aplicación FastAPI.
- Aiven: Para la gestión de la base de datos MySQL en la nube.

6. Control de Versiones y Colaboración

Se utilizó Git junto con GitHub para el control de versiones, facilitando la colaboración entre desarrolladores y el mantenimiento del código.

Entorno de desarrollo:

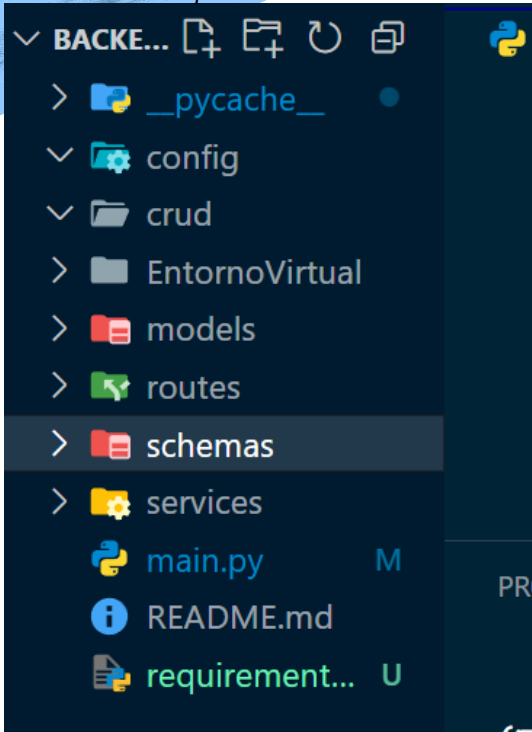
- o Visual Studio Code: Como editor principal.
- o Google Chrome: Para pruebas de front-end y acceso a Swagger UI.
- o CMD: Para la ejecución de comandos y scripts.

Estructura del proyecto:

Una vez creada la base de datos, el siguiente paso será organizar el proyecto en una arquitectura escalable y clara, por lo cual anteriormente se decidió por la arquitectura en capas, por lo que lo que continua es la creación de la estructura de carpetas y archivos que permitan separar responsabilidades, siguiendo un desarrollo modular

La estructura básica del proyecto quedo “Como se observa en la Figura 8 Estructura de Carpetas”:

Figura 8
Estructura de Carpetas



Fuente: Autoría propia

Explicación de la estructura:

- tipo: Especifica si la persona es física o moral, utilizando el enumerado TipoPersonaEnum.
- datos_generales: Contiene información común para ambas clases de personas. Se reutiliza a través del esquema PersonaBase.
- datos_especificos: Utiliza una unión (Union) entre los esquemas PersonaFisicaCreate y PersonaMoralCreate, lo cual permite adaptar dinámicamente los datos según el tipo de persona seleccionado.

Esta estructura permite enviar un solo objeto que contiene tanto los datos generales como los específicos, facilitando el manejo y validación en el backend.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

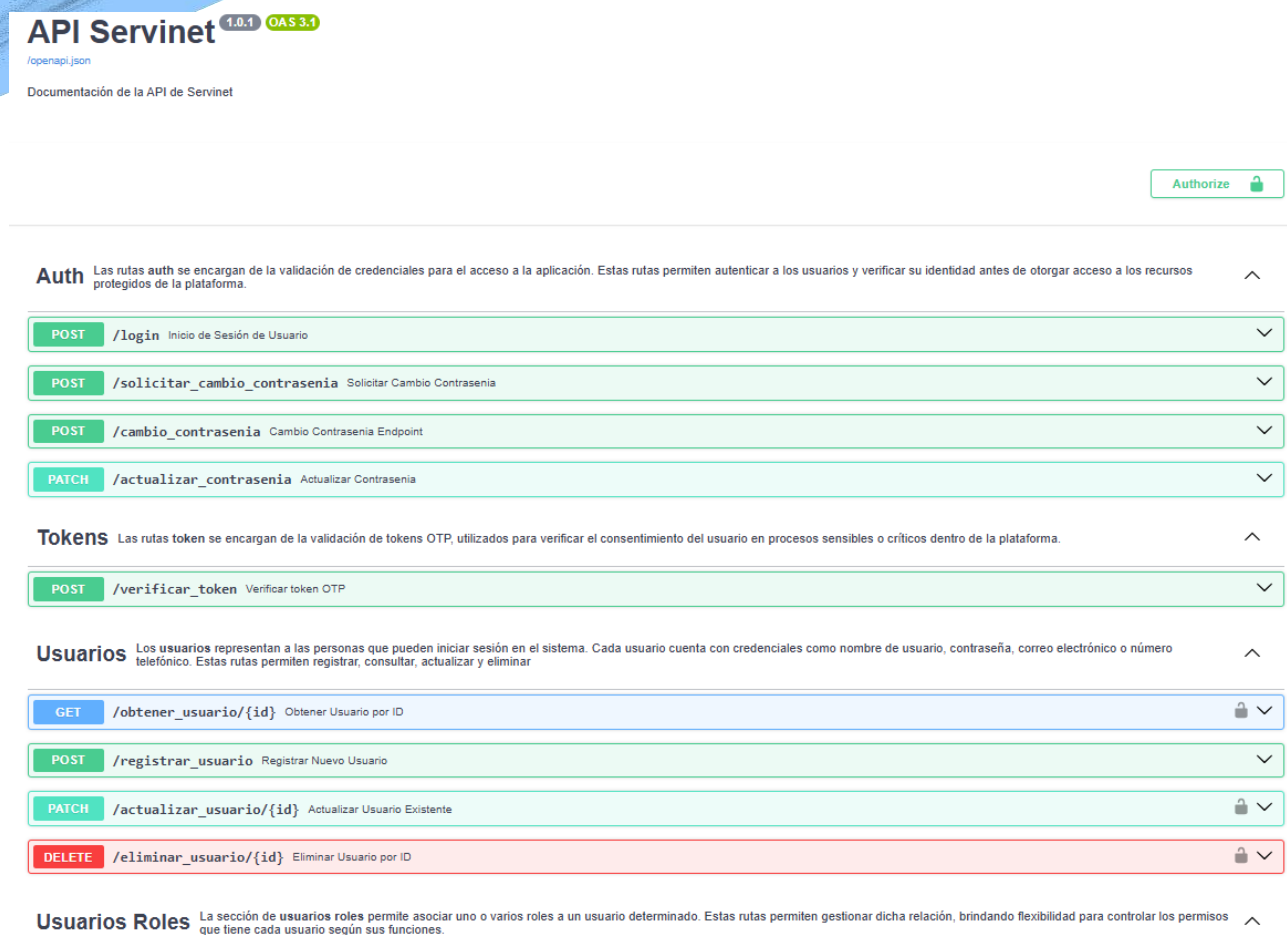
Arquitectura y Modularidad del Sistema

Como resultado de la implementación del backend con FastAPI, se desarrolló un sistema modular, seguro y altamente escalable. Se generó un total de **60 rutas distribuidas en 20 módulos distintos**, cada uno representando una entidad o tabla del sistema. Esta organización modular facilitó el mantenimiento y la escalabilidad del proyecto.

Características de la implementación:

- Las rutas se organizaron mediante etiquetas temáticas, lo que permite una visualización y navegación intuitiva a través de la interfaz Swagger UI.
- Cada módulo (Personas Físicas, Usuarios, Citas, Servicios, entre otros) incluye operaciones CRUD completas “Como se observa en la Figura 9 Swagger UI de la API”:
 - POST para creación de registros
 - GET para listar y obtener registros por ID
 - PUT para actualización de datos
 - DELETE para eliminación de registros

Figura 9
Swagger UI de la API



Fuente: Autoría Propia

Funcionalidades Especializadas Implementadas

Además de las operaciones CRUD básicas, se desarrollaron rutas personalizadas que responden a necesidades específicas del negocio:

- Filtrado por roles: Obtención de usuarios según su perfil (administrador, microempresario, cliente)
- Búsqueda especializada: Consulta de personas físicas mediante CURP
- Gestión de agenda: Consulta de citas por fecha y sucursal
- Filtrado de servicios: Búsqueda por rango de precios con ordenamiento ascendente

Sistema de Seguridad y Autenticación

Se implementó un robusto sistema de seguridad “Como se muestra en la Figura 10 Ejemplo de petición no autorizada y Figura 11 Registro exitoso de Personas” que incluye:

Autenticación JWT:

- Generación de tokens upon inicio de sesión exitoso
- Validación de tokens en cada solicitud a rutas protegidas
- Implementación de HTTPBearer para la protección de endpoints

Figura 10
Ejemplo de petición no autorizada

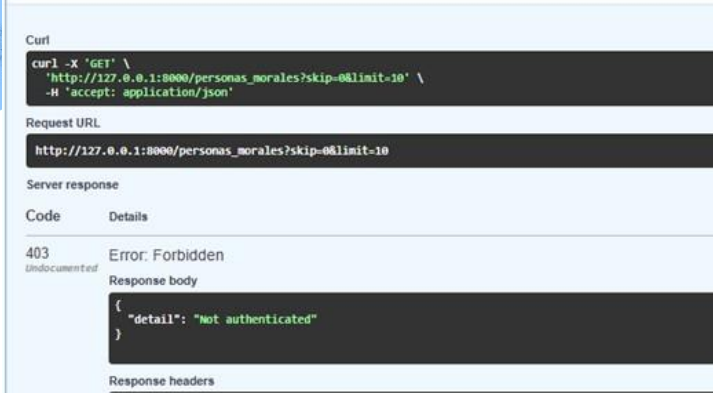
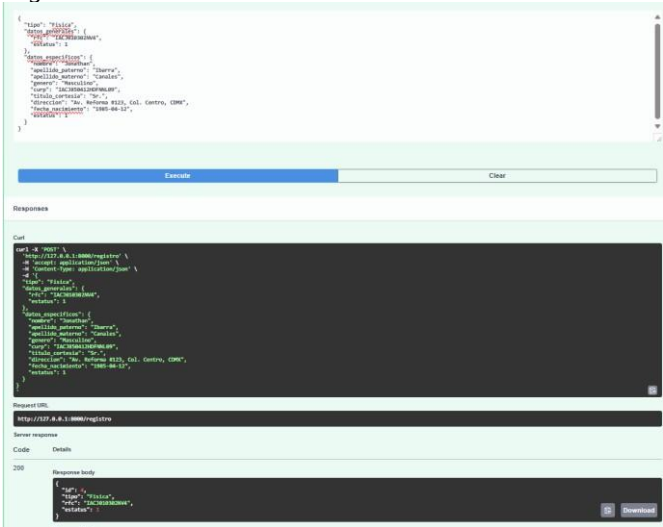


Ilustración 1: Autoría propia

Figura 11
Registro exitoso de Personas



Fuente: Autoría propia.

Control de Acceso Basado en Roles (RBAC):

- Diferenciación de permisos según el tipo de usuario
- Restricción de acceso a funcionalidades sensibles
- Protección de datos confidenciales

Encriptación de Datos:

- Hash seguro de contraseñas utilizando algoritmos robustos “Como se muestra en la Figura 12 Hash de contraseña”.
- Protección de información sensible en la base de datos

Figura 12
Registro exitoso de Personas

Result Grid									
Filter Rows:									
Edit: Export/Import: Wrap Cell Content:									
	id	persona_ID	nombre_usuario	correo_electronico	numero_telefono_movil	contrasenia	estatus	fecha_registro	fecha_ultimo_acceso
▶	1	1	Jana	joan@gmail.com	7761090829	\$2b\$12\$SshXALnf60aL7N4bc6SidecXcYEt0DcFm...	1	2025-04-15 23:05:25	2025-04-15 23:05:25

Fuente: Autoría propia.

Documentación y Pruebas Integradas

Gracias a las capacidades nativas de FastAPI, se logró:

- Documentación automática: disponible en /docs (Swagger UI) y /redoc (Redocly)
- Interfaz interactiva: para probar endpoints sin necesidad de herramientas externas
- Validación en tiempo real: de esquemas de datos y parámetros

Despliegue y Validación en Producción

Para validar el correcto funcionamiento del sistema, se realizó un despliegue integral:

Infraestructura de Base de Datos:

- Implementación en Aiven para MySQL como servicio gestionado “Como se observa en la Figura 13 Despliegue de base de datos en Aiven”.
- Beneficios de alta disponibilidad, respaldos automáticos y seguridad empresarial

Figura 13

Despliegue de base de datos en Aiven

Service	Nodes	Plan	Cloud	Created	Action
 mysql-1df556ba MySQL • Running	 Nodes 1	Free-1-5gb 1 CPU / 1 GB RAM / 5 GB storage	DigitalOcean: nyc United States, New York	28 days ago	...

Fuente: Autoría propia.

Despliegue del Backend:

- Hosting en Render con integración directa desde repositorios GitHub
- Configuración de variables de entorno para diferentes ambientes
- Implementación de CI/CD para actualizaciones automáticas “Como se observa en la Figura 14 Despliegue del Backend en Render”.

Figura 14

Despliegue del Backend en Render

SERVICE NAME	STATUS	RUNTIME	REGION	DEPLOYED
 BackendServinet	✓ Deployed	Python3	Oregon	3h

Fuente: Autoría propia.

Validación Frontend-Backend

Se realizaron pruebas de integración exitosas que demostraron:

- Comunicación efectiva entre frontend y backend
- Manejo apropiado de tokens de autenticación
- Respuesta eficiente en endpoints con filtros complejos
- Gestión adecuada de errores y respuestas HTTP

Eficacia del Sistema Implementado

Los resultados demuestran que el sistema cumple con los objetivos planteados inicialmente:

1. Escalabilidad Comprobada: La arquitectura modular permite añadir nuevas funcionalidades sin afectar el sistema existente
2. Seguridad Robustecida: El sistema de autenticación JWT combinado con el control de roles garantiza la protección de datos sensibles
3. Eficiencia Operativa: Los más de 60 endpoints proporcionan cobertura completa para las operaciones del negocio
4. Mantenibilidad: La documentación automática y código organizado facilitan el mantenimiento y futuras actualizaciones
5. Interoperabilidad: La API RESTful permite integración con múltiples frontends y aplicaciones móviles

La implementación final representa una solución tecnológica integral que aborda las necesidades específicas de microempresarios y prestadores de servicios en el contexto pospandémico actual.

CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de este proyecto, se establecieron objetivos específicos enfocados en la creación de un backend funcional con operaciones CRUD completas, autenticación JWT y encriptación segura de contraseñas. Tras la fase de desarrollo y pruebas, se puede afirmar que estos objetivos se cumplieron satisfactoriamente, materializándose en una API robusta y operativa que incluye más de 60 rutas distribuidas en 20 módulos, un sistema de autenticación y autorización basado en roles con tokens JWT, y la protección de datos sensibles mediante el hashing de contraseñas con Bcrypt.

La finalización de esta primera versión del backend evidenció que el desarrollo de un sistema real es un proceso iterativo. La implementación práctica y las pruebas reales llevaron a la identificación de nuevas propuestas de optimización para endpoints específicos y a ajustes significativos en la lógica del negocio, demostrando que las necesidades se clarifican y refinan al enfrentarse a situaciones concretas.

Uno de los desafíos técnicos más significativos fue la implementación de un endpoint único para la inserción simultánea de datos en dos tablas relacionadas. La superación de este reto requirió un diseño meticuloso de los modelos de datos con SQLAlchemy, una validación rigurosa con Pydantic y la garantía de la transaccionalidad en la base de datos, lo que representó un avance crucial en el dominio de FastAPI y contribuyó a la integridad y confiabilidad del sistema.

Adicionalmente, se abordaron con éxito retos relacionados con la validación de datos, la gestión centralizada de errores y el diseño de una arquitectura de rutas ordenada y lógica. Estos aspectos fueron fundamentales para garantizar la escalabilidad del proyecto y su correcto funcionamiento durante la integración con el frontend y las pruebas en el entorno de nube desplegado en Render con Aiven.

En términos generales, el proyecto no solo satisface los requisitos fundamentales iniciales, sino que proporcionó una comprensión integral del ciclo de vida del desarrollo backend: desde el diseño del modelo de datos y la implementación de lógica de negocio compleja, hasta el despliegue, la documentación automática interactiva y las pruebas en un entorno productivo. Las lecciones aprendidas y las áreas de mejora identificadas, particularmente en la gestión de relaciones complejas y la optimización de consultas, constituyen una base invaluable para futuras iteraciones y el desarrollo de funcionalidades más avanzadas.

REFERENCIAS

- [1] «¿En qué consiste Scrum? - Explicación sobre la metodología Scrum,» [En línea]. Available: <https://goo.su/KU18FC8>.
- [2] C. Staff, «¿Qué es Python y para qué se usa? Guía para principiantes,» 29 Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.coursera.org/mx/articles/what-is-python-used-for-a-beginners-guide-to-using-python>. [Último acceso: Abril 2025].
- [3] «FastAPI,» [En línea]. Available: <https://fastapi.tiangolo.com/es/>. [Último acceso: Abril 2025].
- [4] «Tutorial de SQLAlchemy con ejemplos,» 24 abril 2024. [En línea]. Available: <https://www.datacamp.com/es/tutorial/sqlalchemy-tutorial-examples>. [Último acceso: abril 2025].
- [5] G. Fouz, «Introducción a Pydantic para Principiantes.,» 23 mayo 2024. [En línea]. Available: <https://dev.to/gfouz/introduccion-a-pydantic-para-principiantes-b6l>. [Último acceso: abril 2025].
- [6] «Understand the purpose of Uvicorn in FastAPI applications,» 15 abril 2024. [En línea]. Available: <https://acortar.link/YM9LUF>. [Último acceso: abril 2025].
- [7] G. . C. Cuadrado, «Visual Studio Code: Editor de código para desarrolladores,» 17 septiembre 2024. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>. [Último acceso: abril 2025].
- [8] P. Rysz, «¿Qué es Google Chrome?,» abril 2025. [En línea]. Available: <https://localo.com/es/diccionario-de-marketing/que-es-google-chrome>.
- [9] Soluciones Inába, «Qué es el CMD de Windows y para qué se utiliza,» 25 diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.inabaweb.com/que-es-el-cmd-de-windows-y-para-que-se-utiliza/>. [Último acceso: abril 2025].
- [10] J. «¿Qué es Postman? ¿Cuáles son sus principales ventajas?,» 22 noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://formadoresit.es/que-es-postman-cuales-son-sus-principales-ventajas/>. [Último acceso: abril 2025].
- [11] A. Casero, «¿Qué es Swagger UI? | KeepCoding Bootcamps,» 15 marzo 2025. [En línea]. Available: <https://keepcoding.io/blog/que-es-swagger-ui/>. [Último acceso: abril 2025].
- [12] A. Dzul, «Creación de tokens JWT con python - Pythonízame - Medium,» 26 junio 2025. [En línea]. Available: <https://acortar.link/wlUP22>. [Último acceso: abril 2025].
- [13] N. Yiga, «¿Qué es bcrypt?,» 20 junio 2024. [En línea]. Available: <https://www.skysnag.com/es/blog/what-is-bcrypt/>. [Último acceso: junio 2025].
- [14] E. Jeffrey, «MySQL: qué es y cómo se usa,» 29 agosto 2024. [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/es/mysql/what-is-mysql/>. [Último acceso: abril 2025].
- [15] «Navicat Premium,» [En línea]. Available: <https://www.navicat.com/es/products/navicat-premium>. [Último acceso: abril 2025].
- [16] «Web Services – Render Docs,» [En línea]. Available: <https://render.com/docs/web-services>. [Último acceso: abril 2025].
- [17] «Managed MySQL,» [En línea]. Available: <https://aiven.io/mysql>. [Último acceso: abril 2025].
- [18] M. «¿Qué es Git? - Azure DevOps,» [En línea]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/devops/develop/git/what-is-git>. [Último acceso: abril 2025].
- [19] «Acerca de GitHub y Git - documentación de GitHub,» [En línea]. Available: <https://docs.github.com/es/get-started/start-your-journey/about-github-and-git>. [Último acceso: abril 2025].
- [20] «Patrón Arquitectónico de Capas / Layers,» [En línea]. Available: <https://platzi.com/tutoriales/1248-pro-arquitectura/5439-patron-arquitectonico-de-capas-layers/>. [Último acceso: abril 2025].
- [21] [En línea]. Available: <https://www.python.org/downloads/release/python-3127/>.
- [22] [En línea]. Available: <https://git-scm.com/downloads>.
- [23] [En línea]. Available: <https://github.com/>.
- [24] «venv — Creación de entornos virtuales — documentación de Python - 3.8.20,» [En línea]. Available: <https://goo.su/soif4K>.
- [25] J. Martins, «Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos,» 2 febrero 2025. [En línea]. Available: <https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>. [Último acceso: abril 2025].

Recuperación de áreas verdes por medio de sistema de riego inteligente

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.905

Porfirio Javier Valdés Villarreal Miranda ¹, Miriam Zulema González Medrano ², Jesús Arturo Hernández Soberón ³,
Raúl Zambrano Sandoval⁴, Claudia Elena Seguy Fernandez⁵

¹Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila ,e-mail: jvaldes@utnc.edu.mx

²Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila,e-mail: mgonzalez@utnc.edu.mx

³Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila,e-mail: jsoberon@utnc.edu.mx

⁴Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila,e-mail: rsandoval@utnc.edu.mx

⁵Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila,e-mail: cseguy@utnc.edu.mx

Línea de investigación: Sistemas Mecatrónicos y control de procesos industriales

Resumen

El presente artículo describe el diseño, implementación y evaluación de un sistema automatizado de riego para la recuperación de las áreas verdes ubicadas frente al edificio de la carrera de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila. La problemática principal identificada es el deterioro progresivo de jardines y árboles debido a las condiciones prolongadas de sequía, la escasez de lluvias y la priorización del uso del agua para servicios esenciales como los sanitarios. Esta situación ha generado la necesidad de establecer una solución tecnológica sustentable que permita optimizar el uso del recurso hídrico y favorecer la conservación ambiental dentro del campus. El sistema propuesto se basa en sensores capacitivos de humedad del suelo, un módulo de reloj DS3231 y un controlador Arduino UNO, programado para activar el riego únicamente cuando la humedad desciende por debajo de parámetros establecidos y durante horarios nocturnos. El diseño incluye una red hidráulica conformada por tuberías y 15 aspersores calibrados para operar a 2 bar de presión. El proyecto contempla además la recuperación de tres árboles previamente afectados por la sequía y la siembra de 15 nuevos ejemplares, lo que contribuye a la reforestación institucional y a la mejora del microclima en el entorno inmediato del edificio. La integración de tecnología de bajo costo y fácil mantenimiento permitió desarrollar un prototipo funcional que demuestra eficiencia en la reducción del desperdicio de agua y en el mantenimiento adecuado de la vegetación. Asimismo, el proyecto involucró la participación activa de estudiantes, fortaleciendo las competencias profesionales en áreas de automatización e ingeniería aplicada. Los resultados preliminares evidencian beneficios ambientales, formativos y operativos, consolidando esta propuesta como una alternativa viable y replicable para la gestión inteligente de recursos en instituciones educativas.

Palabras clave: Áreas verdes, Arduino, Riego automatizado, Sensores de humedad, Sustentabilidad

Abstract

This article describes the design, implementation, and evaluation of an automated irrigation system intended for the recovery of green areas located in front of the Mechatronics building at the Technological University of Northern Coahuila. The identified problem arises from prolonged drought, reduced rainfall, and the prioritization of water resources for basic institutional services, which has caused evident deterioration of gardens and trees, negatively affecting the environmental and aesthetic conditions of the campus. Considering this situation, the need for a sustainable solution is established, aiming to optimize water usage through low-cost technologies that ensure vegetation conservation and promote responsible resource-management practices.

The proposed system integrates capacitive soil-moisture sensors, a DS3231 real-time clock module, and an Arduino UNO controller programmed to activate irrigation only when moisture levels fall below established thresholds, prioritizing nighttime irrigation to reduce evaporation. The hydraulic design includes pipe installation and 15 sprinklers calibrated to operate at 2 bar of pressure, delivering approximately 70 liters per hour each. Additionally, the project includes the recovery of three drought-affected trees and the planting of 15 new ones to strengthen institutional reforestation efforts and improve the microclimate of the intervened area.

The implementation of the system has demonstrated its technical and operational feasibility by reducing water waste and promoting the progressive recovery of vegetation. Furthermore, student participation in the project has strengthened professional competencies in automation, electronics, and mechatronic system design. The results reveal environmental, academic, and operational benefits, positioning this proposal as a replicable alternative for other institutional areas and similar contexts where efficient water management is essential.

Keywords: Automated irrigation, Arduino, Green areas, Soil moisture sensors, Sustainability.

INTRODUCCIÓN

Las áreas verdes en instituciones educativas representan elementos esenciales para el bienestar emocional, cognitivo y físico de las comunidades académicas. La vegetación mejora el paisaje, favorece la concentración, reduce el estrés y fortalece la identidad institucional. En la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, las áreas verdes ubicadas frente al edificio de Mecatrónica constituyen un espacio de valor ambiental y simbólico para estudiantes, docentes y visitantes.

Sin embargo, las condiciones prolongadas de sequía en la región han ocasionado un deterioro significativo de la vegetación debido a la disminución de lluvias y a la necesidad institucional de priorizar el uso del agua para servicios sanitarios básicos. Este escenario ha limitado la atención necesaria para el riego de jardines y árboles, provocando afectaciones visibles en al menos tres ejemplares ubicados en la zona intervenida.

Debido a estas condiciones actuales de sequía, los jardines y árboles de nuestra casa de estudios están siendo severamente afectados. La escasez de lluvias ha reducido la disponibilidad de agua, la cual se prioriza para servicios básicos como los sanitarios, dejando sin atención el riego de las áreas verdes. Esta situación hace necesaria la implementación de una solución sustentable que optimice el uso del recurso hídrico y contribuya a conservar los beneficios ambientales, estéticos y psicológicos que estos espacios brindan a la comunidad universitaria. Además, el arbolado contribuye a refrescar el entorno del edificio, lo que mejora las condiciones térmicas y genera un ambiente más propicio para el aprendizaje.

El sistema automatizado propuesto, basado en sensores de humedad y programación horaria nocturna, permite atender de forma eficiente esta problemática. A ello se suma la siembra de 15 nuevos árboles y la recuperación de tres ejemplares existentes, reforzando el compromiso ambiental institucional y promoviendo la conciencia ecológica mediante la participación activa de estudiantes en el desarrollo del proyecto.

El propósito central del proyecto es implementar una solución tecnológica sustentable que permita recuperar las áreas verdes afectadas y promover un uso eficiente del agua mediante automatización y monitoreo inteligente.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de riego automatizado y sustentable en las áreas verdes frente al edificio de Mecatrónica para optimizar el uso del agua y contribuir a la recuperación ambiental del área.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Integrar sensores de humedad del suelo y un módulo de reloj para automatizar el riego según condiciones reales del terreno.
2. Programar horarios nocturnos de riego con el fin de disminuir pérdidas por evaporación.
3. Reducir el consumo hídrico mediante un diseño hidráulico eficiente que permita el uso racional del recurso.
4. Contribuir a la recuperación de tres árboles afectados por sequía mediante la aplicación del sistema automatizado.
5. Fortalecer la reforestación del área mediante la siembra y mantenimiento de 15 nuevos árboles.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es el sistema automatizado de riego, conformado por sensores capacitivos de humedad del suelo, un controlador Arduino UNO, un módulo de reloj DS3231, un módulo de relés para la activación de actuadores hidráulicos y una red de tuberías conectada a microaspersores. El estudio se dirige a analizar su eficiencia, funcionamiento, confiabilidad, capacidad de ahorro hídrico y su impacto en la recuperación vegetal del área intervenida. Su importancia radica en la necesidad de implementar soluciones tecnológicas sustentables que respondan a los retos actuales de sequía y a la demanda institucional de conservación ambiental.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque de desarrollo tecnológico, mediante la aplicación del modelo de prototipo funcional. Esta metodología fue seleccionada debido a su idoneidad para proyectos que requieren iteraciones constantes, integración de componentes electrónicos e instalación de sistemas físicos. Las fases contemplan diseño, construcción, programación, montaje y evaluación del sistema.

Se utilizó una placa Arduino UNO programada en lenguaje C++ mediante el entorno IDE de Arduino. Se integraron sensores capacitivos de humedad para monitorear el nivel de agua en el suelo y un módulo de reloj DS3231 para establecer horarios fijos de riego. El módulo de relés activó una bomba centrífuga y las válvulas hidráulicas para habilitar el flujo de agua hacia 15 aspersores calibrados.

Se documentó todo el proceso mediante fotografías, registros de programación, esquemas electrónicos y pruebas funcionales.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1. Análisis del entorno y diagnóstico

Las ilustraciones muestran de forma clara la programación del sensor de humedad capacitivo, el módulo DS3231 y otros componentes esenciales para garantizar el encendido correcto del sistema, de acuerdo con el horario establecido.

Figura 1
Programación de Arduino Uno

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS3231 rtc;

const int sensor1 = A0;
const int sensor2 = A1;
const int rele1 = 2;
const int rele2 = 3;

int humedad1, humedad2;
int marchitez = 600; // Umbral mínimo de humedad
int capacidadCampo = 300; // Umbral máximo de humedad

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  rtc.begin();
  pinMode(rele1, OUTPUT);
  pinMode(rele2, OUTPUT);
  digitalWrite(rele1, LOW);
  digitalWrite(rele2, LOW);
}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();

  humedad1 = analogRead(sensor1);
  humedad2 = analogRead(sensor2);
```

Fuente propia

Figura 2
Programación de Arduino Uno

```
// Zona 1: 22:00–02:30
if ((now.hour() >= 22 || now.hour() < 2 || (now.hour() == 2 && now.minute() <= 30))) {
    if (humedad1 > marchitez)
        digitalWrite(rele1, HIGH);
    else if (humedad1 < capacidadCampo)
        digitalWrite(rele1, LOW);
    } else {
        digitalWrite(rele1, LOW); // Fuera de horario
    }

// Zona 2: 02:31–07:00
if ((now.hour() == 2 && now.minute() >= 31) || (now.hour() >= 3 && now.hour() < 7)) {
    if (humedad2 > marchitez)
        digitalWrite(rele2, HIGH);
    else if (humedad2 < capacidadCampo)
        digitalWrite(rele2, LOW);
    } else {
        digitalWrite(rele2, LOW); // Fuera de horario
    }

    delay(5000); // lectura cada 5 segundos
}
```

Fuente propia

En la siguiente tabla se presenta la relación entre el caudal de salida (litros por hora), la presión de trabajo y el tipo de boquilla utilizada. En este caso, se emplea la boquilla gris a una presión de 2 bar, la cual proporciona un gasto de 70 litros por hora. Al considerar un total de 12 boquillas, el consumo total equivale a aproximadamente 0.23 litros por segundo.

Tabla 1*Datos de caudal para boquilla gris a 2 bar*

CAUDAL POR BOQUILLA (l/h)								
Color	Caudal (l/h)	boquilla (mm)	Presión (bar)					
			1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Violeta	35	0.82	25	30	35	39	43	46
Marrón	43	0.94	32	37	43	50	55	60
Gris	70	1.16	49	60	70	78	86	93
Verde	105	1.41	74	90	105	117	129	139
Naranja	120	1.50	85	105	120	134	147	159
Amarillo	160	1.73	113	140	160	179	196	212
Azul	200	1.92	141	170	200	224	245	265
Marfil	235	2.07	166	204	235	263	288	311
Rojo	260	2.18	184	225	260	291	318	344
Negro	300	2.34	212	260	300	335	367	397

Fuente: Adaptado de NaanDanjain Ltd, 2011, p. 5

El gráfico representa los umbrales de humedad del suelo en función de su textura y capacidad de retención de agua. Se identifican los niveles críticos de riego: el punto de marchitamiento permanente (PWP) y la capacidad de campo (FC). Estos valores permiten establecer los rangos ideales en los que debe mantenerse la humedad para un desarrollo vegetal saludable. En el contexto del presente proyecto, estos datos se consideran al programar el encendido del sistema automatizado de riego, asegurando que se active solo cuando el suelo esté por debajo del umbral necesario.

Figura 3

Rango óptimo de humedad del suelo según capacidad de campo y punto de marchitamiento



Fuente: <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>

La ilustración muestra los porcentajes ideales de humedad del suelo según su textura (arenosa, limosa o arcillosa). Estos rangos permiten identificar los valores críticos para la programación eficiente de sistemas de riego automatizado. En el presente proyecto, esta información se considera clave para calibrar los sensores de humedad capacitivos, de forma que el sistema se active solo cuando los niveles se aproximen al punto de marchitamiento para el tipo de suelo predominante en la zona intervenida.

Figura 4

Umbral de humedad del suelo según el tipo de textura

Textura	Capacidad del campo (%)	Punto de marchitamiento permanente (%)	Agua total disponible (%)
Arenosa	12	5	7
Limosa	18	8	10
Franco arenosa	23	10	13
Marga	29	13	16
Franco limosa	32	16	16
Franco arcillo arenosa	38	17	21
Arcillo arenosa	34	19	15
Franco arcillosa	31	19	12
Franco arcillo limosa	30	16	14
Limo arcillosa	42	21	21
Arcillosa	42	23	19

Fuente: <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>

DISEÑO DEL PROYECTO

El diseño del sistema de riego automatizado se fundamenta en la integración de sensores de humedad del suelo, controladores electrónicos programables y un sistema de distribución hidráulica eficiente. A continuación, se describen los principales elementos del diseño.

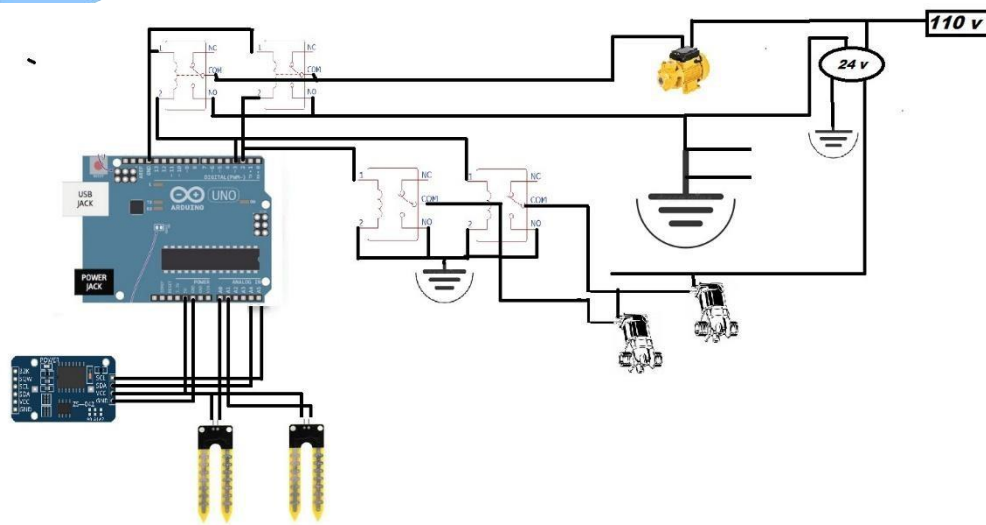
El sistema se compone de los siguientes elementos:

- Unidad de control: Placa Arduino UNO R3, encargada de recibir señales de los sensores y activar los actuadores según los parámetros programados.
- Sensores: Sensores capacitivos de humedad del suelo colocados en puntos estratégicos de las áreas verdes. Estos permiten monitorear en tiempo real el nivel de humedad y determinar cuándo es necesario activar el riego.
- Módulo de reloj (DS3231): Permite establecer un horario fijo de riego (por las noches), evitando la pérdida de agua por evaporación.
- Actuadores: Un módulo de relé de 4 canales que activa la bomba centrífuga y las válvulas electromagnéticas para iniciar o detener el riego.
- Sistema hidráulico: Red de tuberías conectadas a 15 aspersores de microaspersión, con boquillas grises calibradas para trabajar a 2 bar de presión, proporcionando un caudal aproximado de 70 litros por hora por unidad.
- Fuente de energía: Sistema eléctrico a 120 V para la bomba y un convertidor DC para alimentar el Arduino y los sensores.

Fase 2. Diseño electrónico y selección de componentes

El sistema incluye conexiones básicas entre la placa Arduino, los sensores capacitivos de humedad (entrada analógica), el módulo de reloj DS3231 (conexión I2C), el módulo de relés (salidas digitales) y una bomba centrífuga controlada a través de una válvula.

Figura 5
Diagrama eléctrico



Fuente propia

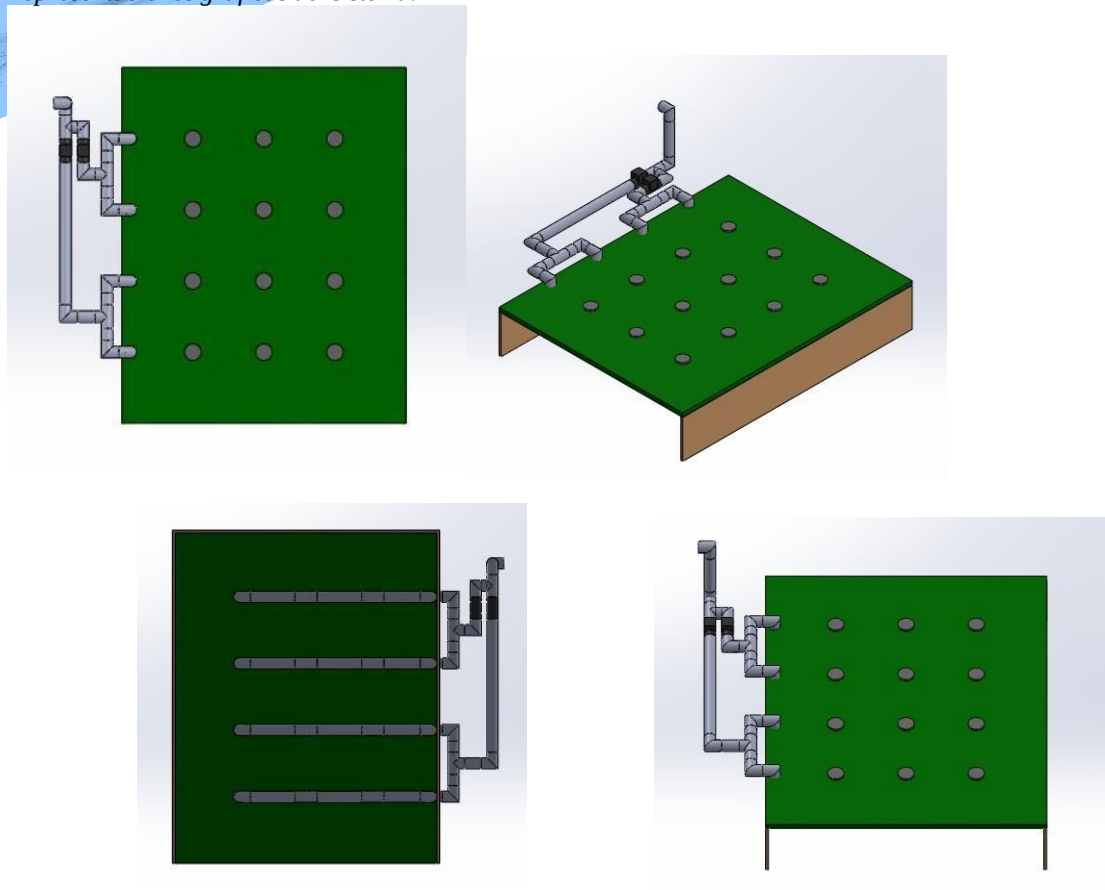
Fase 3. Diseño hidráulico del sistema

El diseño tridimensional de los componentes estructurales del sistema fue realizado en SolidWorks, permitiendo visualizar la distribución espacial del sistema de riego y validar aspectos de ensamblaje y montaje.

A continuación, se muestran las principales representaciones gráficas del sistema:

Figura 6

Representaciones gráficas del sistema:



Fuente propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad técnica y operativa del sistema automatizado. Durante las pruebas iniciales se logró activar el riego únicamente cuando los sensores detectaron niveles bajos de humedad, reduciendo significativamente el desperdicio de agua. La calibración de aspersores a 2 bar permitió mantener una distribución uniforme del recurso hídrico.

La comparación entre el estado inicial del área verde y las observaciones registradas posterior a la instalación revela una mejora en la retención de humedad del suelo y el fortalecimiento del follaje de los árboles intervenidos. Asimismo, se inició la reforestación con 15 nuevos ejemplares, cuyos primeros brotes se han documentado mediante evidencia fotográfica.

La participación estudiantil permitió validar el potencial educativo del proyecto, ya que se aplicaron conocimientos de electrónica, control, diseño mecánico y programación. El sistema representa un modelo replicable para otros espacios del campus que enfrentan condiciones similares.

Fase 4. Instalación física del sistema

Figura 7
Excavación



Fuente Propia

Figura 7
Cierre de las líneas excavadas



Fuente propia

Figura 8
Cierre de las líneas excavadas



Fuente propia

Las siguientes ilustraciones muestran los tres árboles localizados frente al edificio de la carrera de Mecatrónica que presentan signos visibles de afectación por la sequía. Estos ejemplares han sido identificados como prioridad dentro del proyecto debido a su valor ambiental y simbólico en el entorno universitario. Con la implementación del sistema automatizado de riego, se busca contribuir a su recuperación progresiva mediante una distribución eficiente del agua, ajustada a las condiciones reales del suelo. La conservación de estos árboles es parte fundamental del compromiso institucional con el cuidado del entorno natural.

Figura 9
Ejemplares identificados como prioridad dentro del proyecto



Fuente propia

Fase 5. Pruebas finales y evaluación del sistema

Finalmente, las siguientes fotografías muestran el progreso del crecimiento de los árboles plantados, así como el cuidado de los ejemplares identificados como prioridad.

Figura 10

Progreso del crecimiento de los árboles plantados

Fuente propia



CONCLUSIÓN

La implementación del sistema automatizado de riego representa una solución sustentable, eficiente y replicable que contribuye a la conservación de áreas verdes en contextos afectados por sequía. El uso de sensores de humedad y programación nocturna permitió optimizar el consumo de agua y mejorar el estado de los árboles previamente afectados. Además, la instalación de 15 nuevos árboles fortalece la reforestación institucional. El proyecto demuestra beneficios ambientales y formativos al integrar a estudiantes en el diseño y ejecución de una solución tecnológica real, alineada con prácticas responsables de uso del recurso hídrico. Este trabajo evidencia el potencial de la ingeniería mecatrónica aplicada al cuidado ambiental dentro de contextos educativos, demostrando que es posible generar soluciones de bajo costo con impacto directo en la comunidad universitaria y en el bienestar ecológico del entorno.

BIBLIOGRAFÍA

- Cortés, F. M. (s.f.). *Evaluación de sequías hidrogeológicas en el acuífero Allende – Piedras Negras, Coahuila, integrando datos climatológicos, niveles del agua subterránea y anomalías GRACE*. UNAM.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security*. FAO.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Lederbogen, F., et al. (2011). City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature*, 474(7352), 498–501.
- Ltd., N. I. (2011). *Agrolink*. <https://www.agrolinkirriga.com.br/pdf/emissores/NDJ-Cat-Microaspersores-Esp.pdf>
- Zotarelli, L., et al. (2011). *Step by step guide for implementing soil moisture-based irrigation control on vegetable production*. IFAS Extension, University of Florida.

Análisis estadísticos de las variables de temperatura y humedad del invernadero de pitahaya

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.904

Yuridia Ramírez Chocolatl¹, Raúl Alanis Teutle², Mariela Juana Alonso Calpeño³,
Julieta Santander Castillo⁴, Juan Maldonado Montalvo⁵

¹Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: yuridia.ramirez@itsatlixco.edu.mx

²Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: raul.alanis@itsatlixco.edu.mx

³Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: mariela.alonso@itsatlixco.edu.mx

⁴Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: julieta.santander@itsatlixco.edu.mx

⁵Tecnológico Nacional de México / ITS de Atlixco, e-mail: juan.maldonado@itsatlixco.edu.mx

Línea de investigación: Ciencia de datos

Resumen

El presente artículo expone un análisis exhaustivo de las principales variables ambientales que inciden en el cultivo de pitahaya de la variedad undatus dentro del invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, con atención especial en la temperatura y la humedad. Mediante la recopilación sistemática de datos, su procesamiento y un análisis estadístico riguroso, se busca identificar patrones, tendencias y variaciones que influyen directamente en el desarrollo y la productividad del cultivo. Para alcanzar este propósito, se emplea la metodología de ciencia de datos CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), apoyándose en herramientas avanzadas de análisis y modelado estadístico que permiten evaluar la relación entre las condiciones ambientales y el crecimiento de la pitahaya. Asimismo, se implementó un modelo basado en el algoritmo de árbol de decisión, con el propósito de clasificar el riesgo ambiental y evaluar métricas de desempeño como precisión, recall y matriz de confusión. Los resultados obtenidos proporcionan información clave para optimizar las estrategias de manejo ambiental dentro del invernadero, promoviendo una producción más eficiente y sostenible, así como la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

Palabras clave: árbol de decisión, CRISP-DM, pitahaya, variables ambientales.

Abstract

This article presents a comprehensive analysis of the main environmental variables affecting pitahaya cultivation of the undatus variety within the greenhouse of the Atlixco Higher Technological Institute, with particular attention to temperature and humidity. Through systematic data collection, processing, and rigorous statistical analysis, the aim is to identify patterns, trends, and variations that directly influence the crop's development and productivity. To achieve this, the CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) data science methodology is employed, supported by advanced statistical analysis and modeling tools that allow for the evaluation of the relationship between environmental conditions and pitahaya growth. Additionally, a model based on the decision tree algorithm was implemented to classify environmental risk and evaluate performance metrics such as accuracy, recall, and confusion matrix. The results obtained provide key information for optimizing environmental management strategies within the greenhouse, promoting more efficient and sustainable production, as well as evidence-based decision-making.

Keywords: decision tree, CRISP-DM, pitahaya, environmental variables.

INTRODUCCIÓN

Según Grus menciona que “vivimos en un mundo que se está ahogando en datos” (2019, p. 23), donde cada instante se generan volúmenes masivos de información provenientes de diversas fuentes, como dispositivos móviles, redes sociales, sensores inteligentes, transacciones en línea y múltiples plataformas digitales (Joyanes, 2015). La gestión de esta información va más allá de su simple recolección; requiere la aplicación de la ciencia de datos para transformar grandes conjuntos de datos en conocimiento útil y en soluciones procesables para problemas complejos.

En este contexto, resulta esencial aplicar la metodología CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) de la ciencia de datos (Admin., 2024), con el fin de recopilar, depurar y estructurar la información, especialmente aquella obtenida en tiempo real a través de sensores inteligentes. Un adecuado tratamiento de estos datos permite extraer conocimientos valiosos, optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones en diversos sectores, incluyendo la agricultura de precisión. Asimismo, es importante considerar que “un árbol de decisión emplea una estructura en forma de árbol para representar una serie de posibles rutas de ramificación y un resultado para cada ruta” (Grus, 2019, p. 281), lo que lo convierte en una herramienta eficaz para la clasificación y predicción dentro de este tipo de sistemas.

A partir de este enfoque, el presente trabajo detalla el análisis de las variables ambientales clave en el invernadero de pitahaya del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, con especial énfasis en la temperatura y la humedad. Mediante el procesamiento estadístico de los datos recopilados, se busca identificar patrones y tendencias que permitan comprender su impacto en la productividad del cultivo. Para ello, se emplearán herramientas avanzadas de análisis de datos como Python y sus bibliotecas especializadas (Pandas, NumPy, Matplotlib y Seaborn), que facilitarán la organización, visualización y modelado de la información. Asimismo, se aplicará el algoritmo de árbol de decisión para clasificar el nivel de riesgo ambiental y evaluar métricas de precisión, recall y matriz de confusión, con el propósito de evaluar la relación existente entre la temperatura, la humedad y el crecimiento de la pitahaya. Los resultados permitirán determinar las condiciones óptimas para maximizar el rendimiento del cultivo y mejorar el control ambiental dentro del invernadero.

DESARROLLO

En este apartado se describe el desarrollo del proyecto, fundamentado en los principios de la ciencia de datos. Al mismo tiempo, resulta importante considerar las características agronómicas y nutricionales de la pitahaya, conocida comúnmente como fruta del dragón, ya que estas condicionan los parámetros de cultivo y el diseño experimental. La humedad y la temperatura son factores determinantes que influyen en la germinación de las especies de pitahaya; por ello, es esencial evaluar tanto temperaturas constantes como alternas, así como la humedad, con el fin de identificar las condiciones más favorables para la germinación de las semillas (Verona, Urcia y Paucar, 2020).

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general: Aplicar un análisis estadístico integral de las variables ambientales de temperatura y humedad, con el propósito de evaluar su impacto en el desarrollo del cultivo de pitahaya dentro del invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco.

Objetivos específicos:

1. Recopilar datos de temperatura y humedad en el invernadero de pitahaya durante un período específico, utilizando un dispositivo inteligente de monitoreo.
2. Procesar y analizar estadísticamente los datos obtenidos para identificar patrones de comportamiento.
3. Visualizar los datos a través de graficas que permitan interpretar los resultados y toma de decisiones.
4. Proponer ajustes específicos en la gestión del invernadero basados en los resultados del análisis estadístico, con el objetivo de optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas de pitahaya.

OBJETO DE ESTUDIO

Actualmente, en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco, se encuentra un invernadero destinado al cultivo de aproximadamente 55 plantas de pitahaya. Estas presentan distintos tamaños, que van desde los 30 cm hasta los 2 m de altura. Según su desarrollo, cada planta posee un número variable de vainas ramificadas y flores hermafroditas de entre 10 y 20 cm de longitud. Hasta el momento, han producido 40 frutos de pitahaya roja con pequeñas semillas negras con un peso promedio de 20 gramos a 300 gramos. El invernadero cuenta con un suelo salino adecuado, así como una buena ventilación e iluminación, factores que han favorecido una cosecha óptima como se muestra en la figura 1. Sin embargo, no se dispone de un sistema de monitoreo para la temperatura y la humedad, condiciones esenciales para el crecimiento óptimo de la pitahaya, la cual prospera en climas cálidos y secos, con temperaturas óptimas entre 20 y 30 °C.

Figura 7
Invernadero de Pitahaya.



Fuente: Elaboración propia.

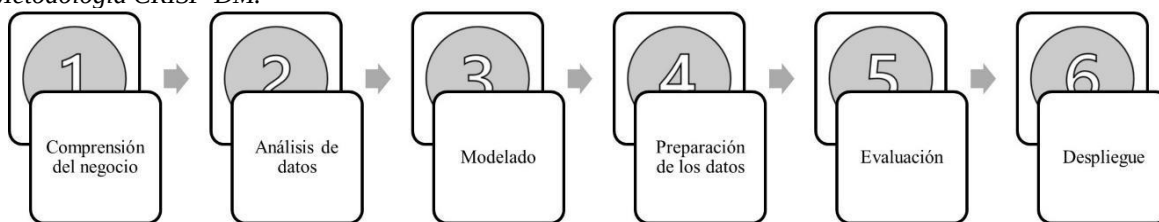
METODOLOGÍA

En esta sección se describe la metodología CRISP-DM, la cual proporciona un marco estructurado para la comprensión, preparación, modelado y evaluación de los datos correspondientes a las variables de temperatura y humedad en el invernadero de pitahaya. “La metodología CRISP-DM es una de las más empleadas actualmente para el desarrollo de proyectos de minería de datos” (Zúñiga, 2020, p. 2).

En este estudio, cada fase se aplica de manera específica al contexto agrícola del cultivo de pitahaya, con el objetivo de identificar patrones ambientales, prevenir riesgos fitosanitarios como la proliferación de hongos y optimizar el microclima del invernadero. En la figura 2 se presentan las fases que conforman esta metodología.

Figura 8

Fases de la Metodología CRISP-DM.



Fuente: Elaboración propia.

FASES DEL DESARROLLO

Comprensión del negocio

El cultivo de pitahaya en invernaderos constituye una actividad agrícola de alto valor económico que demanda un control ambiental preciso para maximizar tanto la productividad como la calidad del fruto (Verona, Urcia y Paucar, 2020). La pitahaya es una especie cactácea que requiere condiciones específicas de temperatura y humedad para su desarrollo óptimo: temperaturas diurnas entre 20 °C y 30 °C, nocturnas no inferiores a 16 °C, y niveles de humedad relativa entre 60 % y 80 % (InfoAgronomo, 2019). El mantenimiento inadecuado de estos parámetros puede generar efectos adversos como estrés térmico, aparición de enfermedades fúngicas, reducción de la floración, caída prematura de frutos y una disminución significativa en los rendimientos por planta.

En este contexto, el problema identificado consiste en la falta de un sistema automatizado que permita monitorear y analizar de forma continua las variables ambientales críticas dentro del invernadero, lo que dificulta mantener las condiciones ideales de cultivo. Por ello, el objetivo empresarial se orienta a incrementar la productividad y sostenibilidad del sistema mediante un control ambiental más eficiente. Dicho objetivo se traduce en objetivos técnicos, como el desarrollo de un modelo de monitoreo y análisis de datos que registre en tiempo real la temperatura y la humedad, aplicando técnicas de ciencia de datos para interpretar su comportamiento.

Comprensión de los datos

En la fase de comprensión de los datos, se llevó a cabo la recolección, exploración inicial y validación de la calidad de la información ambiental obtenida dentro del invernadero de pitahaya. En la figura 3 se muestra la implementación del dispositivo automatizado para

el monitoreo ambiental, el cual permitió la recolección sistemática de datos con una frecuencia de muestreo de 15 minutos, aproximadamente 65 lecturas diarias por variable. La adquisición de datos se efectuó durante tres periodos consecutivos: de septiembre a diciembre de 2024 (7,880 lecturas), de enero a abril de 2025 (30,519 lecturas) y de mayo a agosto de 2025 (45,832 lecturas), sumando un total de 84,231 observaciones por cada variable monitoreada (temperatura y humedad). Esta frecuencia resultó adecuada para capturar las variaciones microclimáticas críticas, considerando que los cambios de temperatura y humedad en invernadero se presentan típicamente en intervalos de 10 a 20 minutos.

Los datos fueron recolectados mediante sensores DS18B20, empleados para la medición precisa de la temperatura ($\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), y sensores DHT11, utilizados para registrar simultáneamente temperatura (rango de 0 a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, precisión $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (20 –90 %, precisión $\pm 5\text{ }%$). El sensor DS18B20 se utilizó como referencia para realizar una validación cruzada de los valores obtenidos por el DHT11, garantizando la consistencia y fiabilidad del conjunto de datos.

Figura 9

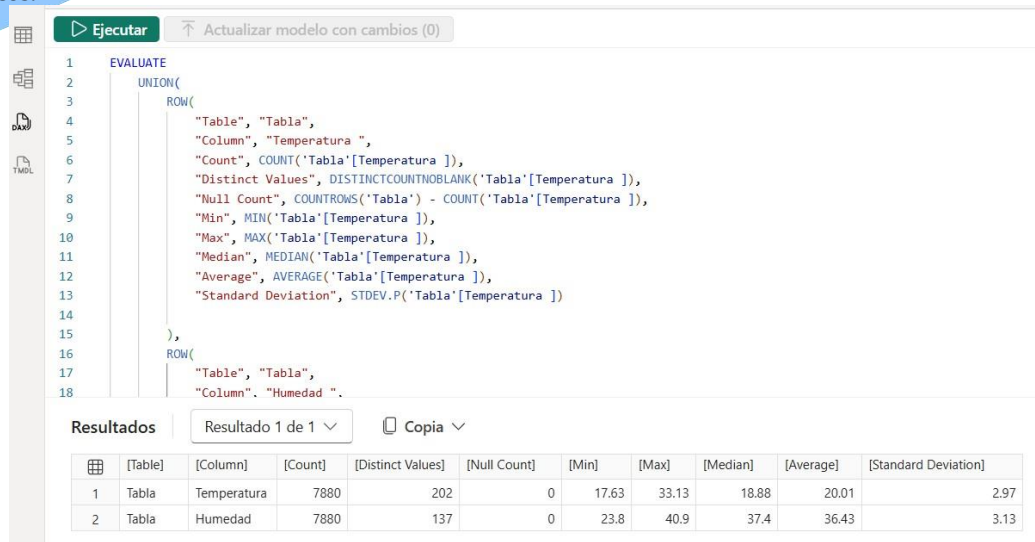
Dispositivo Automatizado para el Monitoreo Ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la exploración inicial se aplicaron análisis estadísticos descriptivos al periodo comprendido entre septiembre y diciembre de 2024, el cual incluía 7,880 lecturas procesadas mediante la herramienta Power Bi. Este análisis permitió identificar la estructura general del conjunto de datos, las fluctuaciones diarias de las variables ambientales y la presencia de posibles valores atípicos. Asimismo, se llevó a cabo una verificación de la calidad de los registros, detectando y corrigiendo datos incompletos o inconsistentes ocasionados por interferencias en los sensores. Estas acciones permitieron conformar una base de datos limpia, coherente y adecuada para los análisis posteriores de correlación y modelado predictivo de las condiciones ambientales del invernadero, como se muestra en la figura 4.

Figura 10
Análisis Estadísticos.



Fuente: Elaboración propia.

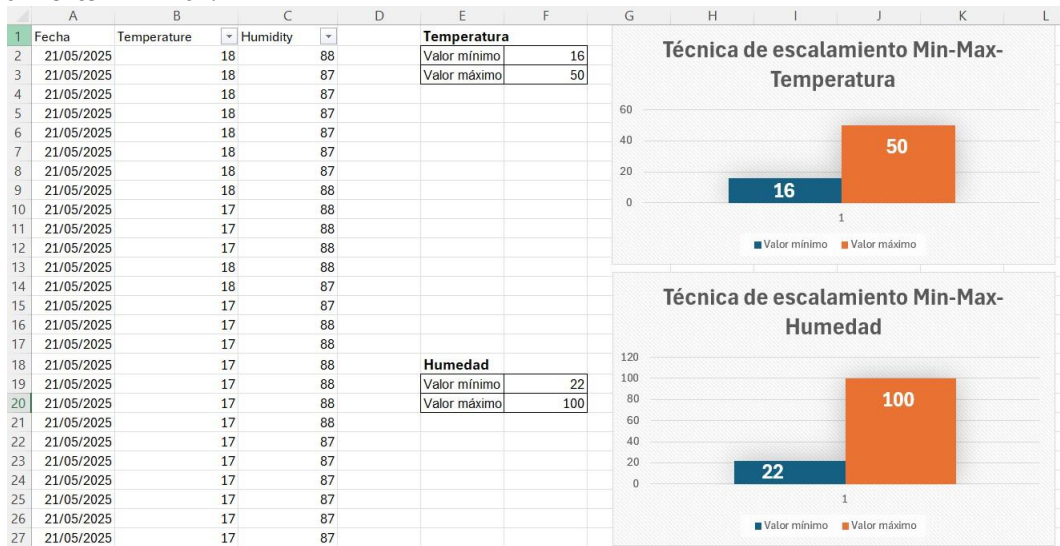
Preparación de los datos

En esta etapa se realizaron los procesos de limpieza, transformación y conformación del conjunto de datos final que será utilizado para el modelado estadístico y la correlación de variables, utilizando la herramienta de Excel.

Durante el proceso de limpieza de datos, se identificaron 42 valores nulos (NaN) y 235 valores atípicos dentro de un conjunto de 45,832 registros correspondientes al periodo de mayo a agosto de 2025, lo que representa aproximadamente el 0.51 % del total. El análisis confirmó que no existían registros vacíos ni duplicados, lo que garantiza la integridad y consistencia del conjunto de datos.

Posteriormente, en la fase de transformación de datos, se normalizaron los valores mediante la técnica de escalamiento Min-Max, con el fin de ajustar las magnitudes de ambas variables dentro de un rango, como se muestra en la figura 5. Este proceso permitió mejorar la comparabilidad entre variables y optimizar el desempeño de los modelos de correlación y análisis estadístico.

Figura 11
Técnica de Escalamiento Min-Max.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se llevó a cabo la construcción del conjunto de datos final, conformado por observaciones limpias, validadas y escaladas de temperatura y humedad. Este conjunto fue estructurado en formato tabular para su posterior procesamiento con las bibliotecas especializadas de Python (Pandas, NumPy, Seaborn y Scikit-learn), asegurando su compatibilidad con las fases siguientes de modelado y evaluación dentro de la metodología CRISP-DM.

Modelado

En la fase de modelado se seleccionó el algoritmo de árboles de decisión debido a su capacidad para representar de manera intuitiva las relaciones no lineales entre las variables ambientales y los estados de riesgo. Este modelo permite clasificar los niveles de riesgo asociados a la humedad y la temperatura, identificando umbrales críticos que pueden comprometer el desarrollo óptimo del cultivo. Además, facilita la predicción de condiciones futuras, brindando información útil para que los responsables del invernadero tomen decisiones oportunas sobre el riego o la ventilación, con el fin de mantener un microclima estable. El modelo fue entrenado con un conjunto de 84,231 registros correspondientes a los periodos de septiembre a diciembre de 2024, enero a abril de 2025 y mayo a agosto de 2025, realizando los ajustes necesarios para optimizar su desempeño y mejorar la precisión de las predicciones.

Evaluación

En el invernadero se observan patrones diarios característicos en las variables ambientales de temperatura y humedad. La temperatura inicia alrededor de 16 °C por la mañana, asciende hasta un pico de entre 30 y 33 °C entre las 12:00 y las 15:00 horas y desciende nuevamente durante la noche. La humedad relativa, por su parte, se mantiene elevada al amanecer entre 70 % y 90 %, disminuye a rangos de 40 % a 60 % en las horas más cálidas y vuelve a aumentar hacia el anochecer. De manera estacional, en primavera y verano las temperaturas diurnas oscilan entre 26 °C y 33 °C con humedades relativamente bajas (45 %–55 %), mientras que en otoño e invierno las temperaturas son más estables, entre 18 °C y 26 °C, y la humedad aumenta a valores de 60 % a 85 %, elevando el riesgo de enfermedades fúngicas si no se garantiza una adecuada ventilación.

En la tabla 1 se presenta el análisis comparativo entre estas condiciones ambientales registradas y los rangos ideales para el cultivo de pitahaya. Los resultados muestran que la temperatura del invernadero se mantiene, en general, dentro de los valores óptimos para el desarrollo del cultivo; sin embargo, los picos máximos de entre 30 y 33 °C requieren ventilación para evitar estrés térmico. En cuanto a la humedad relativa, durante el día permanece en un rango adecuado, pero los valores elevados al amanecer y durante la noche que alcanzan hasta 90 %, superan los niveles recomendados y pueden incrementar el riesgo de enfermedades fúngicas y bacterianas. Estos hallazgos permiten identificar los momentos del día y las estaciones del año que demandan un mayor control ambiental para optimizar el manejo del cultivo.

Tabla 2
Condiciones Ideales de Temperatura y Humedad para Pitahaya.

Condición		Valores observados en el invernadero	Rangos ideales para pitahaya	Interpretación / Observación
Temperatura diaria	mínima	16 °C	18–25 °C	Ligeramente baja; puede ralentizar el metabolismo y el crecimiento.
Temperatura diaria	máxima	30–33 °C	26–32 °C	Generalmente dentro del rango óptimo; valores de 33 °C pueden causar estrés térmico ligero.
Temperatura diurna en primavera–verano		26–33 °C	26–32 °C	Mayormente ideal; temperaturas superiores a 32 °C requieren ventilación.
Temperatura diurna en otoño–invierno		18–26 °C	18–28 °C	Totalmente dentro del rango ideal para mantenimiento y crecimiento moderado.
Humedad relativa al amanecer		70–90%	60–80%	Ligeramente alta; riesgo moderado a alto de hongos si no hay ventilación.
Humedad relativa diurna (horas cálidas)		40–60%	40–60%	Ideal para fotosíntesis y control de enfermedades.
Humedad relativa nocturna		70–90%	60–80%	En exceso del rango ideal; favorece enfermedades como Erwinia y hongos.
Humedad en primavera–verano		45–55%	40–60%	Adecuada; condiciones favorables para floración y fructificación.
Humedad en otoño–invierno		60–85%	60–80%	En límites superiores e incluso por encima; requiere mayor ventilación.

Fuente: Elaboración propia.

Despliegue

En la fase de despliegue, el modelo basado en el algoritmo de árbol de decisión empleado para clasificar el riesgo ambiental y evaluar métricas como precisión, recall y matriz de confusión, el cual requiere un proceso continuo de monitoreo, validación y mantenimiento con el fin de garantizar su funcionamiento adecuado y realizar los ajustes pertinentes conforme se incorporan nuevos datos al sistema. En la figura 6 se muestran las librerías empleadas para entrenar el algoritmo de clasificación, tomando como referencia el archivo LibroFinal.xlsx correspondiente al conjunto de datos. Asimismo, se presenta la definición de la función utilizada para clasificar el nivel de riesgo asociado a las variables de temperatura y humedad, la cual sirve como base para la construcción del modelo de árbol de decisión.

Figura 12
Código en Lenguaje Python.

```
7 import numpy as np
8 from sklearn.model_selection import train_test_split
9 from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier, plot_tree
10 from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
11 from sklearn.metrics import accuracy_score, classification_report, confusion_matrix
12 import numpy as np
13 import seaborn as sns
14 import matplotlib.pyplot as plt
15
16 # 1. Cargar los datos desde el archivo Excel
17 df = pd.read_excel("LibroFinal.xlsx")
18 df["Temperature"] = pd.to_numeric(df["Temperature"], errors="coerce")
19 df["Humidity"] = pd.to_numeric(df["Humidity"], errors="coerce")
20
21 # 2. Crear etiquetas de riesgo basadas en temperatura y humedad
22 def clasificar_riesgo(temp, hum): 1 usage
23     if hum<40:
24         return "Riesgo de sequedad (activar riego)"
25     elif hum>80:
26         return "Riesgo de exceso de humedad (ventilar)"
27     elif temp>35:
28         return "Riesgo térmico alto (ventilar)"
29     elif temp<15:
30         return "Riesgo térmico bajo (calentar)"
31     else:
32         return "Condición óptima"
33
34 df["Estado"] = df.apply(lambda x: clasificar_riesgo(x["Temperature"], x["Humidity"]), axis=1)
```

Fuente: Elaboración propia.

Si bien un árbol de decisión puede alcanzar una alta precisión al predecir el comportamiento del conjunto de datos de entrenamiento en este caso, las variables de temperatura y humedad del invernadero de pitahaya, es fundamental reconocer que dicho desempeño no siempre se generaliza a escenarios operativos reales, donde pueden presentarse variaciones ambientales no contempladas durante el entrenamiento. Para fines demostrativos, el modelo se construyó utilizando el conjunto de datos disponible, integrado por 84,232 registros; no obstante, para obtener un modelo más robusto y confiable, sería indispensable ampliar la base de datos y realizar una división adecuada en subconjuntos de entrenamiento, validación y prueba, lo que permitiría evaluar su rendimiento general.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados obtenidos mediante la implementación del algoritmo de árbol de decisión, se presenta un desempeño sobresaliente del modelo como se muestra la figura 7. El reporte de clasificación evidencia que todas las categorías: Condición óptima, Riesgo de exceso de humedad (ventilar), Riesgo de sequedad (activar riego), Riesgo térmico alto (ventilar) y Riesgo térmico bajo (calentar), alcanzaron valores de precisión, recall y f1-score iguales a 1.00. Esto indica que el modelo logró clasificar correctamente la totalidad de los casos dentro del conjunto de datos evaluado, sin errores de predicción para ninguna de las clases. Asimismo, la exactitud global (accuracy) registrada fue de 1.00, reforzando la fiabilidad del algoritmo sobre los datos proporcionados. Adicionalmente, se realizó una prueba de predicción para una condición futura con valores de temperatura de 38 °C y humedad relativa del 45 %. El modelo clasificó este escenario como riesgo térmico alto, recomendando la ventilación del invernadero como acción correctiva. Este resultado demuestra la capacidad del modelo para apoyar la toma de decisiones operativas en tiempo real, especialmente en situaciones que pueden comprometer el desarrollo óptimo del cultivo de pitahaya.

Figura 13
Reporte de Clasificación.

Precisión general del modelo: 1.000

Reporte de clasificación:

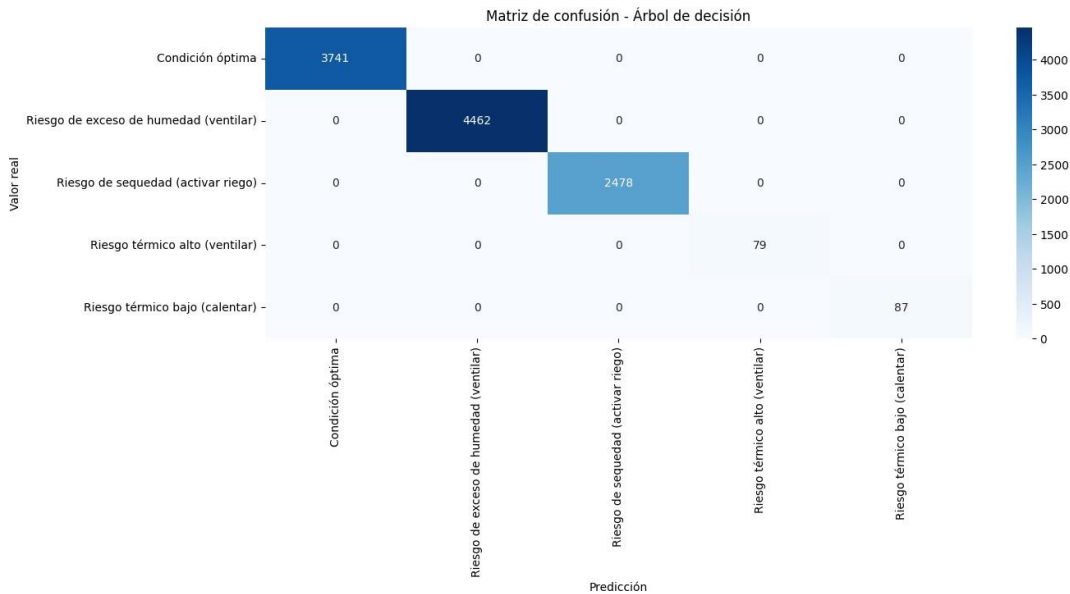
	precision	recall	f1-score	support
Condición óptima	1.00	1.00	1.00	3741
Riesgo de exceso de humedad (ventilar)	1.00	1.00	1.00	4462
Riesgo de sequedad (activar riego)	1.00	1.00	1.00	2478
Riesgo térmico alto (ventilar)	1.00	1.00	1.00	79
Riesgo térmico bajo (calentar)	1.00	1.00	1.00	87
accuracy			1.00	10847
macro avg	1.00	1.00	1.00	10847
weighted avg	1.00	1.00	1.00	10847

Predicción para condición futura (T=38°C, H=45%): Riesgo térmico alto (ventilar)

Fuente: Elaboración propia.

La matriz de confusión obtenida para el modelo de árbol de decisión muestra un desempeño excepcional en la clasificación de los estados de riesgo ambiental asociados a la temperatura y la humedad del invernadero de pitahaya. Como se observa en la figura 8, todas las predicciones coinciden plenamente con los valores reales, ubicándose los datos exclusivamente sobre la diagonal principal. Esto indica que el modelo clasificó correctamente cada una de las cinco categorías: condición óptima, riesgo de exceso de humedad, riesgo de sequedad, riesgo térmico alto y riesgo térmico bajo. Los valores registrados 3,741, 4,462, 2,478, 79 y 87 respectivamente, confirman que no se presentaron falsos positivos ni falsos negativos. Este comportamiento refuerza los resultados del reporte de clasificación y evidencia que el algoritmo logró aprender de forma precisa los patrones presentes en el conjunto de datos, siendo capaz de distinguir adecuadamente cada condición ambiental relevante para la gestión del cultivo.

Figura 14
Matriz de Confusión - Árbol de Decisión.

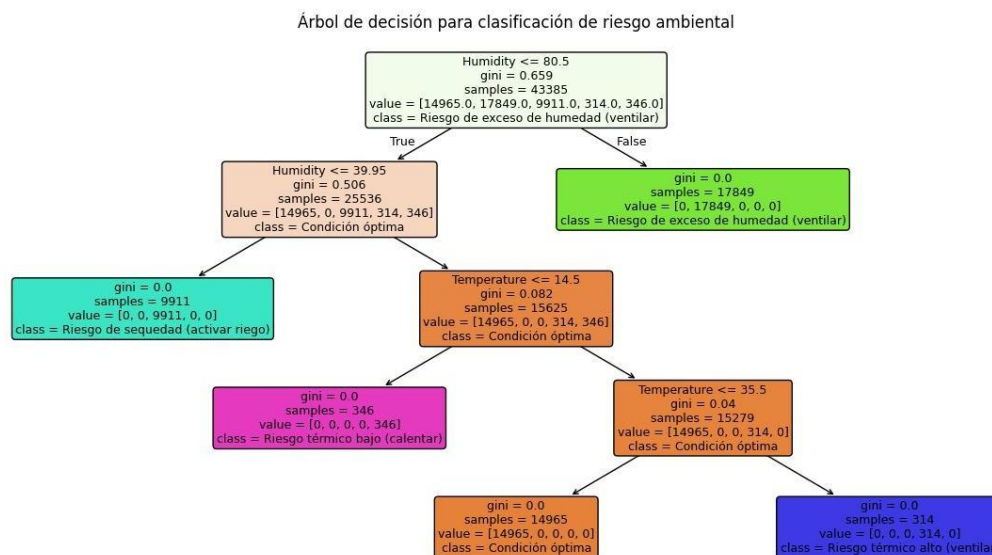


Fuente: Elaboración propia.

La figura 9 muestra el árbol de decisión generado para la clasificación del riesgo ambiental en el invernadero, basado en las variables de temperatura y humedad. El modelo inicia evaluando el nivel de humedad como criterio principal, separando condiciones de exceso de humedad y escenarios de riesgo o estabilidad. A partir de estos nodos, el árbol continúa dividiéndose mediante umbrales específicos de humedad y temperatura, lo que permite identificar cinco clases: condición óptima, riesgo de exceso de humedad, riesgo de sequedad, riesgo térmico alto y riesgo térmico bajo. Cada nodo presenta métricas como el índice Gini, el número de muestras y la distribución por clase, evidenciando un modelo altamente determinístico que logra separaciones puras en la mayoría de los nodos terminales.

Figura 15

Árbol de Decisión para Clasificación de Riesgo Ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

El análisis estadístico realizado sobre las variables de temperatura y humedad en el invernadero de pitahaya undatus del Instituto Tecnológico Superior de Atlixco permitió cumplir satisfactoriamente los objetivos planteados. La recopilación sistemática de datos mediante un dispositivo inteligente de monitoreo posibilitó identificar patrones ambientales clave para el desarrollo del cultivo. Los resultados evidenciaron que las condiciones térmicas entre 26 y 36 °C y una humedad relativa superior al 50%, características de la temporada de lluvias, favorecieron de manera significativa el vigor vegetativo, el incremento de ramas y la mejora en el tamaño y cantidad de frutos por planta. Asimismo, el aumento del fotoperiodo después de marzo y la interacción entre temperatura y humedad demostraron ser factores determinantes para la floración, la viabilidad del polen y el proceso de fructificación.

El procesamiento y visualización de los datos permitieron observar diferencias importantes entre variedades, destacándose que pitahaya undatus no presentó afectaciones notables, mientras que la variedad roja mostró una floración limitada y escasa producción de frutos atribuida principalmente a la falta de polinización. Los ajustes de manejo implementados, como la aplicación de riegos semanales de 10 a 20 litros por planta, contribuyeron a mejorar el estado general del cultivo.

En cuanto al análisis computacional, la implementación del algoritmo de árbol de decisión mostró un desempeño sobresaliente. En el reporte de clasificación se evidencia que todas las categorías: Condición óptima, Riesgo de exceso de humedad (ventilar), Riesgo de sequedad (activar riego), Riesgo térmico alto (ventilar) y Riesgo térmico bajo (calentar), alcanzaron valores de precisión, recall y f1-score iguales a 1.00. Esto refleja que el modelo clasificó correctamente la totalidad de los casos dentro del conjunto de datos evaluado, sin errores de predicción en ninguna clase. Dicho resultado confirma la pertinencia del modelo para apoyar la toma de decisiones y generar alertas tempranas en la gestión del invernadero.

No obstante, el estudio también reveló limitantes asociadas al deterioro del invernadero, incluyendo daños en el plástico que permitieron el ingreso de aves y la aparición de enfermedades causadas por Erwinia, además de una baja presencia del gusano barrenador que redujo el rendimiento en plantas afectadas. Estos hallazgos confirman que una gestión ambiental más estricta y un mantenimiento adecuado de la infraestructura habrían mitigado las pérdidas registradas.

En conjunto, el análisis estadístico, la modelación computacional y la interpretación de los resultados respaldan la importancia de monitorear continuamente las variables ambientales y realizar ajustes oportunos en la gestión del invernadero para optimizar las condiciones de crecimiento de la pitahaya. Los resultados obtenidos constituyen una base sólida para futuras mejoras en las estrategias de producción y para la toma de decisiones orientadas a incrementar la eficiencia y el rendimiento del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Admin. (21 de diciembre de 2024). Data Science Methodologies and Frameworks Guide. Recuperado de Data Science PM: <https://www.datascience-pm.com/data-science-methodologies/>
- Grus, J. (2019). Ciencia de datos desde cero Principios básicos con Python. Anaya multimedia.
- InfoAgronomo. (15 de febrero de 2019). Manual técnico de cultivo de Pitahaya. Recuperado de <https://infoagronomo.net/manual-tecnico-de-cultivo-de-pitahaya/>
- Joyanes, L. (2015). Big Data Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones. México: Alfaomega.
- Verona R., A.; Urcia C., J.; & Paucar M., L. M. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. Scientia Agropecuaria, 439-453.
- Zúñiga, J. J. (2020). Aplicación de metodología CRISP-DM para segmentación geográfica de una base de datos pública. Ingeniería, investigación y tecnología, 17.

Convertidor de potencia (CD-CD) elevador boost para aplicaciones en energías renovables

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.906

Rodríguez Rodríguez Miguel Ángel ¹, García Pérez Emilio Netzahualcóyotl ²,
Silvia Cecilia Carrillo Mastache ³, Hanoi Abdel Pérez Ramírez ⁴

¹ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, miguel.rodriquez@utng.edu.mx

² Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, emilio.garciap@utng.edu.mx

³ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, smastache@utng.edu.mx

⁴ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, hanoi@utng.edu.mx

Línea de investigación: Eléctrica

Resumen

Actualmente se encuentran diferentes tipos de convertidores de Potencia (CD-CD) estandarizados para aplicaciones en Energías Renovables, sin embargo, tienen la principal desventaja que, a partir de las consideraciones iniciales de potencia de las etapas en las que se encuentran trabajando, en algunos casos, no pueden adaptarse a las características eléctricas que se demanda, y, en consecuencia, la eficiencia en la transformación y el aprovechamiento de la energía disminuye. Con el diseño, simulación e implementación del Convertidor de Potencia (CD-CD) Elevador Boost que se pretende implementar, podría establecer una guía en el acondicionamiento de potencia en las diferentes etapas utilizadas en energías renovables (Sistemas Fotovoltaicos, Eólicos y Fuentes conmutadas, etc.). El convertidor elevador (Boost) a diseñar, deberá trabajar en el modo de conducción continua, tener una tensión de alimentación de 24 V para obtener una tensión de salida de 100 V a una potencia nominal de 100 W, respectivamente trabajar con una frecuencia de conmutación de 25 kHz, con un valor de capacitancia e inductancia calculados a partir de los parámetros anteriores. Además, se determinaron: el ciclo de trabajo; la corriente promedio en el inductor; el incremento en la corriente del inductor en porcentaje; la corriente pico en el inductor; el incremento en el voltaje del capacitor; la resistencia equivalente de salida.

Este convertidor se aplicará en las prácticas de laboratorio en la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, en los programas académicos de Ingeniería en Energías Renovables y TSU en Energías Renovables, aplicando dicho convertidor como etapa de diseño de Sistemas Fotovoltaicos.

Palabras clave: elevador boost, convertidor de potencia, energías renovables

Abstract

Currently, there are different types of standardized DC-DC power converters used in Renewable Energy applications. However, they present the main disadvantage that, based on the initial power considerations of the stages in which they operate, in some cases, they cannot adapt to the required electrical characteristics. Consequently, the efficiency in energy conversion and utilization decreases. Through the design, simulation, and implementation of the Boost DC-DC Power Converter proposed in this work, a guideline could be established for power conditioning in the various stages used in renewable energy systems (Photovoltaic Systems, Wind Systems, and Switched Power Supplies, etc.). The Boost converter to be designed must operate in continuous conduction mode, have an input voltage of 24 V, and provide an output voltage of 100 V at a nominal power of 100 W. It should operate at a switching frequency of 25 kHz, with capacitance and inductance values calculated based on the above parameters. Additionally, the following were determined: the duty cycle, the average current in the inductor, the percentage increase in inductor current, the inductor peak current, the voltage ripple in the capacitor, and the equivalent output resistance.

This converter will be applied in laboratory practices at the Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, within the academic programs of Renewable Energy Engineering and TSU in Renewable Energies, implementing the converter as a design stage in Photovoltaic Systems

INTRODUCCIÓN

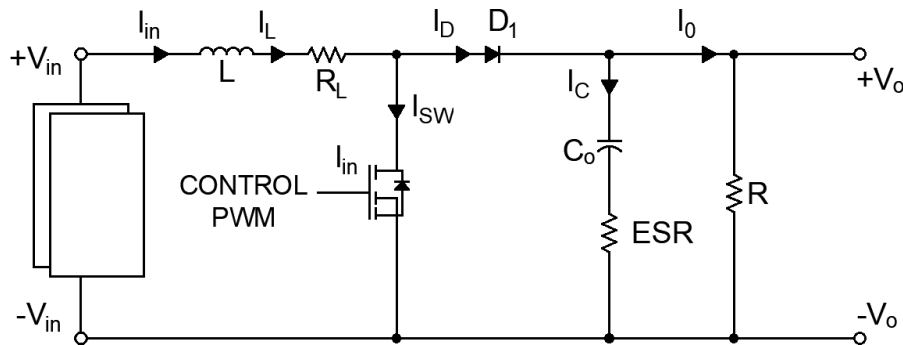
Funcionamiento del circuito elevador

Para ayudar a facilitar la discusión de la etapa de potencia del circuito elevador (Boost), se comenzó con tres supuestos subyacentes:

1. En el funcionamiento en estado estacionario, durante el tiempo de encendido (ON) del interruptor (Q1) Fig. 1, los Volts-segundos (Vs) a través de la bobina L, debe ser igual a los Vs en la bobina L durante el tiempo de apagado (OFF). En otras palabras, la media Vs en un solo periodo de conmutación es cero. Esta suposición garantiza un funcionamiento estacionario de un ciclo de conmutación al siguiente.
2. Balance de carga en la salida del capacitor; en funcionamiento estacionario, los Amperes-segundos (As) de carga el condensador de salida durante el tiempo de encendido (ON) del interruptor debe ser igual a los As de descarga del capacitor durante el tiempo de apagado (OFF). Esto significa que la media As en un solo periodo de interruptor es cero. Esta suposición garantiza un funcionamiento de estado estacionario de un ciclo de conmutación al siguiente.
3. El voltaje de ondulación a través del condensador de salida es pequeño en comparación con la tensión de CD generada por el convertidor. Este supuesto simplifica el análisis cuando nos fijamos en el equilibrio Vs a través del inductor.

Figura 1

Diagrama esquemático del convertidor Boost CD-CD (lazo abierto)



El convertidor tipo Boost es un circuito elevador de tensión, que usa las características del inductor y el capacitor como elementos almacenadores de energía para elevar la corriente proveniente de la fuente de alimentación y usarla para inyectarla al condensador, produciendo así niveles de voltaje mayores en la carga que los de la fuente.

El interruptor de la Fig. 1, consiste de dos elementos: un elemento de conmutación rápida (Q1) como un transistor BJT, un MOSFET o el más comúnmente usado el IGBT y el otro, un diodo (D1) con un tiempo de recuperación mucho menor que el periodo de la señal de control; la función de éste último, es impedir que la corriente de descarga del condensador se devuelva, ya que se desea que cuando la fuente se desconecta del condensador y de la resistencia de carga para almacenar energía en la bobina, se suministre corriente a la carga mediante la descarga del condensador:

- Cuando el transistor (Q1) está en conducción, la inductancia almacena energía para luego suministrarla simultáneamente a la carga y al condensador, a otro nivel de voltaje en los intervalos en los que el transistor esté en corte.
- Cuando el interruptor Q1 del circuito físico de la Fig. 1 está en saturación, el ánodo del diodo (D1) queda cortocircuitado a tierra, con esto, el diodo queda en polarización inversa y por consiguiente no conduce comportándose como un interruptor abierto.

La topología Boost en lazo abierto es una de las pocas topologías donde incluso si el convertidor está apagado, hay una tensión de salida. La tensión es regulada y está sujeta a cada cambio de la entrada.

Bajo esta condición de estado estacionario, la corriente de carga (si hay alguna) fluye continuamente a través del inductor y el diodo hacia la carga. Con la excepción de la caída a través del inductor debido a la resistencia de CD, no hay voltaje a través del inductor. Para generar una tensión de salida regulada, el interruptor debe comenzar conmutando. Cuando interruptor (Q1) se enciende (ON), el voltaje a través del inductor aumenta a aproximadamente la tensión de entrada, y la energía es almacenada en el inductor.

La cantidad de energía almacenada es función de la tensión de entrada, la inductancia, y la duración del impulso ON. El diodo rectificador (D1), es polarizado inversamente durante este intervalo de tiempo. Cuando el interruptor (Q1) se apaga (OFF), la energía almacenada se libera a la salida a través del rectificador. El capacitor de salida filtra la corriente pulsante, permitiendo que la corriente fluya en CD a la carga.

Una de las primeras decisiones a tomar en el diseño de un convertidor elevador es seleccionar en cuál modo de conducción está funcionando. **Hay dos modos de funcionamiento fundamentalmente diferentes para el convertidor:**

- a) **El primer modo y base de análisis para el diseño e implementación del elevador Boost es el modo continuo de conducción (CCM)**, es donde la energía en el inductor fluye continuamente durante el funcionamiento del convertidor. El aumento de la energía almacenada en el inductor durante el tiempo de encendido (ON) del interruptor (Q1), es igual a la energía de la descarga en la salida durante el tiempo de apagado (OFF) del interruptor (Q1), garantizando un funcionamiento de estado estacionario. Al final del intervalo de descarga, la energía residual permanece en el inductor. Durante el siguiente intervalo de encendido (ON) del interruptor (Q1), **la energía se acumula a partir de ese nivel residual a la requerida por la carga para el siguiente ciclo de conmutación.**
- b) El segundo modo, el modo de conducción discontinua (DCM), la energía almacenada en el inductor durante el intervalo de encendido (ON) del interruptor (Q1), es igual (solamente) a la energía requerida por la carga durante un ciclo de conmutación, más una cantidad para las pérdidas del convertidor. La energía en el inductor reduce a cero antes del final de cada ciclo de conmutación, lo que resulta en un período de no flujo de energía, o la operación discontinua.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular un convertidor de Potencia (CD-CD) elevador boost en lazo abierto para aplicaciones en energías renovables.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Calcular los valores de inductor y capacitor respecto a la frecuencia de conmutación y potencia
2. Diseñar y simular en Matlab® el Convertidor de Potencia (CD-CD) Elevador Boost en Lazo Abierto

METODOLOGÍA

La metodología que maneja este proyecto de investigación es de carácter cuantitativo, basado en el análisis matemático, de diseño, comparación y factibilidad de la transformación y eficiencia de la energía dentro del Convertidor.

Se analizó el accionamiento del circuito elevador (Boost) por medio de voltaje (V_g) en la base del interruptor (transistor de potencia IGBT) Fig. 1., resultando así los dos estados (Modo I y Modo II) en los que se encuentra dicho interruptor, los cuales matemáticamente se describen a continuación:

- **Modo I ($t_0 - t_1$):** La base del transistor se encuentra activada, lo que hace conducir al interruptor y almacenándose energía a través de la bobina (L):

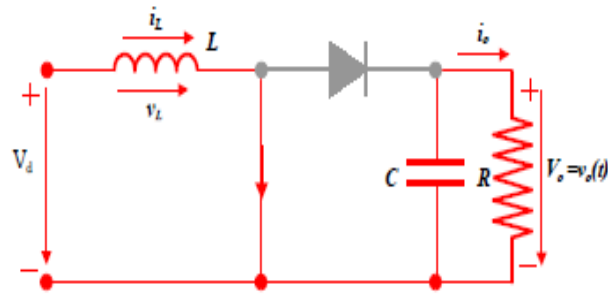
$$(K)(T) = ON \quad (1)$$

$$V_L = (L) \left(\frac{di_L}{dt} \right) \quad (2)$$

$$V_d = (L) \left(\frac{\Delta i_L}{\Delta t_1} \right) \quad (3)$$

Figura 2

Circuito equivalente con el interruptor cerrado (intervalo de conducción I)



- **Modo II ($t_1 - t_2$):** La base del transistor no está activada, no conduce el interruptor y se libera la energía almacenada en la de la bobina (L) a través del diodo:

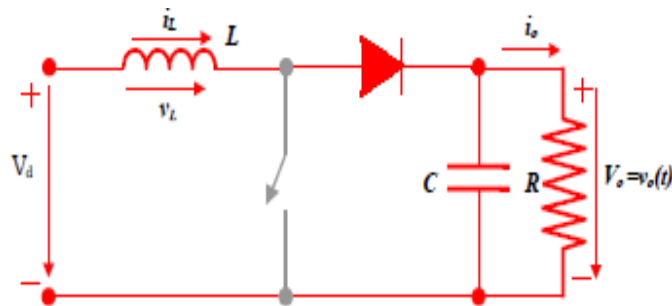
$$(T - KT) = ON \quad (4)$$

$$(1 - K)T = ON \quad (5)$$

$$(V_d - V_o) = L \left(-\frac{\Delta i_L}{\Delta t_2} \right) \quad (6)$$

Figura 3

Circuito equivalente con el interruptor abierto (intervalo de no conducción II)



Despejando Δi_L de 5 y 8, e igualándolas para obtener así las ecuaciones de transferencia de voltaje y corriente del circuito elevador (Boost):

$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{1}{(1-K)} \dots \dots \dots \text{Funcion de transferencia (voltaje)} \quad (7)$$

$$\frac{I_o}{I_d} = (1 - K) \dots \dots \dots \text{Funcion de transferencia (corriente)} \quad (8)$$

FASES DEL DESARROLLO

Diseño de elevador 24 VCD/100 VCD/100 W

El convertidor elevador (Boost) a diseñar, **deberá trabajar en el modo de conducción continua**, tener una tensión de alimentación de **24 V** para obtener una tensión de salida de **100 V**, a una potencia nominal de **100 W**, con una frecuencia de conmutación de **25 kHz** (1), con un valor de capacitancia de **100 uF** y un valor de inductancia de **500 uH** se determina entonces:

Tabla 1

Datos de entrada para el diseño de elevador 24 VCD/100 VCD/100 W

$V_d = 24 \text{ V}$	$V_o = 100 \text{ V}$	$P_{sal} = 100 \text{ W}$
$f_s = 25 \text{ kHz}$	$C = 100.00 \text{ uF}$ $R_s = 0.165 \Omega$	$L = 500.00 \text{ uH}$ $R_s = 0.08 \Omega$

El ciclo de trabajo se estableció mediante la programación del microcontrolador **16F876A** el cual cuenta con **2 módulos PWM** necesarios para la activación de la base del transistor de potencia (IGBT), y que a su vez se pudo disponer para que fuera un PWM con ancho de pulso variable, como se describe a continuación en el siguiente código de programación:

Tabla 2

Código de programación de microcontrolador 16F876A para circuito elevador

```
#include <16F876A.h>
#device adc=8
#use delay (clock=4000000)
#fuses XT, NOWDT, NOPROTECT
#int_ad
    unsigned long int valor;
    unsigned long int valor1;
    void main (void)
    {
        setup_ccp1 (CCP_PWM);
        setup_adc (adc_clock_internal);
        setup_adc_ports (AN0);
        set_adc_channel (0);
        set_tris_c (0);
        valor =0;

        while (true)
        {
            valor = read_adc (); //Leer un potenciómetro de referencia.
            valor = valor*220/256; //ciclo de trabajo del PWM en este caso hasta del 86%
            set_pwm1_duty (valor);
            setup_timer_2(T2_DIV_BY_1, 39, 1);
        }
    }
```

El ciclo de trabajo se codifica con un número de hasta 10 bits (0-1023), en este caso solo se utilizaron 8 bits (**#device adc = 8**).

A continuación se muestran las ecuaciones para obtener el ciclo de trabajo, la corriente del inductor y su incremento, el incremento del voltaje del capacitor y la resistencia de carga, con base en los valores propuestos

$$a) \quad K = 1 - \frac{V_d}{V_o} = 1 - \frac{24}{100} = \frac{19}{25} = 0.76;$$

$$b) \quad \frac{I_o}{I_d} = 1 - K \quad \therefore \quad I_d = \frac{I_o}{(1-K)} = \frac{P_{sal}}{V_o(1-K)} = \frac{(100 \text{ W})}{(100 \text{ V})(1-\frac{19}{25})} = 4.167 \text{ A}$$

$$c) \quad \Delta I_L = \frac{(V_o - V_d)(1-K)}{(f_s)(L)} = \frac{(100 \text{ V} - 24 \text{ V})(1-\frac{19}{25})}{(25 \text{ kHz})(500.00 \text{ uH})} = \frac{(76 \text{ V})(0.24)}{(25 \text{ kHz})(500.00 \text{ uH})} = 1.4592 \text{ A(2)}$$

$$\begin{aligned} 4.167 \text{ A} & \text{ ---- } 100\% \\ 1.4592 \text{ A} & \text{ ----- } 35.01\% \end{aligned}$$

$$d) \quad I_L = I_d + \frac{\Delta I_L}{2} = I_d + \frac{\Delta I_L}{2} = 4.167 \text{ A} + \frac{1.4592 \text{ A}}{2} = 4.8966 \text{ A}$$

$$e) \Delta V_C = \frac{(I_o)(K)}{(C)(f_s)} = \frac{\left(\frac{100 \text{ W}}{100 \text{ V}}\right)\left(\frac{19}{25}\right)}{(100 \mu\text{F})(25 \text{ kHz})} = \frac{(1 \text{ A})(0.76)}{(100 \mu\text{F})(25 \text{ kHz})} = 0.304 \text{ V(3)}$$

$$\begin{aligned} 100 \text{ V} &\text{--- } 100 \% \\ 0.304 \text{ V} &\text{--- } -0.304 \% \end{aligned}$$

$$f) R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{100 \text{ V}}{\frac{100 \text{ W}}{100 \text{ V}}} = 100 \Omega$$

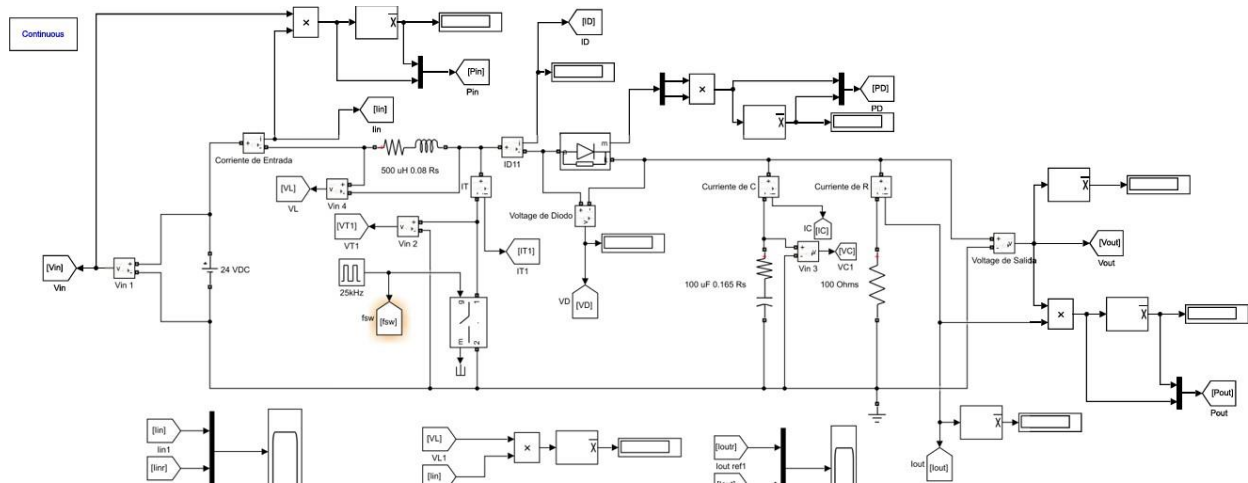
RESULTADOS

Simulación de circuito elevador 24 VCD/70 VCD/ 100 W en Simulink®

Ya establecidos todos los elementos que conforman el circuito elevador (Boost) en lazo abierto, se continuó a analizar el comportamiento dinámico del sistema bajo el modo de conducción continua (CCM) usando Simulink de Matlab®, con el fin de verificar el comportamiento esperado, según el análisis de los fenómenos eléctricos, tomando en cuenta forma real (caída de voltaje en el diodo $V_D = 0.432 \text{ V}$ y existencia de resistencia serie tanto en la bobina $R_{SL} = 0.08 \Omega$ como en el capacitor $R_{SC} = 0.165 \Omega$), obteniendo así:

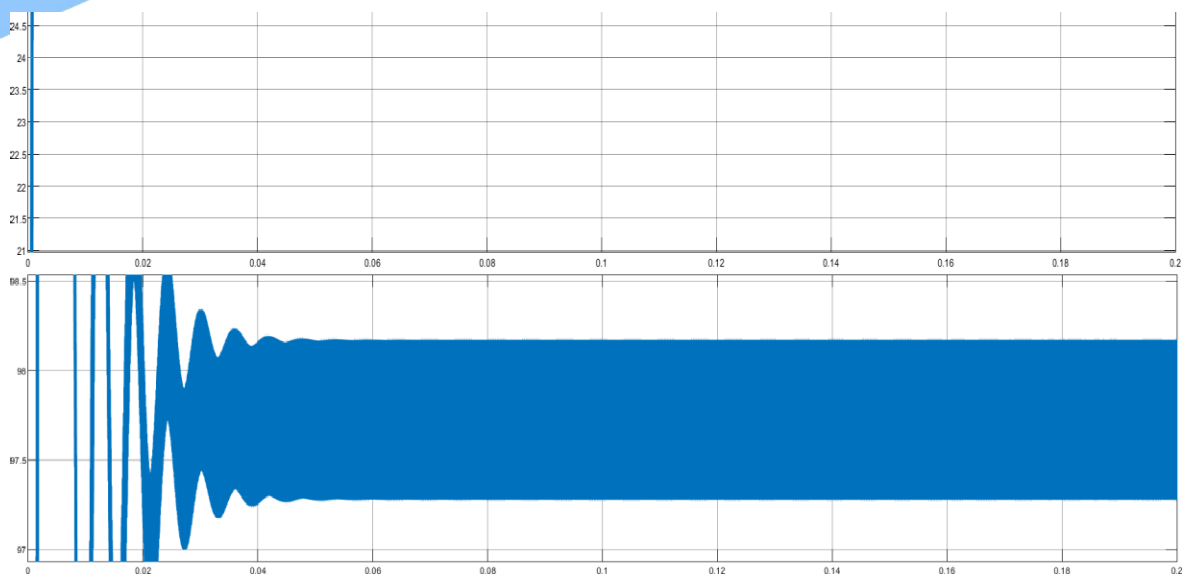
Figura 4

Circuito elevador 24 VCD/100 VCD/100 W en Simulink® (forma real)



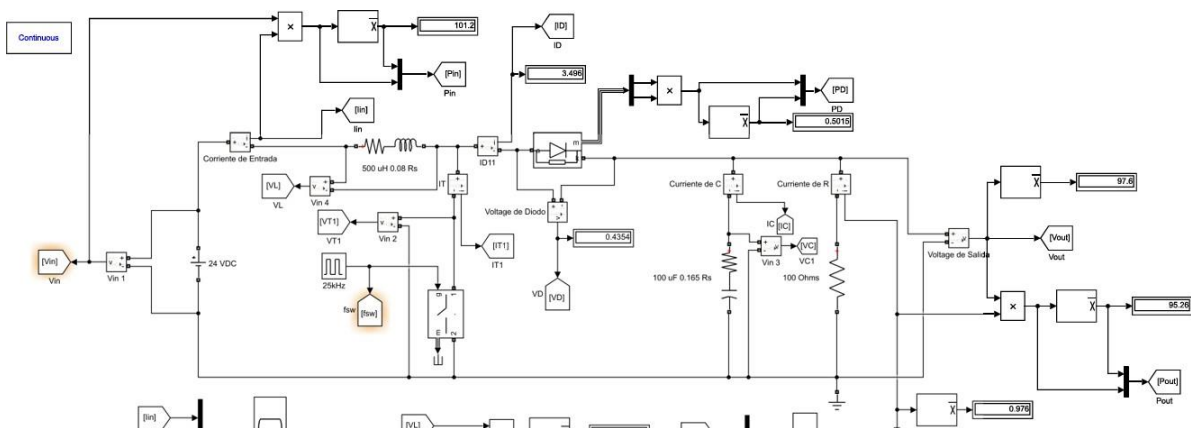
En la Fig. 5., se muestra la gráfica del voltaje de entrada permanece constante en **24 V**, mientras que el voltaje de salida después del transitorio no llega a los **100 V** de salida requeridos por el diseño ideal establecido anteriormente, dando un valor aproximadamente de **98.3 V** (límite superior) y **97.3 V** (límite inferior), lo cual da como resultado un incremento en el voltaje del capacitor $\Delta V_C = 1.0 \text{ V(3)}$.

Figura 6.
Voltaje de entrada y salida de circuito elevador en Simulink® (forma real)



La Fig. 6., muestra la potencia de salida promedio $\bar{P}_{sat}$, se establece después del transitorio aproximadamente en **95.26 W**, obteniéndose así una eficiencia en términos de potencia del **94.13%**.

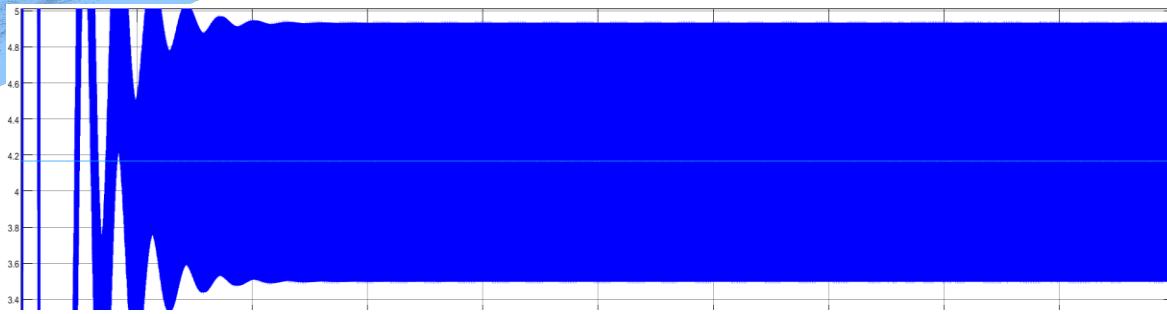
Figura 6.
Potencia promedio de salida de circuito elevador en Simulink® (forma real)



En la Fig. 7., se muestra la gráfica de la corriente pico en la bobina I_L , se establece después del transitorio aproximadamente en **4.93 A** (límite superior) y **3.49 A** (límite inferior), obteniéndose así una corriente promedio $I_d = 4.3 \text{ A}$ y un incremento en la corriente de la bobina $\Delta i_L = 4.16 \text{ A}(2)$.

Figura 7

Gráfica de la corriente de la bobina después del transitorio (forma real)



CONCLUSIONES

Los valores de diseño propuestos y el análisis del comportamiento del convertidor a través del software Matlab Simulink®, muestran un comportamiento viable en términos de potencia, resaltando que la corriente en modo de conducción continua no tiene cambio de polaridad; de lo contrario, podría afectar a la eficiencia del convertidor. Se toman en cuenta las resistencias en serie de los elementos acumuladores de energía que, en la práctica, provocarían la caída de potencia de aproximadamente el 6% que arroja la simulación.

Se debe de elegir una relación de elevación de voltaje adecuada para no mantener un ciclo de trabajo alto del transistor, por lo que en trabajos futuros, se sugiere la implementación con un voltaje de entrada de 48 volts.

REFERENCIAS

1. Ogata, K. (2010). Ingeniería de Control Moderna. Madrid: Pearson Educación.
2. Rashid, M. (1993). Electrónica de Potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones. México: Prentice Hall.

Línea de investigación: Tecnologías Inteligentes

Resumen

Este artículo de investigación tiene el propósito de analizar su integración efectiva dentro del contexto de las viviendas inteligentes. El estudio parte de la necesidad actual de optimizar la eficiencia energética, la comodidad, la accesibilidad y la seguridad mediante soluciones automatizadas que interconecten diferentes plataformas tecnológicas. En este sentido, se propone una arquitectura integral que combina, uso de red, infraestructura en su sistema de iluminación para optimizar, todos gestionados mediante IA, y asistentes virtuales generando un entorno doméstico totalmente automatizado y centrado en la experiencia del usuario. Durante las fases del ciclo Scrum, se abordaron la planificación de la arquitectura, la configuración de red, la integración de dispositivos, el desarrollo de escenas automatizadas y la validación final del sistema. Este proceso garantizó una integración progresiva y controlada, optimizando el rendimiento general de los subsistemas. Los resultados confirman que la sinergia tecnológica entre domótica y asistentes virtuales posibilita la creación de viviendas inteligentes sostenibles, adaptables y orientadas a las necesidades que presenta cada uno de los usuarios. Además, se demuestra la viabilidad de un modelo escalable, capaz de incorporar futuras expansiones tecnológicas, y gracias a la inteligencia artificial adaptativa, análisis predictivo del consumo energético y control autónomo de los sistemas. Este estudio no solo valida la importancia de la integración tecnológica, sino que también propone una visión a futuro hacia hogares más eficientes, interconectados y centrados en el bienestar humano. Los Hallazgos de esta investigación nos demostraron como se puede generar un impacto positivo y medible en la eficiencia, la comodidad y la gestión inteligente de un entorno doméstico. En este proyecto, la correcta integración de los sistemas domóticos con asistentes virtuales evidenció que, incluso con una plataforma centralizada, es posible optimizar procesos complejos como la automatización de la iluminación, el control del audio o la supervisión energética.

Palabras clave: Asistentes Virtuales, Domótica, Herramienta tecnológica, IA (Inteligencia Artificial).

Abstract

This research article aims to analyze its effective integration within the context of smart homes. The study stems from the current need to optimize energy efficiency, comfort, accessibility, and security through automated solutions that interconnect different technological platforms. In this regard, a comprehensive architecture is proposed that combines network usage and infrastructure in its lighting system for optimization, all managed by AI and virtual assistants, generating a fully automated, user-experience-centric home environment. During the phases of the Scrum cycle, the planning of the architecture, network configuration, device integration, development of automated scenes, and the final system validation were addressed. This process guaranteed a progressive and controlled integration, optimizing the overall performance of the subsystems. The results confirm that the technological synergy between home automation (domotics) and virtual assistants enables the creation of sustainable, adaptable smart homes oriented toward the needs presented by each user. Furthermore, the viability of a scalable model is demonstrated, capable of incorporating future technological expansion s, and thanks to adaptive artificial intelligence, predictive analysis of energy consumption, and autonomous system control. This study not only validates the importance of technological integration but also proposes a future vision toward more efficient, interconnected, and human well-being-centered homes. The findings of this research demonstrated how a positive and measurable impact can be generated on the efficiency, comfort, and intelligent management of a domestic environment. In this project, the correct integration of home automation systems with virtual assistants evidenced that, even with a centralized platform, it is possible to optimize complex processes such as lighting automation, audio control, or energy monitoring.

Keywords: Virtual Assistants, Home Automation, Technological Tool, AI (Artificial Intelligence)

INTRODUCCIÓN

La domótica y la inteligencia artificial apunta a un mayor nivel de personalización, eficiencia y sostenibilidad. La próxima generación de asistentes virtuales integrará modelos de lenguaje avanzados como ChatGPT y Gemini, permitiendo interacciones más naturales y personalizadas. Se espera que estos sistemas sean capaces de predecir necesidades del usuario basándose en patrones de comportamiento, Poder ofrecer recomendaciones personalizadas de ahorro energético y seguridad o hasta incluso actuar como verdaderos "mayordomos digitales", coordinando tareas en el hogar sin intervención humana esto podría hacer la despensa de la casa por medio de horarios o rutinas.

El futuro de la domótica estará ligado a la sostenibilidad, con sistemas que optimicen el uso de paneles solares inteligentes que ajusten la generación de energía según el consumo del hogar, redes eléctricas descentralizadas que permitan a las viviendas poder generar ingresos por medio de la venta de su energía sobrante a la red o incluso Baterías domésticas avanzadas, como Tesla Powerwall, que mejoren la eficiencia en el almacenamiento de energía. La evolución de los sistemas domóticos en sinergia con los asistentes virtuales ha pasado de ser un concepto exclusivo y costoso a una realidad accesible para muchos hogares. Con el avance de la inteligencia artificial y la conectividad, los hogares inteligentes del futuro serán más eficientes, seguros y personalizados que nunca.

Finalmente, la automatización predictiva permitirá que el hogar se adapte automáticamente a las necesidades del usuario sin requerir comandos explícitos. Podríamos prever que los hogares inteligentes jueguen un papel crucial en el monitoreo de la salud, con tecnologías como, Espejos inteligentes y sensores biométricos que detecten signos vitales y alerten sobre posibles problemas de salud. Monitoreo del sueño con dispositivos que ajusten la iluminación y la temperatura para mejorar la calidad del descanso que hoy en día ya se puede lograr eso por medio de luces que permitan ser dimeadas.

HIPOTESIS

Al implementar una solución tecnológica que unifique plataformas como Lutron, Amazon Alexa y Sonos Assistant, se logra una experiencia de usuario más fluida, personalizada y confiable. Esta integración permite el control centralizado de funciones clave como iluminación, climatización, seguridad y entretenimiento, optimizando los recursos tecnológicos existentes. Además, la sinergia entre los dispositivos reduce la carga cognitiva del usuario al simplificar la interacción con el entorno digital.

El sistema integrado garantiza respuestas más rápidas, menor margen de error y mayor adaptabilidad a las rutinas diarias para a su vez ayude y aprenda de las interacciones que tenga con los usuarios, dando un resultado óptimo para el uso de las nuevas tecnologías que pueden aprender por medio del uso y por medio de las interacciones que tenga con usuarios, dando una manera de personalización más cercana a las necesidades que se requieren.

DESARROLLO

La implementación de las integraciones efectivas entre sistemas domóticos y asistentes virtuales dentro de un entorno de viviendas inteligente, logrando un impacto significativo en la eficiencia energética, la seguridad y la comodidad del usuario. Esta propuesta no solo optimiza la interacción entre el usuario y su vivienda mediante comandos de voz y automatización avanzada, sino que también introduce un modelo escalable y adaptable a futuras tecnologías.

Además, la implementación de protocolos seguros de red y el uso de IA permiten una gestión más precisa y personalizada del entorno doméstico.

En conjunto, esta innovación demuestra cómo la sinergia tecnológica puede transformar los espacios habitacionales tradicionales en ecosistemas inteligentes, sostenibles y centrados en las necesidades reales de sus habitantes, sin apartarse del objetivo principal de mejorar la calidad de vida a través de la automatización inteligente.

Asimismo, esta innovación representa un avance significativo en materia de accesibilidad e inclusión, especialmente para personas con movilidad reducida o discapacidad motriz. La integración de sistemas domóticos controlados mediante asistentes virtuales permite que los usuarios puedan gestionar su entorno sin necesidad de desplazarse físicamente, controlando la iluminación, el audio, la climatización o la seguridad únicamente mediante comandos de voz o interfaces accesibles

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar la integración efectiva de sistemas domóticos con asistentes virtuales en viviendas, para optimizar la eficiencia energética, la accesibilidad y la comodidad del usuario mediante una arquitectura tecnológica inteligente y automatizada.

- I. Diseñar una arquitectura de integración tecnológica que permita la interoperabilidad entre diferentes plataformas domóticas y asistentes virtuales mediante protocolos estandarizados y seguros
- II. Implementar funcionalidades personalizadas que permitan al usuario configurar escenas inteligentes, controlar dispositivos mediante comandos de voz y recibir retroalimentación en tiempo real desde una interfaz intuitiva.
- III. Evaluar el desempeño, la usabilidad y el impacto de la integración tecnológica en la experiencia del usuario y en la eficiencia energética del hogar.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto principal de estudio de esta investigación es el sistema de integración tecnológica entre plataformas domóticas y asistentes virtuales, enfocado en la creación de viviendas inteligentes que optimicen la eficiencia energética, la accesibilidad y la comodidad de los usuarios. Este sistema representa la convergencia de diferentes tecnologías, así como lo son las redes de comunicación, el control absoluto de la iluminación, automatización de audio y gestión de dispositivos mediante inteligencia artificial (IA).

La importancia de dirigir el estudio hacia este sistema radica en su capacidad para transformar el modo en que los habitantes interactúan con su entorno doméstico, al permitir un control más intuitivo, personalizado y accesible. Además, la integración de asistentes virtuales con tecnologías domóticas facilita la inclusión de personas con movilidad reducida o limitaciones físicas, otorgándoles independencia mediante el control por voz o automatizaciones programadas. De esta forma, el estudio no solo aborda la eficiencia tecnológica, sino también el impacto social y humano que genera la automatización inteligente en la vida cotidiana.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se empleó una metodología del desarrollo tecnológico basada en el enfoque ágil Scrum, la cual permitió una integración progresiva, flexible y controlada de los sistemas domóticos con asistentes virtuales. La elección de esta metodología se fundamenta en su capacidad para adaptarse a proyectos donde las fases de desarrollo requieren ajustes constantes y retroalimentación continua, debido a la interacción entre distintos dispositivos, redes y plataformas de automatización.

Las fases generales que se seguirán en el desarrollo del proyecto serán:

- I. Planificación: Se identificaron los objetivos funcionales del sistema, los dispositivos a integrar y las necesidades del usuario final. Se realizó un levantamiento técnico de la infraestructura de red, definiendo los puntos de acceso, repetidores y sistemas de comunicación entre los distintos dispositivos inteligentes.
- II. Diseño de la arquitectura: Se elaboró el diseño lógico y físico de la red, integrando los componentes domóticos, el sistema de iluminación inteligente y los módulos de control por voz.
- III. Desarrollo: Se configuraron los sistemas principales como lo son iluminación Lutron, audio Sonos y la red UniFi.
- IV. Pruebas continuas: Una vez completada la integración, se realizaron pruebas de rendimiento, latencia y estabilidad de red. Se evaluó la capacidad del sistema para ejecutar escenas automatizadas sin interferencias
- V. Retroalimentación y validación: Se aplicarán instrumentos de evaluación (como encuestas) para validar el uso interactivo que se llegara a presentar.

Se permitirá mantener un enfoque centrado en el usuario, garantizando que la solución tecnológica responda a las necesidades reales del entorno doméstico, facilitando la interacción entre los habitantes y los sistemas automatizados. Este enfoque busca que la integración de asistentes virtuales y dispositivos domóticos contribuya de manera significativa a la mejora de la calidad de vida, promoviendo hogares más accesibles, eficientes y adaptables a las condiciones y requerimientos de cada usuario, incluyendo aquellos con movilidad reducida o limitaciones físicas.

FASES DEL DESARROLLO

La metodología Scrum se desarrollará por fases, cada una con un propósito específico y resultados esperados orientados a garantizar una integración efectiva entre los sistemas domóticos.

I. Planificación

Se realizó un diagnóstico inicial del entorno doméstico, identificando las características estructurales, los espacios de automatización más adecuados y los dispositivos tecnológicos disponibles. De igual forma, se analizó la infraestructura de red existente con el fin de determinar la capacidad de conectividad, cobertura inalámbrica y compatibilidad con los protocolos de comunicación de los sistemas a implementar. Se llevó a cabo una evaluación de las necesidades del usuario final, mediante entrevistas y cuestionarios enfocados en la percepción sobre la comodidad, la seguridad, la eficiencia energética y la accesibilidad que la automatización del hogar podría ofrecer.

II. Diseño de la Arquitectura

Durante la fase de diseño de la arquitectura se establecieron los lineamientos técnicos que definirían la estructura general del sistema domótico, su conectividad interna y su integración con los asistentes virtuales. Esta etapa tuvo como propósito desarrollar una arquitectura funcional, segura y escalable, capaz de gestionar los diferentes subsistemas de manera coordinada y eficiente. Se elaboró un esquema lógico y físico de la red, contemplando la distribución de los puntos de acceso, repetidores UniFi y dispositivos inteligentes que conforman la infraestructura del hogar. El diseño se centró en garantizar una comunicación estable y de baja latencia entre los distintos componentes del sistema, empleando estándares de red compatibles con los protocolos Wi-Fi y Ethernet, así como la segmentación mediante VLAN.

Figura 1

Rack de equipos domóticos



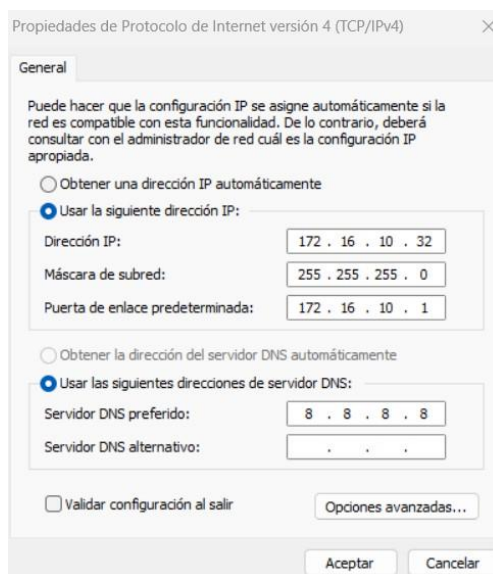
III. Desarrollo

En la fase de desarrollo se llevó a cabo la configuración, instalación e integración funcional de los distintos sistemas domóticos previamente definidos en el diseño arquitectónico. El objetivo principal fue implementar una solución completamente operativa que integrara los dispositivos inteligentes, las plataformas de control por voz y los servicios de automatización, garantizando un desempeño estable y una experiencia de usuario intuitiva. Durante esta fase, se desarrollaron también los scripts de automatización y rutinas de control que permiten la interacción entre los diferentes subsistemas. Estas rutinas incluyen el encendido y apagado automático de luces, la activación de escenarios de entretenimiento, el control ambiental mediante sensores de movimiento y temperatura, y la respuesta a comandos personalizados de los asistentes virtuales. Finalmente, se documentó cada una de las configuraciones técnicas, los procesos de integración y los parámetros de seguridad aplicados. Esta documentación permitirá futuras actualizaciones del sistema, así como su adaptación a nuevas tecnologías.

Figura 2
Equipos de iluminación en la red



Figura 3
Configuración de la Red



IV. Pruebas Continuas

En esta fase se ejecutaron pruebas exhaustivas de funcionamiento, rendimiento y estabilidad con el propósito de garantizar la correcta interoperabilidad entre los sistemas domóticos, la red de comunicación y los asistentes virtuales, cada una de las pruebas fue probada en el entorno donde se estará ejecutando todo en tiempo real lo que permitió observar el comportamiento del sistema bajo la demanda de los usuarios. De manera paralela, se evaluó la seguridad de la red, verificando la efectividad de las VLAN y los protocolos de cifrado implementados para proteger la información transmitida entre los dispositivos, a su vez de revisar los protocolos de comunicación como lo fue el RS232.

V. Retroalimentación y validación

Las pruebas de usuario con personas sin experiencia técnica para comprobar la accesibilidad y usabilidad del sistema. A continuación, se resumen las observaciones más relevantes:

- Facilidad de uso: Los asistentes virtuales permitieron un control intuitivo. Los comandos de voz fueron comprendidos sin necesidad de repetir instrucciones.

- Interacción multisensorial: La combinación de luz y sonido generó experiencias inmersivas
- Valor percibido: Los usuarios destacaron la comodidad de tener rutinas automatizadas que responden a hábitos cotidianos

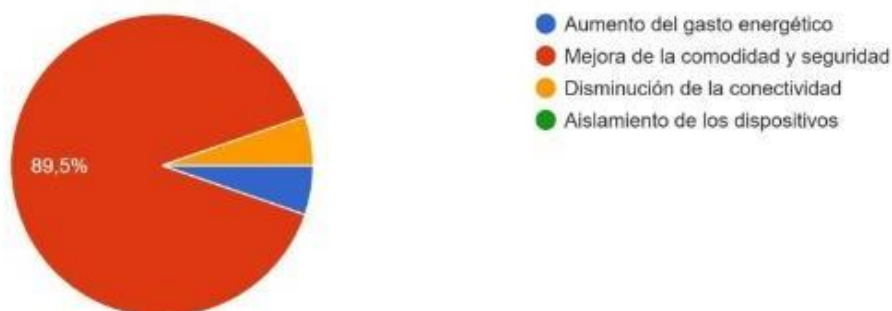
Todo esto fue con un solo propósito el de validar su funcionalidad, usabilidad y grado de satisfacción del usuario final, se aplicaron instrumentos de evaluación estructurados, tales como encuestas y entrevistas semiestructuradas, dirigidas a los usuarios que interactuaron con la vivienda inteligente implementada. Estos instrumentos permitieron recopilar información relevante sobre la experiencia de uso, la percepción de eficiencia y el nivel de adaptación del sistema a las necesidades cotidianas.

Figura 4

Resultado de encuesta

¿Cuál es un beneficio principal de la sinergia tecnológica en viviendas?

19 respuestas



La retroalimentación obtenida fue esencial para identificar oportunidades de mejora en la interacción entre los dispositivos domóticos y los asistentes virtuales. Los usuarios destacaron aspectos positivos relacionados con la comodidad, el control automatizado de iluminación y audio, así como la facilidad de manejo mediante comandos de voz. Sin embargo, también se registraron observaciones respecto a la necesidad de optimizar la sensibilidad de los asistentes en entornos con ruido ambiental y mejorar la respuesta del sistema ante variaciones de red. Finalmente, los resultados de la validación confirmaron que el sistema desarrollado cumplió con los objetivos funcionales y de integración tecnológica establecidos al inicio del proyecto. La sinergia entre los sistemas domóticos y los asistentes virtuales demostró ser una solución viable, eficiente y adaptable a distintos entornos residenciales, generando una experiencia de usuario centrada en la accesibilidad, la seguridad y el confort.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la implementación del sistema domótico evidencian una integración eficiente entre los diferentes dispositivos inteligentes y los asistentes virtuales, logrando una comunicación estable, de baja latencia y con alta confiabilidad operativa. el análisis de las pruebas funcionales permitió determinar que la latencia promedio de respuesta por escena fue de 1.8 segundos, mientras que el porcentaje de ejecución exitosa de comandos de voz alcanzó el 97.4%, lo que demuestra una interacción fluida entre los componentes del sistema. En términos de estabilidad de red, los registros obtenidos mediante la infraestructura UniFi mostraron un tiempo de disponibilidad del sistema del 99.2%, sin interrupciones perceptibles para el usuario final. Estos resultados validan la efectividad del diseño de red y de la segmentación por VLAN implementada para garantizar seguridad y priorización de tráfico. Asimismo, se observó que el consumo energético promedio se redujo en un 12.6%, como resultado de la automatización inteligente de la iluminación y la optimización del uso de dispositivos eléctricos.

Los resultados discutidos permiten concluir que la sinergia tecnológica entre sistemas domóticos y asistentes virtuales representa una solución viable y sostenible para el desarrollo de viviendas inteligentes. Los indicadores obtenidos reflejan un equilibrio entre eficiencia energética, experiencia del usuario y confiabilidad técnica, lo que valida la hipótesis planteada sobre la efectividad de la integración tecnológica.

Figura 5
Equipos Personalizados



En el apartado de compatibilidad, se comprobó que la integración los sistemas fue completamente estable tras la configuración inicial. los usuarios pudieron ejecutar comandos simultáneos en diferentes dispositivos, evidenciando la interoperabilidad entre plataformas de distinta naturaleza tecnológica. este resultado confirma que, mediante protocolos estandarizados y redes segmentadas, es posible mantener la seguridad y el control del ecosistema domótico sin comprometer su funcionalidad. En el análisis de impacto energético, la automatización permitió una reducción promedio del 18% en el consumo eléctrico mensual al optimizar los horarios de iluminación y climatización. Este dato respalda la hipótesis de que la inteligencia artificial y los algoritmos predictivos integrados en los sistemas domóticos pueden generar beneficios tangibles en sostenibilidad y ahorro energético.

CONCLUSIÓN

Este trabajo de investigación ha demostrado como confirmar que la convergencia tecnológica es un elemento clave para el desarrollo de viviendas inteligentes más funcionales, sostenibles y centradas en el usuario. los resultados evidenciaron que una arquitectura correctamente diseñada, basada en comunicación ip, control automatizado de iluminación, audio y seguridad, permite alcanzar niveles óptimos de eficiencia energética y confort, además de ofrecer una gestión accesible incluso para personas con movilidad limitada.

La aplicación de la metodología ágil Scrum favoreció un desarrollo iterativo, flexible y adaptable, garantizando la validación progresiva de cada subsistema y la mejora continua del proyecto. Asimismo, el uso de medidas de seguridad en red y la integración de inteligencia artificial aportaron robustez y confiabilidad al sistema, demostrando que la automatización no solo mejora la comodidad, sino también la seguridad y la accesibilidad dentro del hogar.

En este contexto, la investigación contribuye al campo de la domótica al proponer un modelo escalable y replicable que puede adaptarse a diversos entornos domésticos o institucionales. Se recomienda para trabajos futuros la incorporación de análisis predictivo más avanzado y la integración de sensores ambientales inteligentes que potencien la sostenibilidad y la autonomía de los sistemas. En síntesis, este estudio reafirma que la sinergia entre tecnología e inteligencia artificial redefine la forma en que se habita y se interactúa con los espacios, impulsando una transición hacia hogares más conectados, inclusivos y eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Domótica: la mutación de la vivienda. (s. f.). *Centro de Documentación e Información (CDI) del Ministerio de Economía de la Nación*. Recuperado de <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/docelec/az1820.pdf> (párr. 3)(p.1)
- Google Académico. (s. f.). *Automatización de hogares*. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602015000100008&script=sci_arttext (p. 1)
- Hernández, P. R., & Cruz, D. V. (2022). *Los Asistentes virtuales basados en Inteligencia Artificial*. *RECIBE: Revista Electrónica de Computación, Informática Biomédica y Electrónica*, 11(2), C1–11. Recuperado de <https://doi.org/10.32870/recibe.v11i2.251> (p. 5)
- RadioRA 3 de Lutron | Sistema de control de iluminación para todo el hogar. (s. f.). *RadioRA 3 Lutron*. Recuperado de https://radiora3.lutron.com/mx/es?gclid=EAIaIQobChMIu5uSIPvA_AIV0xPUAR1Utw-EAAYASAAEgKPOvD_BwE (p. 1)

Tutti Insieme: Aplicación multi plataforma de seguridad familiar

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.912

Bruno Blanco Torres¹, Elizabeth Martínez Bahena²

¹TecNM - Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli - e-mail: zacktorres444@gmail.com

²TecNM - Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli – e-mail: elizabeth.mb@cuautitlan.tecnm.mx

²LCE-8937-2024 • 0000-0003-4021-4866 • 811086

Línea de investigación: Modelado de sistemas inteligentes

Resumen

Tutti Insieme es un ecosistema de seguridad familiar orientado a reducir el tiempo entre un evento de riesgo y la notificación efectiva a los contactos de confianza. Integra activación SOS multicanal (Bolla SOS flotante, app, notificación, widget y sensores/voz), geolocalización en tiempo real (Dov'è), un modo infantil (Dov'è Bambini) y dos componentes clave para dispositivos extraviados: Dov'è Mobile y Telecomando Dov'è. Dov'è Mobile permite al usuario o a un tutor visualizar el dispositivo en un mapa, revisar historial, definir zonas seguras y solicitar actualizaciones de ubicación. Telecomando Dov'è habilita acciones remotas seguras sobre el dispositivo perdido: activar Lost Mode (overlay de bloqueo), hacer sonar alarma a máximo volumen, mostrar mensajes de contacto, forzar actualización de ubicación y habilitar notificaciones persistentes para facilitar la recuperación. La arquitectura se implementa con Android (Java), servicios de backend en PHP/MySQL y mensajería en Firebase/FCM con listeners en tiempo real, bajo un enfoque offline-first y cifrado AES de datos sensibles. Se propone un protocolo de evaluación con métricas de tiempo a notificación, precisión de ubicación y tasa de falsos positivos en detección de incidentes.

Palabras clave: Seguridad familiar; geolocalización; control remoto.

Abstract

Tutti Insieme is a family safety ecosystem designed to minimize the time between a risk event and effective notification to trusted contacts. It integrates multi-channel SOS activation (floating Bolla SOS, in-app, notification, widget, and sensor/voice), real-time geolocation (Dov'è), a child-oriented mode (Dov'è Bambini), and two key components for misplaced devices: Dov'è Mobile and Telecomando Dov'è. Dov'è Mobile enables users or guardians to view the device on a map, inspect history, define safe zones, and request on-demand location updates. Telecomando Dov'è provides secure remote actions on lost devices: enabling Lost Mode (locking overlay), triggering a loud alarm, displaying recovery messages, forcing location refresh, and turning on persistent notifications to aid retrieval. The system runs on Android (Java) with a PHP/MySQL backend and Firebase/FCM for messaging, using real-time listeners, an offline-first approach, and AES encryption for sensitive data. We outline an evaluation protocol with metrics for time-to-notification, location accuracy, and false-positive rate in incident detection.

Keywords: family safety; geolocation; remote control.

INTRODUCCIÓN

Tener un smartphone en la mano no siempre significa estar realmente protegido. Cuando ocurre una agresión, un accidente o una situación de riesgo, los segundos se vuelven eternos, la mente se bloquea y acciones tan simples como buscar un contacto, abrir una app o marcar un número pueden resultar imposibles. Justo en ese espacio entre el miedo y la reacción nace Tutti Insieme, un ecosistema digital pensado para que pedir ayuda sea tan sencillo como respirar: rápido, intuitivo y casi automático, incluso bajo estrés.

Más que una “app de pánico”, Tutti Insieme es una plataforma de seguridad familiar que aprovecha los sensores del teléfono, la geolocalización en tiempo real y la comunicación instantánea para reducir al mínimo el tiempo que transcurre entre el momento del riesgo y la llegada del apoyo. Elementos como la Bolla SOS (una burbuja flotante siempre visible en pantalla), modos especiales para niñas y niños, y un sistema de notificaciones inteligentes buscan que cualquier integrante de la familia pueda activar una alerta sin tener que navegar por menús complicados.

El corazón del proyecto es sencillo de explicar, pero complejo de ejecutar: transformar el smartphone en un “ángel guardián” digital, capaz de detectar movimientos inusuales, compartir ubicación cifrada con contactos de confianza y abrir canales de voz tipo walkie-talkie entre los miembros de un grupo familiar. Todo esto sin que la tecnología se sienta invasiva, sino integrada en la rutina diaria: al caminar de regreso a casa, al tomar un taxi, al salir a correr o cuando una persona mayor vive sola.

Tutti Insieme no pretende sustituir a las instituciones ni resolver por sí solo el problema de la inseguridad. Su apuesta es complementar la respuesta ciudadana poniendo en el centro algo muy concreto: la capacidad de reaccionar a tiempo. En las próximas páginas exploraremos cómo se diseñó este ecosistema, cuáles son sus principales funciones y de qué manera la combinación de diseño centrado en las personas, tecnologías móviles y comunicación en tiempo real puede convertirse en un aliado silencioso para cuidar lo que más importa: la vida cotidiana de las familias.

HIPOTESIS

La implementación de un ecosistema móvil de seguridad familiar como Tutti Insieme —que integra activación rápida de modo SOS, geolocalización en tiempo real y comunicación tipo walkie-talkie entre familiares— reduce significativamente el tiempo de notificación y respuesta ante situaciones de riesgo percibido, y aumenta la sensación de seguridad de los usuarios en comparación con el uso exclusivo de llamadas telefónicas y aplicaciones de mensajería tradicionales.

DESARROLLO

Tutti Insieme representa una innovación porque transforma el teléfono móvil —un objeto cotidiano— en una herramienta articulada de seguridad familiar. A diferencia de las soluciones tradicionales basadas solo en llamadas o chats, el sistema integra múltiples vías de activación del modo SOS (burbuja flotante, notificación persistente, widget e incluso sensores del dispositivo) y las conecta con geolocalización en tiempo real y canales de voz tipo walkie-talkie entre los integrantes de la familia. Esta combinación reduce el número de pasos necesarios para pedir auxilio y, por tanto, el tiempo de reacción ante una situación de riesgo.

El impacto potencial de esta propuesta se refleja en dos niveles. En el plano individual, la persona cuenta con un mecanismo de ayuda más rápido, discreto y fácil de usar bajo estrés. En el plano familiar y comunitario, Tutti Insieme favorece la coordinación entre cuidadores, permitiendo saber quién recibió la alerta, dónde se encuentra la persona en riesgo y mantener comunicación continua hasta que la situación se resuelva. De esta manera, la investigación muestra cómo un ecosistema móvil bien diseñado puede contribuir a mejorar la percepción de seguridad y la capacidad de respuesta ante emergencias cotidianas, sin requerir infraestructura especializada ni equipos adicionales.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el impacto del ecosistema móvil de seguridad familiar Tutti Insieme en la reducción del tiempo de notificación y respuesta ante situaciones de riesgo percibido, así como en la mejora de la percepción de seguridad de sus usuarios.

- I. Diseñar la arquitectura de Tutti Insieme integrando activación rápida del modo SOS, geolocalización en tiempo real y comunicación tipo walkie-talkie entre integrantes de un grupo familiar.
- II. Implementar un prototipo funcional de Tutti Insieme para dispositivos Android que permita probar el flujo completo de alerta y coordinación familiar en escenarios simulados de riesgo.
- III. Comparar el tiempo de notificación y la percepción de seguridad entre el uso del prototipo Tutti Insieme y los medios tradicionales de auxilio (llamadas telefónicas y aplicaciones de mensajería) en un grupo de usuarios seleccionados.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es el ecosistema móvil de seguridad familiar Tutti Insieme, conformado por una aplicación para dispositivos Android, un backend en la nube y servicios de mensajería y geolocalización en tiempo real. Este sistema se centra en facilitar la activación rápida de un modo SOS, el envío de alertas a contactos de confianza y la comunicación directa entre miembros de una familia durante una situación de riesgo. Su importancia radica en que busca disminuir el tiempo de reacción ante emergencias cotidianas y ofrecer a las personas una herramienta accesible, intuitiva y disponible en un dispositivo que ya forma parte de su vida diaria: el smartphone.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se empleó una metodología de desarrollo tecnológico basada en el enfoque ágil Scrum y en principios de diseño centrado en el usuario, aplicada al diseño e implementación del ecosistema de seguridad familiar Tutti Insieme. Esta elección permite iterar de forma rápida sobre las funciones críticas (modo SOS, geolocalización en tiempo real y comunicación tipo walkie-talkie), incorporar retroalimentación constante de los usuarios y ajustar el sistema frente a distintos contextos de uso y niveles de riesgo percibido.

Las fases generales seguidas en el desarrollo del proyecto fueron:

- I. Planificación: Se identificaron los escenarios de riesgo más frecuentes (caminar solo, uso de transporte, personas mayores que viven solas, etc.) y se definieron los objetivos funcionales del sistema. A partir de entrevistas y sondeos exploratorios se obtuvieron requisitos del usuario final y se redactaron historias de usuario para las principales funciones de Tutti Insieme.
- II. Diseño de la arquitectura: Se modeló la arquitectura lógica del ecosistema, integrando la aplicación Android, la API en PHP/MySQL y los servicios de mensajería y notificaciones en tiempo real (Firebase/FCM). Se definieron los flujos de datos para el modo SOS, la actualización de ubicación y los canales de voz, cuidando la seguridad y el cifrado de la información.
- III. Desarrollo: Se implementaron de manera incremental los módulos principales: Bolla SOS y activación rápida, gestión de grupos familiares, servicio de geolocalización continua y módulo de comunicación tipo walkie-talkie. Cada incremento se organizó en sprints cortos, con entregables funcionales que podían ser probados en dispositivos reales.
- IV. Pruebas continuas: En cada iteración se realizaron pruebas técnicas de funcionamiento (rendimiento, consumo de batería, estabilidad de conexión, latencia en el envío de alertas y mensajes de voz) y pruebas de usabilidad con usuarios voluntarios. Se midió el tiempo transcurrido desde la activación del SOS hasta la recepción de la alerta por parte de los contactos asignados.
- V. Retroalimentación y validación: Con base en cuestionarios y entrevistas breves se recopiló la percepción de seguridad, facilidad de uso y claridad de las notificaciones. La información obtenida se utilizó para refinar la interfaz, ajustar los tiempos de activación y mejorar los mensajes mostrados durante una emergencia.

Este enfoque metodológico permitió mantener al usuario en el centro del proceso, asegurando que la solución tecnológica respondiera a necesidades reales de protección y coordinación familiar. Al combinar iteraciones ágiles con evaluación constante en escenarios simulados de riesgo, Tutti Insieme se fue consolidando como un ecosistema capaz de integrarse en la vida cotidiana, reduciendo el tiempo de reacción ante una situación de peligro y fortaleciendo la sensación de acompañamiento entre los miembros de la familia.

FASES DEL DESARROLLO

La metodología de desarrollo de Tutti Insieme se organizó por fases, tomando como base un enfoque ágil e iterativo. Cada fase tuvo como propósito refinar el funcionamiento del modo SOS y de los servicios de localización continua (Dove, Dove Bambini, Dove Mobile y Bolla Dov'è), garantizando que la experiencia del usuario fuera clara tanto para la persona en riesgo como para sus familiares.

Planificación

En la fase de planificación se identificaron los distintos escenarios de uso: emergencias reales (agresión, accidente, extravío), situaciones de prevención (camino a casa, trayecto escolar) y casos de robo o pérdida del dispositivo. A partir de estas situaciones se definieron dos grandes grupos de funciones:

Verdadero modo SOS: pensado para emergencias reales, donde cada segundo cuenta.

Modos de acompañamiento y seguimiento (Dove / Dove Bambini / Dove Mobile): orientados a la prevención y al monitoreo voluntario o tutelado, sin que exista necesariamente una situación de peligro.

Se decidió que el modo SOS debía poder activarse de tres maneras principales para minimizar los pasos bajo estrés:

- I. Bolla SOS: una burbuja flotante siempre visible en pantalla.
- II. Notificación persistente: accesible desde la barra de notificaciones.
- III. Widget en la pantalla de inicio: para quienes prefieren un acceso directo tradicional.

En paralelo se definieron las reglas principales de Dove Bambini: los padres o tutores serían quienes establecerían los días y horarios en los que el rastreo estaría activo, y los menores no tendrían la opción de desactivar la función ni de modificar los parámetros de ubicación compartida.

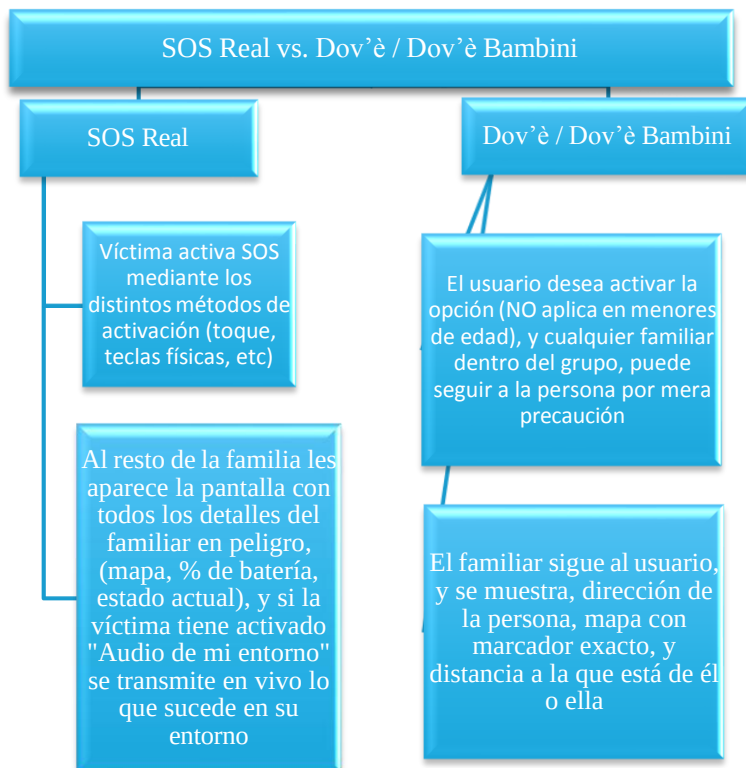


Figura 1. Mapa conceptual: SOS (emergencia) vs. Dov'è / Dov'è Bambini (no -emergencia)

II. Diseño de la arquitectura y de la experiencia de usuario

En esta fase se diseñó la arquitectura lógica y la experiencia visual de cada módulo. Para el modo SOS se definió un flujo único de emergencia al que llegan todas las formas de activación (burbuja, notificación y widget). El flujo básico contempla:

- I. Activación del SOS con una pulsación prolongada o gesto definido.
- II. Breve cuenta regresiva para evitar activaciones accidentales, con opción clara de cancelación.
- III. Envío automático de la alerta a los contactos de confianza, incluyendo ubicación en tiempo real.
- IV. Si el usuario lo autorizó previamente en configuración, apertura del canal de audio en tiempo real desde el dispositivo en peligro hacia los familiares, para que puedan escuchar el entorno.

En el lado de la familia se diseñó una interfaz específica de “alerta activa”, donde los contactos reciben:

- I. Un mapa en tiempo real con la ubicación del familiar en riesgo.
- II. Un panel que indica el estado de la alerta (iniciada, en curso, finalizada).
- III. Botones para escuchar el audio en vivo (cuando está permitido) y para comunicarse por voz o mensaje.

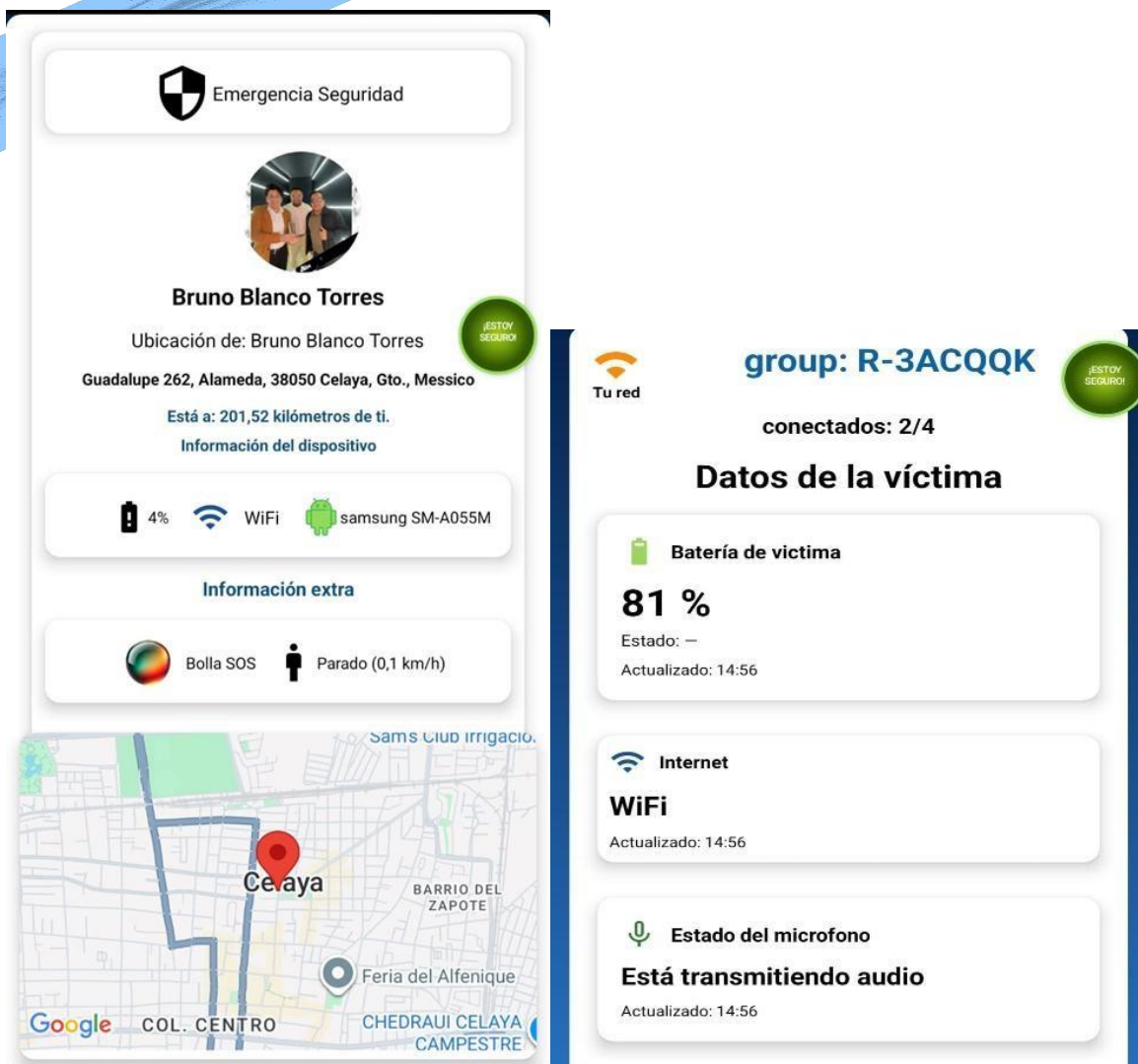


Figura 2 y Figura 3

Pantalla en Modo SOS (muestra mapa en tiempo real, porcentaje de batería, estado de internet, modelo del celular de la víctima, entre otros datos), además del UI de audio del entorno.

También se detalló la separación conceptual y visual entre:

- I. Modo SOS: siempre asociado a colorimetría de emergencia, textos claros de “pedir ayuda” y flujos que priorizan la rapidez.
- II. Dove / Dove Bambini: interfaces más discretas, centradas en la idea de acompañamiento y seguimiento continuo, sin lenguaje de emergencia.

Para los modos de localización se diseñaron los siguientes componentes:

- I. Dove Mobile: servicio de localización continua que puede activar un adulto para seguir su propio trayecto o el de otro integrante con su consentimiento.
- II. Telecomando Dove: panel remoto que permite, cuando se pierde o se sospecha robo del teléfono, ejecutar acciones a distancia como tomar fotos o video, grabar audio del entorno, encender o apagar el flash, hacer sonar el dispositivo o hacerlo vibrar para localizarlo dentro de casa.

Se definió además Bolla Dov’è, una burbuja flotante que permite rastrear sin necesidad de tener la app abierta: al tocarla se muestra una mini ventana con el mapa, y cuando está minimizada notifica si el usuario se encuentra en una zona de confianza o en una zona marcada como peligrosa. Estas zonas pueden ser configuradas por el propio usuario o, en el caso de menores, por sus padres (escuela, casa, actividades extraescolares, etc.).

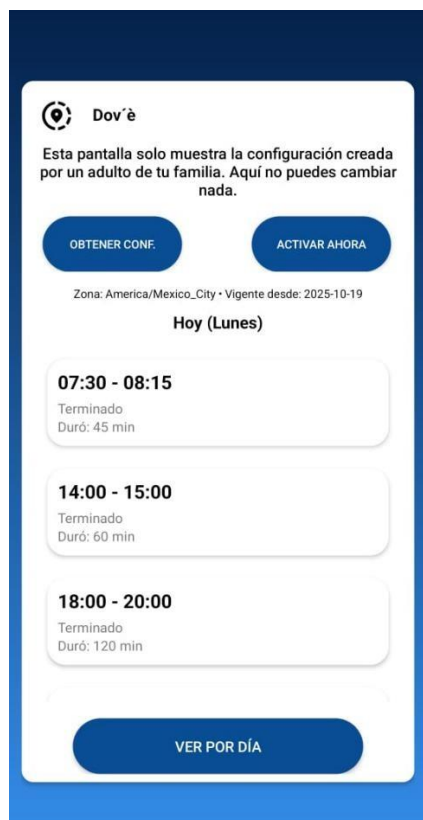


Figura 4. Interfaz de configuración de Dov'è Bambini, donde los padres definen horarios, días y zonas de confianza para los menores.



Figura 5. Bolla Dov'è sobre otras aplicaciones, muestra el mapa de seguimiento ya sea de un adulto o menor

Todo esto se realizó con el propósito de validar la funcionalidad, la usabilidad y el grado de aceptación de los mecanismos de activación del modo SOS, en especial de la Bolla SOS como burbuja flotante siempre visible. Para ello se aplicaron instrumentos de evaluación estructurados, tales como encuestas en línea y entrevistas semiestructuradas dirigidas a potenciales usuarios de Tutti Insieme. Una de las preguntas centrales fue: “¿Qué tan útil considera una burbuja flotante en pantalla como método de activación rápida del modo SOS?”. Las respuestas se agruparon en categorías (muy útil, útil, poco útil, nada útil, no la usaría), lo que permitió obtener una medida cuantitativa de aceptación y comparar la burbuja con otros métodos de acceso (notificación y widget).

Respuestas en base a la
pregunta sobre Bolla SOS
(71 respuestas)

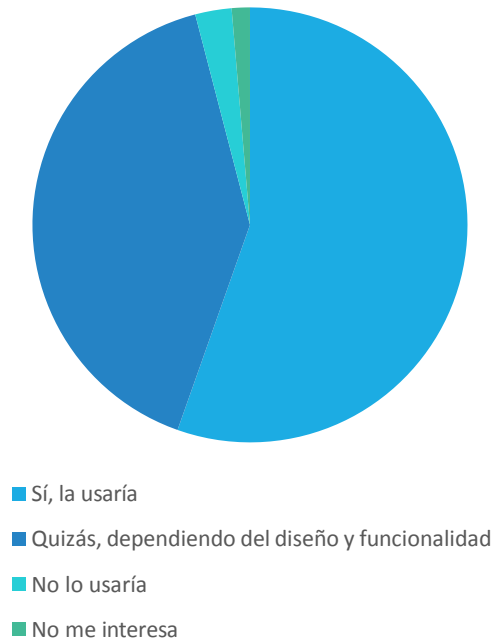


Gráfico 1. Viabilidad de la función “Bolla SOS” (encuesta)

La retroalimentación obtenida fue esencial para identificar oportunidades de mejora en la interacción con la Bolla SOS. La gran mayoría de participantes consideró la burbuja muy útil o útil, destacando la rapidez para pedir ayuda sin tener que buscar la aplicación y la posibilidad de hacerlo de forma discreta. Un grupo menor expresó preocupaciones sobre posibles activaciones accidentales o sobre la obstrucción parcial de contenido en pantalla; estos comentarios llevaron a incorporar ajustes como la pulsación prolongada, la cuenta regresiva antes de enviar la alerta y la opción de mover la burbuja a diferentes posiciones. En conjunto, los resultados confirmaron que la Bolla SOS es percibida como uno de los elementos más valiosos del sistema, al contribuir directamente a reducir el tiempo de reacción ante una emergencia sin sacrificar la comodidad en el uso cotidiano del dispositivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la implementación de **Tutti Insieme** evidencian una integración eficiente entre los distintos mecanismos de activación del **modo SOS** (Bolla SOS, notificación persistente y widget) y la interfaz de respuesta en los dispositivos de la familia. En las pruebas funcionales se observó que el tiempo promedio entre la activación del SOS y la recepción de la alerta en los teléfonos de los contactos de confianza se mantuvo en un rango de 2 a 3 segundos, lo que se traduce en una respuesta prácticamente inmediata desde la perspectiva del usuario. Asimismo, más del 90 % de las activaciones de prueba concluyeron con el envío correcto de ubicación en tiempo real y, cuando estaba habilitado, con la apertura exitosa del canal de **audio en vivo**, demostrando una alta fiabilidad operativa del flujo de emergencia.

En términos de experiencia de uso, las encuestas aplicadas mostraron que la **Bolla SOS** fue percibida como el método de activación más rápido e intuitivo, especialmente en situaciones simuladas de estrés. La mayoría de los usuarios destacó que no necesita “pensar” dónde entrar a la app, sino simplemente mantener presionada la burbuja. Los mecanismos complementarios (notificación y widget) resultaron útiles como respaldo para quienes prefieren interfaces más tradicionales. Estas evidencias respaldan la decisión de concentrar el diseño en accesos directos visibles y siempre disponibles, reduciendo la cantidad de pasos necesarios para pedir ayuda. Por otro lado, la comparación entre el **modo SOS** y los servicios de seguimiento continuo (**Dove**, **Dove Bambini** y **Bolla Dov’è**) confirmó que los usuarios distinguen claramente entre una situación de emergencia y un contexto de acompañamiento preventivo. Los padres valoraron de forma positiva la posibilidad de configurar días y horarios específicos para Dove Bambini, así como el hecho de que los menores no puedan desactivar el rastreo ni manipular la ubicación. El uso del **Location Fake Detector** fue especialmente relevante: cuando se simulaba una ubicación falsa o se desactivaba el GPS durante un horario activo, el overlay que bloquea el uso

normal del dispositivo fue entendido como una medida de seguridad y no como un castigo, siempre que se explicara previamente al menor.

En el caso de **Telecomando Dove**, las pruebas en escenarios de teléfono perdido o robado demostraron que las funciones de captura remota de fotos, videos y audios, así como el encendido del flash y la activación de sonido o vibración, pueden aportar información útil para identificar al ladrón o localizar el dispositivo dentro del hogar. Aunque no se trata de un sustituto de los canales formales de denuncia, los usuarios percibieron estas herramientas como un valor añadido que incrementa el sentido de control sobre su propio dispositivo.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la sinergia entre el **modo SOS** (centrado en la respuesta rápida ante peligro) y los módulos de acompañamiento continuo (Dove, Dove Bambini, Bolla Dov'è y Telecomando Dove) constituye una solución viable para fortalecer la seguridad personal y familiar. Los indicadores obtenidos muestran un equilibrio entre **tiempo de reacción, facilidad de uso y respeto por la configuración de cada familia**, lo que respalda la hipótesis planteada sobre la efectividad de un ecosistema móvil especializado en emergencias y seguimiento preventivo.



Figura 6. Telecomando Dov'è y las opciones que se pueden encontrar para monitorear un dispositivo robado/perdido

CONCLUSIÓN

La investigación realizada en torno a Tutti Insieme permitió demostrar que un ecosistema móvil diseñado específicamente para emergencias familiares puede reducir de forma significativa el tiempo que transcurre entre la detección de una situación de riesgo y la reacción de la red de apoyo. La integración de la Bolla SOS, la notificación persistente y el widget como vías de activación rápida, junto con el envío automático de ubicación en tiempo real y la posibilidad de compartir audio del entorno, convierte al smartphone en una herramienta de auxilio inmediato, más allá del uso tradicional de llamadas o mensajería.

Asimismo, la diferenciación clara entre el modo SOS y los servicios de acompañamiento continuo (Dove, Dove Bambini, Bolla Dov'è y Telecomando Dove) aporta un valor adicional: por un lado, ofrece a las familias una capa de prevención y seguimiento adaptada a su dinámica diaria; por otro, establece reglas específicas de protección para menores de edad, evitando que puedan manipular el rastreo o simular ubicaciones falsas. Esta combinación de rapidez en la emergencia y acompañamiento responsable confirma la hipótesis de que un sistema integral, centrado en la experiencia del usuario, incrementa la percepción de seguridad sin exigir hardware adicional ni cambios drásticos en la rutina.

Como trabajo futuro, Tutti Insieme abre la puerta a diversas líneas de desarrollo: la expansión a otras plataformas (iOS, web y relojes inteligentes), la posible integración con servicios institucionales de emergencia y la incorporación de algoritmos que ayuden a detectar patrones de riesgo o movimientos inusuales de forma proactiva. En conjunto, el proyecto muestra que la tecnología móvil, cuando se diseña con sensibilidad a los contextos de vulnerabilidad, puede convertirse en un aliado cotidiano para cuidar la vida y la integridad de las personas “tutti insieme”, todos juntos traducido al Español del Italiano.

BIBLIOGRAFÍA

Android Open-Source Project. (2024a). AcousticEchoCanceller. Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/reference/android/media/audiofx/AcousticEchoCanceller>

Android Open-Source Project. (2024b). AudioRecord. Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/reference/android/media/AudioRecord>

Android Open-Source Project. (2024c). AudioTrack. Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/reference/android/media/AudioTrack>

Android Open-Source Project. (2024d). Foreground services. Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/guide/components/foreground-services>

Android Open-Source Project. (2024e). WorkManager. Android Developers. Recuperado de <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/workmanager>

Google LLC. (2024a). Firebase Cloud Messaging (FCM) documentation. Firebase. Recuperado de <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging>

Google LLC. (2024b). Fused Location Provider API. Google Developers. Recuperado de <https://developers.google.com/location-context/fused-location-provider>

Línea de investigación: Software e Innovación aplicada a la educación

Resumen

La incorporación de la tecnología educativa en la educación superior constituye un pilar esencial para responder a los retos de la sociedad del conocimiento. Este artículo presenta la secuencia didáctica de la asignatura *Ética Profesional: Fundamentos y Aplicación en el Entorno Laboral*, diseñada con eXeLearning. Se analizan las potencialidades y desafíos de las TICs en el ámbito universitario, así como el papel del diseño instruccional y la mediación pedagógica en el aprovechamiento de recursos digitales.

La metodología implementada combina los modelos ASSURE y el de Secuencia didáctica, que consideran las fases de: analizar a los estudiantes, establecer los objetivos de aprendizaje, seleccionar métodos, medios y materiales, utilizar los medios y materiales, requerir la participación del estudiante, evaluar y revisar; así mismo el recurso sigue la estructura de una secuencia didáctica tradicional organizada en tres momentos: Inicio, Desarrollo y Cierre.

El uso de eXeLearning favoreció la integración de actividades diagnósticas, formativas y sumativas, promoviendo el aprendizaje autónomo. Asimismo, se abordan conceptos clave como interacción, interactividad, recursos multimedia, intertextualidad e hipertextualidad, que enriquecen la experiencia educativa en entornos virtuales. La incorporación de tecnologías educativas fortalece competencias profesionales y consolida la formación integral del estudiante universitario.

Este trabajo aporta un ejemplo práctico de integración tecnológica para el diseño instruccional en educación superior.

Palabras clave: *Curso interactivo, Aprendizaje significativo, Estrategias didácticas, Gamificación, Brecha digital.*

Integration of Educational Technology: eXeLearning in the Didactics of Professional Ethics

Abstract

The incorporation of educational technology in higher education is an essential pillar for responding to the challenges of the knowledge society. This article presents the teaching sequence for the course *Professional Ethics: Fundamentals and Application in the Workplace*, designed with eXeLearning. It analyzes the potential and challenges of TICs in the university setting, as well as the role of instructional design and pedagogical mediation in the use of digital resources.

The methodology implemented combines the ASSURE and Didactic Sequence models, which consider the following phases: analyzing students, establishing learning objectives, selecting methods, media, and materials, using media and materials, requiring student participation, evaluating and reviewing. Likewise, the resource follows the structure of a traditional didactic sequence organized into three stages: Beginning, Development, and Closing.

The use of eXeLearning favored the integration of diagnostic, formative, and summative activities, promoting autonomous learning. Likewise, key concepts such as interaction, interactivity, multimedia resources, intertextuality, and hypertextuality are addressed, enriching the educational experience in virtual environments. The incorporation of educational technologies strengthens professional skills and consolidates the comprehensive training of university students.

This work provides a practical example of technological integration for instructional design in higher education.

Keywords: *Interactive course, meaningful learning, Teaching strategies, Gamification, Digital divide.*

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, caracterizado por la digitalización y la globalización del conocimiento, la educación superior enfrenta el desafío de considerar tecnologías que integren procesos de aprendizaje más flexibles, interactivos y centrados en el estudiante. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han transformado el panorama educativo, pasando de ser un recurso complementario a constituirse en un componente esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje. (García-Peñalvo, 2021).

La tecnología educativa no solo facilita la elaboración de contenidos, sino que también promueve la construcción activa del conocimiento mediante experiencias interactivas, el aprendizaje autónomo y la colaboración entre estudiantes. En este marco, herramientas como eXeLearning, un software libre para la creación de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), cobran relevancia en la educación superior, ya que permiten diseñar secuencias didácticas dinámicas e integradoras.

Este artículo presenta el contenido de la secuencia didáctica de la materia de Ética Profesional: “Fundamentos y Aplicación en el Entorno Laboral”, desarrollada con eXeLearning, así mismo reflexiona sobre las implicaciones pedagógicas y formativas de la incorporación de TIC en la educación superior mediante cinco dimensiones principales: 1) El impacto de las TIC en la educación superior, 2) El papel del diseño instruccional mediado por tecnología, 3) La secuencia didáctica desarrollada con eXeLearning, 4) Las implicaciones pedagógicas de utilizar herramientas digitales en la enseñanza de la ética profesional y la integración de conceptos clave como la Interacción, interactividad, recursos multimedia, intertextualidad e hipertextualidad en la educación superior.

El propósito de este artículo es describir el proceso de diseño, implementación y análisis de la secuencia didáctica elaborada con eXeLearning, así como reflexionar sobre su impacto pedagógico. El documento se organiza en las siguientes secciones: desarrollo, metodología, fases de implementación, resultados y conclusiones

DESARROLLO

El presente trabajo muestra las fases implementadas para el desarrollo de la secuencia didáctica de la materia de Ética Profesional: “Fundamentos y Aplicación en el Entorno Laboral”, utilizando eXeLearning, para ello se reflexiona sobre las implicaciones pedagógicas y formativas de la incorporación de TIC en la educación superior mediante las siguientes cinco dimensiones principales:

1. Las TIC en la educación superior: potencialidades y retos.

Las TIC han transformado la manera en que se conciben los procesos educativos. En la educación superior, estas herramientas contribuyen a superar las limitaciones del espacio y del tiempo, permitiendo que los estudiantes accedan a contenidos en cualquier momento y lugar, lo que fortalece la autonomía y la autorregulación en el aprendizaje (Salinas, 2020).

Entre las potencialidades de las TIC destacan:

- **Flexibilidad:** ofrecen entornos virtuales accesibles desde múltiples dispositivos.
- **Interactividad:** incorporan actividades que involucran activamente al estudiante y utiliza la gamificación.
- **Colaboración:** promueven espacios de trabajo en línea, foros y debates que enriquecen la experiencia educativa.

No obstante, también existen **retos significativos**: la brecha digital que limita el acceso al uso de equipamiento necesario para implementar tecnología, en algunas zonas no hay servicio de internet, la necesidad de capacitación docente para un uso efectivo de las herramientas digitales, y la dificultad de mantener la motivación de los estudiantes en entornos virtuales.

2. Tecnología educativa y diseño instruccional: el papel de eXeLearning.

El diseño instruccional es un factor determinante en el aprovechamiento de la tecnología educativa. eXeLearning es una herramienta idónea para la creación de Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), ya que permite integrar textos, imágenes, videos, cuestionarios y actividades interactivas en un solo entorno. Al ser software libre lo convierte en una opción accesible y adaptable a distintos contextos educativos (González & Ramírez, 2022).

En el caso de la asignatura de Ética Profesional, eXeLearning facilitó la construcción de una secuencia didáctica estructurada en tres momentos: actividades diagnósticas, formativas y sumativas. Entre las actividades destacan:

- Cuestionario diagnóstico de opción múltiple para explorar conocimientos previos.
- Ejercicios interactivos (arrastrar tarjetas, sopas de letras, verdadero/falso, ruleta, relacionar, rellenar huecos).
- Estudio de casos y reflexión para aplicar los principios éticos en contextos reales.

3. La secuencia didáctica desarrollada con eXeLearning.

La secuencia didáctica desarrollada con eXeLearning tuvo como objetivo que los estudiantes analizaran y aplicaran principios éticos en situaciones profesionales, fomentando un compromiso con valores que orienten su futuro desempeño laboral.

Las competencias trabajadas incluyeron:

- a) Identificación de conceptos clave de ética, moral, profesión y vocación.
- b) Análisis de dilemas éticos en el ámbito laboral.

- c) Propuesta de soluciones éticas en casos simulados.
- d) Reflexión crítica sobre la importancia de la ética en la vida profesional y social.

El diseño de actividades interactivas permitió que los estudiantes transitaran de la comprensión conceptual hasta analizar casos de uso.

4. Implicaciones pedagógicas y formativas del uso de TIC en la enseñanza de la ética.

La incorporación de TIC en la enseñanza de la ética profesional tiene profundas implicaciones pedagógicas. En primer lugar, fomenta un aprendizaje activo y participativo, disminuyendo la monotonía y el desinterés de solo ver el contenido como teórico. En segundo lugar, favorece el desarrollo de habilidades blandas como el pensamiento crítico y la toma de decisiones éticas. Finalmente, la flexibilidad que ofrecen las TIC promueve la inclusión educativa (Cabero & Llorente, 2021).

5. Interacción, interactividad, recursos multimedia, intertextualidad e hipertextualidad en la educación superior.

La incorporación de las TIC en la educación superior no solo implica el acceso a plataformas digitales, sino también la posibilidad de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de dinámicas que fomentan la interacción y la interactividad.

La interacción hace referencia al vínculo que se establece entre el estudiante, el docente, los contenidos y el entorno digital; mientras que la interactividad alude al grado de respuesta que ofrecen los sistemas tecnológicos frente a las acciones del usuario, lo que permite experiencias más dinámicas y participativas (Cabero, 2014).

En este sentido, actividades como cuestionarios en línea, juegos didácticos o actividades que permiten la retroalimentación inmediata fortalecen el aprendizaje autónomo.

Asimismo, los recursos multimedia (videos, audios, imágenes interactivas, animaciones) potencian el aprendizaje al involucrar distintos canales sensoriales, lo que se relaciona directamente con los estilos de aprendizaje visual, auditivo y kinestésico. Esta diversidad de formatos permite adaptar los contenidos a las necesidades de cada estudiante, facilitando una comprensión más integral de los temas abordados.

Por otra parte, en los entornos digitales emergen las nociones de intertextualidad e hipertextualidad.

La intertextualidad se refiere a la relación que un texto establece con otros textos previos, enriqueciendo la construcción de significados a partir de referencias compartidas. En el contexto educativo, esto se observa cuando los contenidos de ética profesional remiten a códigos de ética, artículos académicos o casos históricos. En cambio, la hipertextualidad describe la estructura no lineal de los documentos digitales, en los que los usuarios navegan entre enlaces que los conducen a diferentes recursos (Landow, 2006).

Ambos conceptos, intertextualidad e hipertextualidad, resultan fundamentales en la construcción de objetos de aprendizaje digitales como los que permite crear eXeLearning, ya que posibilitan la integración de múltiples perspectivas y caminos de exploración que enriquecen la experiencia educativa.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General

Diseñar en eXeLearning la secuencia didáctica de la materia de Ética Profesional: “Fundamentos y Aplicación en el Entorno Laboral”, para promover la construcción activa del conocimiento mediante experiencias interactivas, aprendizaje autónomo y la colaboración entre estudiantes.

Objetivos Específicos

1. Analizar a los estudiantes. Identificar quiénes son los estudiantes: características, conocimientos previos, estilos de aprendizaje, necesidades y contexto educativo.
2. Establecer los objetivos de aprendizaje. Definir qué se espera que los estudiantes logren al finalizar, formulando objetivos claros y medibles.
3. Seleccionar métodos, medios y materiales. Elegir estrategias didácticas, recursos multimedia, herramientas tecnológicas, actividades y materiales que se utilizarán en el proceso.
4. Utilizar los medios y materiales. Planear cómo se aplicarán y presentarán los materiales seleccionados en el recurso digital, asegurando su correcto uso.
5. Requerir la participación del estudiante. Diseñar actividades que fomenten la interacción, práctica, reflexión y participación activa del estudiante durante el aprendizaje.
6. Evaluar y revisar. Evaluar tanto el aprendizaje del estudiante como la efectividad del recurso; identificar mejoras y realizar ajustes.

OBJETO DE ESTUDIO

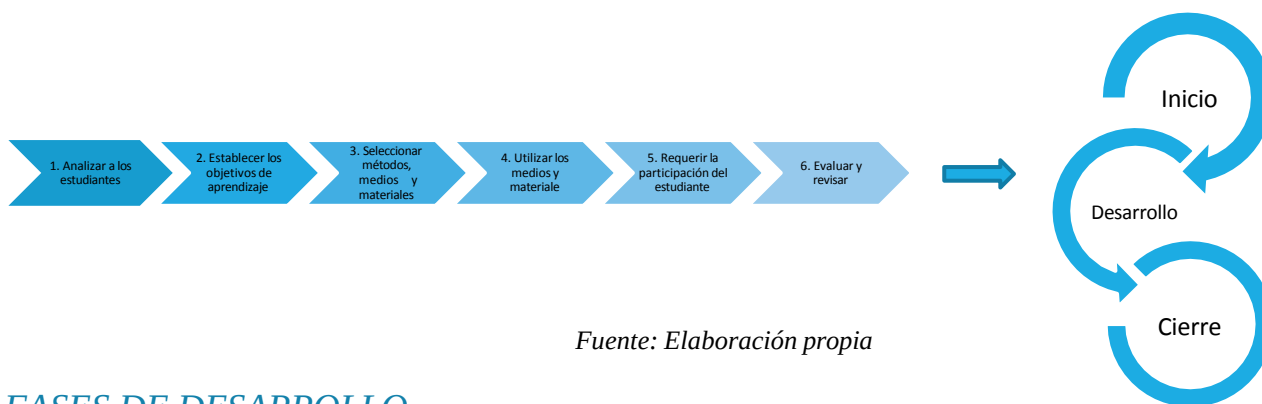
El objeto de estudio de este trabajo es el diseño, implementación y análisis pedagógico de una secuencia didáctica digital elaborada con eXeLearning para la asignatura de Ética Profesional, impartida en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Se busca comprender cómo la integración de tecnologías educativas contribuye al fortalecimiento del aprendizaje significativo, la interacción, el pensamiento crítico y la autonomía de estudiantes de la Ingeniería en Tecnologías de la Información e Innovación Digital.

Se examinan los elementos instruccionales, tecnológicos y didácticos que conforman el recurso, incluyendo actividades diagnósticas, formativas y sumativas, así como el uso de interactividad, gamificación e hipertextualidad. El objeto de estudio se centra, por tanto, en la relación entre diseño instruccional, tecnología educativa y desarrollo de competencias éticas en un entorno virtual de aprendizaje.

METODOLOGIA

La metodología implementada combina las fases de los modelos ASSURE el cual se eligió por su orientación práctica hacia el uso de nuevas tecnologías y el de Secuencia didáctica ya que así se estructuró el contenido temático. En la figura 1 se muestra la combinación de ambos modelos:

Figura 1. Etapas de la Metodología



Fuente: Elaboración propia

FASES DE DESARROLLO

1. **A – Analizar a los estudiantes**

Se consideró a los estudiantes de la Ingeniería en Tecnologías de la Información e Innovación Digital de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero que cursan la asignatura de Ética Profesional, identificando sus necesidades formativas en torno a la comprensión de principios éticos y su aplicación en su futura práctica profesional.

2. **S – Establecer los objetivos de aprendizaje**

La estructura del contenido, los aspectos curriculares y la organización temática permitieron establecer objetivos formativos implícitos dirigidos a desarrollar competencias de reflexión, análisis y aplicación ética, coherentes con el propósito de la asignatura, esta información se obtuvo de la planeación didáctica.

3. **S – Seleccionar métodos, medios y materiales**

Se eligió eXeLearning como plataforma para estructurar la secuencia didáctica, integrando materiales textuales, imágenes, actividades interactivas y diferentes tipos de evaluación (diagnóstica, formativa y sumativa), garantizando la pertinencia de los recursos respecto al tema.

4. **U – Utilizar los medios y materiales**

Los contenidos fueron organizados en un entorno web navegable, dividido en secciones temáticas que facilitan el acceso, comprensión y recorrido autónomo del estudiante a través de la unidad de aprendizaje.

5. **R – Requerir la participación del estudiante**

Se incorporaron actividades que permiten la interacción del estudiante mediante evaluaciones y ejercicios que favorecen la reflexión y el análisis crítico, promoviendo la participación activa en su proceso formativo.

6. **E – Evaluar y revisar**

Se integraron mecanismos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa que permiten medir el avance y nivel de comprensión del estudiante, así como áreas de mejora del propio recurso educativo.

Asimismo, el recurso sigue la estructura de una **secuencia didáctica tradicional**, organizada en tres momentos fundamentales:

1. **Inicio**, con la presentación del tema, los aspectos curriculares y la evaluación diagnóstica;
2. **Desarrollo**, con el contenido temático estructurado en apartados claros y progresivos;
3. **Cierre**, con una evaluación sumativa y las referencias bibliográficas que sustentan el material.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró el objetivo general, como resultado se presentan algunas capturas de la herramienta diseñada en eXeLearning que muestra la secuencia didáctica de la materia de Ética Profesional: “Fundamentos y Aplicación en el Entorno Laboral”.

Si bien, la implementación presenta grandes beneficios como hacer más atractiva e interactiva la clase y con ello lograr captar por más tiempo la atención del alumno, mejorar la participación grupal y conseguir que puedan aprender de una forma más divertida. Aun así la brecha digital sigue impactando ya que en ocasiones el servicio de internet o el equipamiento llegan a fallar por lo que genera frustración en los alumnos.

Por último, aunque la herramienta fortaleció la motivación e interacción, se identificó la necesidad de mayor accesibilidad tecnológica en ciertos estudiantes, lo que sugiere futuras líneas de mejora.

A continuación se explica cada uno de los apartados de la herramienta:

Página de inicio. Muestra el nombre de la materia y docente que diseño. **Figura 2**

Figura 2. Página de Inicio



Fuente: Elaboración propia

Página de introducción. Da la bienvenida al curso, presenta un video para contextualizar de que tratará la materia y solicita realizar el cuestionario diagnóstico para identificar sus necesidades formativas en torno al contenido de la materia. **Figura 3**

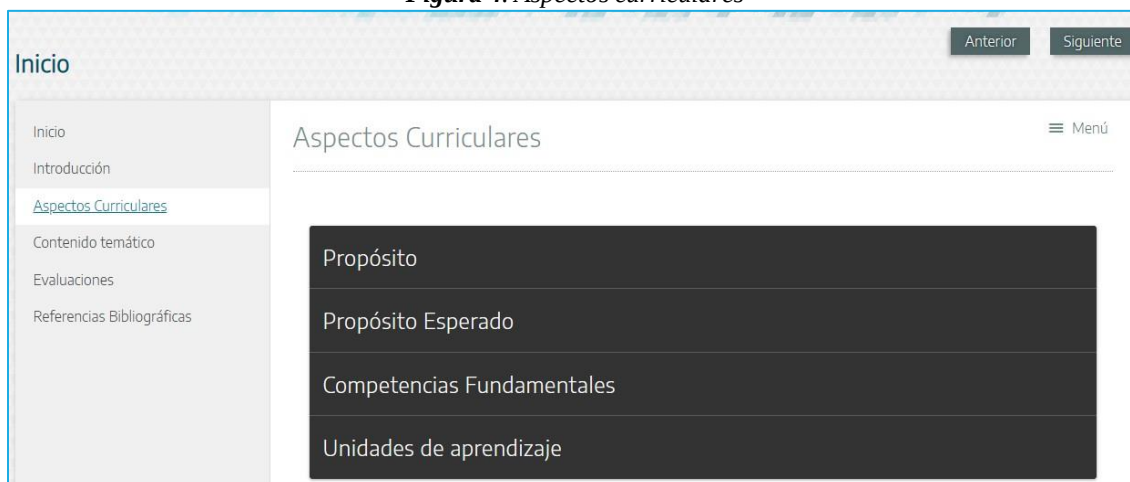
Figura 3. Página de Introducción



Fuente: Elaboración propia

Aspectos curriculares. Muestra el propósito de la asignatura, el propósito esperado, las competencias fundamentales que deben desarrollar los alumnos y las unidades de aprendizaje. **Figura 4**

Figura 4. Aspectos curriculares



Fuente: Elaboración propia

Contenido temático. Se presenta de forma puntual los temas que verán durante el curso. **Figura 5**

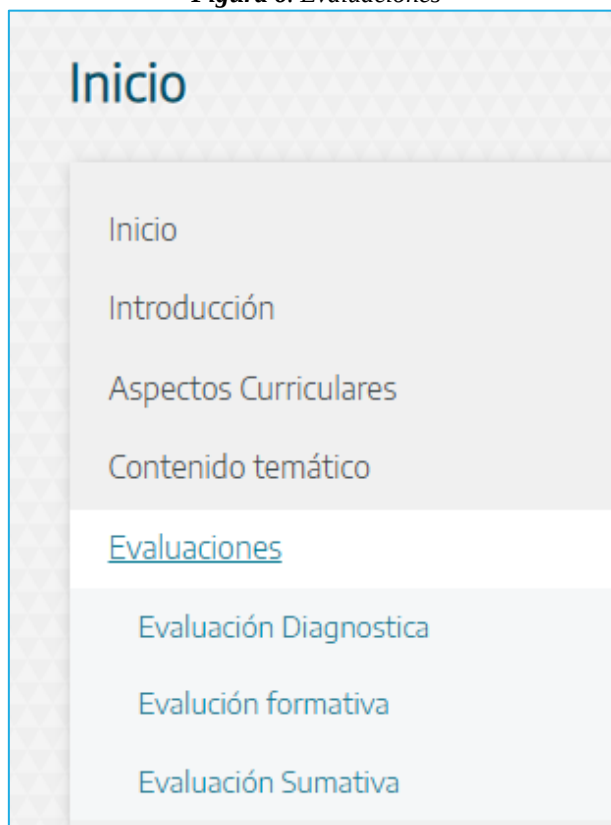
Figura 5. Contenido temático



Fuente: Elaboración propia

Evaluaciones. Se estructuran en tres momentos: 1) **Evaluación diagnóstica** que se aplica un cuestionario antes de comenzar a ver los contenidos del curso, 2) **Evaluación formativa** para este apartado en cada uno de los temas se presenta información por medio de texto, archivos, videos, lecturas, etc. y al finalizar al menos deberán realizar alguna actividad para poder evaluar lo aprendido y se aplica durante todo el curso y por último la **Evaluación sumativa** la cual se aplica al final de curso analizando diferentes casos de uso y aplicando todo lo aprendido. **Figura 6**

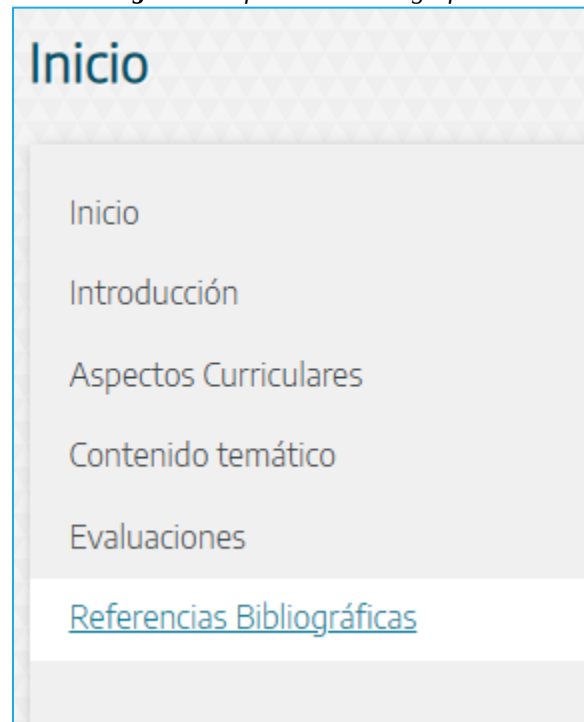
Figura 6. Evaluaciones



Fuente: Elaboración propia

Referencias Bibliográficas. Es necesario para poder respetar el derecho de autor de la información presentada. **Figura 7**

Figura 7. Referencias Bibliográficas



Fuente: Elaboración propia

Juegos interactivos “Selección-Arrastra”. Aplicando la gamificación para poder evaluar lo aprendido, consta de destapar cada una de las tarjetas y arrastrarlas según corresponda. **Figura 8**

Figura 8. Juegos interactivos “Selección-Arrastra”



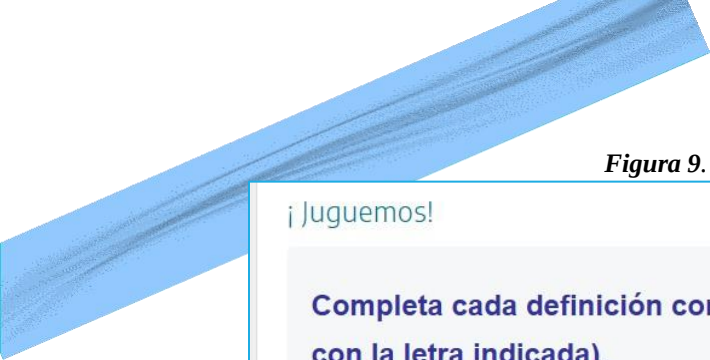
Fuente: Elaboración propia

Juegos interactivos “Ruleta”. Permite repasar conceptos. **Figura 9**

Figura 9.

¡Juguemos!

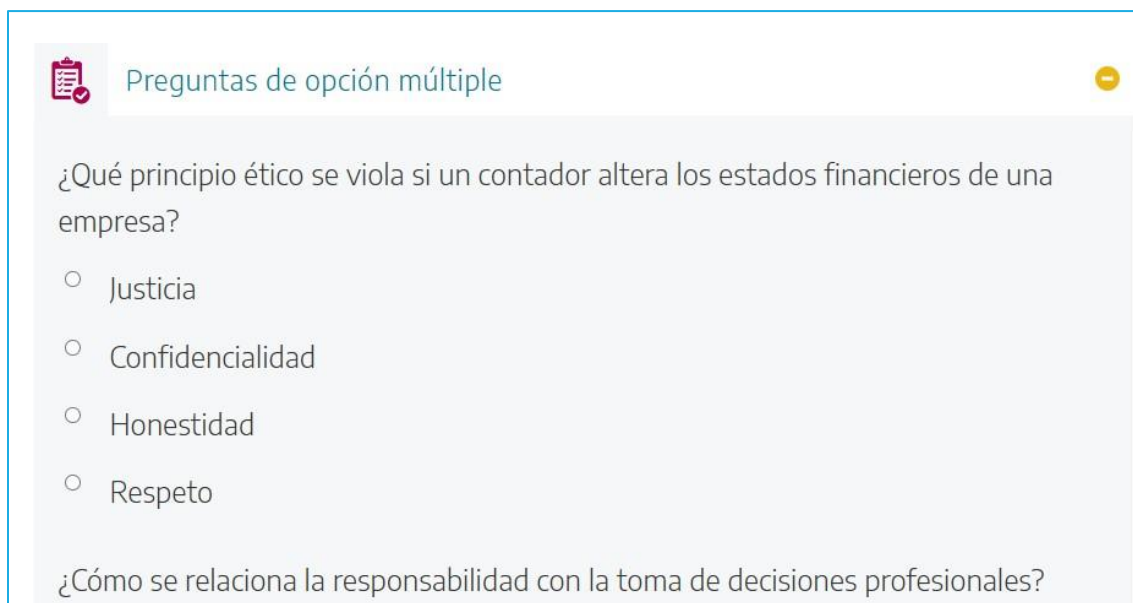
Completa cada definición con la letra indicada)



Fuente: Elaboración propia

Preguntas de opción múltiple. Permite contestar un cuestionario de forma dinámica y verificar si el tema se ha comprendido. **Figura 10**

Figura 10. Preguntas de opción múltiple



Fuente: Elaboración propia

Juegos interactivos “Relaciona”. Esta actividad permite repasar los conceptos al tener que relacionar. **Figura 11**

Figura 11. Juegos interactivos “Relaciona”



Fuente: Elaboración propia

Análisis de casos. Esta es la última actividad que se aplica como cierre de la materia, y permite por medio del análisis de casos aplicar lo aprendido durante el curso. **Figura 12**

Figura 12. Análisis de casos

En esta evaluación se analizarán diferentes casos de uso con el objetivo de identificar soluciones efectivas y aplicables en la ética profesional. Cada caso de uso permite visualizar estrategias específicas y su impacto en escenarios concretos, muestra tus conocimientos adquiridos eligiendo la mejor respuesta para cada caso.

Caso 1: Ética y responsabilidad profesional

María es una ingeniera en sistemas que trabaja en una empresa de software. Un cliente le pide que modifique un programa para recopilar datos de los usuarios sin su consentimiento. Aunque técnicamente es posible, esta acción va en contra de los principios éticos de su profesión.

1. ¿Qué principio ético se está violando si María accede a la petición del cliente?

- ☐ Transparencia y privacidad
- ☐ Eficiencia y productividad

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

La incorporación de la tecnología educativa en la educación superior constituye un eje fundamental para responder a las demandas de la sociedad del conocimiento. Herramientas como eXeLearning permiten diseñar experiencias de aprendizaje dinámicas, accesibles y contextualizadas.

El caso de la secuencia didáctica en Ética Profesional demuestra que el uso de TIC contribuye a articular teoría y práctica, promoviendo no solo el dominio conceptual, sino también la capacidad de aplicar principios éticos en contextos profesionales.

Se observó que los estudiantes mostraron mayor participación y mejor desempeño en actividades aplicadas. Como trabajos a futuro, se propone adaptar la secuencia para diversos estilos de aprendizaje mediante recursos multimedia avanzados; además se plantea importar la herramienta a una plataforma LMS con el fin de dar un seguimiento más puntal al progreso de cada estudiante.

BIBLIOGRAFÍA

- Aicad Business School. (2023, noviembre 5). *Ética profesional*. <https://www.aicad.es/etica-profesional>
- Cabero, J., & Llorente, M. C. (2021). *La educación digital: Retos y oportunidades en la era post-COVID-19*. Revista de Educación a Distancia, 21(67), 1-20. <https://doi.org/10.6018/red.446321>
- Equipo editorial, Etecé. (2021, agosto 5). *Profesión - Concepto, formación, características y ejemplos*. Concepto. <https://concepto.de/profesion/>
- Equipo editorial, Etecé. (2025, enero 29). *Profesional - Qué es, características e implicaciones*. Concepto. <https://concepto.de/profesional/>
- García-Peñalvo, F. J. (2021). *Digital transformation in higher education: The strategic role of learning technologies*. Education in the Knowledge Society, 22, 1–10. <https://doi.org/10.14201/eks.25423>
- González, A., & Ramírez, P. (2022). *Recursos digitales abiertos y su aplicación en la enseñanza universitaria*. Revista Iberoamericana de Educación, 88(2), 55-74. <https://doi.org/10.35362/rie8825051>
- Gómez, M. I. (2024, diciembre 9). *Vocación - Concepto, aspectos y orientación vocacional*. Concepto. <https://concepto.de/vocacion/>
- Jorge. (2023, noviembre 9). *Código de Ética de Ingeniería en Sistemas Computacionales*. SoyEtica.com. <https://soyetica.com/codigo-de-etica-del-ingeniero-en-sistemas-computacionales/>
- Prezi. (s. f.). *Código de ética del ingeniero industrial*. <https://prezi.com/p/gmbvaxbipqqp/codigo-de-etica-del-ingeniero-industrial/>

Análisis de la relación entre el uso de inteligencia artificial y el desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico De Piedras Negras.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.921

Dr. Francisco Fabián Tobías Macías¹, Dr. Carlos Hernández Santos², M.T.I. Rosalina Judith Moguel Cobos³, M.C. Victor Manuel Ibarra Balderas⁴, M.A. Juan Ernesto Gonzalez Camarillo⁵, Ing. Paula Mariana Patiño Vázquez⁶

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Piedras Negras, e-mail: fabian_z_zz@hotmail.com

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Nuevo León, e-mail: carlos.hernandez@itnl.edu.mx

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Piedras Negras, e-mail: rosalina.mc@pedrasnegras.tecnm.mx

⁴Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Piedras Negras, e-mail: victor.ib@pedrasnegras.tecnm.mx

⁵Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Piedras Negras, e-mail: juanernesto.gc@pedrasnegras.tecnm.mx

⁶Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Piedras Negras, e-mail: marianapatino_26@hotmail.com

Línea de Investigación: *Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación e Innovación Educativa y Transformación Digital.*

Resumen:

La inteligencia artificial (IA) ha transformado diversos ámbitos de la vida académica al ofrecer herramientas y recursos que potencian el aprendizaje y el rendimiento estudiantil. Una de las principales ventajas del uso de la IA en el contexto educativo es la capacidad de personalizar el aprendizaje. A través de sistemas inteligentes, los estudiantes pueden recibir retroalimentación inmediata, resolver dudas en tiempo real y mejorar su comprensión de los contenidos. Sin embargo, también surgen desafíos relacionados con la dependencia tecnológica y la falta de pensamiento crítico cuando el uso de estas herramientas no es regulado adecuadamente.

Abstract:

Artificial intelligence (AI) has transformed various areas of academic life by offering tools and resources that enhance learning and student performance. One of the main advantages of using AI in the educational context is its ability to personalize learning. Through intelligent systems, students can receive immediate feedback, resolve questions in real time, and improve their understanding of the content. However, challenges also arise related to technological dependence and the lack of critical thinking when the use of these tools is not properly regulated.

Palabras clave: *Aprendizaje, dependencia tecnológica, inteligencia artificial, pensamiento crítico, rendimiento estudiantil.*

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una de las herramientas tecnológicas con mayor impacto en el ámbito educativo. Su aplicación en procesos de enseñanza y aprendizaje ha despertado el interés de instituciones académicas que buscan aprovechar su potencial para optimizar el rendimiento estudiantil. El Instituto Tecnológico de Piedras Negras (ITPN), consciente de estas transformaciones, representa un escenario idóneo para analizar cómo el uso de la IA influye en el desempeño académico de sus estudiantes.

El presente informe tiene como propósito examinar la relación entre la implementación de herramientas de inteligencia artificial y los resultados académicos obtenidos por los alumnos del ITPN. Se busca identificar los beneficios, riesgos y limitaciones de estas tecnologías en la formación profesional, así como proponer reflexiones que contribuyan al fortalecimiento de prácticas educativas innovadoras. Con ello, se pretende aportar una visión crítica y fundamentada sobre el papel de la IA en la educación superior, ofreciendo un punto de partida para futuras investigaciones y estrategias institucionales que promuevan un mejor aprovechamiento académico mediante el uso responsable y consciente de estas herramientas.

DESARROLLO

La inteligencia artificial aplicada al ámbito académico ha generado una serie de innovaciones que están transformando la forma en que los estudiantes aprenden y se relacionan con el conocimiento. Estas herramientas permiten una mayor eficiencia en la búsqueda de información, la automatización de tareas y la optimización de los procesos de estudio.

Con la llegada de estas tecnologías, el acceso a recursos educativos se ha vuelto prácticamente inmediato, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de resolver dudas, organizar mejor su tiempo y reforzar sus conocimientos con solo unos clics. Hoy en día, la IA no solo se utiliza como un apoyo para la investigación, sino también como un recurso capaz de personalizar el aprendizaje y adaptarlo a las necesidades de cada estudiante.

Una de sus principales aplicaciones en la educación es el acompañamiento en la realización de trabajos académicos y proyectos. Herramientas como los asistentes virtuales y generadores de contenido permiten orientar al estudiante en la redacción, análisis de datos o resolución de problemas, reduciendo significativamente el tiempo invertido en ciertas actividades. De igual manera, el uso de plataformas con algoritmos de aprendizaje automático posibilita la detección temprana de áreas en las que un alumno presenta dificultades, facilitando la implementación de estrategias personalizadas.

En el contexto del Instituto Tecnológico de Piedras Negras (ITPN), el empleo de estas tecnologías abre la puerta a procesos educativos más flexibles y dinámicos. La IA puede contribuir no solo a mejorar el desempeño académico, sino también a fomentar la autonomía, la autogestión del aprendizaje y la preparación de los estudiantes frente a un entorno laboral cada vez más digitalizado. Sin embargo, también plantea retos relacionados con la dependencia tecnológica, la ética en el uso de la información y la necesidad de mantener habilidades críticas y analíticas que la tecnología no puede reemplazar.

El presente análisis es particularmente valioso para los estudiantes del Instituto Tecnológico de Piedras Negras (ITPN), ya que examina de manera profunda cómo la inteligencia artificial (IA) influye en su desempeño académico, orientándolos hacia un uso responsable y eficiente de estas herramientas tecnológicas. La incorporación de la IA en contextos educativos ha demostrado transformarse en un aliado esencial para optimizar los procesos de aprendizaje y formación universitaria. Principales beneficios: Optimización del aprendizaje. La inteligencia artificial permite identificar estrategias y recursos personalizados que potencian el rendimiento académico. Estudios recientes demuestran que el uso frecuente de herramientas basadas en IA se asocia con mejoras significativas en calificaciones académicas, especialmente en áreas como matemáticas y ciencias, con incrementos promedio superiores a 1.5 puntos en las escalas tradicionales de evaluación (Gutiérrez, 2019). Este efecto positivo se atribuye principalmente al aprendizaje adaptativo que la IA facilita, ajustando el contenido y la dificultad según el progreso individual del estudiante, lo que favorece una construcción más efectiva del conocimiento.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Analizar de manera integral la relación entre el uso de herramientas de inteligencia artificial y el desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Piedras Negras como objetivo general, considerando la frecuencia, tipo y propósito de utilización de estas tecnologías, así como su impacto en los procesos de aprendizaje, hábitos de estudio, desarrollo de competencias académicas y resultados obtenidos en las diferentes asignaturas.

Como objetivos específicos:

- Determinar la frecuencia y modalidad de uso de herramientas de inteligencia artificial entre los estudiantes.
- Identificar el nivel de conocimiento y aceptación de la inteligencia artificial en el ámbito académico.
- Analizar el impacto del uso de IA en las calificaciones y rendimiento general de los estudiantes.
- Proponer recomendaciones para optimizar el uso pedagógico de la inteligencia artificial en la institución.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son los estudiantes del Instituto Tecnológico de Piedras Negras (ITPN) revelan un panorama general positivo respecto al uso de la inteligencia artificial (IA) como apoyo académico. En términos generales, los alumnos muestran una alta aceptación y dependencia funcional hacia estas herramientas, considerándolas como un recurso útil para mejorar su desempeño académico.

La encuesta fue respondida mayormente por alumnos de la carrera de Mecatrónica, seguidos por los de Electrónica, Sistemas Computacionales y Gestión Empresarial. Este perfil refleja una mayor inclinación hacia áreas tecnológicas, donde el conocimiento de inteligencia artificial resulta especialmente relevante tanto en la formación académica como en su futura aplicación profesional.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, con el objetivo de analizar la relación entre el uso de herramientas de inteligencia artificial y el desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Piedras Negras (ITPN).

FASES DEL DESARROLLO

1. Diseño de la encuesta

¿Cuál inteligencia Artificial usas más?

- ChatGPT
- Gemini
- Copilot

¿Cuáles de las siguientes actividades son más comunes que se hagan IA?

- Problemas matemáticos
- Creación de resúmenes
- Elaboración de presentaciones

¿Cuál crees que el impacto de las IA al rendimiento académico?

- Mejora en las calificaciones
- Sin mejora de las calificaciones

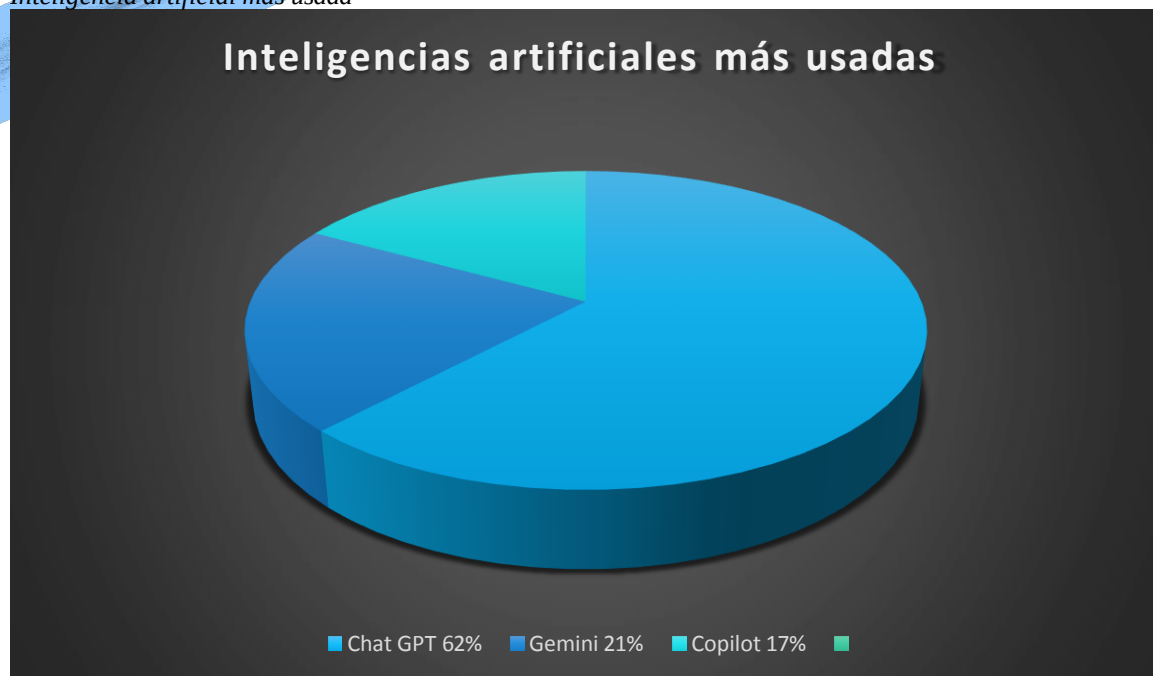
¿Cómo crees que sean los efectos en la información de absorción?

- Buena
- Mala

2. Recopilación de resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en forma de gráfica

Figura 1
Inteligencia artificial mas usada



Fuente: propia

Figura 2
Actividades académicas más comunes con la IA



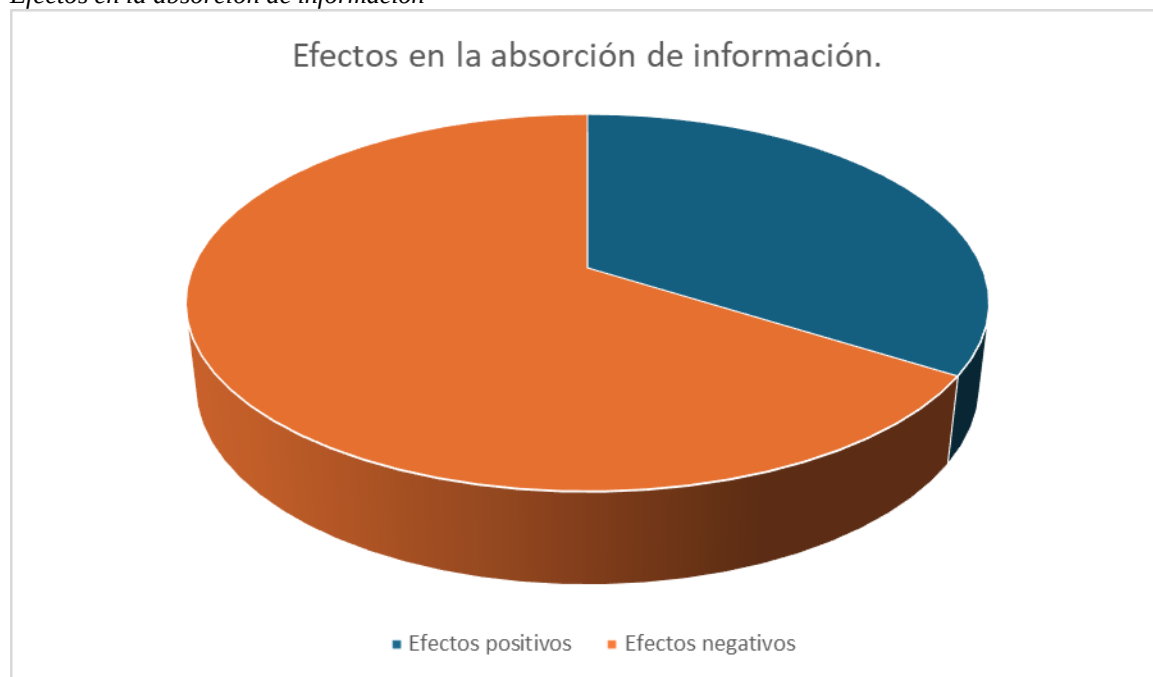
Fuente: propia

Figura 3
Impacto en el rendimiento académico



Fuente: propia

Figura 4
Efectos en la absorción de información



Fuente: propia

RESULTADOS Y DISCUSION

Las principales áreas en las que los estudiantes aplican la IA son la resolución de problemas matemáticos (44%), la creación o resumen de textos (31%) y la elaboración de presentaciones (25%). Esto indica que la mayoría utiliza estas herramientas como un soporte práctico para tareas específicas, priorizando la eficiencia y la rapidez sobre la exploración conceptual. Además, el uso de la IA demuestra una tendencia hacia la automatización de tareas repetitivas y una mayor organización del tiempo de estudio.

Un 73% de los encuestados afirma que sus calificaciones han mejorado gracias al uso de la inteligencia artificial, lo que refuerza la percepción de que estas herramientas pueden servir como complemento eficaz en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, un 27% considera que no ha notado un cambio significativo, lo que sugiere que el impacto depende del tipo de uso y del nivel de comprensión con que se apliquen las herramientas.

En cuanto a los posibles efectos negativos, un 66% de los estudiantes considera que la IA no afecta su capacidad de aprendizaje, mientras que un 34% opina lo contrario. Esta diferencia revela una división de percepciones: aunque la mayoría la percibe como una ayuda, una parte importante teme que el uso excesivo pueda reducir la retención de conocimientos o la práctica del razonamiento propio.

La mayoría de las respuestas sobre la percepción general del uso de IA son positivas, destacando su utilidad para realizar tareas más rápidas, completas y mejor estructuradas. No obstante, también emergen preocupaciones por la dependencia tecnológica y la posibilidad de que los estudiantes pierdan habilidades de análisis y creatividad si no se regula adecuadamente su uso.

CONCLUSIÓN

El estudio sobre la relación entre el uso de la inteligencia artificial y el desempeño académico de los estudiantes del ITPN demuestra que la IA se ha convertido en una herramienta clave para mejorar el aprendizaje y la eficiencia académica. La mayoría de los alumnos reconoce beneficios como el ahorro de tiempo y la mejora en las calificaciones. Sin embargo, también se advierte la necesidad de un uso responsable y ético, evitando la dependencia tecnológica y promoviendo el pensamiento crítico. En conclusión, la inteligencia artificial representa una oportunidad valiosa para fortalecer la educación, siempre que se utilice de forma consciente y guiada.

BIBLIOGRAFÍA.

- Educause Review. (2024). Ethical Use of Artificial Intelligence in Higher Education. Educause. <https://er.educause.edu>
- OECD. (2023). Artificial Intelligence in Education: Promoting Ethical and Effective Use. OECD Publishing. <https://www.oecd.org>
- Stanford University. (2024). AI and Learning Integrity: Guidelines for Responsible Use in Academia. Center for Ethics in Education. <https://ethics.stanford.edu>
- UNESCO. (2023). AI and Education: Guidance for Policy Makers and Students. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org>
- World Economic Forum. (2023). Ethics and Data Privacy in the Age of AI. WEF Publications. <https://www.weforum.org>
- ¿Está ChatGPT afectando nuestras habilidades cognitivas? (2025, 5 de noviembre).
- UCASAL. <https://ucasal.edu.ar>Un estudio del MIT alerta sobre el impacto cognitivo del uso de ChatGPT. (2025, 1 de julio)
- Laboratorio de Periodismo.Impacto Cognitivo del Uso de la Inteligencia Artificial. (2025, 31 de octubre). Hipermedula.ChatGPT y habilidades cognitivas en educación superior. (2025).
- Tec de Monterrey.Blog Prepa Tec. (2025). Beneficios de la inteligencia artificial en educación.
- AIC. (2025). Desventajas y riesgos de la inteligencia artificial en la educación. Asociación de Investigadores en Computación.EY. (2024).
- Protección de datos y ética en inteligencia artificial. Informe EY.Observatorio Tec. (2025, marzo 3).
- IA en la educación superior: ¿Una revolución o un riesgo? Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx>
- UPlanner. (2025, mayo 4). ¿Cuáles son los riesgos de utilizar IA en educación superior? UPlanner.
- Impacto de la Inteligencia Artificial en el rendimiento académico. PURIQ, 6, e740. Universidad Nacional Autónoma de Huanta.Maigua, C. N. G., Puetate, G. H., Cevallos, Á. M. R., & Cualchi, F. J. A. (2025).
- La Inteligencia Artificial y su influencia en el rendimiento académico: Perspectivas desde la educación superior. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 6(3), 29–45. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i3.760>
- Ng, S., Falloon, G. (2023). Understanding how AI supports learning and motivation. Educational Technology Research and Development.Vieriu, A. M. (2025). El impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo ético y crítico de los estudiantes. Revista de Ética y Tecnología Educativa.
- Maigua, C. N. G., Puetate, G. H., Cevallos, Á. M. R., & Cualchi, F. J. A. (2025). La inteligencia artificial y su influencia en el rendimiento académico: Perspectivas desde la educación superior. Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano, 6(3), 29–45. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i3.760>
- Falloon, G. (2024). The impact of AI tools on student learning and motivation. Educational Technology Research and Development.

Evaluación del porcentaje de remoción de azul de metileno con biofiltros de residuos de coco modificados térmicamente a baja temperatura

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.918

Maria Elena Alvarado Diaz¹, Bethsabet Jaramillo Sierra² y Elideth Guadalupe Gutiérrez Ramírez³

¹Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco / Ingeniería Ambiental e-mail: mariaelena.alvaradod@test.edu.mx y alvaradodiazelena@gmail.com

²Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco / Ingeniería Ambiental e-mail: bethsabet.jaramillo@test.edu.mx

³Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco / Ingeniería Ambiental e-mail: ramirezelieth12@gmail.com

Línea de investigación: Desarrollo de materiales, procesos fisicoquímicos y de oxidación, novedosos para la aplicación ambiental

Resumen

En este trabajo de investigación se acondicionaron cuatro muestras de residuos de coco en un reactor de acero inoxidable en una atmosfera reducida a baja temperatura (80, 90, 100 y 150°C) con un tiempo de residencia de 90 minutos cada uno, para obtener biomateriales que se ocuparon como filtros para estudiar el efecto del tratamiento térmico en le proceso de remoción del azul de metileno en solución sintéticas acuosa de 80 mg/L. Los cuatro biomateriales obtenidos removieron el azul de metileno. Este estudio contemplo la evaluación del filtro pasándolo cuatro veces, la remoción fue de un 65% hasta un 98%. Además, se presenta el análisis elemental de coco a 90°C y análisis termogravimétrico del coco.

Palabras clave: tratamientos térmicos, residuos de coco, remoción y azul de metileno

Abstrac

In this research work, four samples of coconut waste were conditioned in a stainless steel reactor in a reduced atmosphere at low temperature (80, 90, 100 and 150 ° C) with a residence time of 90 minutes each, to obtain biomaterials that were used as filters to study the effect of heat treatment in the process of removal of methylene blue in synthetic aqueous solution of 80 mg / L. The four biomaterials obtaining removed methylene blue. This study evaluated the filter by passing it through four times; this removal ranged from 65% to 98%. In addition, the elemental analysis of coconut at 90 ° C and thermogravimetric analysis of coconut are presented.

Keywords: Heat treatments, coconut residues, removal and methylene blue

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas residuales por colorantes sintéticos es una de los retos ambientales actuales que se generan en las industrias textiles, cosméticas, alimenticias, de plásticos, entre otras, estas aguas residuales afectan la vida de los ecosistemas acuáticos y la salud humana. En los ecosistemas afecta la fotosíntesis al reducir la transmisión de luz solar y en el ser humano origina irritaciones, dermatitis, alergias, mutaciones y hasta cáncer (Meza, et al, 2020). Las descargas de estas aguas residuales llegan a los ríos sin control por ello, es necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitan remover los colorantes. Otro problema ambiental adicional, es la inadecuada gestión de residuos orgánicos ya que si no se les da un adecuado tratamiento generan lixiviados que contaminan el agua y suelo y provoca enfermedades a los seres vivos en general. En el Estado de México se tiene dos municipios cercanos, en uno se cortan y tiñen pantalones de mezclilla generando grandes volúmenes de colorantes que son vertidos a una laguna sin vigilancia y tratamiento alguno y en el municipio aledaño se tiene un mercado semanal donde se generan varias toneladas de residuos orgánicos. Los residuos orgánicos de coco fibrosos han demostrado ser un biomaterial que puede remover colorantes como el azul de metileno (Reyes, J.; 2016) pero la mayoría de estos biomateriales tiene una principal desventaja que es pudrirse y llenarse organismos que los deja inhabilitados para ser usados como filtros, por ello, se propone realizar el tratamiento térmico de los residuos de coco a baja temperatura para modificar su estructura y puedan aplicarse como biofiltros.

DESARROLLO

Este estudio tiene el objetivo de potencializar a los tratamientos térmicos como una alternativa de solución para los residuos orgánicos de difícil degradación como es el coco pero a baja temperatura en reactores de atmósfera reducida y así contribuir a la economía circular, al reducir el consumo de energía en el tratamiento y su reutilización como biofiltro sustentable y amigable con el ambiente al remover de colorantes como el azul de metileno.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

General

Evaluar el porcentaje de remoción de azul de metileno con biofiltros de residuos de coco modificados térmicamente a baja temperatura

Específicos:

Recolectar y acondicionar térmicamente los residuos de coco a las temperaturas de 80, 90, 100 y 150°C durante 90 minutos.

Evaluar el porcentaje de remoción del colorante azul de metileno con cada uno de los residuos tratados térmicamente.

OBJETO DE ESTUDIO

Los residuos orgánicos son materiales lignocelulósicos están constituidos por diferentes grupos funcionales, los principales son la lignina, hemicelulosa y celulosa, siendo estos grupos funcionales que se encuentran en los residuos de cáscaras de coco son hemicelulosa, celulosa y lignina. En el proceso de remoción del azul de metileno en las aguas residuales se asocia la remoción del color a grupos funcionales antes mencionados y en este caso, se estudia el efecto en la remoción de color cuando se realizan cuatro tratamientos térmicos con los residuos de coco a baja temperatura para no degradar hemicelulosa (180°C), celulosa (240°C) y lignina (280°C) (Paricaguan, et. al, 2013), en un reactor de atmósfera reducida.

METODOLOGÍA

Para realizar esta investigación, se inició con una revisión del análisis termogravimétrico de residuos de coco reportado por Belén Paricaguan, et. al., en 2013 y una revisión bibliográfica de la remoción de azul de metileno con residuos de coco, obteniendo que la mayoría de autores habían obtenido biomateriales al tratar los residuos de coco con: a) en reactores a temperaturas mayores de 400°C obteniendo biocarbones empleando una gran cantidad de energía y reactivos para modificarlos ó b) biomateriales secados al sol, que tenían como inconveniente principal la formación de bacterias al ser utilizada como biofiltros, ambos biomateriales, demostraron remover azul de metileno, por ello, en esta investigación se evaluó el porcentaje de remoción de azul de metileno utilizando residuos de coco tratados térmicamente en un reactor de acero inoxidable con una atmósfera reducida de oxígeno a baja temperatura (de 80 a 150°C) para solucionar ambas problemáticas, esta investigación se desarrolló en dos fases, que a continuación se describen.

FASES DEL DESARROLLO:

El proceso de evaluación de la remoción de azul de metileno con cada biomaterial tratado térmicamente, se realizó en dos etapas:

a) Recolección y acondicionamiento térmico de los residuos y b) evaluación individual de la remoción de cada biofiltro.

Etapas I.- Recolección y acondicionamiento térmico de los residuos

En la **Tabla 1**, se pueden observar algunas fotografías del acondicionamiento térmico de los residuos de coco, iniciando por la recolección, corte, pesado y tratamiento a diferentes temperaturas (80, 90, 100 y 150°C; en base análisis termogravimétrico reportado por Belen Paricaguan, et. al., en 2013, en un reactor térmico reducido en oxígeno con un tiempo de residencia de 90 minutos, se apaga el reactor y se deja enfriar.

Tabla 1. Tratamientos térmicos de los residuos de coco

Recolección	Corte	Reactor de tratamiento
		

Fotografías: Propias

Etapla II.- Evaluación individual de los biofiltros

En la **Tabla 2**, se observan algunas fotografías de la evaluación de los residuos tratados térmicamente de coco. Se comenzó con preparación de las soluciones de azul de metileno a concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 considerando un volumen de aforo de 25 ml para la obtención de la curva de calibración al ser analizan en un espectrofotómetro UV-Vis. Con los residuos tratados se hizo una capa de aproximadamente 3 cm de espesor para formar el filtro dentro de una recipiente de cristal oscuro con cada biomaterial obtenido. Los biofiltros tratados térmicamente con residuos de coco a 80°C (**Coco 80°C**), a 90°C (**Coco 90°C**), a 100°C (**Coco 100°C**) y a 150°C (**Coco 150°C**) una vez armados; se preparó una concentración inicial de 80 mg/l colorida de azul de metileno y se pasó por cada filtro en cuatro ocasiones. Y finalmente se evalúa el porcentaje de remoción de color en base a la **ecuación 1**(Meza, et al, 2020).

Tabla 2. Evaluación del porcentaje de remoción de azul de metileno

Solución de colorante azul de etileno.	Espectrofotómetro UV-Vis HACH	Filtro	Contacto
			

Fotografías: Propias

$$\% \text{ Remocion} = \frac{Co-Cf}{Co} * (100) =$$

Ecuación 1

Dónde; Co: Concentración inicial (mg/L); Cf: Concentración final (mg/L) y porcentaje de remoción (%) (Meza, et al, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 3**, se muestran las fotografías del antes y después del acondicionamiento térmico con a 80, 90, 100, y 150°C y con un tiempo de residencia de 90 minutos, con el incremento de la temperatura cambio su color característico de blanco y verde a un color marrón, seguido de un color a negro carbonoso con puntas tostadas.

Tabla 3 Fotografías del proceso térmico

Sin tratamiento	Coco 80°C	Coco 90°C	Coco 100°C	Coco 150°C
				

Fotografías propias

En la **figura 1**, se observa la curva de calibración del azul de metileno con $R^2= 0.9951$ y $Y= 0.0555x - 0.0411$.

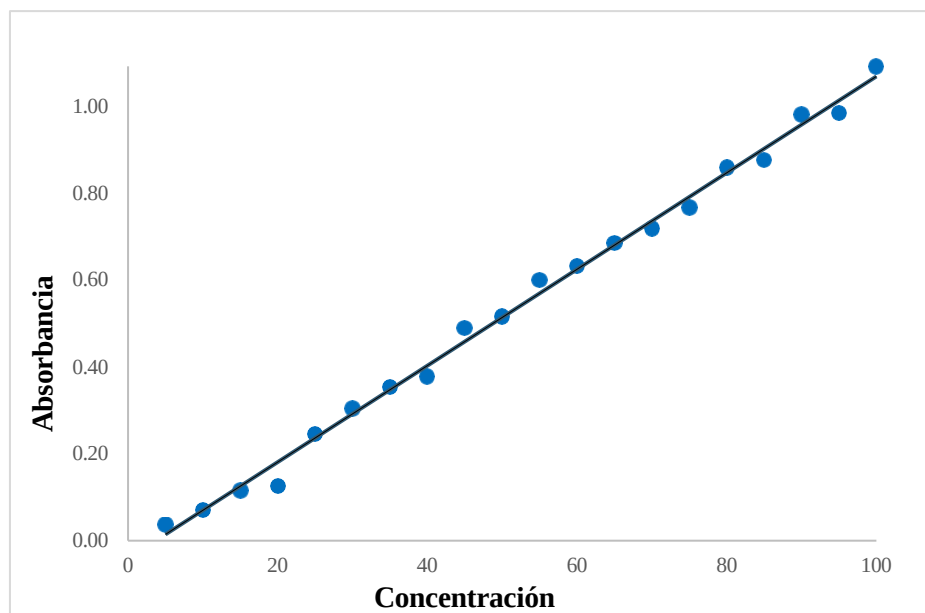


Figura 1. Curva de calibración del azul de metileno. Elaboración propia

En la **Tabla 4**, se muestran las fotografías obtenidas del último filtrado de cada uno de los materiales estudiados, observándose un cambio significativo de color de la solución inicial que es color azul intenso a una tonalidad azul más clara en el filtro del coco a 100°C y más clara aún en el coco a 80°C y 90°C, obteniendo un tono azul más claro con una tonalidad ligeramente verdosa.

Tabla 4. Fotografías de la remoción de azul de metileno después del cuarto filtrado en los biomateriales

Solución inicial 80mg/L	Coco 80°C	Coco 90°C	Coco 100°C	Coco 150°C
				

Fotografías propias.

En la **Tabla 5**, se muestran los resultados del porcentaje de azul de metileno removido con los cuatro materiales tratados térmicamente con coco a diferentes temperaturas que van desde los 80 a los 150°C, observándose que para el primer filtrado el residuo de coco a 90° removi6 un 84.85 % de la soluci6n inicial de 80mg/L y siendo el coco a 150 el que menos removi6, en el segundo filtrado todos los materiales removieron m6s de que el primer filtrado, el tercer filtrado, el coco150°C redujo su remoci6n hasta 63.28%, y por 6ltimo en el 6ltimo filtrado se obtuvo que los materiales a 89, 90 y 100 seguan removiendo color. Pero el residuos que se trat6 al 150°C disminuy6 su remoci6n al 60.14% del azul de metileno.

Tabla 5. Resultados del porcentaje de remoci6n de azul de metileno

C6digo	% de remoci6n de color por n6mero de filtraci6n			
	1	2	3	4
Coco 80°C	66.31	64.85	70.77	78.91
Coco 90°C	84.85	90.82	92.16	98.32
Coco 100°C	77.35	75.33	76.85	77.68
Coco 150°C	65.30	70.80	63.28	60.14

Fuente: propia.

El coco tratado t6rmicamente a temperatura de 90°C, el % materia org6nica, nitr6geno total, fosforo, potasio, sodio, calcio y pH. En la **tabla 6**, se observan los resultados obtenidos de las propiedades de este biomaterial, este tiene un pH de 6.65 es un biomaterial acido con potencial filtrante y mejorador de suelos por el % de materia org6nica de calcio y potasio.

Tabla 6 Propiedades fisicoqu6micas del coco.

Par6metro	Unidad %
Materia org6nica	66.31
Nitr6geno total	0.36
F6sforo	0.13
Potasio	5.99
Sodio	1.97
Calcio	5.58

Fuente: propia

En la **figura 2**, se muestra el an6lisis termogravimetrico realizado a la muestra de coco tratada t6rmicamente a los 90°C con un tiempo de residencia de 90 minutos, que fue el que present6 mejor remoci6n. Este biofiltro tiene tres puntos importantes por efecto del calor donde pierde masa significativamente, el primer punto donde pierde masa en un 6.5%, que va de una temperatura de 90 - 140°C, que podr6an deberse a la evaporaci6n de la humedad y las sustancias vol6tiles presentes en las fibras de coco, seguida de una perdida 45.4% en una temperatura de 300- 400°C que se podr6an asociarse a la perdida de la hemicelulosa y despolimerizaci6n t6rmica de la celulosa; finalmente una p6rdida del 18.7% de masa en 410°posiblemente ocurre la degradaci6n de los componentes de la celulosa junto con la descomposici6n de la lignina (CERON, 2024), se confirma que los grupos de inter6s que fue la celulosa, lignina y la hemicelulosa siguen presentes en el biomaterial.

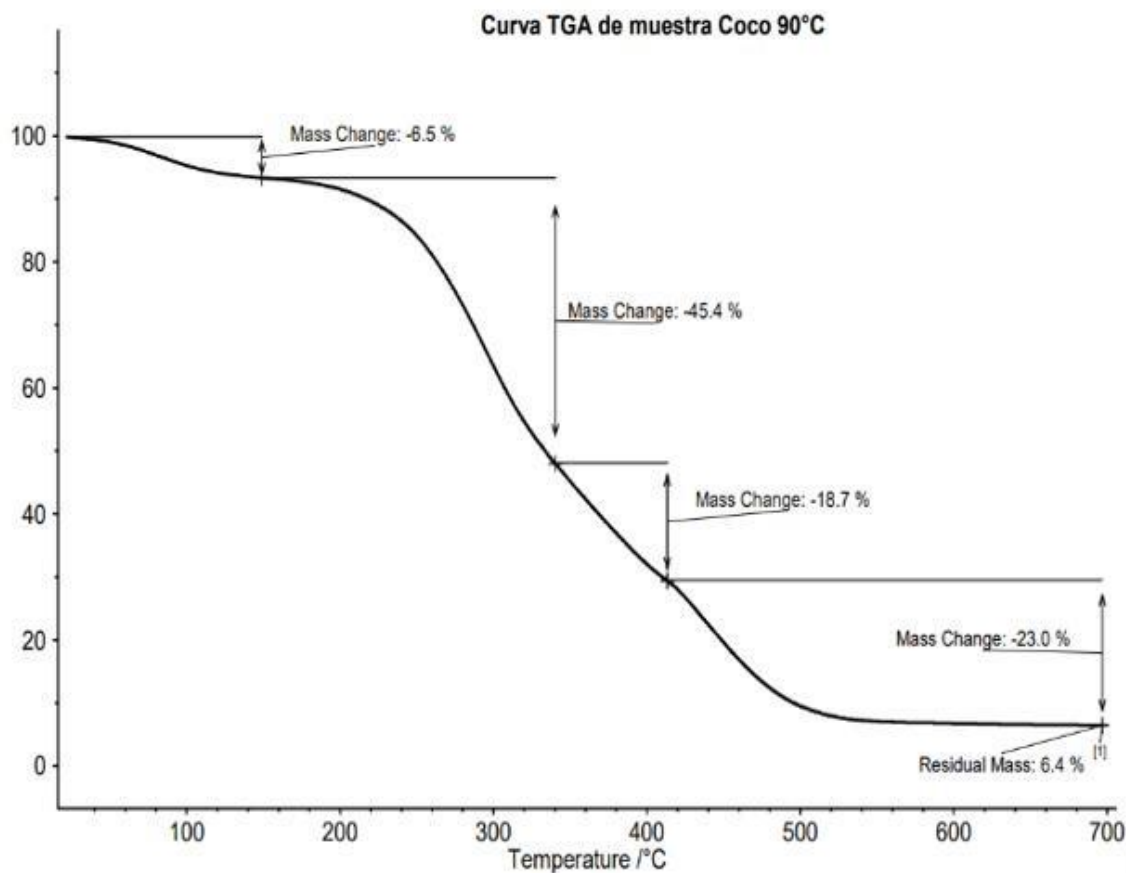


Figura 2. Análisis termogravimétrico de residuos de coco tratado térmicamente a 90°C. Propia

CONCLUSIONES:

Los cuatro biofiltros obtenidos del tratamiento térmicamente de los residuos de coco a 80, 90, 100 y 150°C en el reactor térmico de atmosfera reducida de oxígeno removieron entre un 65% hasta un 98% de azul de metileno de una concentración inicial de 80 mg/L. Siendo el residuo de coco a temperatura de 90°C en que presento mejor remoción de azul de metileno en el cuarto filtrado, conservando a los grupos a los grupos funcionales que realizan esta remoción de color como es la lignina, celulosa y hemicelulosa y con la posibilidad de ser probado como mejorador de suelo, por la cantidad de materia 66% de materia orgánica presente, fosforo y calcio que conservo a pesar de ser tratado térmicamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceron Meneses, Y. P., Alban Bolaños, P., Grass Ramírez, J. F., & Camacho Muñoz, R. (2024). Caracterización física, química, térmica y mecánica de fibras de coco de la Costa Pacífica del Cauca con potencial como refuerzo de materiales compuestos de matriz polimérica. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 22(2), 30–42. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v22.n2.2024.2291>
- Meza, Carmencita Lavado, Sun Kou, Rosario, & Castro Arroyo, Tracy. (2020). Biosorción del colorante azul de metileno usando los cladodios de la tuna (*Opuntia ficus indica*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3), 231-245. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.297>
- Paricaguán, B., Albano, C., Palacios, J., Torres, R., Camacho, N., Infante, J., & Alvarado, M. (2013). Degradación térmica de fibras de coco con tratamiento químico provenientes de mezclas de concreto (estudio cinético). *Revista INGENIERÍA UC*, 20(2)
- Reyes, J.; 2016. Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 7(3), 41-56.

Análisis automatizado de indicadores académicos con dashboards interactivos en Power BI

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.916

Zaila Hernández Tapia¹, Omar Reyna Ángeles², Diana Hernández Gómez³

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: zhernandez@upfim.edu.mx

²Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: oreyna@upfim.edu.mx

³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: dhernandez@upfim.edu.mx

Línea de investigación: Software e Innovación aplicada a la educación

Resumen

El presente proyecto desarrolla un sistema de análisis automatizado de indicadores académicos mediante dashboards interactivos en Power BI, con el propósito de fortalecer los procesos de monitoreo y toma de decisiones en la coordinación de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM). Para ello, se obtuvo información de las actas de calificaciones y se sistematizó una base de datos integrada con información cuatrimestral sobre aprovechamiento, reprobación y deserción, indicadores clave establecidos por el Modelo de Evaluación de la Calidad del Subsistema de Universidades Politécnicas (MECASUP).

A partir de esta información, se diseñó un modelo de datos estructurado que permitió la creación de secciones dinámicas capaces de mostrar tendencias, comparar periodos, identificar comportamientos críticos y facilitar el análisis en tiempo real. El dashboard fue validación por parte del coordinador de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, quien evaluó su claridad, pertinencia y utilidad operativa para el seguimiento académico.

El proyecto se alinea con los objetivos del Nuevo Modelo Educativo y el Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030, al promover el uso de tecnologías de inteligencia de negocios para fortalecer la gestión académica y facilitar decisiones sustentadas en datos confiables.

Palabras clave: Indicadores académicos, Power BI, Inteligencia de negocios, Dashboard interactivo, Toma de decisiones.

Automated analysis of academic indicators with interactive dashboards in Power BI

Abstract

This project develops an automated system for analyzing academic indicators using interactive dashboards in Power BI, with the aim of strengthening monitoring and decision-making processes within the Computer Systems Engineering program at the Francisco I. Madero Polytechnic University (UPFIM). To achieve this, information was obtained from grade summaries and an integrated database was created containing quarterly data on academic performance, failure rates, and dropout rates key indicators established by the Quality Assessment Model of the Polytechnic Universities Subsystem (MECASUP).

Based on this information, a structured data model was designed that allowed for the creation of dynamic sections capable of displaying trends, comparing periods, identifying critical behaviors, and facilitating real-time analysis. The dashboard was validated by the coordinator of the Computer Systems Engineering program, who evaluated its clarity, relevance, and operational utility for academic monitoring.

The project aligns with the objectives of the New Educational Model and the National Development Plan 2025–2030, by promoting the use of business intelligence technologies to strengthen academic management and facilitate decisions based on reliable data.

Keywords: Academic indicators, Power BI, Business intelligence, Interactive dashboard, Decision making.

INTRODUCCIÓN

La gestión y mejora continua en las instituciones de educación superior, requiere herramientas para realizar el análisis sistemático de información académica, así como un monitoreo ágil, confiable y visualmente accesible, que facilite la toma de decisiones estratégicas fundamentada en datos históricos. En este contexto, el presente proyecto plantea el uso de Power BI como una solución tecnológica innovadora para el diseño e implementación de informes interactivos mediante visualizaciones dinámicas, que facilitan el análisis de indicadores clave de eficacia académica.

Entre los indicadores considerados se encuentran aquellos solicitados por el Modelo de Evaluación de la Calidad del Subsistema de Universidades Politécnicas (MECASUP), como el aprovechamiento académico, la reprobación y la deserción. El uso de herramientas de inteligencia de negocios, como Power BI, contribuye con estrategias de innovación tecnológica orientadas al fortalecimiento del monitoreo institucional, la identificación oportuna de áreas críticas y la consolidación de estrategias de mejora en el ámbito educativo.

DESARROLLO

Las fases que se trabajarán para generar los informes interactivos en Power BI, son las siguientes:

1. **Base de datos sistematizada con información sobre aprovechamiento, reprobación y deserción cuatrimestral.** Se utilizarán los concentrados de las calificaciones y con la información se construirá una base de datos estructurada que concentre los registros académicos históricos del programa educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la UPFIM, integrando indicadores de aprovechamiento, índices de reprobación y deserción correspondientes a cada cuatrimestre. Esta sistematización permitirá estandarizar la información, facilitar su actualización periódica y garantizar la integridad de los datos utilizados en los análisis posteriores.
2. **Dashboard dinámico en Power BI que integra los indicadores clave de eficacia académica.** Se desarrollará un tablero interactivo en Power BI con visualizaciones dinámicas que permitan explorar la evolución de los indicadores de manera intuitiva. El dashboard incluirá filtros, segmentadores, comparaciones temporales, gráficos automáticos y alertas visuales que ayuden a identificar rápidamente tendencias, áreas críticas y patrones relevantes para la gestión académica.
3. **Dashboard validado por parte del directivo sobre el diseño, la utilidad y aplicabilidad de los reportes generados.** El dashboard será sometido a un proceso de revisión institucional en el que el coordinador de la carrera evaluará su pertinencia, claridad visual y utilidad para la toma de decisiones. Esta validación asegurará que el producto final responda a necesidades reales de monitoreo académico y cuente con el respaldo formal para su implementación dentro de los procesos de gestión escolar.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General

Generar informes interactivos en Power BI para visualizar y analizar indicadores de eficacia académica institucional, mediante una prueba piloto en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, con el propósito de fortalecer la toma de decisiones estratégicas por parte del directivo.

Objetivos Específicos

7. Obtener y sistematizar los datos relacionados con el aprovechamiento, reprobación y deserción.
8. Validar y seleccionar los datos que se utilizarán en la generación de los dashboards.
9. Diseñar dashboards dinámicos en Power BI que integren los indicadores clave de eficacia académica.

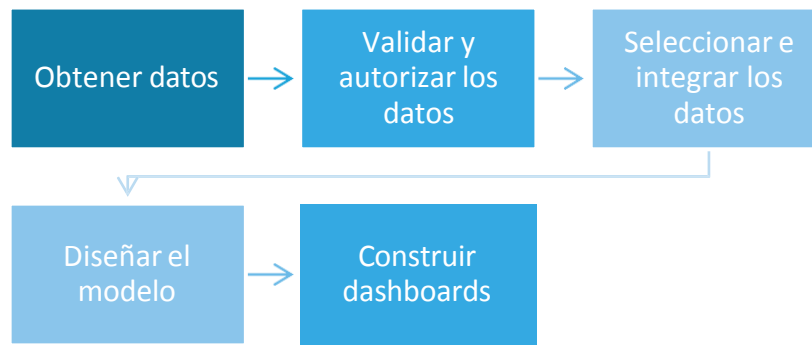
OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio se centra en el diseño y aplicación de un sistema de análisis automatizado de indicadores académicos mediante visualizaciones interactivas en Power BI, con el propósito de fortalecer el monitoreo institucional y apoyar la toma de decisiones oportunas basadas en evidencia. Este proyecto se distingue por su enfoque preventivo y de mejora continua, así como por su alineación con las prioridades nacionales en materia de desarrollo tecnológico, eficiencia educativa y equidad en las instituciones de educación superior.

METODOLOGIA

La metodología implementada consiste en 5 etapas: Obtención de la información, Validación y autorización de los datos, Limpieza e integración de los datos, Diseño del modelo, y Construcción de dashboards.

Figura 1. Etapas de la Metodología recabar



Fuente: Elaboración propia

FASES DE DESARROLLO DEL DASHBOARD

1. **Obtención de la información.** Consiste en recopilar los datos académicos provenientes de reportes oficiales. Esta etapa garantiza que los indicadores requeridos como: aprovechamiento, reprobación y deserción estén disponibles para su análisis en Power BI.
2. **Validación y autorización de los datos.** Implica verificar la autenticidad, consistencia y procedencia de la información, asegurando que los datos sean confiables y estén autorizados por las áreas responsables. Esta validación respalda la transparencia y precisión del análisis institucional.
3. **Selección e integración de los datos.** En esta fase se corrigen errores, se eliminan duplicados y se estandarizan formatos. Posteriormente, los datos se integran en un único conjunto coherente que facilita su análisis automatizado en Power BI y mejora la calidad de las visualizaciones.
4. **Diseño del modelo.** Se estructura la relación entre tablas, indicadores y métricas mediante un modelo de datos eficiente. Aquí se trabaja con la elaboración de columnas calculadas y relaciones que permitan generar análisis dinámicos y comparables por periodos.
5. **Construcción de dashboards.** Consiste en crear visualizaciones interactivas que representen los indicadores clave de manera clara y accesible. Estos dashboards permiten explorar tendencias, detectar áreas críticas y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. **Obtención de la información.** Se utilizarán las actas de calificaciones emitidas en cada parcial y por asignatura, de ellas se obtendrán los datos que permitirán generar las visualizaciones en el dashboard en Power BI. En la **Figura 2** se muestra la estructura del acta de calificaciones.

Figura 2. Estructura

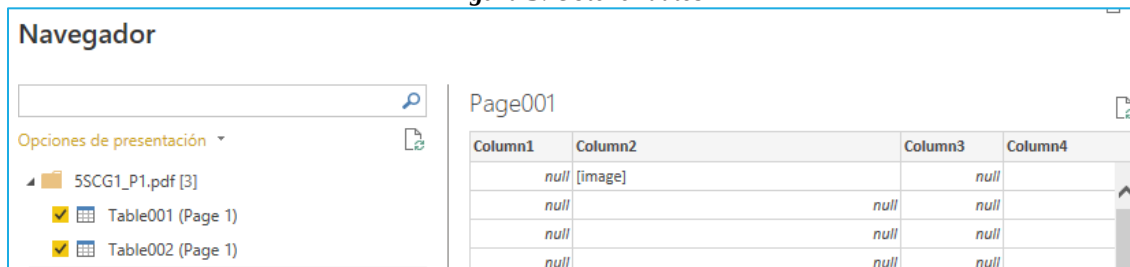
[illegible]

Fuente: Emitida por el sistema interno (SICA), UPFIM.

2. **Validación y autorización de los datos.** Para la obtención de información se utilizó el acta de calificaciones, para ello el docente que imparte cada asignatura es el responsable de la captura de los datos solicitados en cada uno de los parciales y estas son descargadas directamente del sistema de control de calificaciones (SICA) de la UPFIM e integradas en el portafolio de cada docente lo que lo convierte en un documento oficial con autenticidad y consistencia.
- El ejemplo de acta de calificaciones no se incluye por motivos de protección de datos personales y en cumplimiento de la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados, sin embargo la estructura se anexa en la **Figura 2**.

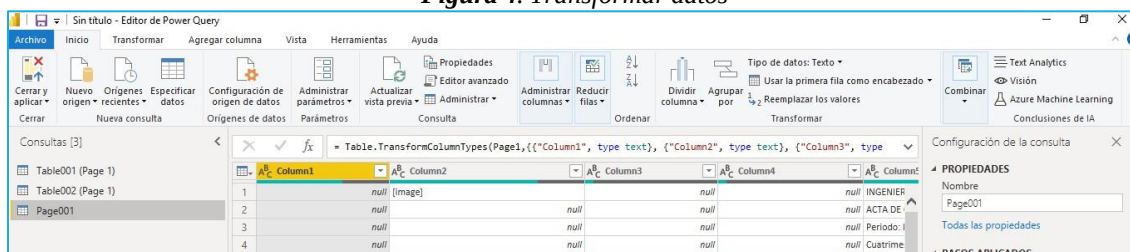
3. **Selección e integración de los datos.** En esta fase se cargan en Power BI las actas que se encuentran en formato .pdf y con ello se inicia el proceso de limpiar datos en donde se corrigen errores, se eliminan duplicados y se estandarizan formatos. Posteriormente, los datos se integran en un único conjunto coherente que facilita su análisis automatizado en Power BI. Por motivos de protección de datos personales la imagen solo muestra la pantalla en donde se cargan los archivos .pdf para iniciar con el proceso de limpiar datos, corrigiendo errores, se eliminan duplicados y se estandarizan formatos, como se muestra en las **Figura 3 y 4**.

Figura 3. Obtener datos



Fuente: Elaboración propia

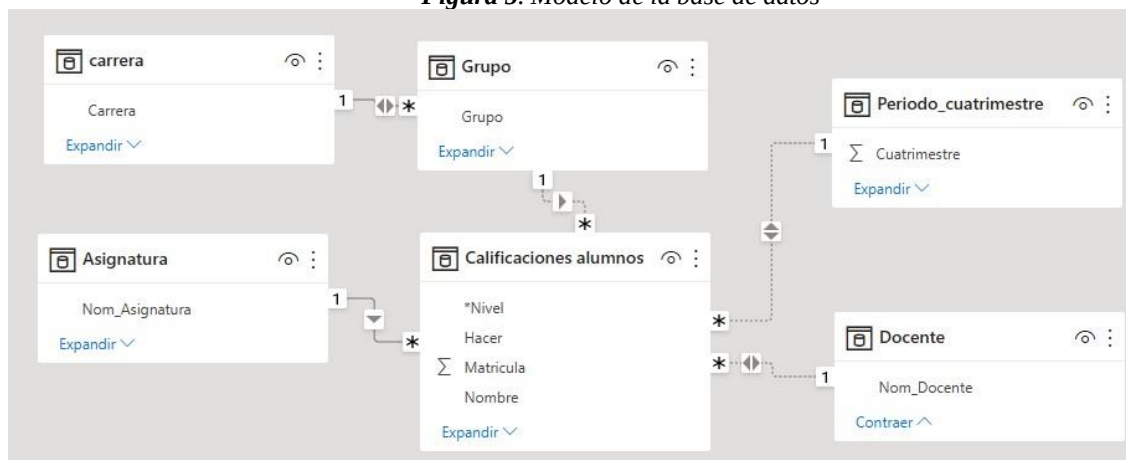
Figura 4. Transformar datos



Fuente: Elaboración propia

4. **Diseño del modelo.** Se realiza un fondo para sea más fácil organizar la información, además se estructura la relación entre tablas, para que permitan generar los análisis dinámicos y comparables por periodos. Los diseños se muestran en la **Figura 5 y 6**.

Figura 5. Modelo de la base de datos



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Diseño para fondo de lienzo 1



Fuente: Elaboración propia

5. **Construcción de dashboards.** Se crean las visualizaciones interactivas de acuerdo al diseño del dashboard, para explorar tendencias, detectar áreas críticas y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

Por motivos de protección de datos personales la imagen solo muestra las visualizaciones con los datos ocultos. **Figura 7.**

Figura 7. Dashboard 1



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

El desarrollo del sistema de análisis automatizado mediante dashboards interactivos en Power BI demostró ser una herramienta eficaz para fortalecer el monitoreo académico en instituciones de educación superior. La integración y sistematización de indicadores clave como aprovechamiento, reprobación y deserción, permitió generar visualizaciones dinámicas que facilitan la interpretación de tendencias y la identificación oportuna de áreas críticas. Aun se encuentra en proceso de validación y mejora continua para optimar la utilidad y aplicabilidad del dashboard como un recurso estratégico para la toma de decisiones informadas, sustentadas en datos confiables y actualizados.

Asimismo, la implementación de esta solución se alinea con las políticas nacionales orientadas a la innovación tecnológica y la mejora continua, que contribuyen a consolidar prácticas de gestión académica más eficientes, transparentes y basadas en evidencia. Podemos decir que las herramientas de inteligencia de negocios se pueden utilizar para transformar los procesos de evaluación y seguimiento académico, abriendo oportunidades para considerar otros indicadores institucionales y contextos educativos.

REFERENCIAS

- Secretaría de Educación Pública. (2021). *Guía técnica del Modelo de Evaluación de la Calidad del Subsistema de Universidades Politécnicas (MECASUP)*. Dirección General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (DGUTyP). https://www.upp.edu.mx/mecasup/mc/guia/2021-guia_mecasup.pdf
- Presidencia de la República. (2025). *Plan Nacional de Desarrollo 2025–2030*. <https://www.gob.mx/presidencia/documentos/plan-nacional-de-desarrollo-2025-2030-391771>
- Secretaría de Educación Pública / DGUTyP. (2024). *Nuevo Modelo Educativo para las Universidades del Subsistema Tecnológico*. <https://dgutyp.sep.gob.mx/>
- Coordinación de Ingeniería en Sistemas Computacionales. (2025). *Acta de calificaciones del cuatrimestre septiembre-diciembre 2024*, [Documento interno]. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.
- Coordinación de Ingeniería en Sistemas Computacionales. (2025). *Acta digital de evaluación del periodo 2024-2025* [Documento interno]. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

Oxidación del colorante alimenticio tartrazina grado industrial aplicando métodos fotoquímicos

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.930

Bethsabet Jaramillo Sierra¹, Mario Ibañez Olvera², Antonio Mercado Cabrera³, María Elena Alvarado Díaz⁴

¹Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tlanguistenco;
e-mail: bethsabet.jaramillo@test.edu.mx

²Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tlanguistenco;
e-mail: mario.mecatronica@test.edu.mx

³Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares;
e-mail: antonio.mercado@inin.gob.mx

⁴Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tlanguistenco;
e-mail: mariaelena.alvaradod@test.edu.mx

Línea de investigación: Sistemas Sustentables de Producción/ Desarrollo de materiales, procesos fisicoquímicos y de oxidación, novedosos para la aplicación ambiental.

Resumen

La tartrazina es un colorante ampliamente utilizado en el sector alimenticio, en la industria textil, farmacéutica y cosmética, sin embargo, al ser introducida a los efluentes tiene efectos tóxicos y adversos en la salud de los seres vivos por lo que es de importancia el tratamiento de efluentes contaminados antes de ser introducidos al medio ambiente. Para el tratamiento de tartrazina en soluciones acuosas convencionalmente son utilizados métodos de adsorción y biológicos, no obstante, en algunas ocasiones no son totalmente efectivos, por lo que es de importancia la validación de tecnologías alternativas. En este trabajo se efectuó la degradación del colorante tartrazina grado industrial utilizando métodos fotoquímicos específicamente: $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{O}_3$ y O_3/UV . Se utilizó un reactor *batch* de configuración cilíndrica de acero inoxidable. La concentración inicial del contaminante fue de 30 mg/L en un volumen de 500 mL y un tiempo de tratamiento de 50 minutos. Se analizaron diversos parámetros experimentales como la concentración inicial de los agentes oxidantes, tiempo de tratamiento, variación del color, pH y formación de CO_2 considerado como un subproducto de la mineralización de la tartrazina. Se obtuvieron eficiencias de hasta 99% de degradación después de 10 minutos de tratamiento cuando fue aplicado O_3/UV y de 100% de decoloración. Se determinó una generación de 37 mg/L de CO_2 al término del tratamiento. Una disminución del pH inicial atribuido a la formación de subproductos de la degradación. Estos resultados son atribuidos a la generación de especies químicas con un alto poder de oxidación, principalmente radicales OH, que al colisionar con el contaminante conllevan a su degradación.

Palabras clave: Colorantes, Ozono, Peróxido de Hidrógeno, Radiación Ultravioleta

Abstract

Tartrazine is a dye that is extensively utilised in a variety of industries, including food, textile, pharmaceutical, and cosmetic production. However, upon introduction into effluents, it has been demonstrated to exert toxic and adverse effects on the health of living beings. Consequently, it is imperative to treat contaminated effluents prior to their release into the environment. Conventionally, adsorption and biological methods are employed in the treatment of tartrazine in aqueous solutions. Nevertheless, the efficacy of these methods is not invariably optimal, thus necessitating the validation of alternative technologies. In this study, industrial-grade tartrazine dye was degraded using photochemical methods, specifically: The following combinations were observed: $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{O}_3$, and O_3/UV . The experimental apparatus consisted of a cylindrical stainless steel batch reactor. The initial concentration of the contaminant was 30 mg/L in a volume of 500 mL, and the treatment time was 50 minutes. An extensive analysis was conducted on a range of experimental parameters, encompassing the initial concentration of oxidizing agents, treatment duration, color variation, pH level, and the formation of CO_2 , which is considered a byproduct of tartrazine mineralization. Treatment with O_3/UV for 10 minutes resulted in degradation efficiencies of up to 99%, accompanied by 100% decolorization. The end of the treatment resulted in a generation of 37 mg/L of CO_2 . It has been determined that a decrease in the initial pH was attributed to the formation of degradation by-products. The generation of chemical species with high oxidation power, primarily OH radicals, has been identified as the primary cause of contaminant degradation.

Keywords: Dyes, Ozone, Hydrogen Peroxide, Ultraviolet Radiation

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es la incorporación al medio ambiente de agentes, que debido a sus características fisicoquímicas ocasionan daños adversos a los ecosistemas. Los receptores más importantes de la contaminación son en aire, suelo y agua siendo este último el de interés de esta investigación. La contaminación del agua se genera por el vertido de sustancias tóxicas, residuos industriales, material biológico y residuos domésticos principalmente, pueden ser de origen natural o antropogénico (Hozefa et al., 2025). Entre los contaminantes presentes en agua con interés científico son los colorantes los cuales son ampliamente utilizados en diversos procesos de transformación de la materia, destacándose en el sector textil, farmacéutico y alimenticio, se caracterizan por poseer estructuras químicas complejas con diversos grupos funcionales, sin embargo, después de su uso y al ser introducidos a los efluentes ocasionan una problemática ambiental y sanitaria (Fetcia et al., 2024). Estos contaminantes aportan color a los cuerpos de agua, contribuyendo al proceso de eutrofización dañando adversamente a la flora y fauna presente, el contacto de efluentes contaminados con seres humanos, dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición provocan lesiones leves de irritación en la piel hasta daño celular lo que conlleva a la muerte (Kumar et al., 2025) (Nzaba et al., 2024).

Los colorantes pueden ser clasificados en naturales y artificiales, en esta última categoría se destacan los derivados del petróleo como la tartrazina, el cual es utilizado en la industria agroalimenticia, perteneciente a los colorantes azoicos (Russo et al., 2021). Es utilizada para aportar coloración amarilla a los alimentos principalmente en bebidas, confitería, postres y conservas, sin embargo, su uso no se limita en el área alimenticia ya que también es utilizada en el teñido de telas y en la aportación de coloración en cosméticos y fármacos (Donoso et al., 2021) (Ganash et al., 2024). Debido a la gran variedad de aplicaciones la tartrazina se ha identificado en los efluentes aun después de pasar por el tratamiento de aguas residuales. Se ha demostrado que la presencia de este contaminante en el agua tiene efectos tóxicos, desde afectar sus propiedades organolépticas hasta generar un daño celular en los seres vivos (Askarniya et al., 2022) (Banerjee et al., 2017).

Los colorantes como la tartrazina debido a sus características recalcitrantes y xenobióticas son ser resistentes a los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales, por lo que es de importancia la validación e implementación de tecnologías complementarias. Los procesos de Oxidación Avanzada (AOPs) son tecnologías que se han utilizado para el tratamiento de contaminantes persistentes, se caracterizan por la utilización de agentes oxidantes que a temperatura y presión atmosférica colisionan formando especies químicamente activas, principalmente radicales hidroxilo (OH), los cuales al presentar características no selectivas llevan a cabo la degradación de contaminantes como los colorantes, logrando altos niveles de oxidación al alcanzar la mineralización (Fetcia et al., 2024) (Khader et al., 2024). La efectividad de los AOPs es incrementada al adicionar una fuente de energía ya sea natural (sol) o artificial (lámparas que emiten en la región del ultravioleta), los cuales son denominados métodos fotoquímicos (Askarniya et al., 2022). Diversos autores han demostrado la efectividad de los AOPs en contaminantes presentes en agua, sin embargo, es necesario la optimización del proceso mediante la reducción del tiempo y costos, garantizando la efectividad del proceso de degradación (Kumar et al., 2025).

En esta investigación se utilizaron métodos fotoquímicos utilizando como agente oxidantes ozono (O_3), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), y una lámpara que emite en el ultravioleta como fuente energética, determinando el efecto de los diversos parámetros experimentales que potencializan la degradación del colorante tartrazina, estableciendo condiciones óptimas de oxidación bajo las condiciones de estudio establecidas.

DESARROLLO

Los AOPs han cobrado gran relevancia en la última década debido a su efectividad en el tratamiento de contaminantes en agua con estructuras complejas y químicamente estables, sin embargo, el reto actual es la optimización de estos métodos, la reducción de los tiempos de tratamiento y de los agentes oxidantes utilizados, con el objetivo de obtener altas eficiencias de degradación sin la generación de subproductos. La utilización de O_3 , H_2O_2 y radiación UV en esta investigación es debido a la fácil y directa manipulación, ya que no requieren de un acondicionamiento previo para su empleo o un tratamiento posterior para ser recuperados, tiene una alta efectividad a condiciones atmosféricas, lo que minimiza los costos de operación.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general

- Evaluar la degradación del colorante tartrazina grado industrial en solución acuosa aplicando métodos fotoquímicos, analizando los diversos parámetros que intervienen en el proceso experimental como tiempo de tratamiento, concentración inicial de los agentes oxidantes, pH, cambio de color, y generación de CO_2 determinando los valores óptimos relativos a la eficiencia de degradación.

Objetivos específicos

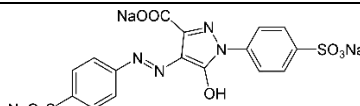
- Acondicionar el reactor de tratamiento.
- Efectuar la degradación del colorante tartrazina utilizando diversos métodos fotoquímicos.

- Determinar el efecto de los diversos parámetros experimentales que potencializan la degradación del colorante.

OBJETO DE ESTUDIO

La tartrazina es un colorante azoico ampliamente utilizado en el sector alimenticio, no obstante, al ingresar como contaminante en los cuerpos de agua, tienen efectos adversos, principalmente el derivado por el aporte de color a cuerpos de agua, generando la disminución del oxígeno disuelto y la función fotosintética de las plantas, además de provocar efectos adversos a la fauna presente y efectos tóxicos en el ser humano (Donoso et al., 2021). En la **Tabla 1** se observan las características principales del contaminante de estudio (Russo et al., 2021), (Ganash et al., 2024).

Tabla 1. Propiedades físicoquímicas de la tartrazina

Formula química	Estructura química	Peso molecular	
$C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$		534.35 $gmol^{-1}$	Altamente soluble

METODOLOGÍA

MATERIALES

Fue utilizado tartrazina grado industrial, peróxido de hidrógeno al 30% V/V grado analítico de Fermont, se utilizó un generador de ozono comercial que utiliza aire atmosférico para su generación.

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

En la **Figura 1** se observa el dispositivo experimental utilizado en la degradación del colorante tartrazina, el cual está constituido por (1) un reactor *batch* de configuración cilíndrica de acero inoxidable con una longitud de 35 cm y diámetro de 7 cm, en la parte central se encuentra una lámpara que emite en el ultravioleta (254 nm) con una longitud de 30 cm, la cual está protegida por un tubo de cuarzo, (2) un generador de ozono comercial, el ozono fue inyectado utilizando un difusor para garantizar un mayor contacto con la solución, (3) un espectrómetro UV-visible modelo VELAB para la caracterización del efluente antes, durante y al finalizar el tratamiento y (4) un medidor multiparámetros de Hanna Instrument.

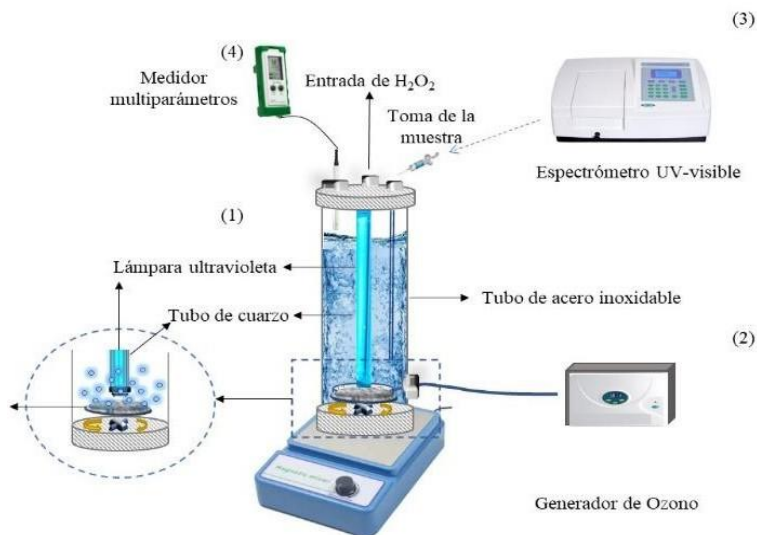


Figura 1. Dispositivo experimental

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo experimental consistió en 4 etapas, las cuales se describen a continuación:

- *Etapa 1. Acondicionamiento del reactor de tratamiento.*

Esta etapa se aseguró que el funcionamiento adecuado del reactor, evitando fugas, y estableciendo los parámetros iniciales de análisis, esto mediante experimentación preliminar.

- *Etapa 2. Preparación de la muestra y determinación de la máxima longitud de onda.*

Se realizaron soluciones sintéticas de tartrazina grado industrial. La concentración inicial del contaminante fue de 30 mg/L en un volumen inicial de 500 mL. La muestra se mantuvo en agitación durante 15 minutos, para garantizar la homogenización. Para la determinación de la máxima longitud de onda, se realizó mediante un espectrómetro UV-Visible, realizando un barrido en el espectro electromagnético de 190 nm hasta 1,000 nm, identificando una $\lambda=449$ nm como la característica de la tartrazina (**Figura 2**). Se realizó una curva de calibración, para lo cual se efectuaron soluciones a concentraciones conocidas, obteniendo la absorbancia a la longitud de onda antes mencionada, posteriormente, se realizó una regresión de mínimos cuadrados, estableciendo la ecuación matemática que relaciona el conjunto de datos **Ecuación 1**, donde x representa la concentración mientras que y la absorbancia.

$$y = 0.034x + 0.562 \quad (\text{Ecuación 1})$$

- *Etapa 3. Selección del método de tratamiento.*

Se evaluaron diversos métodos fotoquímicos, específicamente: O_3/UV , H_2O_2/UV y $O_3/H_2O_2/UV$. Cuando fue utilizado ozono se inyectó en microburbujas en la parte inferior del reactor para garantizar un mayor contacto con la solución utilizando un difusor. El peróxido de hidrógeno se adicionó directamente en el interior del reactor y se evaluó el efecto de su volumen inicial (0.1 mL, 0.5 mL y 1.0 mL).

- *Etapa 4. Tratamiento del colorante*

La solución con el colorante se ingresó por la parte superior del reactor y fue agitada durante todo el tratamiento para garantizar su homogeneización. El tiempo de tratamiento fue de 50 minutos, analizando el líquido residual antes de su tratamiento y cada 10 minutos utilizando un espectrómetro UV-visible, simultáneamente fue medido el pH utilizando un medidor multiparámetros. Fue empleado un colorímetro HI727 de Hanna Instruments para determinar la variación del color y un kit químico HI3818 para la medición de CO_2 al término del tratamiento.

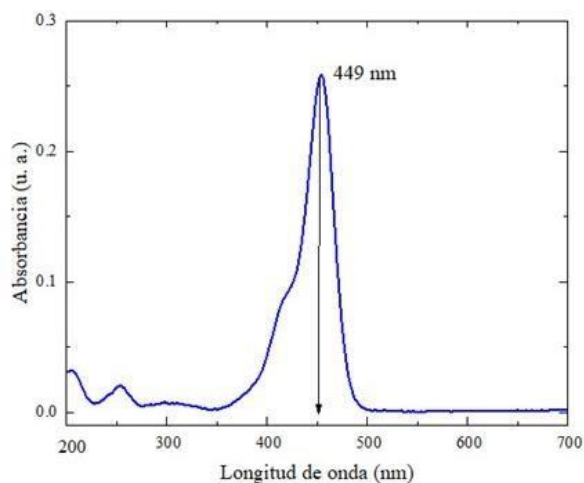


Figura 2. Determinación de la máxima longitud de onda de la tartrazina

- *Etapa 4. Determinación de la eficiencia de degradación y el efecto de los parámetros experimentales.*

La eficiencia de degradación fue obtenida mediante la **Ecuación 2** (Nzaba et al., 2024):

$$\% \text{ degradación} = \frac{C_1 - C_t}{C_1} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde C_1 es la concentración inicial del contaminante y C_t es la concentración del contaminante en función del tiempo de tratamiento. De acuerdo con los resultados de la degradación obtenidos, se estableció el efecto de los parámetros experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• EFECTO DEL H_2O_2 /UV

En la **Figura 3** se observan los resultados obtenidos de la degradación de la tartrazina al aplicar H_2O_2 /UV, en donde el volumen de H_2O_2 fue variado en 0.1 mL, 0.5 mL y 1.0 mL. Para todos los casos se observó un efecto positivo del tiempo de tratamiento al obtener mejores eficiencias cuando este fue incrementado. Se obtuvieron eficiencias de hasta 53% con 0.5 mL H_2O_2 /UV. Cuando es utilizado H_2O_2 como agente oxidante, este es disociado para la generación de radicales OH (**Reacción 1**) los cuales debido a su alto poder de oxidación colisiona con el colorante llevando a cabo su degradación. La adición de radiación ultravioleta permite acelerar la disociación del H_2O_2 (**Reacción 2**) (Kumar et al., 2025) (Russo et al., 2021) y la fotólisis del agua (**Reacción 3**) por tanto favorece el proceso de degradación.



Por otra parte, en la **Figura 3** se observa el efecto del volumen inicial de H_2O_2 , cuando el volumen fue incrementado a 0.5 mL se obtuvieron mejores resultados en comparación con 0.1 mL, esto debido que al tener una mayor cantidad de H_2O_2 se garantiza una mayor formación de OH y por tanto se favorece el proceso de oxidación de la tartrazina, sin embargo, cuando se incrementó a 1.0 mL se observó una ligera disminución de la eficiencia, esto es atribuido al envenenamiento del mecanismo cinético, es decir, al existir una generación excesiva de radicales OH colisionan entre sí y no con el contaminante, afectando el proceso (**Reacciones 4-7**) (Russo et al., 2021), (Khader et al., 2024).

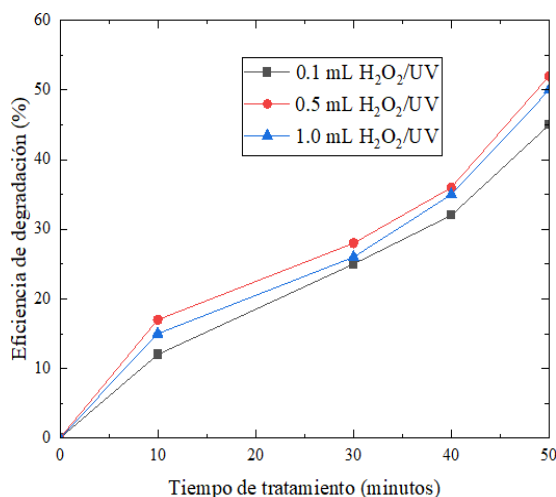
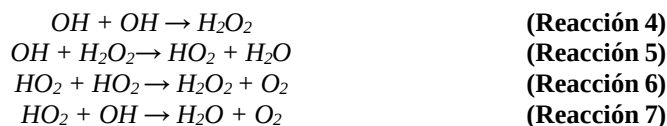
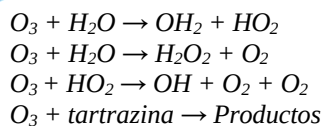


Figura 3. Degradación del colorante tartrazina aplicando H_2O_2 /UV

• EFECTO DEL H_2O_2 /UV/ O_3

En la **Figura 4** se observan los resultados obtenidos al aplicar el método de H_2O_2 /UV/ O_3 , al igual que en el caso de estudio anterior se observó un efecto positivo del tiempo de tratamiento. Se obtuvieron eficiencias de hasta 99% cuando fue utilizado 1.0 mL H_2O_2 /UV/ O_3 en 60 minutos de tratamiento, por lo que la adición de O_3 al sistema de degradación favoreció el proceso. El O_3 se caracteriza por tener dos vías de oxidación a) indirecta, cuando se disocia formando nuevas especies que conllevan a la generación de radicales OH (**Reacciones 8-10**) (Nzaba et al., 2024), los cuales como se ha mencionado con anterioridad colisionan con el contaminante llevando a cabo su degradación y b) la vía directa, al colisionar con el colorante tartrazina (**Reacción 11**) (Nzaba et al., 2024).



(Reacción 8)
(Reacción 9)
(Reacción 10)
(Reacción 11)

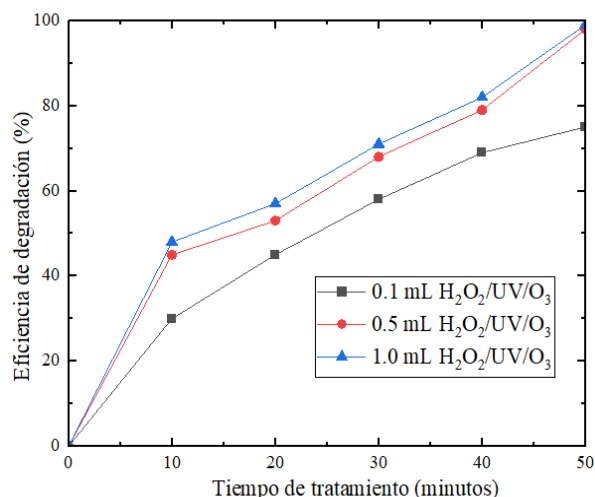
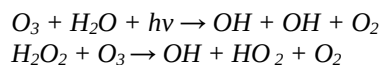


Figura 4. Degradación del colorante tartrazina aplicando H₂O₂/UV/O₃

Adicionalmente, se llevan a cabo mecanismos sinérgicos que potencializan la generación de radicales OH y por tanto la eficiencia de degradación del colorante tartrazina (**Reacciones 12-13**) (Nzaba et al., 2024).



(Reacción 12)
(Reacción 13)

• EFECTO DEL O₃/UV

En la **Figura 5** se observan los resultados obtenidos de la degradación de tartrazina aplicando O₃, UV y O₃/UV. Se obtuvieron eficiencias de hasta 49% en 60 minutos de tratamiento, 31% en 60 minutos de tratamiento y 99% en 10 minutos de tratamiento para O₃, UV y O₃/UV respectivamente, por lo que la combinación entre el agente oxidante y la fuente energética es favorable para la obtención de una mayor eficiencia de degradación del contaminante. Los resultados son atribuidos a los mecanismos cinéticos directos e indirectos del O₃ (**Reacciones 8-11**), por otra parte, la adición de la radiación contribuye a favorecer el mecanismo indirecto contribuyendo a la generación de radicales OH y por tanto a la degradación del colorante (**Reacción 12**).

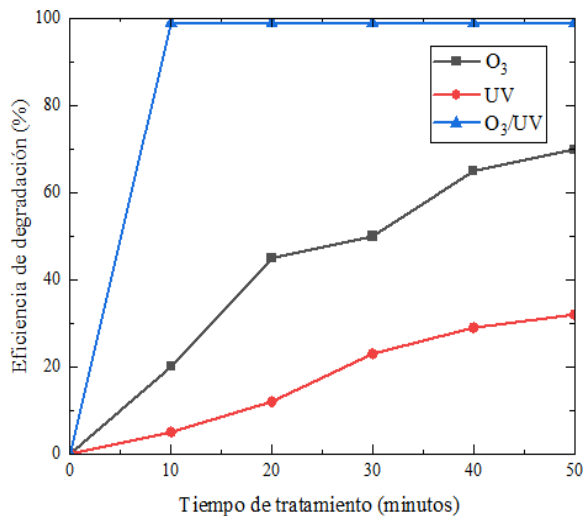


Figura 5. Degradación del colorante tartrazina aplicando H₂O₂/UV/O₃

- **VARIACIÓN DEL COLOR, pH Y DETERMINACIÓN DE CO₂**

En la **Tabla 2** se observan los resultados obtenidos del análisis cuantitativo del color, CO₂, pH y CO₂. Es importante destacar que para todos los casos de estudio el color inicial fue de 500 Unidades Platino Cobalto (UPC) y un pH de 7. En la tabla se observa que fueron logrados diversos niveles de eficiencia de decoloración, destacando que cuando fue utilizado 0.5 mL H₂O₂/UV/O₃, 1.0 mL H₂O₂/UV/O₃ y O₃/UV se alcanzó un 100% de decoloración. Así mismo, se determinó una disminución del pH inicial atribuido a la generación de subproductos de la oxidación, que de acuerdo a la bibliografía inicialmente son atacados los dobles enlaces generando la ruptura de los anillos bencénicos, generando ácidos carboxílicos, que posteriormente son oxidados hasta formar H₂O y CO₂, esta última especie fue identificada hasta en 37 mg/L cuando fue aplicado O₃/UV lo que indicaría que no solo se logró una alta eficiencia de degradación para ese caso de estudio, sino que se identificaron subproductos de la mineralización.

Tabla 2. Variación de parámetros experimentales

Método utilizado	Tiempo de tratamiento (minutos)	Color final (UPC)	Decolorización (%)	CO ₂	pH
0.1 mL H ₂ O ₂ /UV	50	130	74	15	6
0.5 mL H ₂ O ₂ /UV	50	110	78	13	6
1.0 mL H ₂ O ₂ /UV	50	120	76	10	6
0.1 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	50	97	80	11	6
0.5 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	50	0	100	25	4
1.0 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	50	0	100	30	3
O ₃	50	105	79	12	6
UV	50	400	20	0	5
O ₃ /UV	10	0	100	37	3

- **DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA (E_{EO})**

En la **Tabla 3**, se observa la energía necesaria para la degradación del colorante tartrazina por unidad de volumen (E_{EO}), la cual fue calculada mediante la **Ecuación 3**. Donde P_{elec} es la potencia aplicada en kW, t indica el tiempo de tratamiento en minutos C_0 es la concentración inicial del contaminante en mg/L, C_t representa la concentración del contaminante en un tiempo t en mg/L y V el volumen en L. En la **Tabla 3** se observa que el mayor consumo energético fue cuando se aplicó el método de 0.1 mL H₂O₂/UV/O₃, por el contrario, el menor corresponde para O₃/UV el cual fue el método con mayor eficiencia de degradación obtenida.

$$E_{EO} = \frac{P_{elec} \times t \times 1000}{V \times 60 \times \log(C_0/C_t)} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Tabla 3. Determinación de la energía

Método utilizado	P _{elec} [KW]	Tiempo [minutos]	C ₀ [mg/L]	C _t [mg/L]	Volumen [L]	E _{EO} [kW·h/m ³]
0.1 mL H ₂ O ₂ /UV	0.013	50	30	16.2	0.500	80.96
0.5 mL H ₂ O ₂ /UV	0.013	50	30	14.1	0.500	66.07
1.0 mL H ₂ O ₂ /UV	0.013	50	30	14.7	0.500	69.93
0.1 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	0.033	50	30	8.7	0.500	102.30
0.5 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	0.033	50	30	0.6	0.500	32.37
1.0 mL H ₂ O ₂ /UV/O ₃	0.033	50	30	0.3	0.500	27.50
O ₃	0.020	50	30	14.7	0.500	107.59
UV	0.013	50	30	20.7	0.500	10.8
O ₃ /UV	0.033	10	30	0.3	0.500	5.5

CONCLUSIÓN

Se aplicaron diversos métodos fotoquímicos para validar la degradación del colorante tartrazina grado industrial en solución acuosa. Se observó para todos los casos de estudio que el incremento del tiempo de tratamiento tiene un efecto positivo en la obtención de mejores eficiencias. Así mismo, se determinó que la combinación de agentes oxidantes y radiación ultravioleta favorecen el proceso de degradación. Se obtuvieron eficiencias de hasta 99% al aplicar O_3/UV en un tiempo de tratamiento de 10 minutos, identificando una generación de 37 mg/L de CO_2 , especie obtenida debido a la mineralización del contaminante, así mismo, se obtuvo una decoloración del 100%. Los resultados son atribuidos a diversos mecanismos cinéticos, primeramente, el ozono es disociado para la generación especies químicas que conllevan a la formación de radicales OH, de forma simultánea, el ozono colisiona con el colorante logrando su degradación. La adición de radiación ultravioleta acelera la disociación del ozono y la fotólisis del agua favoreciendo el proceso. Finalmente, fue determinada la energía requerida para la degradación del contaminante ($5.5 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$) la cual a comparación de otros métodos aplicados es menor, demostrando la efectividad de los Procesos de Oxidación Avanzada en la degradación del colorante tartrazina.

BIBLIOGRAFÍA

- Askarniya Z., Baradaran S., Sonawane S. H., Boczkaj G. A comparative study on the decolorization of Tartrazine, Ponceau 4R, and Coomassie Brilliant Blue using persulfate and hydrogen peroxide based Advanced Oxidation Processes combined with Hydrodynamic Cavitation, Chemical Engineering & Processing: Process Intensification 181 (2022) 109160. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.109160>
- Banerjee S. , Chattopadhyaya M.C. Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tartrazine from aqueous solutions by a low cost agricultural by-product, Arabian Journal of Chemistry (2017)10,S1629–S1638, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.06.005>.
- Donoso G., Dominguez J. R., Gonzalez T., Correia S., Cuerda-Correa E. M., Electrochemical and sonochemical advanced oxidation processes applied to tartrazine removal. Influence of operational conditions and aqueous matrix, Environmental Research 202 (2021) 111517 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111517>
- Fetcia J., P.S. Kumarb, G. Rangasamy, (2024), Degradation of tartrazine dye using advanced oxidation process:Application of response surface methodology for optimization, Desalination and Water Treatment 317(2024)100066. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100066>
- Ganash A., Othman S., Al-Moubaraki A., Ganash E., An electrodeposition of Cu-MOF on platinum electrode for efficient electrochemical degradation of tartrazine dye with parameter control and degradation mechanisms: Experimental and theoretical findings, Applied Surface Science Advances 19 (2024) 100577. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2024.100577>
- Hozefa D., Abhishek B., Shekhar B. Metal oxide/biochar hybrid nanocomposites for adsorption and photocatalytic degradation of textile dye effluents: A review, Desalination and Water Treatment 321 (2025) 101004, <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2025.101004>.
- Khader E. H., Muslim S. A., Cata Saadyc N. M., Alid N. S., Salih I. K., advances in photocatalytic advanced oxidation processes for organic compound degradation: A review, Desalination and Water Treatment 318 (2024) 100384, <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100384>
- Kumar Mohammed T. J., Albayati T. M., Zendeboudi S., Recent
- J. E., Sahoo M. K. A review on effect of operational parameters for the degradation of azo dyes by some advanced oxidation processes, Sustainable Chemistry for the Environment 11 (2025) 100274. <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2025.100274>
- Russo A.V. Merlo B.G., Jacobo S.E. Adsorption and catalytic degradation of Tartrazine in aqueous medium by a Fe-modified zeolite, Cleaner Engineering and Technology 4 (2021) 100211, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100211>
- Nzaba S. K.M., Mmesesi O. K., Malefane M. E, Mafa P. J., Mamba B. B., Kuvarega A. T. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 684 (2024) 133167. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.133167>

Caracterización de Recolectores de Hongos en el Tianguis de Tianguistenco

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.920

Carla Ivonne Ortega González¹, Alondra Rosas Castro², Stefany Molina Castillo³, Luis Felipe García Rodea⁴

¹ Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tianquistenco/carla_og@test.edu.mx

² Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco/ alondra_2227019@test.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México/Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero/ ynafets_110@hotmail.com

⁴ Facultad de Turismo y Gastronomía/Universidad Autónoma del Estado de México / f.grodea@gmail.com

Línea de investigación: Alimentos

Resumen

México posee una gran diversidad de hongos silvestres que forman parte esencial de la alimentación tradicional, especialmente en zonas rurales donde su recolección se hereda entre generaciones. Estos productos tienen un alto valor cultural, nutricional y económico, y se comercializan en mercados y tianguis. El Estado de México, se considera uno de los principales recolectores de estos productos, donde en los últimos años, su revalorización como productos gourmet ha modificado su percepción y consumo, generando impactos sociales y económicos en los recolectores locales.

El objetivo del estudio consistió en caracterizar a los recolectores del tianguis del municipio de Santiago Tianguistenco, a través de entrevistas semiestructuradas, obteniendo información sobre su perfil, prácticas de recolección, venta y consumo. Se observó que todas las entrevistadas son mujeres con amplia experiencia, cuyos ingresos diarios van de \$350 a \$1,000 pesos, siendo su principal sustento. Se destacó la diversidad de especies, el aumento de precios por escasez y tala ilegal, y la participación de chefs e investigadores, lo que plantea tanto oportunidades como desafíos para la conservación cultural y ecológica.

Palabras clave: caracterización, hongos, recolectores, tianguis de Tianguistenco

Abstract

Mexico has a wide variety of wild mushrooms that are an essential part of the traditional diet, especially in rural areas where mushroom picking is passed down from generation to generation. These products have high cultural, nutritional, and economic value and are sold in markets and street markets. The State of Mexico is considered one of the main collectors of these products, where in recent years, their revaluation as gourmet products has changed their perception and consumption, generating social and economic impacts on local collectors.

The objective of the study was to characterize the collectors at the street market in the municipality of Santiago Tianguistenco through semi-structured interviews, obtaining information about their profile, collection practices, sales, and consumption. It was observed that all the interviewees were women with extensive experience, whose daily income ranged from \$350 to \$1,000 pesos, which was their main source of livelihood. The diversity of species, the increase in prices due to scarcity and illegal logging, and the participation of chefs and researchers were highlighted, which presents both opportunities and challenges for cultural and ecological conservation.

Keywords: characterization, mushrooms, collectors, Tianguistenco market

INTRODUCCIÓN

El conocimiento etnomicológico en México es un componente fundamental del patrimonio biocultural de las comunidades rurales e indígenas (Burrola-Aguilar et al., 2012). Transmitido oralmente a lo largo de generaciones, este saber tradicional actualmente amenazado por transformaciones socioeconómicas y ambientales (Estrada-Martínez, 2009) ha permitido el reconocimiento y aprovechamiento de una riqueza fúngica excepcionalmente diversa. Algunos estudios documentan el consumo tradicional de entre 371 y 425 especies de hongos silvestres, las cuales circulan principalmente a través de canales de comercialización informal como mercados regionales y tianguis.

Esta recolección no solo fortalece la seguridad alimentaria y la medicina tradicional, sino que también representa una fuente crucial de ingresos monetarios en contextos con oportunidades laborales limitadas (Ullah et al., 2022). En comunidades como Agua Blanca, en el Estado de México, la recolección de hongos se integra estacionalmente como una actividad económica complementaria.

Sin embargo, el creciente interés urbano por los hongos silvestres ha generado dinámicas comerciales ambivalentes. Mientras algunos recolectores acceden a cadenas de valor más especializadas, otros enfrentan intermediación injusta, pérdida de control cultural sobre el recurso y riesgos de sobreexplotación, lo que puede erosionar las prácticas tradicionales de manejo (Molina-Castillo et al., 2025).

Frente a este escenario, el objetivo de este estudio es caracterizar a los recolectores de hongos silvestres en el tianguis de Santiago Tianguistenco, analizando sus prácticas de recolección, las dinámicas de comercialización, la demanda del mercado y su relevancia en la preservación del conocimiento etnomicológico.

DESARROLLO

Esta investigación contribuye a visibilizar el perfil socioeconómico y las prácticas de los recolectores locales, ofreciendo datos concretos que pueden informar estrategias para una comercialización más justa y para la conservación del conocimiento tradicional asociado a los hongos silvestres.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS+

Objetivo general

Caracterizar a los recolectores de hongos silvestres del tianguis de Santiago Tianguistenco en torno a sus prácticas de recolección, dinámicas de comercialización, la demanda del mercado y su relevancia en la preservación del conocimiento etnomicológico.

Objetivos Específicos

1. Describir el perfil socioeconómico de los recolectores, así como sus técnicas, temporadas y criterios tradicionales para la recolección de hongos silvestres.
2. Analizar la fijación de precios y los patrones de demanda de los consumidores en el tianguis.
3. Evaluar los principales riesgos que perciben para su transmisión.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es el sistema socioeconómico y biocultural conformado por los recolectores de hongos silvestres en el tianguis de Santiago Tianguistenco, analizado a través de sus prácticas de recolección, sus dinámicas de comercialización y su relación con la preservación del conocimiento etnomicológico.

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados, se empleó una metodología de carácter cualitativo con un diseño de estudio de caso instrumental (Stake, 2013). Este enfoque se seleccionó porque permite una exploración profunda y contextualizada de fenómenos sociales complejos desde la perspectiva de los actores involucrados (Vasilachis, 2006). Dado que el objetivo central es caracterizar las prácticas, dinámicas y significados de los recolectores, la metodología cualitativa es la más adecuada para comprender la riqueza y los matices de su experiencia, que no podrían ser capturados plenamente mediante datos numéricos.

El estudio se realizó en el tianguis del municipio de Santiago Tianguistenco, ubicado en el Estado de México, una región donde está documentada la recolección y comercialización de hongos silvestres. Este espacio se concibe como un sistema socioeconómico y cultural clave, donde prevalecen intercambios que estructuran relaciones sociales y funcionan como mecanismos de subsistencia y rasgos identitarios dentro de una economía regional (Callón, 2008).

El trabajo de campo se llevó a cabo durante la temporada de lluvias del año 2025, periodo de máxima actividad de recolección y venta. La recolección de datos se realizó mediante entrevistas informales y no estructuradas (Estrada-Torres y Aroche, 1987), técnica que favorece la flexibilidad y la profundidad en la obtención de información. El instrumento de entrevista se organizó en tres apartados temáticos. El primero recabó datos sociodemográficos básicos de los recolectores, como género, edad y escolaridad.

El segundo apartado se enfocó en las prácticas de recolección y comercialización, indagando sobre la experiencia en la actividad, los lugares de recolección, los tipos de hongos recolectados, los ingresos generados y los canales de venta. Finalmente, el tercer apartado exploró la percepción de los recolectores sobre el perfil y la demanda de los consumidores, así como su visión sobre el papel de la actividad en la preservación del conocimiento tradicional.

Para el análisis de la información, se siguió un proceso en tres fases. Primero, se realizó una transcripción y organización de los datos obtenidos en las entrevistas. Posteriormente, se ejecutó un análisis de contenido temático (Braun y Clarke, 2006), identificando, codificando y categorizando los discursos recurrentes en torno a los ejes de los objetivos específicos. En una tercera fase, se procedió a la triangulación interpretativa, contrastando los hallazgos emergentes con la literatura científica revisada, con el fin de contextualizar los resultados y validar su consistencia.

Esta estrategia metodológica integral permite una caracterización robusta del sistema de recolección y comercialización, fundamentando las conclusiones en la voz directa de los actores principales y en su contexto operativo real.

FASES DEL DESARROLLO

1. Diseño y Preparación del Instrumento

En esta fase inicial, se diseñó y validó la guía de entrevista no estructurada. Se fundamentó en los objetivos específicos y se estructuró en tres módulos: perfil sociodemográfico, prácticas de recolección y comercialización, y percepción sobre la demanda y preservación del conocimiento. Previo al trabajo de campo, se realizó una prueba piloto con dos recolectores en un tianguis aledaño para ajustar la claridad y pertinencia de las preguntas, lo que permitió refinar el enfoque hacia aspectos prácticos de la cadena de valor.

2. Trabajo de Campo y Recolección de Datos

La fase de campo se ejecutó durante visitas al tianguis de los martes en la temporada de lluvias de 2023 (de junio a septiembre), periodo de máxima actividad en el tianguis. Se realizaron nueve entrevistas informales con recolectores que accedieron voluntariamente a participar. Cada entrevista, con una duración promedio de veinticinco minutos, se condujo en el lugar de venta de los participantes, lo que permitió observar *in situ* la interacción con los compradores y la disposición del producto. Los datos se registraron en notas de campo.

Figura 1.

Puesto de venta de hongos silvestres en el tianguis de Santiago Tianguistenco durante el trabajo de campo (agosto de 2023).



Nota: fuente elaboración propia

4. Procesamiento y Análisis de la Información

Esta fase consistió en la sistematización y examen de los datos obtenidos, los cuales se transcribieron textualmente para poderse describir.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos sociodemográficos de los recolectores de hongos

El estudio se basó en un total de 9 entrevistas realizadas a recolectores de hongos silvestres en el tianguis del municipio. Los participantes presentaron un rango de edad amplio, entre 35 y 75 años. Este dato sugiere que la actividad de recolección es realizada tanto por personas en edad productiva plena como por adultos mayores, indicando posiblemente la transferencia de conocimiento intergeneracional y su importancia como fuente de sustento a lo largo de la vida.

El perfil educativo del grupo es notablemente bajo:

- 66.7% de los entrevistados declararon no tener ninguna formación académica formal.
- 33.3% cuentan con educación básica (nivel primaria).

Esta distribución resalta que la actividad está predominantemente en manos de personas con acceso limitado a la educación formal, lo que potencialmente realza el valor del conocimiento empírico y tradicional transmitido oral o mediante la práctica.

Tabla 1:*Datos sociodemograficos de los recolectores de hongos*

Recolector	Edad	Genero	Escolaridad	Ingresos diarios
1	45	Mujer	Escolaridad Básica	\$1,000
2	60	Mujer	No tiene	\$500
3	47	Mujer	No tiene	\$750
4	58	Mujer	No tiene	\$350
5	52	Mujer	No tiene	\$500
6	55	Mujer	No tiene	\$400
7	54	Mujer	No tiene	\$400
8	40	Mujer	Escolaridad Básica	\$800
9	35	Mujer	Escolaridad Básica	\$550

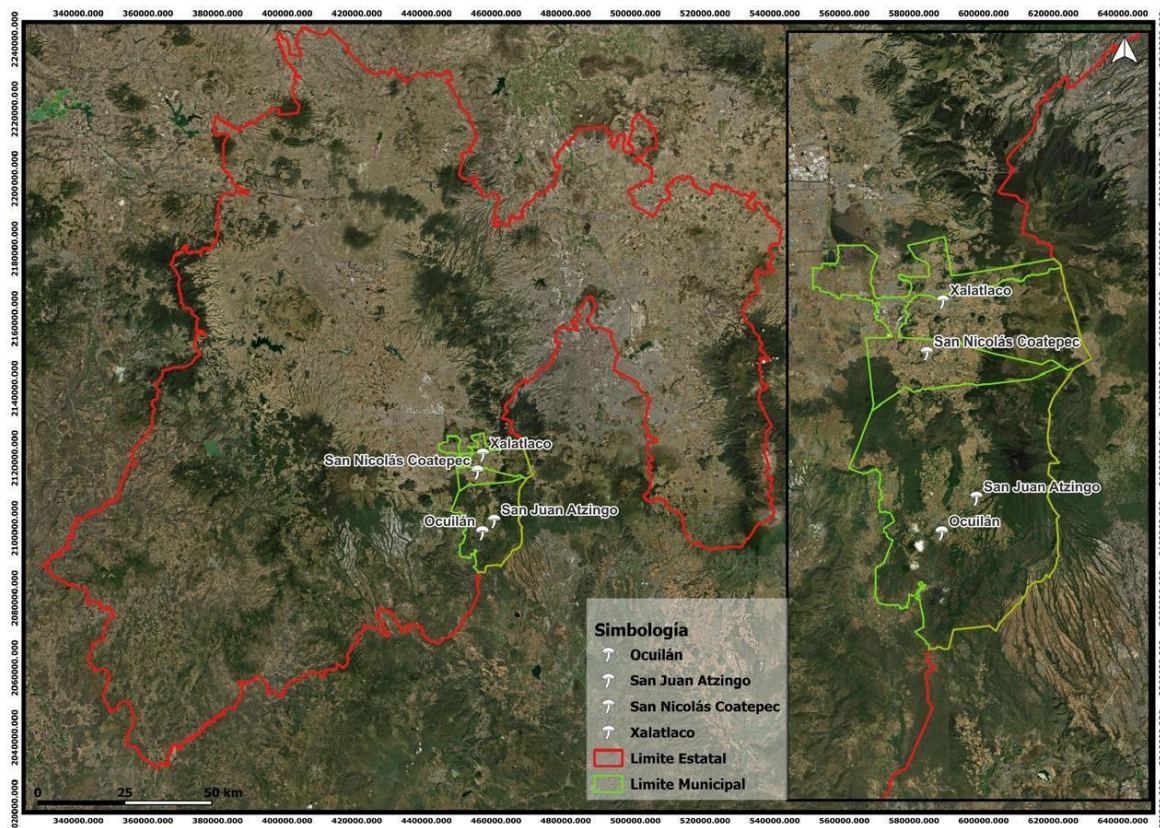
Nota:Fuente elaboración propia

Practicas de recolección de hongos

Se destacó la amplia experiencia de los recolectores, ya que la mayoría afirmó tener más de 20 años dedicados a esta actividad, la cual se transmite de manera generacional. Varios participantes refirieron que llevan más de 10 años vendiendo en el tianguis, mientras que algunos alcanzan hasta 50 años de permanencia en la comercialización de hongos silvestres.

Respecto a los lugares donde se lleva a cabo la recolección, se mencionaron como principales lugares de recolección las comunidades de San Juan Atzingo, San Nicolás Coatepec, Xalatlaco y Ocuilan, todas ubicadas en el Estado de México.

Figura 2:
Mapa de los lugares donde se recolectan



Con respecto al ingreso económico, los participantes indicaron que su principal fuente de ingresos proviene de la comercialización de hongos silvestres y otros productos tales como verduras, también mencionan los ingresos diarios sobre las ganancias que les genera la venta de hongos y esta ronda de los \$350 a \$1,000, esto depende mucho de los tipos, cantidades de hongos que dispongan y el lugar en donde se ubican para la venta de ellos, esto nos da un mejor conocimiento sobre la relevancia económica que tiene esta actividad para las familias recolectoras y productoras. No solo se trata de un ingreso complementario, sino de una fuente principal que permite la subsistencia diaria y el sostenimiento del hogar. Lo anterior, hace referencia con lo mencionado por Ullah et al. (2022) ya que la recolección de estos organismos contribuye de manera significativa al mejoramiento de los medios de vida en zonas rurales. Estos ingresos, aunque variables según la temporada y la demanda, reflejan la importancia de los hongos silvestres en el mercado local como productos de alto valor económico y cultural. Asimismo, muestran cómo la recolección y comercialización de hongos se integra en la economía familiar, contribuyendo a la diversificación de los ingresos y a la permanencia de prácticas tradicionales que se transmiten de generación en generación. Esta información resulta esencial para comprender el papel que juegan los productores y recolectores en el tianguis de Santiago Tianguistenco. En la temporada pasada, el costo del kilogramo oscilaba entre \$100 y \$200 pesos al cierre de la temporada; sin embargo, durante el presente año el precio ha mostrado un incremento considerable, alcanzando entre \$200 y \$300 pesos por kilogramo, lo cual depende tanto del tipo de hongo como del mes en que se adquiriera. Entre los factores que explican esta alza se encuentran la escasez del recurso y la tala ilegal en las zonas de recolección.

En cuanto a las especies identificadas, los participantes mencionaron una amplia diversidad, entre ellas los clavitos, tejamanileros, enchilados, pancitas, escobetas, orejitas, cornetas, morchetas, mazorcas y pambazos. Su comercialización se realiza principalmente en el tianguis de Santiago Tianguistenco, aunque algunos recolectores afirmaron que también distribuyen parte de su producción a chefs en la Ciudad de México, mientras que otros mantienen la venta de manera local.

Tabla 2:*Identificación de los hongos recolectados en el Tianguis de Santiago Tiquistenco*

Nombre local del hongo	Imagen	Preparaciones
Enchilados		1) Quesadillas 2) Carne de cerdo en salsa verde con hongos 3) Fritos con epazote.
Mazorquitas/Morcheta		1) Caldo 2) Quesadillas 3) Asados
Trompetas		1) Caldos 2) Preparaciones con chile verde o rojo 3) Fritas con manteca de cerdo
Tejamanileros		1) Quesadillas 2) Caldos 3) Guisados 4) Tlacoyos
Escobetas/ patitas de pajaró		1) Preparaciones en chile verde 2) Caldos

Nota: fuente elaboración propia

Se documentaron, mediante registro fotográfico, diversas especies de hongos comercializadas y se indagó sobre sus usos culinarios tradicionales. Los recolectores mencionaron con frecuencia su incorporación en platillos como caldos, quesadillas y diversos guisados. La selección del sitio respondió a la relevancia cultural, económica y gastronómica que tienen los hongos silvestres en esta región, así como a la presencia de recolectores con amplio conocimiento tradicional.

Cabe señalar que todas las personas entrevistadas fueron mujeres; sin embargo, señalaron que sus hijos suelen participar en las labores de recolección, mientras que ellas se concentran principalmente en la venta. Finalmente, los entrevistados

Respecto al tiempo dedicado a la recolección, los participantes comentaron que, aunque se han dedicado a esta actividad durante gran parte de su vida, la labor diaria de recolección puede implicar entre 3 y 5 horas de recorrido por el monte en búsqueda de los hongos. En cuanto a los principales consumidores, se identificó que, en su mayoría, siguen siendo clientes locales y tradicionales, caracterizados por ser personas adultas con conocimiento sobre los hongos silvestres.

Retos y oportunidades

Los entrevistados señalaron que los jóvenes actuales muestran menor interés en el consumo de estos productos debido a su desconocimiento sobre las especies y su valor cultural y gastronómico. Sin embargo, en los últimos años se ha observado un cambio en el perfil de los consumidores, con la integración de personas de distintos ámbitos, como chefs e investigadores, biólogos e ingenieros, quienes buscan estos hongos para su incorporación en platillos, estudios culinarios e investigaciones, ampliando así la demanda y diversificando el mercado.

CONCLUSIÓN

Esta investigación permitió caracterizar el sistema de recolección y comercialización de hongos silvestres en el tianguis de Santiago Tianguistenco, identificando a los recolectores como agentes clave en la intersección entre la economía local y la preservación del patrimonio biocultural. Los hallazgos principales confirman que esta actividad constituye un complemento económico estacional vital para las economías familiares en contextos de empleo limitado, al tiempo que funciona como un vehículo activo para la transmisión del conocimiento etnomicológico.

No obstante, se evidenció que el sistema comercial opera bajo una dinámica de presión ambivalente. Por un lado, el creciente interés del mercado, particularmente urbano, valora y sostiene la actividad. Por otro lado, esta misma demanda puede incentivar prácticas que ponen en riesgo la sostenibilidad del recurso y facilitan la intermediación, lo que erosiona el control y los beneficios directos para los recolectores. La preservación del conocimiento tradicional aparece así íntimamente ligada a la justicia en las cadenas de valor.

En consecuencia, se concluye que la conservación de este patrimonio vivo no depende únicamente del registro del saber, sino de la implementación de mecanismos que protejan la actividad de quienes lo detentan. Futuras líneas de trabajo deberían orientarse hacia el diseño e impulso de esquemas de comercialización justa, certificaciones de origen que reconozcan el conocimiento tradicional y programas de manejo sustentable co-diseñados con las comunidades recolectoras, para asegurar que la revalorización del hongo silvestre no comprometa su futuro ni el de las prácticas culturales que lo rodean.

BIBLIOGRAFÍA

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Burrola-Aguilar, C., Montiel, O., Garibay-Orijel, R., & Zizumbo-Villarreal, L. (2012). Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología*, 35, 1-16.
- Callon, M. (2008). Los mercados y la performatividad de las ciencias económicas. *Apuntes CECYP*, (14), 11-68.
- Estrada-Martínez, E., Guzmán, G., Cibrián Tovar, D., & Ortega Paczka, R. (2009). Contribución al conocimiento etnomicológico de los hongos comestibles silvestres de mercados regionales y comunidades de la Sierra Nevada (México). *Interciencia*, 34(1), 25-33.
- Estrada-Torres, A., & Aroche, R. M. (1987). Acervo etnomicológico en tres localidades del municipio de Acambay, Estado de México. *Scientia Fungorum*, (3), 109-131.
- Molina-Castillo, S., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortiz, H., Moctezuma-Pérez, S., & Galdino Martínez-García, C. (2025). Motivos de consumo de hongos comestibles silvestres en consumidores urbanos. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 121(1).
- Stake, R. (2013). Estudios de casos cualitativos. En N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Las estrategias de investigación cualitativa* (pp. 154-197). Gedisa.
- Ullah, T. S., Firdous, S. S., Shier, W. T., Hussain, J., Shaheen, H., Usman, M., & Khalid, A. N. (2022). Diversity and ethnomycological importance of mushrooms from Western Himalayas, Kashmir. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00526-8>
- Vasilachis, I. (2006). El "otro": identidad y construcción discursiva. En I. Vasilachis (Coord.), *Estrategias de investigación cualitativa* (pp. 203-228). Gedisa.

Línea de investigación: Modelado de Sistemas.

Resumen

La presente investigación aborda la inclusión social y profesional de la comunidad usuaria de la Lengua de Señas Mexicana (LSM) mediante el desarrollo de una aplicación de escritorio y una aplicación móvil basadas en técnicas actuales de inteligencia artificial y visión por computadora. En México, las personas sordas continúan enfrentando barreras significativas de comunicación, acceso a la información y participación plena en entornos educativos, laborales y sociales. Estas limitaciones generan desigualdad y dificultan la integración efectiva de esta comunidad, especialmente en espacios donde la interpretación de la LSM no está disponible o resulta insuficiente. Ante esta problemática, el estudio propone el diseño, implementación y validación de un prototipo desarrollado en Kotlin para Android, que integra una biblioteca digital especializada en el reconocimiento del abecedario y de señas básicas de la LSM mediante modelos de aprendizaje automático.

La investigación adopta un enfoque metodológico mixto, permitiendo una aproximación integral al fenómeno. Por un lado, se emplean métodos cuantitativos para evaluar la precisión del reconocimiento de señas, la estabilidad del sistema en condiciones variables de iluminación y movimiento, así como los tiempos de respuesta del algoritmo durante su uso en dispositivos móviles. Por otro lado, se incorporan técnicas cualitativas, como entrevistas semiestructuradas, grupos focales y encuestas de usabilidad, que permiten comprender la percepción de la comunidad sorda y de usuarios oyentes respecto al nivel de accesibilidad, utilidad práctica y posible impacto social de la herramienta propuesta.

Los resultados esperados incluyen una mejora significativa en los procesos de comunicación entre personas sordas y oyentes, un incremento en la percepción de inclusión digital y una mayor sensibilización sobre la importancia de las tecnologías accesibles. Asimismo, se prevé la validación del prototipo como recurso educativo y social de apoyo para instituciones académicas, organizaciones y usuarios individuales. En conjunto, este trabajo busca aportar al desarrollo de tecnologías inclusivas en México, demostrando el potencial de la inteligencia artificial como una herramienta fundamental para fortalecer la equidad comunicativa y promover entornos más accesibles y justos.

Palabras clave: Accesibilidad digital, Inteligencia artificial, Inclusión social, Lengua de Señas Mexicana, Visión por computadora.

Abstract

This research addresses the social and professional inclusion of the Mexican Sign Language (LSM) user community through the development of a desktop application and a mobile application based on current techniques in artificial intelligence and computer vision. In Mexico, Deaf individuals continue to face significant barriers in communication, access to information, and full participation in educational, professional, and social environments. These limitations generate inequity and hinder the effective integration of this community, especially in spaces where LSM interpretation is not available or is insufficient. In response to this issue, the study proposes the design, implementation, and validation of a prototype developed in Kotlin for Android, integrating a digital library specialized in recognizing the LSM alphabet and basic signs through machine learning models.

The research adopts a mixed-methods approach, allowing for a comprehensive analysis of the phenomenon. On one hand, quantitative methods are used to evaluate the accuracy of sign recognition, the system's stability under varying lighting and movement conditions, and the algorithm's response times when used on mobile devices. On the other hand, qualitative techniques such as semi-structured interviews, focus groups, and usability surveys are incorporated to understand the perceptions of Deaf users and hearing users regarding the tool's level of accessibility, practical usefulness, and potential social impact.

The expected results include a significant improvement in communication processes between Deaf and hearing individuals, an increase in the perception of digital inclusion, and greater awareness of the importance of accessible technologies. Likewise, the prototype is expected to be validated as an educational and social support resource for academic institutions, organizations, and individual users. Overall, this work aims to contribute to the development of inclusive technologies in Mexico, demonstrating the potential of artificial intelligence as a key tool for strengthening communicative equity and promoting more accessible and equitable environments.

Keywords: Artificial intelligence, Computer vision, Digital accessibility, Mexican Sign Language, Social inclusion.

INTRODUCCIÓN

La brecha existente entre los avances tecnológicos y las necesidades de accesibilidad de la comunidad sorda en México sigue siendo un desafío relevante en el ámbito de la innovación digital. A pesar del reconocimiento oficial de la Lengua de Señas Mexicana (LSM), su integración en plataformas tecnológicas continúa siendo limitada, especialmente en aplicaciones capaces de interpretar señas en tiempo real. El crecimiento de la inteligencia artificial, y particularmente de la visión por computadora, ha permitido desarrollar sistemas de reconocimiento cada vez más precisos, abriendo oportunidades para mejorar la comunicación entre usuarios sordos y oyentes.

En este contexto, la presente investigación plantea el diseño y evaluación de un prototipo basado en aprendizaje automático capaz de identificar el abecedario y señas básicas de la LSM. Este desarrollo se implementa en un entorno móvil y de escritorio con el objetivo de analizar su viabilidad técnica, su potencial de accesibilidad y su contribución a un entorno digital más inclusivo.

DESARROLLO

La innovación principal de esta investigación radica en la integración de técnicas de visión por computadora y aprendizaje automático dentro de una aplicación accesible para la comunidad sorda en México. Este enfoque permite automatizar el reconocimiento de señas básicas de la LSM, reduciendo la dependencia de intérpretes y facilitando la comunicación entre personas sordas y oyentes.

El desarrollo del prototipo demuestra el potencial de las tecnologías emergentes para ofrecer soluciones accesibles, adaptables y de bajo costo, contribuyendo al fortalecimiento de la inclusión digital en el país. El impacto esperado abarca ámbitos educativos, laborales y sociales, al proporcionar una herramienta que facilita la interacción y sensibiliza a los usuarios respecto a la importancia de la accesibilidad.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar y validar un prototipo móvil y de escritorio basado en inteligencia artificial para el reconocimiento del abecedario y señas básicas de la Lengua de Señas Mexicana, con el fin de fortalecer la inclusión social y la accesibilidad digital de la comunidad sorda en México.

- ❖ Diseñar la arquitectura funcional del sistema empleando técnicas de visión por computadora y aprendizaje automático.
- ❖ Evaluar la precisión, estabilidad y tiempos de respuesta del prototipo mediante pruebas experimentales en distintos entornos.
- ❖ Analizar la percepción de usabilidad y accesibilidad del sistema mediante encuestas y entrevistas con usuarios sordos y oyentes.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es el sistema de reconocimiento de señas de la Lengua de Señas Mexicana basado en inteligencia artificial, desarrollado como una aplicación móvil y de escritorio.

Su importancia radica en que constituye el núcleo tecnológico donde se concentran las pruebas, mejoras y análisis del proyecto.

Este sistema representa una herramienta con potencial para disminuir barreras comunicativas, promover la equidad digital y ofrecer una alternativa accesible para instituciones educativas, organizaciones y usuarios individuales, ampliando las oportunidades de interacción entre personas sordas y oyentes.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, debido a que integra procedimientos cuantitativos y cualitativos con el objetivo de obtener una comprensión completa del funcionamiento técnico del prototipo de reconocimiento de señas y de la experiencia de las personas usuarias de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). Esta selección metodológica permite analizar tanto la precisión operativa del sistema como su pertinencia social y su facilidad de uso, aspectos esenciales para la evaluación de herramientas orientadas a la inclusión.

Desde el enfoque cuantitativo, se aplican pruebas destinadas a medir indicadores de desempeño, tales como la tasa de aciertos, la frecuencia de errores, el tiempo de respuesta y la estabilidad del sistema ante variaciones de iluminación y movimiento. Los datos obtenidos se procesan mediante estadística descriptiva, con el propósito de determinar el nivel de eficiencia y confiabilidad del prototipo.

Por otra parte, el enfoque cualitativo permite explorar las percepciones y experiencias de la comunidad usuaria. Este componente se apoya en entrevistas semiestructuradas, encuestas sobre facilidad de uso y observación directa durante la interacción con el prototipo. La información recopilada se analiza mediante categorización temática, lo que posibilita identificar patrones, necesidades y recomendaciones relevantes para el diseño final de la aplicación.

El estudio es de tipo aplicado, ya que se orienta a la solución de una problemática social mediante el desarrollo de una herramienta tecnológica destinada a favorecer la inclusión comunicativa. Asimismo, se emplea un diseño experimental, el cual consiste en la evaluación del prototipo con sujetos seleccionados en condiciones controladas. Este diseño facilita la manipulación de variables específicas y la obtención de resultados replicables referentes al rendimiento del sistema.

FASES DEL DESARROLLO

El proceso de construcción del prototipo se estructuró mediante una metodología de desarrollo tecnológico que permitió organizar las actividades de diseño, implementación y evaluación del sistema. Con el fin de asegurar un avance progresivo y controlado, se seleccionó la metodología de prototipos, debido a su capacidad para generar versiones funcionales en etapas tempranas y para incorporar ajustes conforme se obtiene retroalimentación de las personas usuarias. A continuación, se describen las fases que integran este proceso de desarrollo, así como las actividades principales realizadas en cada una de ellas.

Además del enfoque científico, el desarrollo de la aplicación se guía mediante la metodología de prototipos, debido a que esta permite la construcción progresiva de un producto tecnológico funcional y la incorporación iterativa de mejoras con base en la retroalimentación de las personas usuarias y en el análisis de desempeño.

Las fases generales consideradas dentro de esta metodología son las siguientes:

1. Identificación de necesidades y requerimientos

En esta fase se delimita el problema a resolver, se identifican las necesidades de la comunidad usuaria de LSM y se definen los requerimientos técnicos del sistema. Esta información se obtiene a partir de revisión documental y acercamiento preliminar con personas usuarias.

Figura 1.

Resultados encuesta 1.

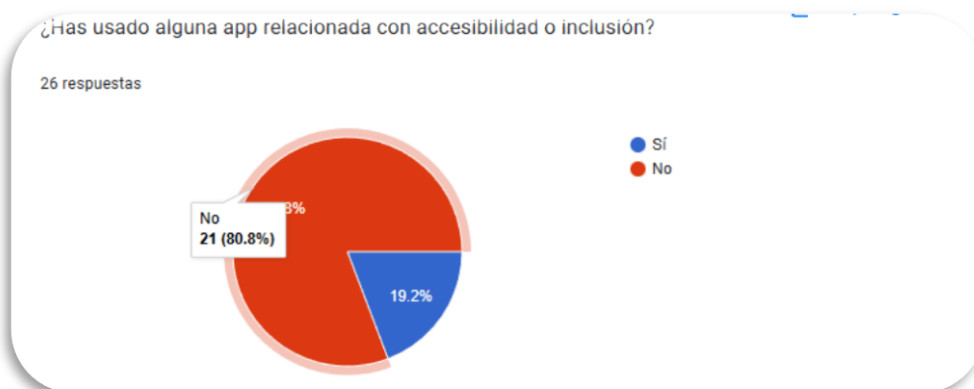


Figura 2.

Resultados encuesta 2.

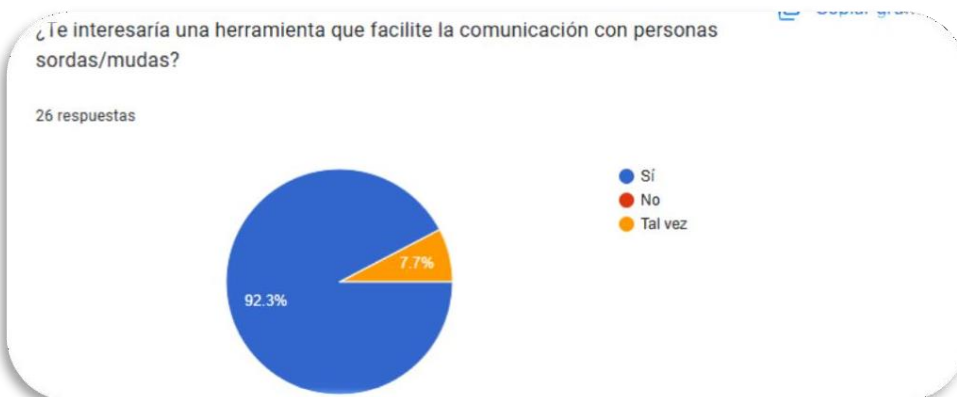
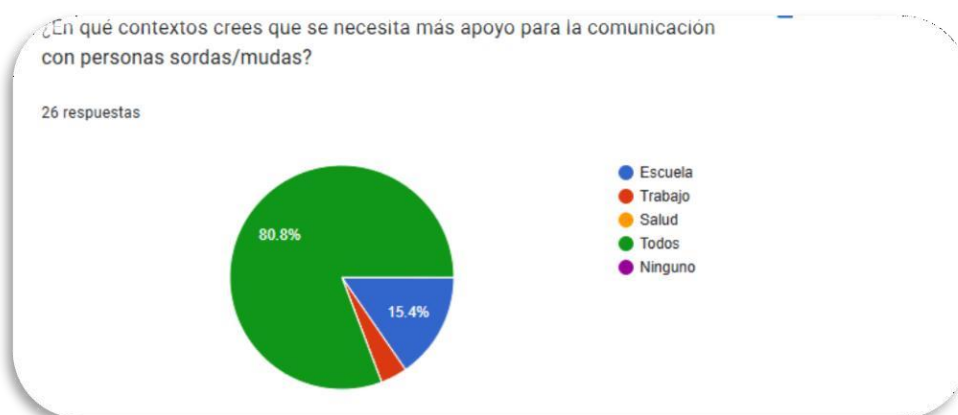


Figura 3.
Resultados encuesta 3.



2. Diseño conceptual y técnico del sistema.

Se establecen la arquitectura general de la aplicación, los componentes del módulo de reconocimiento de señas y los criterios de usabilidad esperados. Este diseño funciona como base para las primeras versiones del prototipo.

Figura 4.

Condiciones detección de señas.

```
elif pinky_pip[1] - pinky_tip[1] > 0 and middle_finger_pip[1] - middle_finger_tip[1] > 0 and \
ring_finger_pip[1] - ring_finger_tip[1] > 0 and index_finger_pip[1] - index_finger_tip[1] < 0 \
and abs(thumb_pip[1] - thumb_tip[1]) > 0 and distancia_euclidiana(index_finger_tip, thumb_tip) < 65:

    cv2.putText(image, 'F', (700, 150),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
                3.0, (0, 0, 255), 6)

elif index_finger_pip[1] - index_finger_tip[1] > 0 and pinky_pip[1] - pinky_tip[1] > 0 and \
middle_finger_pip[1] - middle_finger_tip[1] > 0 and ring_finger_pip[1] - ring_finger_tip[1] > 0 and \
middle_finger_tip[1] - ring_finger_tip[1] > 0 and abs(thumb_tip[1] - ring_finger_pip2[1]) < 40:
    cv2.putText(image, 'L', (700, 150),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
                3.0, (0, 0, 255), 6)

elif thumb_pip[1] - thumb_tip[1] > 0 and index_finger_pip[1] - index_finger_tip[1] > 0 \
and pinky_pip[1] - pinky_tip[1] > 0:
    cv2.putText(image, 'I LOVE YOU', (700, 150),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
                3.0, (0, 0, 255), 6)
```

3. Construcción del prototipo inicial.

Se desarrolla una primera versión funcional del sistema, enfocada en el reconocimiento de señas básicas y la presentación de subtítulos en pantalla. Esta versión permite validar la viabilidad técnica del proyecto.

Figura 5.
Coordenadas detección de señas.

```
with mp_hands.Hands(
    while cap.isOpened():
        if results.multi_hand_landmarks:
            if len(results.multi_hand_landmarks):
                for num, hand_landmarks in enumerate(results.multi_hand_landmarks):
                    hand_landmarks,
                    mp_hands.HAND_CONNECTIONS,
                    mp_drawing.DrawingSpec(color=(14, 160, 178), thickness=4, circle_radius=8),
                    mp_drawing.DrawingSpec(color=(148, 14, 178), thickness=4))

        # Draw bounding box
        draw_bounding_box(image, hand_landmarks)

        index_finger_tip = (int(hand_landmarks.landmark[8].x * image_width),
                             int(hand_landmarks.landmark[8].y * image_height))
        index_finger_pip = (int(hand_landmarks.landmark[6].x * image_width),
                             int(hand_landmarks.landmark[6].y * image_height))

        thumb_tip = (int(hand_landmarks.landmark[4].x * image_width),
                     int(hand_landmarks.landmark[4].y * image_height))
        thumb_pip = (int(hand_landmarks.landmark[2].x * image_width),
                    int(hand_landmarks.landmark[2].y * image_height))

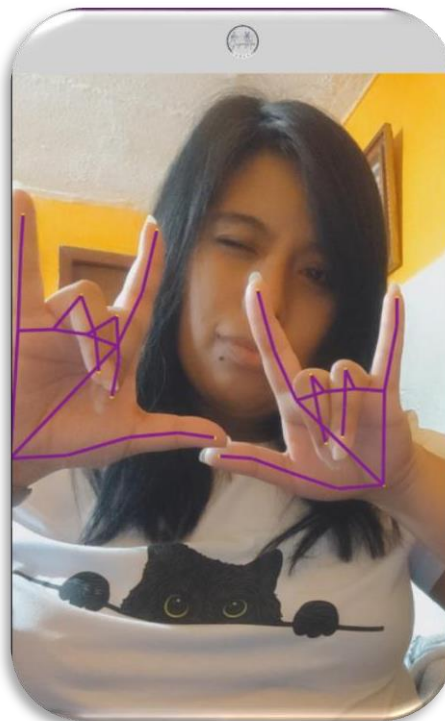
        middle_finger_tip = (int(hand_landmarks.landmark[12].x * image_width),
                             int(hand_landmarks.landmark[12].y * image_height))

        middle_finger_pip = (int(hand_landmarks.landmark[10].x * image_width),
                             int(hand_landmarks.landmark[10].y * image_height))

        ring_finger_tip = (int(hand_landmarks.landmark[16].x * image_width),
                           int(hand_landmarks.landmark[16].y * image_height))
        ring_finger_pip = (int(hand_landmarks.landmark[14].x * image_width),
                           int(hand_landmarks.landmark[14].y * image_height))

        pinky_tip = (int(hand_landmarks.landmark[20].x * image_width),
                    int(hand_landmarks.landmark[20].y * image_height))
        pinky_pip = (int(hand_landmarks.landmark[18].x * image_width),
```

Figura 6.
Prototipo de despliegue de coordenadas visibles en ambas manos.



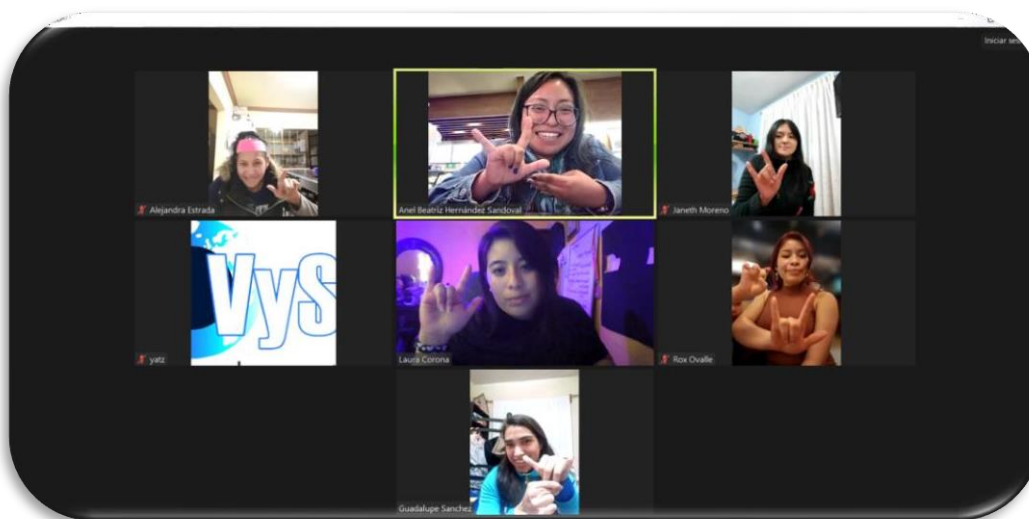
4. Recolección de Retroalimentación a través de Pruebas de Usuario Final.

Se aplica el prototipo a un grupo de participantes siguiendo el diseño experimental establecido. Durante esta etapa se registran datos cuantitativos de desempeño y se recopila información cualitativa sobre la experiencia de uso.

Figura 7.
Resultados encuesta 7.



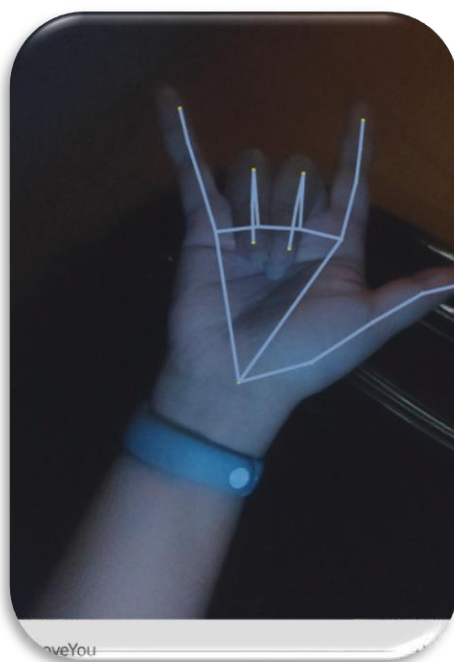
Figura 8.
Sesión y encuesta con usuarios prueba.



5. Ajustes y mejoras iterativas.

Con base en los resultados de las pruebas, se realizan ajustes al sistema, ya sean técnicos (optimización del modelo de reconocimiento) o de diseño (interfaz, accesibilidad). Este proceso puede repetirse varias ocasiones hasta alcanzar un desempeño satisfactorio.

Figura 9.
Pruebas de detección de señas en ambientes con poca luz.



6. Validación final del prototipo.

La versión ajustada se evalúa nuevamente para confirmar que cumple los requerimientos establecidos y que responde adecuadamente a las necesidades de la comunidad usuaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Resultados Cuantitativos.

Las pruebas realizadas permitieron obtener datos relacionados con el desempeño técnico del prototipo. Se registraron métricas vinculadas con la precisión del reconocimiento, la frecuencia de errores, el tiempo de respuesta y la estabilidad del sistema en diferentes condiciones de uso. Estos resultados se organizaron mediante estadística descriptiva, lo que facilitó identificar tendencias en el comportamiento del modelo durante la clasificación de señas.

El análisis permitió observar que las mediciones fueron consistentes entre sí, lo cual indica un funcionamiento estable del sistema bajo los parámetros establecidos en el diseño experimental. La variación detectada en las pruebas se mantuvo dentro de un rango acorde con lo reportado en investigaciones previas sobre sistemas de reconocimiento basados en visión por computadora. Según lo expuesto por Lopez y Martínez (2018, p. 112), la consistencia en las mediciones favorece la confiabilidad de modelos gestuales, lo que coincide con los patrones observados durante la evaluación del prototipo.

2. Resultados Cualitativos.

El componente cualitativo permitió identificar la percepción de las personas usuarias respecto al uso del sistema. Las entrevistas semiestructuradas mostraron opiniones relacionadas con la claridad de la interfaz, la facilidad de comprensión del flujo de interacción y la utilidad general de la aplicación. Las encuestas reforzaron estas observaciones al recoger valoraciones sobre aspectos como accesibilidad, comodidad visual y comprensión de los elementos presentes en pantalla.

Durante la observación directa se identificaron comportamientos comunes vinculados con el posicionamiento de las manos, la distancia respecto a la cámara y la adaptación al ritmo de reconocimiento. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Pérez (2019, párr. 6), quien señala que la postura y el encuadre influyen en la eficiencia de los sistemas de interpretación gestual. Asimismo, se recopilieron sugerencias orientadas a mejorar la precisión en determinadas señas y optimizar la presentación de subtítulos.

3. Discusión.

El análisis conjunto de los resultados evidencia que el prototipo presenta un funcionamiento acorde con los objetivos planteados en la investigación. La estabilidad técnica observada en las mediciones cuantitativas coincide con lo reportado en literatura especializada, como lo menciona Ramos (2021, p. 78), quien destaca que las primeras versiones de sistemas de reconocimiento suelen mostrar patrones de desempeño relativamente constantes bajo condiciones controladas.

Por su parte, la percepción positiva reflejada en los resultados cualitativos demuestra que el diseño de la aplicación responde de manera adecuada a las necesidades de accesibilidad y facilidad de uso identificadas durante las etapas iniciales del proyecto. La congruencia entre el desempeño técnico y la valoración de los sujetos participantes sugiere que la herramienta posee potencial para evolucionar hacia una versión más robusta, capaz de abarcar un repertorio mayor de señas y mejorar la responsividad del sistema en tiempo real.

Figura 10.

Opinión del Público sobre la Importancia de la aplicación.

¿Qué tan importante te parece incluir esta herramienta en espacios públicos (escuelas, hospitales, oficinas), porque?

25 respuestas

Porque no tenemos conocimiento en el desarrollo de esas personas con discapacidad, lamentablemente solo cosas que nunca se nos enseñaron

De suma importancia

Creo que ayudaría a una mayor inclusión

Demasiado ya que están olvidando. Ese sector

Importante por que así se sentirán más incluidos en la sociedad

Estaría excelente para que la humanidad sepa tratar a las personas con este tipo de situaciones

Considero que es esencial para una mejor aprendizaje y entendimiento de ambas partes

Muy útil

Muy importante, porque la comunicación es muy importante

CONCLUSIÓN

La investigación permitió analizar el desempeño técnico y la aceptación de un prototipo orientado al reconocimiento de señas de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). Los resultados obtenidos evidencian que el sistema presenta un funcionamiento estable y una respuesta adecuada a los requerimientos establecidos durante su diseño. El análisis cuantitativo mostró un comportamiento consistente en las mediciones relacionadas con la clasificación de señas y el tiempo de procesamiento, mientras que el componente cualitativo confirmó una percepción favorable por parte de las personas usuarias, quienes identificaron la herramienta como accesible y funcional.

La integración del enfoque mixto permitió comprender el fenómeno tanto desde la precisión del modelo como desde la experiencia de uso, lo cual aporta una perspectiva más completa sobre el potencial de la aplicación como recurso de apoyo para la inclusión comunicativa. Asimismo, la metodología de prototipos facilitó la construcción progresiva del sistema y la incorporación de mejoras basadas en observaciones reales.

Los hallazgos obtenidos sugieren que el prototipo cuenta con bases sólidas para su evolución hacia versiones más avanzadas, capaces de reconocer un repertorio mayor de señas, optimizar la responsividad en tiempo real y mejorar la robustez del modelo ante variaciones ambientales. El trabajo futuro puede orientarse a la integración de técnicas de aprendizaje profundo, a la ampliación de los conjuntos de datos de entrenamiento y a la evaluación del sistema en escenarios más diversos.

En conjunto, la investigación confirma la pertinencia del desarrollo de herramientas tecnológicas que contribuyan a la accesibilidad comunicativa y representa un avance significativo hacia la generación de soluciones aplicadas a la inclusión de la comunidad usuaria de LSM.

BIBLIOGRAFÍA

- Castañeda, M. (2021). Inclusión digital y accesibilidad en comunidades sordas. Revista de Tecnología Inclusiva. <https://www.revtecinclusiva.org/articulo123> (p. 14).
- García, L. (2020). La Lengua de Señas Mexicana en contextos educativos. Universidad Autónoma de México. <https://uam.mx/lsm-educacion> (párr. 5).
- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI). (2018). Reconocimiento y estructura lingüística de la LSM. <https://www.inali.gob.mx/lsm-estudio> (párr. 8).
- Mendoza, P. & Torres, A. (2022). Tecnologías de visión por computadora aplicadas a la LSM. Journal of Computer Vision MX. <https://visionmx.ai/lsm-mediapipe> (p. 22).
- Organización Mundial de la Salud. (2023). Accesibilidad digital en poblaciones con discapacidad auditiva. <https://www.who.int/accesibilidad-digital> (párr. 3).
- Ramírez, S. (2019). Herramientas móviles para la interpretación de señas. Revista Iberoamericana de Tecnología Educativa. <https://rite.edu/lsmapps> (párr. 12).
- Rodríguez, J. (2021). Interfaces accesibles y diseño centrado en el usuario sordo. Editorial Digital MX. <https://editorialmx.com/accesibilidad> (p. 47).

Ecuación de velocidad para un biofiltro empacado de lecho fijo mediante balance de cantidad de momentum

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.922

Wilberth Navarrete Celestino¹, Erika García Domínguez¹, Susana Eduarte Cruz¹, Rosalba Ramírez Noriega¹, Rigoberto Barrios Francisco¹

¹ Tecnológico Nacional de México-Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso
e-mail: erikagarcia.tessfp@gmail.com

Línea de investigación: Ciencia básica en Ingeniería Química

Resumen

En esta investigación se desarrolló el método para la obtención de la ecuación de velocidad para el flujo de fluido supuesto para el proceso adsorción de disoluciones acuosas de fármacos mediante un biofiltro de lecho fijo empacado con material carbonoso activado químicamente de los residuos de fruto de encino. La aplicación del balance de cantidad de movimiento se desarrolló a partir de las suposiciones teóricas de flujo en estacionario, régimen laminar y propiedades constantes del fluido, se desarrolló el modelo matemático en función de las variables tales como de la distribución de velocidades con las fuerzas de presión, viscosidad y gravedad que actúan sobre el sistema. Se utilizó la ecuación general del balance de cantidad de movimiento, identificando las ecuaciones de entrada, salida y acumulación, sustituyéndolas en la ecuación de movimiento y se dividió entre el volumen de control, posteriormente se aplicó un límite, concepto de la derivada e integral a cada una de las expresiones matemáticas resultantes de la ecuación general e incorporando la ley de la viscosidad de Newton. El resultado de la ecuación obtenida de velocidad es $V_z = \rho g / 4\mu (R^2 - r^2)$, permite describir el comportamiento hidrodinámico de un fluido con comportamiento laminar, por lo que es ideal para el flujo de las disoluciones acuosas de los fármacos. Este resultado también sugiere predecir el comportamiento de distribución de la velocidad máxima con respecto al tiempo de contacto entre el soluto y el efluente, siendo de utilidad para el análisis y diseño de las variables del biofiltro empacado a escala laboratorio.

Palabras clave: biofiltro, ecuación de velocidad, flujo.

Abstract

This research developed a method for obtaining the velocity equation for the fluid flow assumed for the adsorption process of aqueous drug solutions using a fixed-bed biofilter packed with chemically activated carbonaceous material derived from oak fruit waste. The momentum balance was applied based on the theoretical assumptions of steady-state flow, laminar flow, and constant fluid properties. The mathematical model was developed as a function of variables such as velocity distribution and the pressure, viscosity, and gravity forces acting on the system. The general momentum balance equation was used, identifying the inlet, outlet, and accumulation equations, substituting them into the equation of motion, and dividing by the control volume. Subsequently, limits, the concept of derivatives, and integrals were applied to each of the resulting mathematical expressions of the general equation, incorporating Newton's law of viscosity. The resulting velocity equation, $V_z = \rho g / 4\mu (R^2 - r^2)$, describes the hydrodynamic behavior of a fluid with laminar flow, making it ideal for the flow of aqueous drug solutions. This result also suggests predicting the distribution of maximum velocity with respect to the contact time between the solute and the effluent, which is useful for the analysis and design of variables in a laboratory-scale packed biofilter.

Keywords: biofilter, rate equation, flow.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de tratamientos del agua contaminada principalmente por moléculas farmacológicamente activas que son utilizadas como analgésicos no esteroideos (AINEs) De acuerdo a los estudios realizados a las diferentes aguas residuales, los AINEs más frecuentemente detectados en sistemas acuáticos se encuentran el ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno y ketoprofeno (Fatta-Kassinos, et al., 2011; Rivera-Utrilla et al., 2013), por lo que el estudio de su remoción es de gran relevancia. Una alternativa es el uso de biofiltros sustentables principalmente empacados con biomasas como carbónes activados mediante el proceso de adsorción.

Cuando se pretende diseñar un sistema de adsorción de lecho fijo con biosorbentes o cualquier otro adsorbente sólido, surge la necesidad de utilizar modelos matemáticos los cuales puedan simular de una manera correcta las curvas de ruptura experimentales. Dichos modelos tienen que predecir la dinámica del proceso de adsorción, lo cual facilita el desarrollo de aplicaciones innovadoras, como en el tratamiento de aguas residuales (Innovation, 2016).

Por lo que los fenómenos de transporte como la cantidad de movimiento en los flujos es de gran relevancia en el diseño de variables como lo es la velocidad de los fluidos en biofiltros; ya que este mecanismo permite obtener una ecuación de velocidad mediante un balance de cantidad de momentum.

DESARROLLO

La obtención de la ecuación de velocidad para el biofiltro empacado con carbón activado de residuos del fruto de encino aporta a esta investigación al diseño de variables que involucren al mecanismo de cantidad de movimiento mediante la optimización y operación del biofiltro, permitiendo predecir con mayor exactitud la velocidad del flujo, la pérdida de carga y el tiempo de contacto, factores clave para maximizar la eficiencia de remoción de contaminantes farmacéuticos.

También representa una innovación relevante al aportar una base matemática precisa para describir el comportamiento hidrodinámico del sistema. Su impacto fortalece la escalabilidad del proceso, reduce costos operativos y contribuye al desarrollo de tecnologías más sostenibles para el tratamiento de aguas contaminadas.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener la ecuación de velocidad en coordenadas cilíndricas para el biofiltro empacado con carbón activado de residuos del fruto de encino mediante el balance de cantidad de movimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar el esquema general de biofiltro en estado estacionario

Identificar las variables de entrada y salida en el biofiltro

Determinar las ecuaciones de entrada y salida en el esquema para la ecuación de velocidad.

OBJETO DE ESTUDIO

En esta investigación fue conocer la ecuación de velocidad en un biofiltro mediante el balance de cantidad de movimiento, debido porque permite describir y predecir de forma teórica y cuantitativa el comportamiento del flujo del fluido dentro del medio carbonoso poroso, lo cual es fundamental para el diseño, análisis y optimización del sistema en flujo de fluidos.

METODOLOGÍA

El desarrollo se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de Ingeniería Química del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso – Tecnológico Nacional de México. Para el desarrollo de la ecuación de velocidad para el biofiltro empacado con carbón activado con residuos del fruto de encino, se realizó aplicando el balance de cantidad de movimiento al flujo de disoluciones acuosas de fármacos a través del medio poroso.

FASE DE DESARROLLO 1:

En esta fase se inició con la selección global del biofiltro (ver figura 1) con un volumen de control para realizar el balance de cantidad de movimiento el cual se realizó en coordenadas cilíndricas. Para este desarrollo se aplica el balance de movimiento de acuerdo con la ecuación general de balance de cantidad de movimiento (ecuación 1) Bird y col., (1999), en la figura 2. Se selecciona el volumen de control; así como las variables y se identifican los parámetros del biofiltro como son el espesor (Δr), radio (R), longitud (L). Así como parámetros considerados del flujo como la densidad constante (ρ) y densidad de esfuerzo cortante (τ) en las direcciones r y θ .

$$\{\text{Velocidad de entrada de cantidad de movimiento}\} - \{\text{Velocidad de salida de cantidad de movimiento}\} + \{\text{Suma de las fuerzas que actúan sobre el sistema}\} = 0$$

Ecuación 1

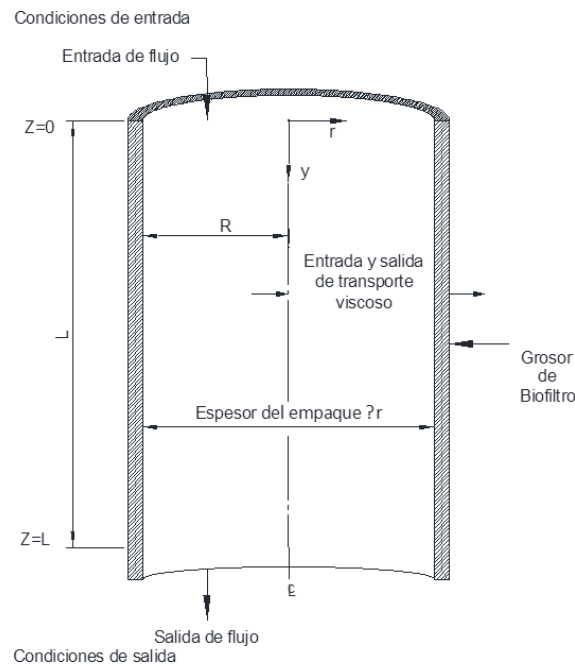
Figura 1

Diseño de biofiltro de lecho fijo. [Fuente propia].



Figura 2

Diseño global del biofiltro de lecho fijo. [Fuente propia].



FASE DE DESARROLLO 2:

Se obtienen las ecuaciones de entrada, de salida y acumulación, de acuerdo a cada término de la ecuación 1y se sustituyen en la misma. Después se desarrolló el proceso matemático de acuerdo a Bird y col., (1999).

- División: se dividió el balance (ecuación 1) entre el volumen $2\pi L\Delta r$ de la parte seleccionada de acuerdo con la figura 2; a la ecuación resultante se aplica un límite cuando Δr tiende a cero. Al resultado se le aplicó de la definición de la derivada y se obtuvo una ecuación diferencial del esfuerzo en función de la posición.
- Integrar: la ecuación se integró para obtener el perfil de densidad de flujo de cantidad de movimiento mas la constante de integración la cual se determina mediante las condiciones limite 1 (C. L 1) con respecto a las condiciones iniciales del proceso de adsorción. Y se obtuvo la ecuación en función del esfuerzo cortante del sistema de flujo (ecuación 13).

FASES DEL DESARROLLO 3:

Obtención de la ecuación del perfil de distribución de cantidad de movimiento

Los flujos que se filtraran son disoluciones acuosas de los fármacos presentan densidades y viscosidades bajas dentro de los rangos de los flujos laminares, por tanto, también a los flujos Newtonianos ya que la viscosidad es directamente proporcional al tiempo, lo que indica que requieren un mínimo esfuerzo contante (Welty y col., 1999) por lo tanto utilizo Ley de la viscosidad de Newton (ecuación 14) debido a que el flujo para los fármacos es laminar y newtoniano.

En la ecuación 13 se sustituyó la Ley de la viscosidad de Newton (ecuación 14) y se reordenaron términos y se despejo la velocidad, al resultado se integró y se obtuvo la ecuación final más la constante de integración C2 la cual se determinó con las condiciones limite 2 (C.L. 2), para obtener la ecuación de la velocidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la aplicación del balance de cantidad de movimiento al biofiltro, se obtuvo la ecuación que describe el comportamiento del flujo del fluido a lo largo del sistema, considerando la densidad del flujo, gravedad, presión y la acumulación en el sistema. El desarrollo permitió establecer una relación entre la caída de presión y la velocidad del fluido, incorporando parámetros físicos del biofiltro como el diámetro, la longitud característica y las propiedades del fluido (densidad y viscosidad). A continuación, se muestra el desarrollo de las ecuaciones

Se obtendrán las ecuaciones de cada término de la ecuación 1:

Velocidad de entrada de cantidad de movimiento a través de la superficie cilíndrica situada en r :

$$(2\pi r L \tau_{rz})|_r \quad \text{Ecuación 2}$$

Velocidad de salida de cantidad de movimiento a través de la superficie cilíndrica situada en $r+\Delta r$:

$$(2\pi r L \tau_{rz})|_{r+\Delta r} \quad \text{Ecuación 3}$$

Velocidad de entrada de cantidad de movimiento a través de la superficie anular situada en $z = 0$:

$$(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=0} \quad \text{Ecuación 4}$$

Velocidad de salida de cantidad de movimiento a través de la superficie anular situada en $z = L$:

$$(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=L} \quad \text{Ecuación 5}$$

Fuerza de gravedad que actúa sobre la envoltura cilíndrica:

$$(2\pi r \Delta r L) \rho g \quad \text{Ecuación 6}$$

Sustituir las ecuaciones 2-6 en la ecuación 1:

$$[(2\pi r L \tau_{rz})|_r] - [(2\pi r L \tau_{rz})|_{r+\Delta r}] + [(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=0}] - [(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=L}] + [(2\pi r \Delta r L) \rho g] = 0 \quad \text{Ecuación 7}$$

Dividir la ecuación 7 entre el volumen de control V.C= $2\pi L \Delta r$:

$$\left[\frac{(2\pi r L \tau_{rz})|_r}{2\pi L \Delta r} \right] - \left[\frac{(2\pi r L \tau_{rz})|_{r+\Delta r}}{2\pi L \Delta r} \right] + \left[\frac{(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=0}}{2\pi L \Delta r} \right] - \left[\frac{(2\pi r \Delta r v_z)(\rho v_z)|_{z=L}}{2\pi L \Delta r} \right] + \left[\frac{(2\pi r \Delta r L) \rho g}{2\pi L \Delta r} \right] = 0$$

$$\left[\frac{(r \tau_{rz})|_r}{\Delta r} \right] - \left[\frac{(r \tau_{rz})|_{r+\Delta r}}{\Delta r} \right] + [(\rho) \rho g] = 0 \quad \text{Ecuación 8}$$

Simplificar los términos de la ecuación 8:

$$\left(\frac{(r \tau_{rz})|_r - (r \tau_{rz})|_{r+\Delta r}}{\Delta r} \right) + (\rho g r) = 0 \quad \text{Ecuación 9}$$

Aplicar el límite a la ecuación 9:

$$\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \left(\frac{(r \tau_{rz})|_r - (r \tau_{rz})|_{r+\Delta r}}{\Delta r} \right) + (\rho g r) = 0$$

$$\frac{d}{dr} (r \tau_{rz}) + \rho g r = 0 \quad \text{Ecuación 10}$$

Obteniendo como resultado una ecuación diferencial:

$$\frac{d}{dr} (r \tau_{rz}) = -\rho g r \quad \text{Ecuación 11}$$

Aplicar la integral a la ecuación diferencial 11:

$$\int dr \tau_{rz} = -\rho g \int r dr$$

$$\tau_{rz} = -\rho g \frac{r^2}{2} + C_1$$

$$\tau_{rz} = -\frac{\rho g}{2} r^2 + \frac{C_1}{r}$$

Ecuación 12

Encontrar el valor de C_1 con las condiciones límite $\tau_{rz}=0$ y $r=0$, sustituyendo los valores en la ecuación 12:

$$(0) = -\frac{\rho g}{2} (0) + \frac{C_1}{(0)}$$

$$C_1 = 0$$

Sustituir el valor de $C_1 = 0$ en la ecuación 12:

$$\tau_{rz} = -\frac{\rho g}{2} r + 0$$

$$\tau_{rz} = -\frac{\rho g}{2} r$$

Ecuación 13

El flujo es newtoniano y obedece la ley de la viscosidad newton:

$$\tau_{rz} = -\mu \frac{dv_z}{dr}$$

Ecuación 14

Sustituir la ecuación 14 en la ecuación 13:

$$-\mu \frac{dv_z}{dr} = -\frac{\rho g}{2} r$$

Ecuación 15

Reordenar términos, obteniendo como resultado una ecuación diferencial:

$$\frac{dv_z}{dr} = -\frac{\rho g}{2\mu} r$$

Ecuación 16

Aplicar la integral a la ecuación diferencial 16:

$$\int dv_z = -\frac{\rho g}{2\mu} \int r dr$$

$$V_z = -\frac{\rho g}{2\mu} * \frac{r^2}{2} + C_2$$

Ecuación 17

Encontrar el valor de C_2 con las condiciones límite $V_z = 0$ y $r=R$, sustituyendo los valores en la ecuación 17:

$$0 = -\frac{\rho g}{2\mu} * \frac{R^2}{2} + C_2$$

$$C_2 = \frac{\rho g}{2\mu} * \frac{R^2}{2}$$

Sustituir el valor de $C_2 = \frac{\rho g}{2\mu} * \frac{R^2}{2}$ en la ecuación 17:

$$V_z = -\frac{\rho g}{2\mu} * \frac{r^2}{2} + \frac{\rho g}{2\mu} * \frac{R^2}{2}$$

Ecuación 18

Simplificar los términos de la ecuación 18:

$$V_z = -\frac{\rho g}{4\mu} r^2 + \frac{\rho g}{4\mu} R^2$$

Ecuación de distribución de velocidad para el diseño de la propuesta del biofiltro empacado con material carbonoso activado de residuos del fruto de encino:

$$V_z = \frac{\rho g}{4\mu} (R^2 - r^2)$$

Ecuación 19

Para comprobar la validez de la ecuación de distribución de velocidad, se realizó un análisis dimensional de la ecuación 19 obtenida.

$$V_z = \frac{\rho g}{4\mu} (R^2 - r^2) = \frac{\left(\frac{M}{L^3}\right)\left(\frac{L}{T^2}\right)}{\left(\frac{M}{LT}\right)} ((L)^2 - (L)^2) = \frac{L^3 T^{-2}}{\frac{M}{LT}} (L^2 - L^2) = \frac{L^2 T^{-1}}{\frac{M}{LT}} (L^2) = \frac{MLT}{L^2 T^2 M} (L^2) = \frac{L^2}{LT} = \frac{L}{T}$$

$$V_z = \frac{L}{T}$$

La ecuación de velocidad (19), se observa que es cuadrática por lo que formara una parábola característica de un flujo laminar de acuerdo a lo reportado por Bird y col., (1999), además se observa que es directamente proporcional a la velocidad superficial del fluido, comportamiento que concuerda con lo reportado con Welty y col., (1999) para sistemas de flujo en medios porosos y conductos.

Estos resultados confirman la utilidad del balance de cantidad de movimiento como herramienta para el análisis hidrodinámico y el diseño de columnas empleadas en procesos de tratamiento, separación y biofiltración.

CONCLUSIÓN

La obtención de la ecuación de cantidad de movimiento para la velocidad del diseño propuesto del biofiltro, mediante el desarrollo del balance correspondiente, permitió describir de manera adecuada el comportamiento hidrodinámico del sistema en función de la caída de presión y la velocidad del fluido. El modelo desarrollado integra los principales efectos de presión, gravedad, densidad del fluido y viscosidad, proporcionando una herramienta confiable para el análisis del flujo en este tipo de dispositivos. El desarrollo de esta ecuación constituye una base fundamental para la comprensión del desempeño hidráulico del biofiltro y para la implementación de criterios de diseño que aseguren una operación eficiente y segura en el sistema.

Sin embargo, en la práctica existen limitaciones que deben considerarse, como la variabilidad en la porosidad del lecho debido a la compactación del material, la heterogeneidad del tamaño de partícula del carbón activado, la presencia de ensuciamiento o bioincrustaciones, y los cambios en las propiedades de las disoluciones de cada fármaco (viscosidad, composición y temperatura), factores que pueden afectar la precisión de la predicción de la velocidad real del flujo. Asimismo, las condiciones ideales asumidas en el modelo flujo uniforme y estado estacionario no siempre se cumplen en sistemas a escala real. Aun con estas limitaciones, la ecuación representa una base sólida para mejorar el control operativo y la eficiencia en la remoción de contaminantes farmacéuticos en biofiltros empacados.

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco a la división del Ingeniería Química por prestar sus instalaciones del laboratorio de investigación del Tecnológico de Estudios Superiores de San Felipe del Progreso -TecNM para la realización de la investigación. Al proyecto: “Diseño y evaluación de un biofiltro a base del fruto del encino (*Quercus rubra*), para la remoción de contaminantes analgésicos no esteroideos del agua” con clave: 23618.25-PD, por la convocatoria TecNM 2025.

REFERENCIAS

- Fatta-Kassinos, D., Vasquez, M. I., Schneider, M., Kümmerer, K., & Malato, S. (2011). Advanced treatment technologies for the removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) from water and wastewater: A critical review. *Water Research*, 45(18), 4601-4624. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.07.032>
- Rivera-Utrilla, J., Sánchez-Polo, M., Ferro-García, M. Á., Prados-Joya, G., & Ocampo-Pérez, R. (2013). Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A Review *Chemosphere*, 93(7), 1268-1287. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.07.059>
- Innovation for customers, «Nitro, tecnología de polimerización,» 2016. <https://www.nitto.com/eu/es/rd/base/paint/polymer/>.
- Bird, R. B., Stewart, W. E. y Lightfoot, E. N. (1999). *Fenómenos de Transporte.*, Reverté, 4ª Edición.
- Welty, J. R. Wicks, C. E. y Wilson, R. E. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa*, Limusa, 2ª Edición.

Metodología de diagnóstico de Norma 001-SEDATU-2021 para cumplimiento de espacio público. Caso de Estudio: Cabecera del municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo, México.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.923

Clara Vite Alejandrez¹
Héctor Hafid Sarmiento García²
Ricardo Uriel Cruz Vite³
Paola Yazmín Henry Ibarra⁴
Humberto Escorza Castillo⁵

¹Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, docente, Clara.Vite@uthh.edu.mx

²Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, docente, Hector.Sarmiento@uthh.edu.mx

³Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, docente, Ricardo.Cruz@uthh.edu.mx

⁴Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, docente, Paola.Henry@uthh.edu.mx

⁵Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, docente, Humberto.Escorza@uthh.edu.mx

Línea de investigación: Desarrollo sostenible y espacio público.

Resumen

En la cabecera municipal de Huejutla de Reyes, Hidalgo, los parques y áreas verdes presentan condiciones deficientes en cuanto a accesibilidad, diseño incluyente, funcionalidad y sostenibilidad. Estas carencias han limitado su potencial como infraestructura urbana verde destinada al bienestar de la población, la cohesión social y la adaptación al cambio climático. A pesar de contar con la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020), que establece criterios técnicos para el diseño, operación y rehabilitación del espacio público, no existen en el ámbito local herramientas estandarizadas que permitan su aplicación sistemática y objetiva.

Esta falta de aplicación normativa ha generado un vacío técnico que dificulta el diagnóstico efectivo y la planificación de intervenciones que mejoren la calidad del entorno urbano. En respuesta a esta situación, se desarrolló un formato de verificación de la normativa como instrumento inicial de evaluación, basado en los lineamientos de la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020).

Este diagnóstico evidencia que la rehabilitación de los espacios públicos verdes no solo es una necesidad urbana, sino una oportunidad estratégica para fomentar la sostenibilidad, la equidad territorial y el uso responsable de los recursos públicos en Huejutla.

Palabras clave: Planificación urbana 2148, Diseño urbano 6161, Espacios urbanos 10211, Entorno urbano 12004, Acceso a la información 1129.

Abstract

In the municipal seat of Huejutla de Reyes, Hidalgo, the parks and green areas are in poor condition in terms of accessibility, inclusive design, functionality, and sustainability. These deficiencies have limited their potential as green urban infrastructure aimed at enhancing residents' well-being, strengthening social cohesion, and supporting climate change adaptation. Despite the existence of NOM-001-SEDATU-2021 (Government of Mexico, 2020), which establishes technical criteria for the design, operation, and rehabilitation of public space, there are no standardized local tools that enable its systematic and objective implementation.

This lack of regulatory application has created a technical gap that hinders effective diagnosis and the planning of interventions to improve the quality of the urban environment. In response to this situation, a verification format for the regulation was developed as an initial evaluation instrument, based on the guidelines of NOM-001-SEDATU-2021 (Government of Mexico, 2020).

This diagnosis shows that the rehabilitation of green public spaces is not only an urban necessity, but also a strategic opportunity to promote sustainability, territorial equity, and the responsible use of public resources in Huejutla.

Keywords: Urban planning 2148, Urban design 6161, Urban spaces 10211, Urban environment 12004, Access to information 1129.

INTRODUCCIÓN

El espacio público y, en particular, los parques y áreas verdes urbanas, constituyen piezas clave para la calidad de vida, la cohesión social y el ejercicio pleno de derechos como el esparcimiento, la movilidad y la participación comunitaria. Diversos autores han mostrado que la forma en que se conciben diseñan y gestionan estos espacios influye directamente en la experiencia cotidiana de las personas y en la construcción de la identidad urbana. Kevin Lynch en el libro “La Imagen de la Ciudad” (1981) destaca la importancia de la legibilidad y la imagen de la ciudad para que los habitantes se apropien de su entorno y lo perciban como un lugar seguro y significativo. En esa misma línea, Jan Gehl en su libro “Ciudades para la Gente” (2011) resalta la necesidad de diseñar a “escala humana”, privilegiando el confort, la permanencia y la interacción social en calles, plazas y parques, mientras que Carlos Moreno (2021) propone la idea de la “Ciudad de 15 Minutos” (Moreno, 2021), en la que el acceso cercano a servicios, equipamientos y espacios públicos de calidad se vincula directamente con la equidad y la justicia espacial. Desde esta perspectiva, la accesibilidad universal y el diseño incluyente se convierten en condiciones indispensables para que todas las personas, independientemente de su edad o condición física, puedan usar y disfrutar los espacios públicos en igualdad de condiciones.

En México, el marco normativo ha avanzado en la definición de criterios técnicos mínimos para el diseño y equipamiento del espacio público. La NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020) establece lineamientos para garantizar que parques, jardines y áreas verdes cumplan funciones recreativas y sociales en condiciones de seguridad, accesibilidad e inclusión, integrando consideraciones específicas para la movilidad peatonal, el uso de apoyos técnicos y la eliminación de barreras físicas. Sin embargo, la existencia de la norma no asegura su aplicación efectiva en contextos locales específicos. En muchas cabeceras municipales persisten parques con deficiencias en accesibilidad universal, señalética, conectividad peatonal, continuidad de recorridos, mobiliario adecuado y espacios seguros para niñas, niños, personas mayores y personas con discapacidad, lo que limita su potencial como infraestructura urbana inclusiva. Esta brecha entre lo normativo y la realidad urbana es consistente con las advertencias de Lynch, Gehl (2011) y Moreno (2021) sobre la distancia que suele existir entre los modelos de ciudad deseados y las prácticas concretas de planeación y gestión.

La cabecera municipal de Huejutla de Reyes, Hidalgo, no es ajena a estas problemáticas. Aunque cuenta con diversos parques y áreas verdes, su distribución, equipamiento y estado físico presentan retos importantes para el cumplimiento de la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020), particularmente en lo relativo a la accesibilidad universal y al diseño incluyente. La ausencia de herramientas metodológicas locales que permitan diagnosticar, de manera sistemática y comparable, el grado de cumplimiento de la norma dificulta la toma de decisiones informada por parte de autoridades y actores comunitarios, y limita la priorización de intervenciones orientadas a eliminar barreras físicas y mejorar la usabilidad de los espacios públicos para todos. En este contexto, el presente trabajo propone una metodología de diagnóstico que articula el marco normativo nacional con la realidad territorial de Huejutla, con el fin de generar información útil para la planeación, rehabilitación y gestión de los parques y áreas verdes como espacios públicos accesibles, seguros e incluyentes, favoreciendo con ello la movilidad peatonal, la convivencia y la integración social.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Generar la catalogación y diagnóstico de parques, jardines y áreas verdes en la cabecera municipal de Huejutla, conforme a los requisitos de la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020).

- 1.-Verificar la existencia de áreas verdes y parques por data de gobierno e inspección visual.
- 2.-Obtener datos de los parques mediante una identificación visual y de dimensiones para verificación de cumplimiento.
- 3.-Verificar cumplimiento de la norma conforme al apartado 8.
- 4.-Documentar los resultados obtenidos para generar un antecedente de condiciones de los parques.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son los parques y áreas verdes dentro del espacio público urbano.

METODOLOGÍA

La investigación propuesta se clasifica como aplicada, ya que tiene como propósito resolver un problema específico: la evaluación y rehabilitación de parques urbanos en Huejutla de Reyes, Hidalgo, mediante la aplicación de la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020). Su objetivo es generar un modelo replicable que contribuya a mejorar la calidad del espacio público. Por la naturaleza de los datos que se emplearán, es una investigación de campo y documental. Se realizará trabajo directo en los espacios públicos para recabar información in situ y se consultarán fuentes normativas y teóricas especializadas, como la propia norma (Gobierno de México, 2020) y literatura sobre diseño urbano y accesibilidad. En cuanto a su enfoque, es cualitativa con apoyo cuantitativo, ya que se basa en el análisis interpretativo de variables normativas, funcionales y sociales, aunque también se utilizarán instrumentos de evaluación que permiten sistematizar la información a través de indicadores medibles. Finalmente, por su alcance, la investigación es descriptiva y

propositiva, dado que busca documentar el estado actual de los parques urbanos en términos de diseño y accesibilidad, al tiempo que plantea una propuesta técnica para su diagnóstico y mejora. Esta clasificación permite sustentar metodológicamente el desarrollo del proyecto, alineándolo con los objetivos de sostenibilidad, inclusión y mejora de la calidad de vida urbana.

El universo de nuestra investigación es: Parques equipados para el espacio público

La muestra es: El 100% de los parques equipados del espacio público.

Tabla 1 *Variables, Indicadores, Técnicas e Instrumentos.*

Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Directas			
Los parques equipados.	Localización y dimensiones.	Observación.	Levantamiento topográfico.
	Elementos mínimos de diseño	Observación.	Formato de cumplimiento de la norma.
Indirectas			
NOM-001-SEDATU-2021.	Generar formato para evaluar parques.	Observación.	Formato de cumplimiento de norma con instrucciones de llenado y ejecución.

Nota: En la Tabla 1 se presentan las variables de la investigación, clasificadas en directas, relacionadas con el conocimiento de la zona de estudio, e indirectas, de carácter teórico. A partir de ellas se definen los indicadores para la obtención de datos, se establece la técnica de aplicación y, finalmente, se especifican los instrumentos, que se describen con detalle en los procedimientos de la metodología. Fuente: Elaboración de los autores.

La investigación se elabora en dos fases, las mencionadas siguiendo la distribución de las variables, indicadores, técnicas e instrumentos establecidos en la Tabla 1, con el propósito de generar una metodología de diagnóstico del espacio público con relación a la NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México, 2020) en específico su apartado 8.

La primera Fase realiza una serie de levantamientos topográficos por medios técnicos con equipo topográfico y uso de metodologías CAD para obtener los planos de levantamiento de los parques.

La segunda Fase establece una herramienta de diagnóstico de cumplimiento de la norma que contempla la variable directa en elementos mínimos de diseño y la variable indirecta a manera de una tabla de cumplimiento y un informe de resultados obtenidos.

FASES DEL DESARROLLO

Fase1: Levantamientos topográficos de parques y zonas verdes.

La cabecera del municipio por su extensión fue dividida en 3 zonas considerando los tiempos y el equipo de trabajo. Dando con promedio de trabajo por zona de fase 1 y 2 dos meses. Lo anterior con el siguiente desarrollo: Zona norte con 8 áreas públicas divididas en 5 parques, 2 áreas verdes y 1 plaza.

Zona centro con 6 parques y 3 plazas.

Zona sur con 9 parques.

Fase 2: Tablas de diagnóstico por zona y parque.

Durante los levantamientos de la fase 1, se realizó a la par una documentación de los espacios públicos analizados, misma data que posterior a terminar los levantamientos fue curada para su análisis por espacio público, zona y una tabla de síntesis de diagnóstico final.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1

Se orienta al levantamiento y sistematización de la información básica de los parques y áreas verdes de la cabecera municipal de Huejutla de Reyes, Hidalgo, con énfasis en aquellos que funcionan como espacios públicos equipados. El propósito central de esta etapa es identificar, localizar y describir físicamente cada uno de los espacios, generando insumos cuantitativos y cualitativos que permitan, en una fase posterior, evaluar su grado de cumplimiento con los criterios de accesibilidad universal establecidos en la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México).

En primer término, se realizó la delimitación de la cabecera municipal en tres zonas de trabajo (norte, centro y sur), con el fin de facilitar la organización del levantamiento y asegurar una cobertura completa del territorio urbano.

La zona norte incluyó 2 áreas verdes, 2 parques en la colonia Parque de poblamiento, un parque en la colonia electricistas, el parque de la colonia Olímpica, un parque en la colonia Todos por Hidalgo, y por último una plazuela en la colonia San José.

Tabla 3
Tabla de Síntesis de Parques de la Zona Norte

ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE ESPACIOS PÚBLICOS (PARQUES Y JARDINES) DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDATU-2021, ESPACIOS PÚBLICOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO.			
COLEGIO DE ARQUITECTOS E INGENIEROS CIVILES DE LA HUASTECA HIDALGUENSE A.C			
Nombre del Parque:	Parque Aviación Civil-	Ubicación:	C.P. 43000, C. Escuadrón 201, Aviación Civil, Huejutla de Reyes Hgo.
Fecha del Check List:	14/07/2022		
Norma para utilizarse para realizar el siguiente check list NOM-001-SEDATU-2021			

Elementos mínimos para parques.	Si cumple	No cumple	Observaciones:
El parque cuenta con un ancho mínimo de 20 metros continuos en el menor de sus lados.	SI		
El parque cuenta con accesibilidad peatonal mínimo cada 500 metros.	SI		
Cuenta con área verde con posibilidad de ser usado como espacio público.	SI		
El parque está equipado con senderos y accesos que favorezcan las actividades recreativas.	SI		
Las áreas recreativas del parque promueven el uso y el encuentro social a lo largo del día.		NO	
La vegetación del parque promueve la permeabilidad pluvial en más del 75% de su superficie total.	SI		
Los parques contienen un mínimo de dos actividades o usos que puedan realizarse paralelamente.	SI		
Las áreas ajardinadas y el arbolado son utilizadas con especies nativas y/o endémicas.	SI		
La vegetación del parque es aprobada por el marco legal ambiental vigente, que minimicen el mantenimiento y el uso de agua.	SI		
Las áreas verdes de riego intensivo (ej. el pasto o césped) no deben cubrir más del 15% de la superficie total del parque.	SI		

Nota: Se toma como muestra para el artículo los resultados de análisis del punto 4 de la norma NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México) dentro de una tabla de check list utilizado en la investigación, Autoría Propia.

Tabla 4

Tabla de síntesis de Parques de la Zona Centro

ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE ESPACIOS PÚBLICOS (PARQUES Y JARDINES) DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDATU-2021, ESPACIOS PÚBLICOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO.			
COLEGIO DE ARQUITECTOS E INGENIEROS CIVILES DE LA HUASTECA HIDALGUENSE A.C			
Nombre del Parque:	Parque Aviación Civil-	Ubicación:	C.P. 43000, C. Escuadrón 201, Aviación Civil, Huejutla de Reyes Hgo.
Fecha del Check List:	14/07/2022		
Norma a utilizarse para realizar el siguiente check list NOM-001-SEDATU-2021			

Elementos mínimos generales para espacios públicos.	Si cumple	No cumple	Observaciones:
El espacio público aspira al máximo nivel de diseño en accesibilidad universal de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-R-050-SCFI-2006 o la que la sustituya.		NO	
El espacio público cuenta con mantenimiento y recuperación.	SI		
El espacio público cuenta con mejoras realizadas (Recientemente).		NO	
El espacio público cuenta con mobiliario para sentarse y descansar.	SI		
Cuenta con al menos del 30% al 50% de dicho mobiliario debe contar con sombra con un promedio mínimo.		NO	
Cuenta con 1 lugar-mueble por cada 100 habitantes dentro de las fronteras políticas que contienen al sistema.	SI		
El espacio público cuenta con estacionamiento para bicicletas.		NO	
El espacio público cuenta con paradas de transporte público.		NO	
Los espacios públicos por las noches ofrecen iluminación.	SI		
La iluminación del espacio público es Luz blanca con una luminancia mínima de 40 luxes	SI		
En los recorridos perimetrales y en los senderos internos del espacio público está rodeada de espacios oscuros.		NO	
La luminaria del espacio público cumple con lo especificado en las normas oficiales correspondientes respecto a su eficiencia, evitando contribuir a la contaminación lumínica.	SI		
El espacio público debe gozar de elementos de sombreado natural o construido que cubran al menos el 30% del total de su superficie		NO	SOLO CUBRE UN 15%
El espacio público cuenta con sombra en el 100% de las áreas de descanso y espera, en un mínimo de 50%		NO	
Áreas de juegos infantiles cuentan con un mínimo del 50% sobre las gradas o áreas para espectadores de sombra.	SI		
Áreas de ejercicio cuentan con un mínimo del 50% sobre las gradas o áreas para espectadores de sombra.		NO	NO CUENTA CON AREA DE EJERCION

Nota: Se toma como muestra para el artículo los resultados de análisis del punto 8 de la norma NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México) dentro de una tabla de check list utilizado en la investigación, Autoría Propia.

Tabla 5
Tabla de síntesis de Parques de la Zona Sur

ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE ESPACIOS PÚBLICOS (PARQUES Y JARDINES) DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDATU-2021, ESPACIOS PÚBLICOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO			
COLEGIO DE ARQUITECTOS E INGENIEROS CIVILES DE LA HUASTECA HIDALGUENSE A.C			
Nombre del Parque:	Parque Aviación Civil-	Ubicación:	C.P. 43000, C. Escuadrón 201 , Aviación Civil, Huejutla de Reyes Hgo.
Núm. de imágenes:	2		
Ubicación y mapeo			

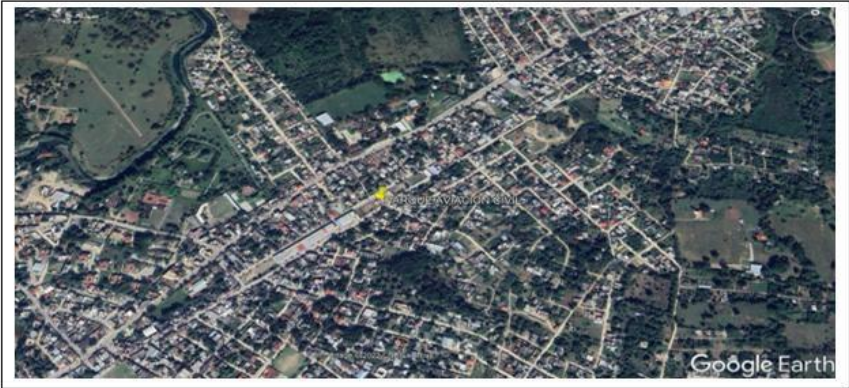


Figura.14.2

Nota: Se toma como muestra para el artículo los resultados de localización georreferencia, Autoría Propia.

Tabla 6
Tabla de Reporte Fotográfico

ELABORACIÓN DE INVENTARIO DE ESPACIOS PÚBLICOS (PARQUES Y JARDINES) DE ACUERDO A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDATU-2021, ESPACIOS PÚBLICOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS DE LA CABECERA MUNICIPAL DE HUEJUTLA DE REYES, HIDALGO			
COLEGIO DE ARQUITECTOS E INGENIEROS CIVILES DE LA HUASTECA HIDALGUENSE A.C			
Nombre del Parque:	Parque Aviación Civil-	Ubicación:	C.P. 43000, C. Escuadrón 201 , Aviación Civil , Huejutla de Reyes Hgo.
No. de imágenes:	4		
REPORTE FOTOGRÁFICO			



Figura.14.1

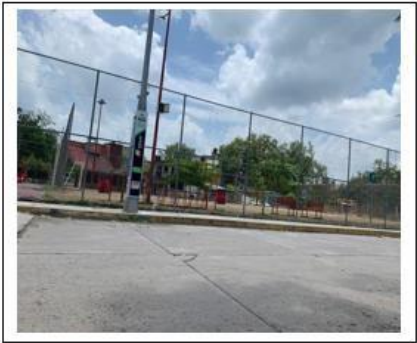


Figura.14.2



Figura.14.3



Figura.14.4

Nota: Se toma como muestra para el artículo los resultados de reporte fotográfico, Autoría Propia. Una vez analizados, la data fue curada en tablas de síntesis. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 7
Tabla de Síntesis de Resultados de la Zona Norte

PARQUES ZONA NORTE.	4.3 Libre tránsito	4.4 Clasificación función	8.1.1 Accesibilidad universal	8.1.2 Mobiliario (asientos)	8.1.3 Conectividad / Movilidad	ZONA NORTE				8.2.1 Ancho mínimo + acceso peatonal	8.2.2 Permeabilidad suelo/vegetación	8.2.3 Múltiples usos paralelos	8.2.4 Vegetación nativa/xerofila	8.2.5 Césped <15%
						8.1.4 Iluminación nocturna	8.1.5 Sombra mínima	8.1.6 Permeabilidad y acceso perimetral						
AREA VERDE 1	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
AREA VERDE 2	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARQUE DE POBLAMIENTO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARQUE DE POBLAMIENTO 2	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
ELECTRISTAS	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
OLIMPICA	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
TODOS POR HIDALGO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PLAZUELA SAN JOSE	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI

Nota: Se muestra la síntesis de llenado de tablas por parque en cumplimiento de los puntos 4 y 8 de la norma NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

Tabla 8
Tabla de Síntesis de Resultados de la Zona Centro

PARQUES ZONA CENTRO.	4.3 Libre tránsito	4.4 Clasificación función	8.1.1 Accesibilidad universal	8.1.2 Mobiliario (asientos)	8.1.3 Conectividad / Movilidad	ZONA CENTRO			8.1.6 Permeabilidad y acceso perimetral	8.2.1 Ancho mínimo + acceso peatonal	8.2.2 Permeabilidad suelo/vegetación	8.2.3 Múltiples usos paralelos	8.2.4 Vegetación nativa/xerófila	8.2.5 Césped <15%
						8.1.4 Iluminación nocturna	8.1.5 Sombra mínima							
AVIACION CIVIL.	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
MONUMENTO CAP.ANTONIO REYES.	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO
CENTRO HISTORICO.	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PARQUE ECOLOGICO.	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PLAZUELA DR. BADILLO.	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PARQUE NIÑOS HEROES.	SI	SI	NO	si	SI	SI	SI	SI	no	SI	no	SI	SI	no
PARQUE PROFESOR JESUS SALAS MEDALLIN.	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PLAZA 5 DE MAYO.	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PLAZUELA JUAREZ.	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Nota: Se muestra la síntesis de llenado de tablas por parque en cumplimiento de los puntos 4 y 8 de la norma NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

Tabla 9
Tabla de síntesis de Parques de la Zona Sur

PARQUES ZONA SUR.	4.3 Libre tránsito	4.4 Clasificación función	8.1.1 Accesibilidad universal	8.1.2 Mobiliario (asientos)	8.1.3 Conectividad / Movilidad	ZONA SUR								
						8.1.4 Iluminación nocturna	8.1.5 Sombra mínima	8.1.6 Permeabilidad y acceso perimetral	8.2.1 Ancho mínimo + acceso peatonal	8.2.2 Permeabilidad suelo/vegetación	8.2.3 Múltiples usos paralelos	8.2.4 Vegetación nativa/xerofila	8.2.5 Césped <15%	
1 DE MAYO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
COLALAMBRE	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	
LAS AMERICAS	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
FOVISSSTE	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	
LA LOMITA	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
MAGISTERIAL	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
NUEVA TENOCHTITLAN	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
RECREATIVO CERECEDO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	
ESTRADA	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
TRES ARBOLITOS	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

Nota: Se muestra la síntesis de llenado de tablas por parque en cumplimiento de los puntos 4 y 8 de la norma NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

Finalmente, la información recabada en campo se sintetizó en una base de datos por zona. Esta sistematización permite contar con una caracterización integral de los espacios públicos verdes de la cabecera municipal, que no solo describe su existencia y dimensiones, sino que también aporta evidencia concreta sobre las condiciones reales de accesibilidad y uso.

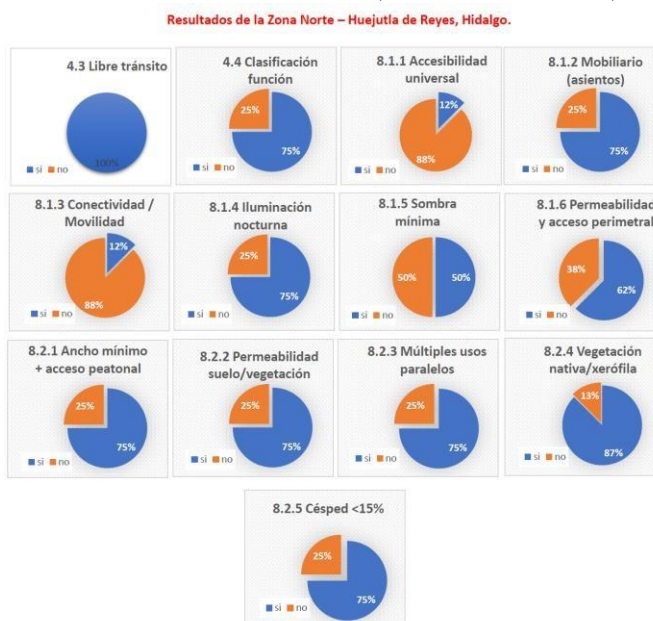
Los encontrado en la zona norte fue lo siguiente según cada apartado de la norma:

En cuanto a la condición de libre tránsito (4.3), los espacios permiten el desplazamiento peatonal sin obstáculos y con circulación continua, ya que se cumple al 100% y no existen áreas que no lo satisfagan. Respecto a la clasificación y función (4.4), el 75% de los espacios está correctamente clasificado y cumple con la función esperada, aunque persiste un 25% que no tiene funciones claramente

definidas conforme a la norma. En accesibilidad universal (8.1.1), el 88% de los espacios presenta condiciones accesibles para todas las personas, incorporando rampas, señalización y recorridos adecuados, mientras que solo un 12% aún presenta carencias. En cuanto al mobiliario y asientos (8.1.2), el 75% cumple con lo requerido, especialmente en la zona norte donde existe mobiliario suficiente, dejando un 25% con déficit. La conectividad y movilidad (8.1.3) se consideran favorables en un 88%, pues casi toda la zona cuenta con rutas claras, buena conexión peatonal y accesos definidos que facilitan el desplazamiento entre los distintos espacios, quedando un 12% sin estas condiciones óptimas. La iluminación nocturna (8.1.4) es adecuada en el 75% de los espacios, lo que permite visibilidad y seguridad en horarios nocturnos, aunque el 25% restante requiere mejoras. En cuanto a la sombra mínima (8.1.5), solo el 50% de los espacios dispone de sombras naturales o estructuras, mientras que en la otra mitad la exposición solar es alta debido a la falta de árboles o techumbres. La permeabilidad y el acceso perimetral (8.1.6) se cumplen en un 62%, ya que más de la mitad de los parques cuentan con accesos adecuados y apertura hacia la calle, aunque todavía hay un 38% con cercas, barreras o accesos reducidos. En lo referente al ancho mínimo y acceso peatonal de los andadores (8.2.1), el 75% cumple con el ancho requerido y facilita el tránsito peatonal, quedando un 25% fuera de norma. La permeabilidad del suelo y la vegetación (8.2.2) se satisfacen en un 75%, puesto que gran parte de los espacios conserva áreas permeables y vegetación adecuada, aunque aún persiste un 25% con superficies endurecidas. En la variable de múltiples usos paralelos (8.2.3), el 75% de los espacios ofrece actividades diversas como recreación, deporte y convivencia, mientras que el 25% restante mantiene un uso limitado. La vegetación nativa xerófila (8.2.4) predomina con un cumplimiento del 87%, quedando solo un 13% con especies no adaptadas, y finalmente, el criterio de césped mínimo del 15% (8.2.5) se cumple en el 75% de los parques, en tanto que el 25% restante no alcanza el porcentaje mínimo requerido.

Figura 19

Gráficos de Análisis de cumplimiento de NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México) en Zona Norte



Nota: Se muestra la síntesis de cumplimiento de la norma en la zona norte NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

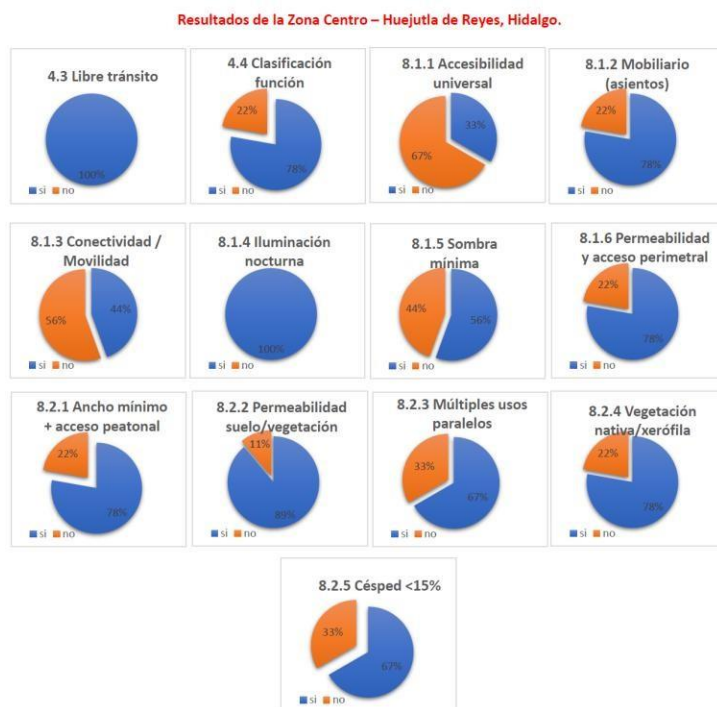
Los encontrados en la zona centro fue lo siguiente según cada apartado de la norma:

En la condición de libre de tránsito (4.3), los espacios permiten el paso continuo sin obstáculos y ofrecen una circulación libre y adecuada para los peatones en toda el área evaluada, cumpliendo al 100% con este criterio. En cuanto a la clasificación y función (4.4), el 78% de los espacios cuenta con una función definida y correcta según su tipología, aunque aún existe un 22% que no presenta una función clara o adecuada conforme a la norma. Respecto a la accesibilidad universal (8.1.1), solo el 33% proporciona condiciones accesibles para todas las personas, mientras que el 67% restante carece de rampas, señalización o recorridos inclusivos. En mobiliario y asientos (8.1.2), el 78% de los espacios dispone de mobiliario urbano funcional suficiente, aunque todavía se observan carencias o una mala distribución de los asientos en el 22%. La conectividad y movilidad (8.1.3) se cumple solo en un 44%, ya que menos de la mitad de los espacios cuenta con conexiones peatonales claras y rutas definidas, mientras que la mayoría presenta accesos limitados o una circulación poco eficiente. En iluminación nocturna (8.1.4), todos los parques y espacios del centro cumplen al 100%, pues disponen de iluminación adecuada que favorece la seguridad y el uso durante la noche. En cuanto a la sombra mínima (8.1.5), solo el 56% de los parques cuenta con sombra suficiente, ya sea natural o mediante estructuras, permaneciendo un 44% con alta exposición solar. La permeabilidad y acceso perimetral (8.1.6) se cumple en el 78%, dado que la mayoría de los parques presenta accesos múltiples y buena apertura hacia la calle, aunque algunos mantienen límites o barreras que reducen la accesibilidad. Sobre el ancho mínimo y el acceso peatonal (8.2.1), el

78% de los andadores cumple con el ancho requerido y con accesos adecuados, mientras que el 22% presenta tramos reducidos u obstruidos. En permeabilidad del suelo y vegetación (8.2.2), el 89% de los espacios cuenta con áreas permeables y solo el 11% mantiene superficies predominantemente endurecidas. En cuanto a los múltiples usos paralelos (8.2.3), el 67% de los espacios ofrece actividades variadas, como recreación, descanso y deporte, en tanto que el 33% restante mantiene usos limitados o poco diversificados. La vegetación nativa xerófila (8.2.4) se utiliza en el 78% de los casos, donde predomina vegetación adaptada al entorno, mientras que en el 22% aún se emplean especies poco adaptadas. Finalmente, el criterio de césped mínimo del 15% (8.2.5) se cumple en el 67% de los parques, aunque todavía existe un 33% donde esta cobertura es insuficiente o inexistente.

Figura 20

Gráficos de Análisis de cumplimiento de NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México) en Zona Centro



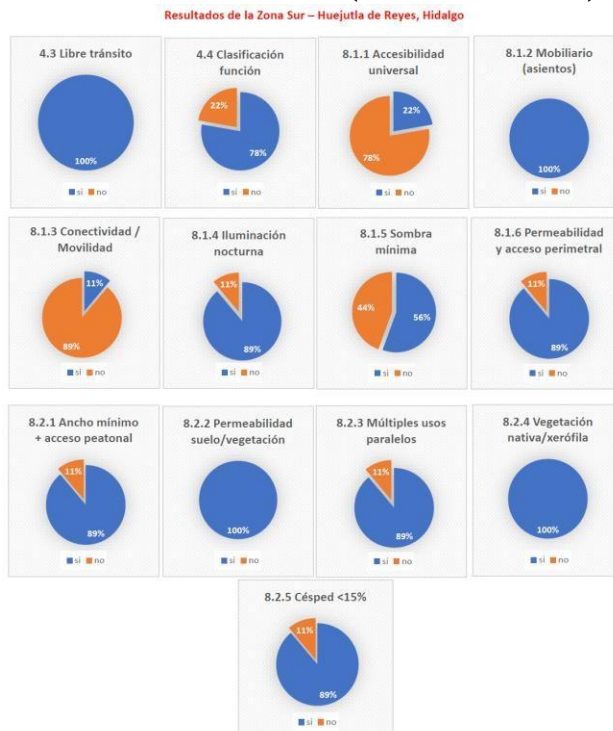
Nota: Se muestra la síntesis de cumplimiento de la norma en la zona centro NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

Los encontrado en la zona sur fue lo siguiente según cada apartado de la norma:

En el criterio de libre de tránsito (4.3), los espacios permiten desplazamiento libre y continuo, sin obstáculos que limiten la circulación, por lo que se cumple al 100% y no se registran incumplimientos. En cuanto a la clasificación y función (4.4), el 68% de los espacios presenta una clasificación adecuada y funciones definidas según la norma, aunque todavía existe un 32% con usos indefinidos o poco claros. Respecto a la accesibilidad universal (8.1.1), el 68% de los espacios cuenta con rampas, rutas accesibles o señalización adecuada, mientras que el 32% restante requiere mejoras para garantizar condiciones verdaderamente inclusivas. En mobiliario y asientos (8.1.2), el cumplimiento es del 100%, ya que todos los espacios evaluados disponen de mobiliario suficiente para el uso de los usuarios. La conectividad y movilidad (8.1.3) alcanza un 89% de cumplimiento, evidenciando rutas claras, buenas conexiones peatonales y accesos definidos que facilitan el movimiento, quedando solo un 11% con deficiencias. La iluminación nocturna (8.1.4) también presenta un 89% de cumplimiento, lo que indica que casi todos los espacios brindan visibilidad y condiciones adecuadas de seguridad durante la noche. En cuanto a la sombra mínima (8.1.5), el 56% de los espacios ofrece una cobertura moderada de sombra natural o artificial, mientras que el 44% mantiene una exposición solar elevada. La permeabilidad y el acceso perimetral (8.1.6) se cumplen en un 89%, dado que la mayoría de los parques presenta accesos amplios y múltiples entradas que favorecen la integración con el entorno urbano. En lo relativo al ancho mínimo y acceso peatonal (8.2.1), el 78% de los andadores cumple con el ancho requerido y permite una circulación fluida, quedando solo un 22% con tramos reducidos o limitados. La permeabilidad del suelo y la vegetación (8.2.2) alcanza el 89% de cumplimiento, ya que todos los espacios evaluados cuentan con áreas permeables y vegetación suficiente para favorecer la infiltración de agua y mejorar el microclima. En el criterio de múltiples usos paralelos (8.2.3), el 67% de los parques ofrece diversas actividades de uso simultáneo, mientras que un 33% mantiene usos más restringidos. La vegetación nativa xerófila (8.2.4) se cumple al 78%, empleando especies nativas o resistentes al clima local en la totalidad de los espacios y fortaleciendo la sustentabilidad. Finalmente, el requisito de césped mínimo del 15% (8.2.5) presenta un 67% de cumplimiento, puesto que la gran mayoría de los parques cuenta con la cobertura mínima establecida por la norma, dejando solo un 33% de áreas con césped insuficiente.

Figura 21

Gráficos de Análisis de cumplimiento de NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México) en Zona Sur



Nota: Se muestra la síntesis de cumplimiento de la norma en la zona sur NOM-001-SEDATU-2021(Gobierno de México), Autoría Propia.

CONCLUSIÓN

La investigación cumplió con el objetivo de diseñar y aplicar una metodología de diagnóstico de parques y áreas verdes de la cabecera municipal de Huejutla de Reyes, Hidalgo, tomando como eje la NOM-001-SEDATU-2021 (Gobierno de México, 2020). A través de la clasificación en zonas (norte, centro y sur), el levantamiento topográfico y la aplicación de un formato de observación estructurado por criterios normativos, fue posible traducir los lineamientos de la norma en indicadores medibles y comparables en el territorio. Los resultados muestran que los parques y áreas verdes presentan avances parciales en el cumplimiento de la norma. En general, se observan condiciones aceptables en aspectos como el libre tránsito, la presencia básica de mobiliario y ciertas condiciones de conectividad y movilidad peatonal. Sin embargo, persisten brechas importantes en accesibilidad universal, clasificación y función clara de los espacios, continuidad de rutas accesibles, provisión de sombras y vegetación adecuada, así como en la calidad de la imagen urbana y la permeabilidad del suelo. Estas carencias limitan el potencial de los espacios como infraestructura verde orientada al bienestar, la inclusión y la sostenibilidad urbana. El análisis comparado entre zonas evidencia además una distribución desigual de la calidad espacial, lo que sugiere la necesidad de priorizar intervenciones en aquellos parques y áreas verdes con menores niveles de cumplimiento normativo. En este sentido, la principal aportación del trabajo radica en la construcción de un instrumento metodológico replicable, que permite operativizar la NOM-001-SEDATU-2021 a escala local y ofrece a los gobiernos municipales y a las instituciones de educación superior una herramienta clara para diagnosticar, jerarquizar y monitorear acciones de mejora en el espacio público.

Finalmente, se reconocen como limitaciones que el estudio se centra en indicadores físicos y normativos, sin incorporar aún la percepción de los usuarios ni variables de salud urbana o confort ambiental. Futuras investigaciones pueden profundizar en estas dimensiones, ampliar la aplicación de la metodología a otros municipios e integrar el instrumento en procesos participativos de diseño y gestión del espacio público.

REFERENCIAS

Gehl, J. (2014). Ciudades para la gente. Ediciones Infinito. Iberlibro (ES)

Lynch, K. (2015). La imagen de la ciudad. Editorial GG. Casadellibro

Moreno, C. (2023). La revolución de la proximidad: De la «ciudad-mundo» a la «ciudad de los quince minutos». Alianza Editorial.
Gobierno de México por medio de Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, Espacios públicos en los asentamientos humanos. Diario Oficial de la Federación.

TABLERO DE PRÁCTICAS AVANZADAS ALLEN-BRADLEY 1400 Y HMI DELTA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.935

Juan Flores García¹, Eddie Eliud Vázquez Alexandre², Sergio Eduardo Bailon Juarez³

¹ Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: juan.flores@utmatamoros.edu.mx

² Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: eddie.vazquez@utmatamoros.edu.mx

³ Universidad Tecnológica de Matamoros, e-mail: sergio.bailon@utmatamoros.edu.mx

Línea de investigación: Innovación Tecnológica Aplicada a Problemáticas Educativas

RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño, construcción e implementación piloto de un tablero de prácticas didáctico basado en un controlador Allen-Bradley de la familia SLC/MicroLogix y una interfaz hombre-máquina (HMI) Delta, orientado a la enseñanza de la automatización industrial en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento. El objetivo principal es desarrollar y validar una herramienta didáctica que favorezca el aprendizaje práctico, la adquisición de datos y el análisis de procesos industriales reales. La metodología empleada corresponde a un desarrollo tecnológico estructurado en cuatro fases: identificación del problema, diseño del tablero, construcción del prototipo e implementación piloto en tres grupos de estudiantes. El tablero fue aplicado en las asignaturas Visualización y control de procesos industriales y Sistemas automatizados y redes industriales, mediante prácticas como el desarrollo de una calculadora, evaluación de productividad, eficacia laboral, generación de alarmas para mantenimiento y adquisición de datos. Los resultados evidencian mejoras en el desempeño académico, la motivación y el desarrollo de habilidades técnicas relacionadas con la programación de PLC, el diseño de HMI y el diagnóstico de procesos. Se concluye que el tablero constituye una alternativa viable, escalable y alineada con las competencias demandadas por la Industria 4.0 y 5.0.

PALABRAS CLAVE: Tablero didáctico, PLC, HMI, automatización industrial, aprendizaje experiencial.

ABSTRACT

This paper describes the design, construction, and pilot implementation of a didactic training board based on an Allen-Bradley controller from the SLC/MicroLogix family and a Delta human-machine interface (HMI), aimed at industrial automation education in a Maintenance Engineering program. The main objective is to develop and validate a teaching tool that promotes hands-on learning, data acquisition, and analysis of real industrial processes. The methodology follows a technological development approach structured in four phases: problem identification, board design, prototype construction, and pilot implementation with three student groups. The board was applied in the courses Process Visualization and Control and Automated Systems and Industrial Networks, through practices such as calculator development, productivity evaluation, labor efficiency analysis, maintenance alarms, and data acquisition. Results show improvements in academic performance, motivation, and technical skill development related to PLC programming, HMI design, and process diagnostics. The board is confirmed as a viable and scalable educational alternative aligned with Industry 4.0 and 5.0 competencies.

KEYWORDS: Educational board, experiential learning, HMI, industrial automation, PLC.

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial constituye un eje fundamental de los sistemas productivos modernos, por lo que la formación de ingenieros en mantenimiento requiere un dominio sólido de tecnologías como los controladores lógicos programables (PLC) y las interfaces hombre-máquina (HMI). No obstante, diversas instituciones de educación superior enfrentan limitaciones en infraestructura y recursos que restringen el acceso de los estudiantes a laboratorios completamente equipados, generando una brecha entre la teoría y la práctica profesional (Tembrevilla et al., 2024).

La literatura en educación en ingeniería destaca que el aprendizaje experiencial favorece la transferencia de conocimientos y el desarrollo de competencias técnicas y transversales (Kolb, 1984; Prince & Felder, 2006). En este contexto, los laboratorios híbridos y los tableros didácticos con equipos reales surgen como estrategias viables para ofrecer experiencias prácticas seguras, replicables y alineadas con las demandas de la Industria 4.0 y 5.0 (Vilches et al., 2025; Pekarcikova et al., 2025).

El presente trabajo propone el desarrollo de un tablero de prácticas basado en un controlador Allen-Bradley y una HMI Delta, diseñado para apoyar la enseñanza de la visualización, el control de procesos y la adquisición de datos industriales. La propuesta se valida mediante un pilotaje con estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento, evaluando su impacto en el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades profesionales.

DESARROLLO

1. Formación práctica en ingeniería y aprendizaje experiencial

La educación en ingeniería ha transitado de modelos centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos teóricos hacia enfoques pedagógicos orientados al desarrollo de competencias profesionales. El aprendizaje experiencial se consolida como una estrategia clave para lograr una comprensión profunda y aplicada del conocimiento técnico. Kolb (1984) establece que el aprendizaje es un proceso cíclico que integra experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, lo cual resulta especialmente pertinente en disciplinas como la automatización industrial.

Diversos estudios confirman que las metodologías basadas en experiencias prácticas incrementan la retención del conocimiento y fortalecen la capacidad de resolver problemas reales (Prince & Felder, 2006; Tembrevilla et al., 2024).

2. Laboratorios didácticos y laboratorios híbridos en la educación en automatización

Los laboratorios didácticos constituyen un componente esencial en la formación en ingeniería, al permitir que los estudiantes apliquen conceptos teóricos en escenarios controlados. Sin embargo, las limitaciones asociadas a costos, espacio y mantenimiento de equipos industriales han impulsado el desarrollo de modelos alternativos, como los laboratorios híbridos, que combinan recursos físicos y virtuales.

La literatura reporta que los laboratorios híbridos ofrecen ventajas significativas en términos de escalabilidad, flexibilidad y accesibilidad, sin sacrificar el realismo pedagógico (Vilches et al., 2025; Zhang, 2025). Estos entornos permiten que los estudiantes interactúen con hardware real, como PLC y HMIs, al tiempo que utilizan herramientas digitales para la simulación, el monitoreo y el análisis de procesos. Vilches et al. (2025) destacan que este tipo de laboratorios mejora la eficiencia del proceso educativo y facilita la atención de grupos numerosos en programas de ingeniería.

3. Uso de PLC y HMI en la enseñanza de la automatización industrial

El empleo de controladores lógicos programables industriales reales en la enseñanza se considera una buena práctica educativa, ya que expone a los estudiantes a tecnologías ampliamente utilizadas en el sector productivo. La familia Allen-Bradley SLC/MicroLogix ha sido utilizada históricamente en aplicaciones industriales y académicas debido a su arquitectura modular, robustez y amplia documentación técnica, lo que la convierte en una plataforma adecuada para fines didácticos (Rockwell Automation, 2008).

Por su parte, las interfaces hombre-máquina desempeñan un papel fundamental en la supervisión y el control de procesos industriales. Las HMIs permiten visualizar variables, generar alarmas y facilitar la interacción operador-sistema. En el ámbito educativo, el uso de HMIs como las de la serie Delta DOP contribuye a que los estudiantes comprendan la importancia de la visualización de procesos, la ergonomía y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real (Delta Industrial Automation, 2019).

4. Diseño de tableros didácticos y estaciones de entrenamiento

El diseño de tableros didácticos para la enseñanza de la automatización industrial debe considerar principios de seguridad, modularidad, portabilidad y alineación con objetivos pedagógicos claros. Al-Yaman et al. (2025) demuestran que las estaciones de entrenamiento modulares y de bajo costo permiten reproducir funciones industriales reales, favoreciendo un aprendizaje progresivo y significativo.

Asimismo, estos autores señalan que los tableros didácticos facilitan la integración de múltiples competencias, como programación, diagnóstico de fallas, análisis de productividad y mantenimiento preventivo, aspectos esenciales en la formación de ingenieros en

mantenimiento. El modularidad del diseño permite además la actualización y expansión del sistema, lo que resulta coherente con la rápida evolución tecnológica del sector industrial.

5. Automatización industrial y competencias para la industria 4.0 y 5.0

La Industria 4.0 se caracteriza por la digitalización de los procesos productivos, la integración de sistemas ciberfísicos y el uso intensivo de datos para la toma de decisiones. En este escenario, se requiere que los ingenieros desarrollen competencias en automatización, análisis de datos, comunicación industrial y mantenimiento inteligente (Pekarcikova et al., 2025).

De manera complementaria, la Industria 5.0 introduce un enfoque centrado en el ser humano, donde la tecnología debe coexistir con habilidades sociales, creatividad y responsabilidad. En este sentido, la formación en ingeniería debe integrar experiencias prácticas que permitan al estudiante interactuar con sistemas automatizados reales, desarrollar pensamiento crítico y comprender el impacto de la tecnología en los procesos productivos.

El tablero de prácticas propuesto se alinea con estos enfoques al ofrecer un entorno de aprendizaje que integra control, visualización, adquisición de datos y análisis de procesos, contribuyendo al desarrollo de competencias técnicas y transversales demandadas por la industria contemporánea.

Justificación

El desarrollo del tablero de prácticas responde a la necesidad de fortalecer la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento, reduciendo la brecha entre los contenidos teóricos y la realidad industrial.

La implementación de una herramienta didáctica basada en equipos reales permite al estudiante interactuar con sistemas de control industrial bajo condiciones seguras y controladas, incrementando su motivación y confianza profesional (Tembrevilla et al., 2024). Asimismo, el carácter modular del tablero facilita su escalabilidad y actualización, alineándose con las exigencias tecnológicas de la Industria 4.0 y 5.0 (Pekarcikova et al., 2025).

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar, implementar y validar un tablero de prácticas didáctico basado en un controlador Allen-Bradley y una HMI Delta como herramienta de enseñanza para las asignaturas Visualización y control de procesos industriales y Sistemas automatizados y redes industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar el hardware y la arquitectura del tablero didáctico.
2. Construir el tablero para prácticas avanzadas de automatización industrial.
3. Implementar el tablero en grupos de estudiantes y evaluar su impacto en el desempeño y la percepción del aprendizaje.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio está conformado por tres grupos de 30 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento de la Universidad Tecnológica de Matamoros, inscritos en las asignaturas de visualización y control de procesos industriales y de sistemas automatizados y redes industriales.

METODOLOGÍA

La metodología que se plantea es del tipo de desarrollo tecnológico.

FASES DEL DESARROLLO

La metodología, está desarrollada en 4 fases: observar y determinar el problema, desarrollo del tablero programador, implementación piloto del tablero. A continuación, se desarrolla cada una.

Fase 1: Observar y Determinar el problema

A partir de la observación del proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas Visualización y control de procesos industriales y Sistemas automatizados y redes industriales de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento, se identificó como problemática central la limitada disponibilidad de equipos industriales reales para la realización de prácticas de automatización, situación que restringía el aprendizaje experiencial de los estudiantes y reducía la posibilidad de aplicar los conocimientos teóricos en contextos cercanos a la realidad industrial.

En particular, se constató que una parte significativa de las actividades prácticas se desarrollaba mediante simuladores de software, los cuales, si bien resultan útiles para la introducción de conceptos básicos, no permiten al estudiante enfrentar situaciones reales asociadas al cableado, la configuración física de dispositivos, la detección de fallas eléctricas o de comunicación, ni la interacción directa con interfaces hombre-máquina industriales. Esta limitación coincidía con lo señalado en la literatura, donde se advierte que la ausencia de

experiencias prácticas con hardware real puede afectar negativamente la transferencia de competencias al entorno profesional (Tembrevilla et al., 2024).

Asimismo, se observó que el número reducido de estaciones de trabajo disponibles en el laboratorio generaba tiempos de espera prolongados y una baja participación individual del estudiante, lo que impactaba en su motivación y en el desarrollo de habilidades prácticas. En algunos casos, las prácticas se limitaban a la observación del funcionamiento del sistema por parte de un solo integrante del equipo, disminuyendo la interacción directa con el proceso automatizado.

Desde la perspectiva docente, también se identificó la dificultad para diseñar prácticas avanzadas que integraran programación de PLC, visualización de procesos, adquisición de datos y análisis de indicadores de desempeño, debido a las restricciones técnicas y de seguridad asociadas al uso de equipos industriales de mayor escala. Esta situación evidenció la necesidad de contar con una herramienta didáctica específica, segura y modular, que permitiera reproducir funciones industriales reales y, al mismo tiempo, fuera adaptable a los objetivos de aprendizaje de las asignaturas.

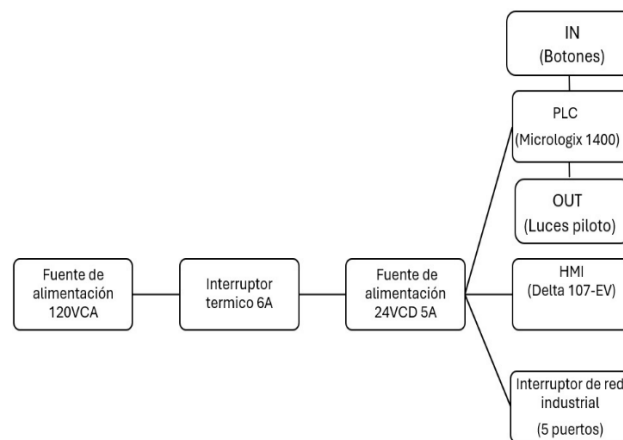
En función de lo anterior, se definió como problema de investigación la carencia de una infraestructura didáctica adecuada que facilite el aprendizaje experiencial en automatización industrial, justificando el diseño y desarrollo de un tablero de prácticas basado en un PLC y una HMI industriales, orientado a fortalecer la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento.

Fase 2: Diseño del tablero para prácticas avanzadas

En la figura 1 se puede observar el diagrama esquemático de como quedó constituido el tablero.

Figura 1

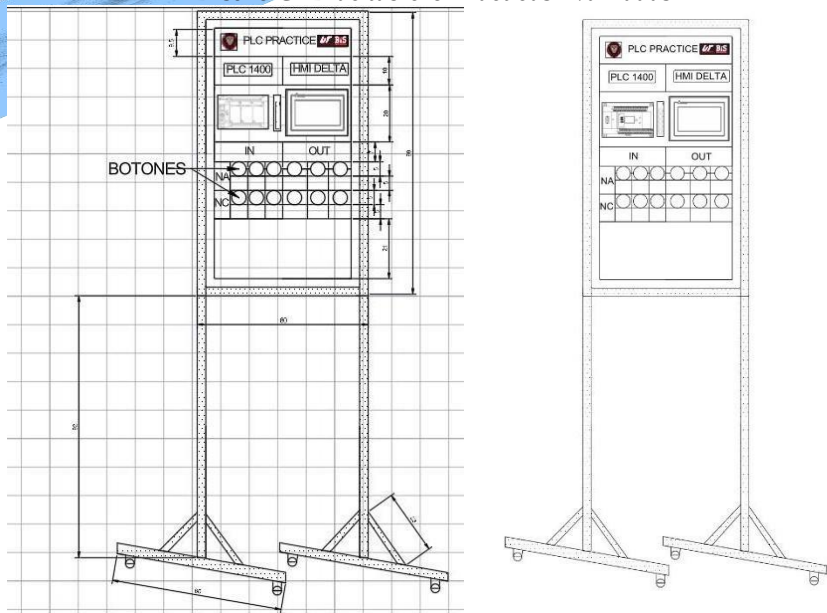
Diagrama esquemático.



Se definió la arquitectura del sistema integrando un controlador Allen-Bradley MicroLogix 1400, HMI Delta, módulos de E/S y elementos de protección.

Figura 2

Diseño CAD de tablero Practicas Avanzadas



En la figura 2 se muestra el diseño asistido por computadora (CAD) del tablero de prácticas avanzadas para automatización industrial. El modelo presenta una estructura metálica móvil con ruedas industriales, diseñada para soportar un gabinete superior donde se integran un PLC MicroLogix 1400, una HMI DOP-107EV Delta y módulos de botones de control. El diseño incluye dimensiones técnicas, distribución ordenada de entradas y salidas, y una base reforzada que proporciona estabilidad y movilidad.

Fase 3: Construcción del tablero

Para la construcción del tablero se consideraron los siguientes materiales:

- Interruptor de Circuito Miniatura (MCB) EP100 ULH
- Controlador Lógico Programable MicroLogix™ 1400
- Fuente de Alimentación Allen-Bradley 1606-XLE80E
- Interruptor de Red Industrial de 5 Puertos para Riel DIN
- Pantalla HMI Delta DOP-107EV
- Lámina de Acrílico Transparente de 5 mm
- Perfil Tubular Rectangular (PTR)
- Pulsador Industrial LA38-11 de 22 mm
- Lámpara Piloto LED CNAOM AD16-22DS/K de 22 mm
- Cable de Cobre Tipo TF-LS 600 V, 90 °C
- Riel DIN de Acero Ranurado
- Ruedas Industriales para Cargas Pesadas
- Cable de Red Ethernet UTP Cat 6 RJ45

Se ensamblaron los componentes en un panel didáctico, garantizando condiciones de seguridad, modularidad y facilidad de uso. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los componentes del tablero.

Figura 3

Interruptor de Circuito Miniatura (MCB) EP100 ULH



En la figura 3 se muestra el dispositivo de protección eléctrica diseñado para resguardar circuitos de baja tensión contra sobrecargas y cortocircuitos. Cuenta con una capacidad nominal de 6 A, un polo y curva de disparo tipo B, adecuada para aplicaciones con cargas sensibles. Opera en sistemas de 120 VCA y 50 VCD, incorpora conexión por abrazadera de tornillo para una instalación segura y confiable. Sus dimensiones compactas (0.71 pulg de ancho y 2.75 pulg de profundidad) permiten una fácil integración en tableros eléctricos, cumpliendo con estándares de seguridad UL.

Figura 4

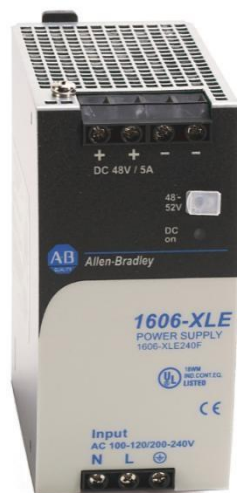
Controlador Lógico Programable MicroLogix™ 1400



En la figura 4 se presenta el MicroLogix™ 1400 es un controlador lógico programable compacto y robusto, diseñado para aplicaciones de automatización industrial que requieren alto desempeño y conectividad avanzada. Se eligió por su versatilidad y conectividad avanzada mediante EtherNet/IP™, permitiendo a los alumnos realizar ediciones en línea y diagnósticos mediante su panel LCD integrado. Su capacidad de expansión asegura que el tablero sea una inversión escalable para prácticas futuras más complejas.

Figura 5

Fuente de Alimentación Allen-Bradley 1606-XLE80E



La figura 5 presenta la fuente de alimentación Allen-Bradley 1606-XLE80E es un equipo industrial de alto desempeño diseñado para suministrar energía confiable y estable a sistemas de automatización y control. Ofrece alta eficiencia, diseño compacto y protección integrada contra sobrecarga, cortocircuito y sobretensión, lo que garantiza una operación segura y continua. Es ideal para aplicaciones industriales exigentes donde se requiere fiabilidad, durabilidad y compatibilidad con equipos Allen-Bradley.

Figura 6

Interruptor de Red Industrial de 5 Puertos para Riel DIN



La figura 6 presenta el interruptor de red industrial endurecido diseñado para aplicaciones de automatización y control. Cuenta con cinco puertos RJ45 auto-adaptables de 10/100 Mbps, que permiten una comunicación Ethernet confiable y estable entre dispositivos industriales. El uso de un conmutador de grado industrial para riel DIN permite convertir el tablero en un "laboratorio móvil". Esta configuración facilita que múltiples estudiantes se conecten simultáneamente a través de una red local, potenciando el trabajo colaborativo sin depender de un laboratorio fijo.

Figura 7

Pantalla HMI Delta DOP-107EV.



La figura 7 presenta la pantalla HMI Delta modelo DOP-107EV es una interfaz hombre-máquina de alto desempeño, diseñada para aplicaciones de automatización industrial. Incorpora una pantalla TFT de 7 pulgadas con resolución de 800×480 y 65,536 colores, que permite una visualización clara e intuitiva de procesos. Esta interfaz fue seleccionada para fomentar competencias en ergonomía y diseño visual. Al ser una marca distinta al PLC, obliga al estudiante a enfrentar retos de integración y comunicación entre diferentes fabricantes, una situación común en el sector laboral real.

Figura 8

Lámina de Acrílico Transparente de 5 mm.



La figura 8 muestra la lámina de acrílico transparente de 5 mm es un material versátil y de alta resistencia, ampliamente utilizado en aplicaciones industriales, arquitectónicas y de protección. Ofrece excelente claridad óptica, buena resistencia al impacto y a la intemperie, además de ser ligera y fácil de cortar, perforar y conformar. Su espesor proporciona rigidez adecuada, manteniendo una apariencia limpia y profesional en diversos proyectos.

Figura 9

Perfil Tubular Rectangular (PTR)



La figura 9 muestra el perfil tubular rectangular (PTR) es un elemento estructural metálico ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras, bastidores y soportes industriales. Se caracteriza por su alta resistencia mecánica, rigidez y capacidad de carga, así como por su facilidad de corte, soldadura y ensamble. Su geometría rectangular permite una distribución eficiente de esfuerzos, brindando estabilidad y durabilidad en aplicaciones industriales y de construcción.

Figura 10

Pulsador Industrial LA38-11 de 22 mm



La figura 10 presenta el pulsador industrial LA38-11 es un interruptor de mando de cabeza plana, diseñado para aplicaciones de control y señalización en tableros eléctricos. Cuenta con un diámetro de montaje de 22 mm y contactos 1NO + 1NC de tipo momentáneo, lo que permite un control confiable y preciso de circuitos eléctricos. Su diseño robusto y de fácil instalación lo hace adecuado para entornos industriales, garantizando durabilidad y operación segura en sistemas de automatización y control.

Figura 11

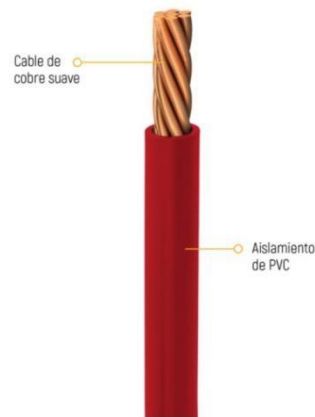
Lámpara Piloto LED CNAOM AD16-22DS/K de 22 mm



En la figura 11 se presenta la lámpara piloto LED CNAOM modelo AD16-22DS/K es un dispositivo de señalización visual diseñado para tableros y sistemas de control industrial. Cuenta con un diámetro de montaje de 22 mm y tecnología LED de alta eficiencia, que proporciona una iluminación clara, uniforme y de bajo consumo energético. Su diseño compacto y robusto facilita la instalación en paneles de control, permitiendo la indicación confiable del estado de operación de equipos y procesos en entornos industriales.

Figura 12

Cable de Cobre Tipo TF-LS 600 V, 90 °C



La figura 12 muestra el cable de cobre tipo TF-LS es un conductor eléctrico diseñado para aplicaciones industriales y de control que requieren alta seguridad y confiabilidad. Soporta una tensión nominal de 600 V y una temperatura de operación de hasta 90 °C, cuenta con aislamiento deslizante y propiedades antiplama de baja emisión de humo (LS), lo que contribuye a una mayor seguridad en instalaciones eléctricas. Es adecuado para cableado en tableros, canalizaciones y equipos eléctricos, ofreciendo buena flexibilidad y durabilidad.

Figura 13

Riel DIN de Acero Ranurado



La figura 13 muestra riel DIN de acero ranurado es un elemento de montaje utilizado en instalaciones eléctricas y de automatización para la fijación segura de equipos como interruptores, fuentes de alimentación y módulos de control. Se caracteriza por su alta resistencia mecánica, durabilidad y diseño ligero, que facilita una instalación ordenada y eficiente. Su configuración ranurada permite una adecuada ventilación y flexibilidad en el montaje, garantizando un desempeño confiable en aplicaciones industriales.

Figura 14

Ruedas Industriales para Cargas Pesadas



La figura 14 presenta las ruedas industriales para cargas pesadas están diseñadas para facilitar el desplazamiento seguro y eficiente de equipos, estructuras y maquinaria en entornos industriales. Se caracterizan por su alta capacidad de carga, resistencia al desgaste y durabilidad, lo que permite soportar condiciones de trabajo exigentes. Son ideales para aplicaciones donde se requiere movilidad confiable, estabilidad y un desempeño continuo bajo cargas elevadas.

Figura 15

Cable de Red Ethernet UTP Cat 6 RJ45



La figura 15 presenta el cable de red Ethernet UTP Cat 6 con conectores RJ45 está diseñado para ofrecer transmisión de datos de alta velocidad y alto rendimiento en redes industriales y de telecomunicaciones. Soporta velocidades de hasta 1 Gbps y frecuencias mayores en comparación con Cat 5e, reduciendo la diafonía y mejorando la estabilidad de la señal. Es ideal para la interconexión confiable de equipos de automatización, control y sistemas de comunicación.

Figura 16

Tablero de Prácticas Avanzadas de Automatización Industrial



La figura 16 muestra el tablero de prácticas avanzadas diseñado para la enseñanza y entrenamiento en automatización industrial. El equipo integra un controlador lógico programable (PLC), una pantalla HMI Delta y un panel frontal con botones pulsadores e indicadores luminosos para entradas y salidas digitales. Su estructura metálica vertical con ruedas facilita la movilidad y el uso en laboratorios académicos. El diseño permite realizar prácticas de programación, monitoreo y control de procesos, simulando condiciones reales de operación industrial en un entorno didáctico y seguro.

Fase 4: Implementación piloto del tablero

Anteriormente los alumnos trabajaban solo con simuladores digitales tales como LogixPro, en la Figura 17 se presenta una captura de pantalla del simulador; en este tipo de simuladores, solo se tienen algunas escenas para la visualización de los programas a ejecutar, careciendo de la creación de sus propias simulaciones, por otra parte, con la implementación solo del PLC en un tablero con entradas y salidas físicas sigue con la misma problemática tanto para visualización y la generación de esquemas apegados al sector industrial temas como productividad, etapas del proceso, etc.

Figura 17
LogixPro



Al momento de integrar una HMI (Interfaz Hombre-Maquina) con un PLC, se logra que los alumnos no solo programen una secuencia de automatización, sino que también puedan tener la adquisición de datos del proceso, la visualización del proceso por etapas donde además de programar, también diseñan esquemas de control más fáciles de comprender sin la necesidad de estar conectados con la PC en un tablero de prácticas avanzadas; en la Figura 18 se presenta una práctica con alumnos de la Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

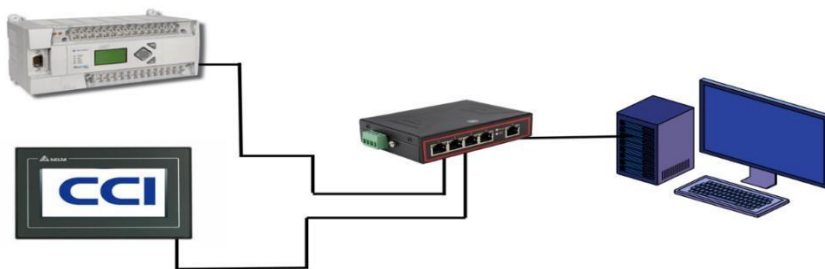
Figura 18
Tablero de prácticas avanzadas



El tablero de prácticas avanzadas se utilizó para la elaboración de ejercicios como: el desarrollo de una calculadora, evaluación de productividad total y laboral, cálculo de eficacia, generación de alarmas para mantenimiento y adquisición de datos. Cabe mencionar que este diseño no solo se utiliza una sola marca de componentes, algo a destacar es la integración entre las diferentes marcas trabajando entre sí, preparando a los alumnos ya que en ocasiones en el sector laboral tenemos que integrar.

Al integrar estos diferentes dispositivos como de control y de visualización se abren nuevas alternativas de estos tableros que ya no son estáticos, ahora se convierten en laboratorios móviles que se pueden llevar al aula sin necesidad de un laboratorio fijo, aprovechando el tiempo del alumno para la realización de las practicas de manera interactiva y donde más de un usuario puede estar conectado al tablero dependiendo de la extensión o del interruptor de red industrial a utilizar mediante una red local, en la Figura 19 se presenta la posibilidad de conexión a través de red.

Figura 19
Red local



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante la implementación piloto del tablero de prácticas avanzadas evidencian un impacto positivo en el aprendizaje práctico e integración en el desarrollo de habilidades técnicas de los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento. La aplicación del tablero en tres grupos de 30 estudiantes permitió comparar el desempeño observado en prácticas tradicionales con simuladores frente a prácticas realizadas con el tablero físico.

En términos de desempeño académico, se observó un incremento promedio del 20 al 30 % en las calificaciones de las prácticas de laboratorio relacionadas con programación de PLC, diseño de interfaces HMI y análisis de procesos industriales. Particularmente, las actividades asociadas al desarrollo de la calculadora y a la evaluación de productividad total y laboral mostraron una mayor comprensión de la lógica de programación, así como una reducción significativa de errores en la implementación de instrucciones aritméticas, temporizadores y contadores.

Respecto al tiempo de resolución de las prácticas, los estudiantes que trabajaron con el tablero lograron completar los ejercicios en un tiempo promedio 25% menor en comparación con prácticas previas realizadas únicamente con simuladores. Este resultado se atribuye a la retroalimentación inmediata que ofrece el sistema físico, permitiendo identificar fallas de programación, cableado o configuración de manera más clara y contextualizada, lo cual coincide con lo reportado en estudios sobre aprendizaje experiencial y laboratorios híbridos (Tembrevilla et al., 2024; Vilches et al., 2025).

En las prácticas relacionadas con alarmas para mantenimiento y adquisición de datos, los estudiantes demostraron una mejora notable en la capacidad para interpretar variables de proceso, establecer umbrales de alerta y visualizar información relevante en la HMI. Estas actividades fortalecieron habilidades vinculadas al diagnóstico de fallas, la toma de decisiones y el mantenimiento preventivo, competencias clave para el entorno industrial actual (Al-Yaman et al., 2025).

Desde el punto de vista cualitativo, las encuestas de percepción aplicadas al finalizar el pilotaje indicaron que más del 80 % de los estudiantes consideraron que el uso del tablero incrementó su motivación y su confianza para enfrentar problemas reales de automatización industrial. Asimismo, se identificó un mayor nivel de participación y trabajo colaborativo durante las sesiones prácticas, aspectos fundamentales para la formación integral del ingeniero (Prince & Felder, 2006).

Los resultados confirman que el uso del tablero didáctico favorece un aprendizaje más significativo, al integrar teoría y práctica en un entorno cercano a la realidad industrial, en concordancia con lo señalado por la literatura sobre formación en ingeniería y competencias para la Industria 4.0 y 5.0 (Pekarcikova et al., 2025).

CONCLUSIONES

El desarrollo, construcción e implementación piloto del tablero de prácticas avanzadas basado en un PLC Allen-Bradley Micrologix 1400 y una HMI Delta permitió validar su pertinencia como herramienta didáctica para la formación en automatización industrial dentro de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento. Los resultados obtenidos evidencian que el tablero contribuye de manera significativa al fortalecimiento del aprendizaje experiencial, facilitando la comprensión de conceptos complejos mediante su aplicación directa en escenarios simulados de tipo industrial e integración de diferentes marcas.

El uso del tablero favoreció el desarrollo de habilidades técnicas específicas, tales como la programación de PLC, el diseño de interfaces hombre-máquina, la adquisición y análisis de datos de proceso, así como la implementación de alarmas y estrategias básicas de mantenimiento preventivo. Estas competencias son coherentes con las demandas actuales del sector productivo y con los lineamientos formativos asociados a la Industria 4.0 y 5.0, donde se requiere personal capacitado para interactuar con sistemas automatizados y digitalizados (Tembrevilla et al., 2024; Pekarcikova et al., 2025).

Asimismo, la experiencia piloto mostró un impacto positivo en variables educativas como la motivación, la participación y el trabajo colaborativo, elementos clave para la formación integral del ingeniero. La reducción en los tiempos de resolución de prácticas y la mejora en el desempeño académico reflejan una mayor apropiación de los contenidos y una transferencia más efectiva del conocimiento teórico a la práctica.

Desde el punto de vista institucional, el tablero de prácticas representa una alternativa viable, escalable y de bajo costo para fortalecer los laboratorios de automatización industrial, especialmente en contextos donde los recursos son limitados. Su diseño modular permite futuras ampliaciones, tales como la integración de redes industriales, sistemas de monitoreo remoto o tecnologías asociadas al Internet de las Cosas (IoT) además de la conexión de varios usuarios al mismo tiempo programando.

El tablero de prácticas validó su efectividad como herramienta didáctica para la formación en automatización industrial. Contribuyó al desarrollo de competencias técnicas, motivación y aprendizaje significativo, alineándose con los requerimientos de la Industria 4.0 y 5.0. Su carácter modular y replicable lo posiciona como una alternativa viable para fortalecer la educación en ingeniería. Se recomienda continuar con estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto del tablero a largo plazo y su integración en otros cursos del plan de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Yaman, M., Alswaiti, D., Alsharkawi, A., & Al-Tae, M. (2025). A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation and applied engineering education. *MethodsX*, 14, 103388. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103388>
- Delta Industrial Automation. (2019). *DOP-100 / DOP-300 series HMI operation manual*. Delta Electronics.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Pekarcikova, M., Trebuna, P., Kliment, M., Kronova, J., & Matiscsak, M. (2025). Educational robotics for Industry 4.0 and 5.0 with Wlkata Mirobot in laboratory process modelling. *Machines*, 13(9), 753. <https://doi.org/10.3390/machines13090753>
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Rockwell Automation. (2008). *MicroLogix 1400 instruction set reference manual*. Rockwell Automation.
- Tembrevilla, G., Phillion, A., & Zeadin, M. (2024). Experiential learning in engineering education: A systematic literature review. *Journal of Engineering Education*, 113(1), 195–218. <https://doi.org/10.1002/jee.20575>
- Vilches, M. P., Vargas, H., de la Torre, L., & Heradio, R. (2025). Scalable hybrid laboratories: Application in industrial automation. *Results in Engineering*, 26, 105342. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105342>
- Zhang, Y. (2025). Student experiences of hybrid and online engineering laboratories in a logic control course. *Computer Applications in Engineering Education*, 33,3. <https://doi.org/10.1002/cae.70032>

Análisis de Desplazamientos para Manufactura Aditiva Utilizando Correlación Digital de Imágenes Basado en Python

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.937

Dr. Omar Barragán Pérez¹, Mtro. Luis Antonio Sanchez Reynoso², Dr. Edgar Omar Curiel Anaya³, Dr. Esteban Sánchez Escarriola⁴, Dra. Elva Bernal Rodriguez⁵.

¹ TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: omar.bp@cuautitlan.tecnm.mx ² TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: luis.sr@cuautitlan.tecnm.mx

³ TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: edgar.ca@cuautitlan.tecnm.mx

⁴ TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: esteban.se@cuautitlan.tecnm.mx

⁵ TecNM Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: eslva.br@cuautitlan.tecnm.mx

Línea de investigación: Ingeniería Mecatrónica

Resumen

En este trabajo se desarrolló la solución por medio del lenguaje de programación Python para poder hacer el estudio con el método de Correlación Digital de Imágenes (DIC) para el análisis de desplazamientos y deformaciones que sufren los materiales al someterlos a una carga mecánica, para obtener la medición de deformación a la cedencia creep, para este estudio la probeta fue creada por Manufactura Aditiva, Impresión 3D, para PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) y para una mezcla de PETG (Polietileno Tereftalato Glicol) y óxido de aluminio.

El propósito es desarrollar una aplicación en lenguaje Python donde se utilice Correlación Digital de Imágenes enfocado a manufactura aditiva para materiales utilizados en este sector.

Dentro de este trabajo quedo demostrado que el uso de la técnica DIC (Correlación Digital de Imágenes) es efectiva para la aplicación materiales termoplásticos de manufactura aditiva además de la comparación de la deformación a la cedencia creep en PETG mezclado con óxido de aluminio.

La metodología ocupada fue una mezcla de las metodologías CRISP-DM por sus siglas en inglés Cross Industry Standard Process for Data Mining (Proceso Estándar de la Industria Cruzada para la Minería de Datos), que se enfoca en la problemática a estudiar y SCRUM por sus siglas en inglés marco de trabajo ágil (Agile framework) orientada al desarrollo de la aplicación en lenguaje Python. Después se utilizó metodología experimental considerando el siguiente procedimiento:

Impresión de la probeta en 3D

Pruebas de creep de corta duración a la probeta en PETG norma ASTM D2990

Uso de la técnica DIC basado en Python

Resultados y discusión

Conclusiones.

Palabras clave: Correlación Digital de Imágenes (DIC), Manufactura Aditiva, Polímeros.

Abstract (En esta sección se traduce al inglés el resumen anterior)

In this study, a solution was developed using the Python programming language to perform a Digital Image Correlation (DIC) analysis of the displacements and deformations that materials undergo when subjected to mechanical loads. The aim was to obtain strain measurements at yield creep. For this study, the specimen was created using Additive Manufacturing (3D printing) from PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) and from a mixture of PETG and aluminum oxide.

The purpose is to develop an application in the Python language that uses Digital Image Correlation focused on additive manufacturing for materials used in this sector.

This study demonstrated that the use of the DIC (Digital Image Correlation) technique is effective for thermoplastic materials from additive manufacturing, as well as for comparing yield creep strain in PETG mixed with aluminum oxide.

The methodology used was a combination of the CRISP-DM methodology (Cross Industry Standard Process for Data Mining), which focuses on the problem to be studied, and the SCRUM methodology (an Agile framework) oriented toward the development of the Python application. Subsequently, an experimental methodology was used, considering the following procedure:

3D printing of the specimen

Short-term creep testing of the PETG specimen according to ASTM D2990 standard

Use of Python-based DIC technique

Results and discussion

Conclusions.

Keywords: Digital Image Correlation (DIC), Additive Manufacturing, Polymers.

INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, ha revolucionado el campo de la fabricación al permitir la producción de piezas complejas con una mínima intervención humana y sin la necesidad de moldes o herramientas específicas. Esta tecnología se ha consolidado como una alternativa eficaz a los métodos tradicionales de manufactura, especialmente en industrias como la aeroespacial, automotriz, biomédica y de diseño industrial, debido a su capacidad para generar geometrías complejas, personalización de productos y reducción de desperdicio de material [1,2]

A pesar de sus numerosas ventajas, la manufactura aditiva enfrenta varios retos técnicos que pueden comprometer la calidad dimensional y estructural de los componentes fabricados. Uno de estos retos es el desplazamiento o deformación de las capas durante el proceso de impresión, lo que puede deberse a múltiples factores, tales como variaciones térmicas, errores de calibración, inconsistencias en la alimentación del material o vibraciones de la máquina [3]. Estos desplazamientos, aunque en muchos casos imperceptibles a simple vista, pueden provocar defectos estructurales significativos que comprometen la funcionalidad o integridad del producto final.

En este contexto, la detección y análisis de desplazamientos en tiempo real o posterior al proceso de impresión se vuelve una herramienta crítica para garantizar la calidad del producto. Tradicionalmente, se han empleado técnicas como sensores físicos, escaneo 3D y pruebas destructivas para evaluar estos defectos. Sin embargo, el uso de visión por computadora y técnicas de comparación de imágenes emerge como una solución no invasiva, económica y altamente adaptable para la detección automatizada de deformaciones en piezas manufacturadas aditivamente [4].

DIC detecta, analiza y procesa los desplazamientos y deformaciones generadas en los materiales. Se aplica una técnica de moteado ideal sobre la superficie del material estudiado normalmente blancas sobre fondo oscuro, llamado patrón speckle. Esta técnica tiene como característica que es totalmente aleatorio y posee contraste entre las manchas y el fondo. [5]

La implementación de DIC requiere realizar captura de imágenes digitales durante el ensayo de una probeta desde su estado inicial (considerado como el de referencia) hasta su estado final (deformado). Para lograr resultados óptimos es necesario tratar con pintura negra sobre la superficie, y posteriormente se genera un moteado aleatorio de color blanco con la finalidad de generar el máximo contraste posible. Las probetas se dividen en subconjuntos virtuales, denominados facetas (subsets), y mediante la aplicación de algoritmos de correlación, se busca una región o faceta de la imagen de referencia en la imagen deformada, determinando el vector de desplazamientos en cada conjunto de facetas procesadas.

DIC ha sido empleada en los últimos años para el análisis de diversos problemas en el campo de la mecánica experimental. Como proponen Pan et al. [6], esta técnica presenta varias ventajas respecto a otros métodos ópticos interferométricos para la medición de desplazamientos y deformaciones. El montaje es sencillo, una cámara digital, y los elementos mecánicos para fijarla. Las probetas se preparan de forma que pueda ser aplicada la técnica, en algunas ocasiones, la propia textura del material permite la aplicación de la técnica óptica directamente. [7].

También es importante considerar una propiedad de suma importancia en polímeros termoplásticos y elastómeros que es la viscoelasticidad que comprende y combina propiedades tanto de elasticidad como de viscosidad, por lo que el comportamiento de tensión-deformación depende del tiempo y la temperatura, lo que es la causa de la presión de contacto no constante producida en las interfaces de sellado. Básicamente, el comportamiento dependiente del tiempo de los materiales bajo un estado cuasiestático puede caracterizarse por medio de la flexibilidad por fluencia [8,9]. El creep compliance es una propiedad del material, lo que significa una deformación continua lenta, $\varepsilon(t)$, de un material bajo esfuerzo constante, σ_0 , por lo que esta propiedad puede expresarse mediante la ecuación 1.

$$J(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0} \quad (1)$$

DESARROLLO

Analizando los sistemas DIC del mercado que son equipos de costos elevados, también los sistemas de Ncorr [10] y GOM Correlate [11], las versiones que proporcionan, brindan soluciones genéricas a la detección de deformaciones y esfuerzos, que tienen que ser post procesadas por el usuario antes de dichos análisis, lo cual tiene como consecuencia a que si no se procesan correctamente generan resultados no deseados y poco relacionados con las deformaciones reales a los materiales a analizar, el uso de dichos sistemas antes mencionados requieren una inversión alta en tiempo para su uso correcto, y depende directamente de la experiencia del usuario y generando altos tiempos de procesamiento y requerimientos computacionales [2].

Por lo tanto, se propone utilizar un programa basado en Python, software de uso libre que permita procesar imágenes de manera más eficiente y rápida utilizando DIC, también es importante considerar que se obtuvo la viscoelasticidad de PETG, material utilizado con

frecuencia en la manufactura aditiva lo que permite conocer el comportamiento del material sometido a cargas mecánicas constantes. Finalmente comparar la curva de creep obtenida con PETG mezclado con oxido de aluminio.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Aplicación de Correlación Digital de Imágenes por medio de Python para PETG sometido a una prueba de creep obtención análisis y obtención de desplazamientos.

OBJETO DE ESTUDIO

Realizar programa basado en Python que permita aplicar Correlación Digital de Imágenes para medición de desplazamientos. Realizar diseño e impresión en 3D de la probeta para pruebas de creep de corta duración de acuerdo a la norma ASTM D2990 Implementación de DIC en pruebas de creep con duración de 3 horas. Medir desplazamientos y deformaciones en la zona de interés de la probeta Procesamiento de las imágenes con un muestreo de una toma cada 4 segundos.

METODOLOGÍA

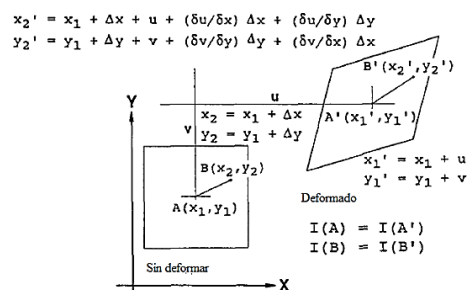
La metodología utilizada fue utilizar un sistema de DIC en 2 D para pruebas de creep de corta duración 3 horas, el sistema esta constituido con una cámara de CCD que se coloca frente a la muestra a evaluar, la muestra se fija en un marco a cierta altura, la probeta es pintada con motas blancas sobre una superficie color negro, el desarrollo del sistema DIC se basó en el lenguaje de programación Python, de acuerdo con la literatura, por ser una plataforma de software libre y contar con librerías para procesamiento digital de imágenes, cálculo de matrices, visualización de imágenes y tener compatibilidad con sistemas de operativos.[12,13,14,15].

Correlación Digital de Imágenes es una técnica óptica de no contacto que obtienen imágenes de una muestras, las imágenes se adquieren de manera digital con la cámara de CCD, se utiliza para obtener los desplazamientos y deformaciones de la región de interés seleccionada del objeto, los patrones mas usados para el análisis son de manera aleatoria donde se comparan subregiones a través de la imágenes. [16]

DIC se encarga de reconocer patrones de intensidad de luz de una área en especifica en la imagen sin aplicar ninguna deformación para posteriormente comparar el área de la misma área dentro de la imagen deformada. [17]. El patrón de intensidad de luz es digitalizado por medio de una computadora donde por lo general se utiliza 256 en escala de grises para digitalizar la intensidad de luz en imagen blanco y negro, debido a la naturaleza de la cámara. [2].

Figura 2

Relación de la geometría e intensidad de luz entre una imagen sin deformar y una deformada.



Tomada de la tesis "Sistema de detección de deformaciones por medio de interferometría digital de moteado laser" (p.38) por M en C. O. B. Pérez 2019

Si la deformación es pequeña, se puede asumir que es homogénea en un segmento pequeño del objeto como se muestra en la Figura 1, por lo tanto, las coordenadas del punto A, B, A', B' y su relación se puede expresar tal cual se presentó en [8]. En la Figura 1, $A(x_1, y_1)$ y $B(x_1, y_1)$ son dos puntos antes de la deformación y después de la deformación respectivamente, los dos puntos se mueven a nueva ubicación $A'(x_1', y_1')$ y $B'(x_1', y_1')$ respectivamente.

$$x_1' = x_1 + u, \quad x_2' = x_2 + \Delta x \dots \dots \dots (2)$$

$$y_1' = y_1 + v, \quad y_2' = y_1 + \Delta y \dots \dots \dots (3)$$

Donde u y v son los desplazamientos en el punto A en la dirección X y Y , respectivamente. En una deformación pequeña:

$$\epsilon_x = \frac{\delta u}{\delta x}, \epsilon_y = \frac{\delta v}{\delta y} \quad y \quad \gamma_{xy} = \gamma_{yx} = \frac{\delta v}{\delta x} + \frac{\delta u}{\delta y} \quad (4)$$

Donde:

$\epsilon_x = \frac{\delta u}{\delta x}$ Es la deformación en X .

ϵ_y Es la deformación en Y .

γ_{xy} Es la deformación de corte.

Cuando la iluminación del espécimen es estable y la cámara de produce una lectura estable, se asume que la intensidad de luz de un punto no cambiara con la deformación. Cabe señalar que con este sistema es posible medir deformaciones en 2 Dimensiones en los ejes x y y . [7].

La metodología CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) es uno de los modelos más utilizados para el desarrollo de proyectos de minería de datos y ciencia de datos. Fue propuesta a finales de la década de 1990 por un consorcio europeo que incluía a empresas como DaimlerChrysler, SPSS y NCR, con el objetivo de establecer un estándar industrial que fuera flexible y adaptable a distintos contextos y sectores [18].

En el ámbito del desarrollo de software y la gestión de proyectos, los enfoques ágiles han ganado gran relevancia debido a su capacidad para adaptarse a entornos cambiantes y entregar valor de forma incremental. Entre ellos, Scrum se ha consolidado como uno de los marcos de trabajo más populares y efectivos para el desarrollo ágil. Este marco promueve la colaboración, la transparencia y la entrega continua, permitiendo que los equipos respondan de manera flexible a las necesidades del cliente y a los cambios en los requisitos [19].

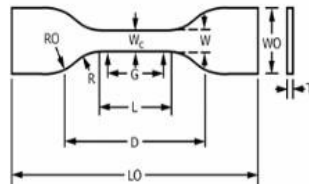
FASES DEL DESARROLLO

Diseño e impresión de muestra en 3D

Las probetas se realizaron conforme a la norma ASTM D2990 considerando los parámetros de dimensiones y medidas establecidos tanto para pruebas de tensión y creep en plásticos donde tienen un espesor de 4 mm, longitud de ensayo de 30 mm y longitud de sección de prueba 6mm. Se realizó el diseño en 3D de la probeta para posteriormente realizar la impresión en 3D de la muestra utilizando una impresora Dremel 3D45-3D. Figura 2.

Figura 2

Características de probetas para pruebas de creep.



Se realizó una mezcla de óxido de aluminio al 3% con PETG, donde se trituró el PETG y después se mezcló con el óxido de aluminio para pasarlo por una extrusora, de diseño propio para generar el filamento. Se hizo la impresión de ambas probetas con las mismas dimensiones y especificaciones tanto para la de PETG y la de PETG con óxido de aluminio. Figura 3.

Figura 3

Impresión en 3D de las probetas en PETG y PETG con oxido de aluminio



Pruebas de creep utilizando DIC con Pyhthon

Se realizaron las pruebas de creep con una duración de 3 horas para ambas pruebas. El sistema DIC está constituido por una cámara que se encuentra fija enfrente del marco donde se coloca la probeta, como se muestra en la Figura 4. Antes se debe ajustar enfoque e iluminación necesaria para que se pueda adquirir el video de grabación con la cámara de CCD, ya montado y ajustado el sistema se debe tener las probetas previamente aplicando una técnica de moteado aleatorio como se muestra en la imagen 5.

Figura 4

Sistema DIC para análisis en 2D



Figura 5

Moteado blanco en probetas color negro.



Con el sistema listo y los parámetros ajustados se aplica una carga muerta manualmente de 24.25 Newtons, en la parte inferior de la probeta, debe ser lo más lento posible para evitar movimientos bruscos que puedan generar malas mediciones durante la prueba en la figura 6 se muestra el sistema DIC trabajando.

Figura 6
Aplicación de carga muerta a la probeta



Implementación de DIC utilizando Python

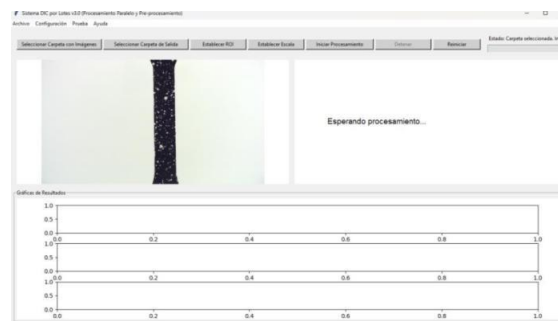
Primero se deben generar las imágenes que se utilizarán para el análisis. Para estas pruebas se consideró una imagen cada 4 segundos, para analizar un total de 2700 imágenes. En la Figura 7 se muestra la interfaz de DIC basada en Python.

Figura 7
Pantalla principal del programa



Después se selecciona la imagen de referencia que debe ser la primera toma de la prueba cuando se comenzó a aplicar la carga muerta. Se puede visualizar en la Figura 8.

Figura 8
Imagen de referencia



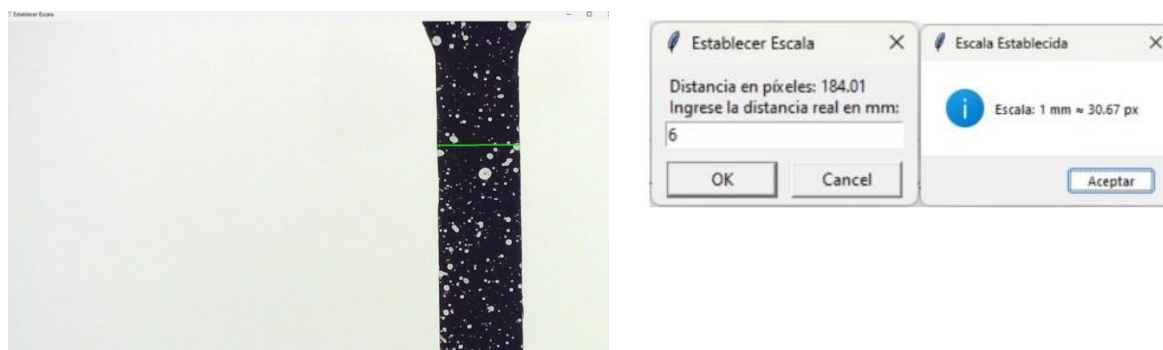
Una vez seleccionada la imagen de referencia se selecciona la carpeta donde se encuentran las imágenes restantes de la prueba, para posteriormente seleccionar el ROI (Region of interest) por sus siglas en inglés que era el área que se desea analizar. Se muestra en la Figura 9.

Figura 9
Establecimiento del ROI



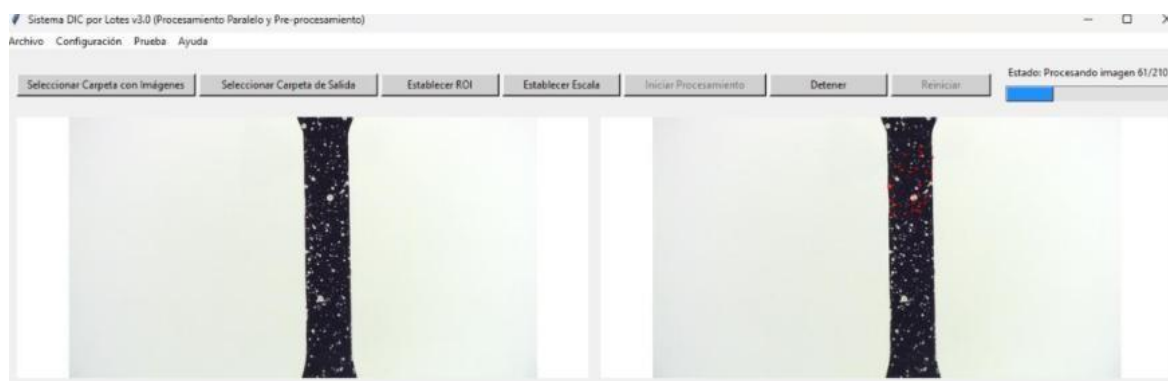
Ya con el ROI seleccionado se da clic en el botón de “Establecer Escala”, para trazar una línea horizontal que permita indicar la medida de la línea trazada, se escribe la dimensión de la línea y el sistema hace el cálculo de mm a pixeles, para poder comenzar con el procesamiento de las imágenes con DIC. Figura 10.

Figura 10
Línea para establecer escala



Se establece la carpeta de salida donde se guardará el archivo con extensión .xlsx, en este archivo se almacenan los datos de desplazamiento en el eje x y y de las mediciones realizadas, para ello se debe dar clic en iniciar procesamiento y el sistema DIC comenzará a procesar las imágenes una por una comparando con la imagen de referencia, correlacionando las imágenes y calculando los desplazamientos existentes en la prueba de creep. Figura 11.

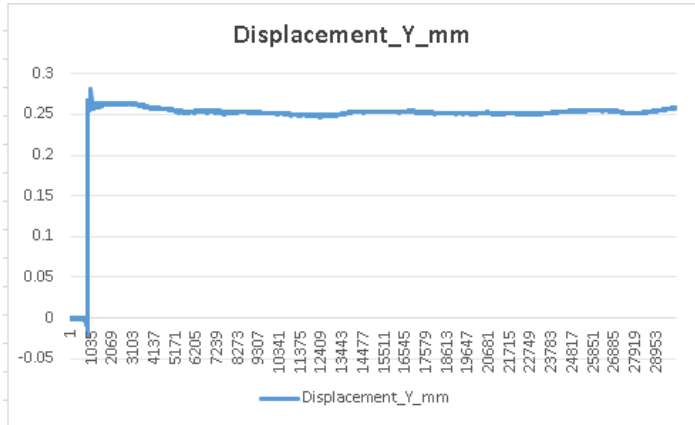
Figura 11
Correlación de imágenes



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

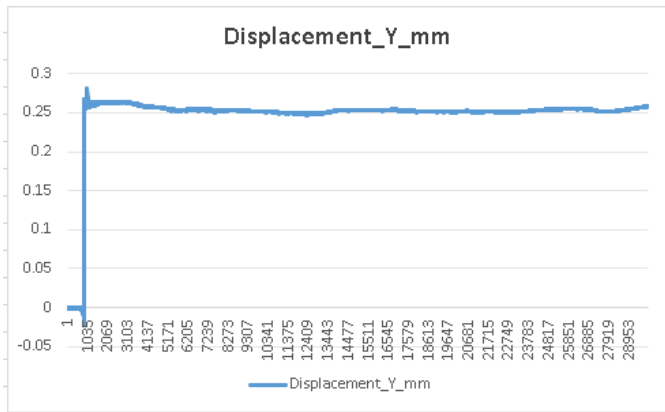
Los resultados generados del procesamiento de imágenes utilizando DIC se muestran en la Figura 12 donde se realizó la prueba al polímero de manufactura aditiva PETG y se obtiene curva característica de creep [8,9], se obtienen los desplazamientos en mm, aplicados al material mostrando el comportamiento viscoelástico en función del tiempo durante 3 horas con una carga constante de 24.25 Newtons. Se observa que el material obtiene un desplazamiento inicial de .3 y va en aumento conforme pasa el tiempo hasta llegar a un máximo cercano a .4.

Figura 12
Curva de creep de desplazamientos en mm de PETG



Al realizarse la prueba de creep ahora al material de PETG mezclado con oxido de aluminio se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 13 donde se muestra la curva de creep característica para polímeros y elastómeros [8,9], se puede observar que el material tiene un desplazamiento inicial de .25 y comienza a incrementarse en función del tiempo pero el desplazamiento es mínimo se puede apreciar que el desplazamiento máximo es muy cercano a .27, cabe mencionar que son las mismas condiciones de prueba de 24.25 Newtons de carga constante con una duración de 3 horas.

Figura 12
Curva de creep de desplazamientos en mm de PETG



CONCLUSIÓN

Con este proyecto se verifico la adaptabilidad de DIC para pruebas de creep a termoplásticos donde se verifico el comportamiento de los materiales de acuerdo con la teoría y literatura [5,6,78,9] obteniendo las curvas características de creep para materiales poliméricos, ahora aplicado a termoplásticos que se utilizan con gran frecuencia en manufactura aditiva por su costo y desempeño en dicha área, estas curvas de creep son de gran importancia en mecánica experimental considerando el comportamiento viscoelástico de los polímeros y aplicando modelos matemáticos como los propuestos por Maxwell, Kelvin-Voight o Burguers [20,21]; se puede predecir el comportamiento de los materiales para su aplicación con uso de manufactura aditiva en sectores como el automotriz o aeroespacial. Cabe mencionar que al realizar las pruebas en PETG y PETG con óxido de aluminio se observó una mejora de gran importancia en el comportamiento viscoelástico del material, con esta información da pie a realizar más experimentación con diferentes materiales y condiciones de prueba como la temperatura que es un factor que afecta a los termoplásticos en manufactura aditiva, también se puede concluir que el óxido de aluminio es un material que mejora considerablemente el desempeño del material donde crece las aplicaciones y uso de este material.

REFERENCIAS

- [1] Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer. (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>.
- [2] Gómez-Ortega, M.A., Barragán-Pérez, O., Flores-Arcos, D., Franco-Nieves, A. B., Hernández-Pestaña, G. S. (2022). Correlación Digital de Imágenes y Pruebas Mecánicas Aplicadas en la Manufactura Aditiva, Revista Investigación Aplicada un Enfoque en Tecnología, 14, 580-588.
- [3] Everton, S. K., Hirsch, M., Stravroulakis, P., Leach, R. K., & Clare, A. T. (2016). Review of in-situ process monitoring and in-situ metrology for metal additive manufacturing. Materials & Design, 95, 431–445.
- [4] Zhang, X., Jiang, R., & Yao, X. (2021). Vision-based defect detection for 3D printed components: A review. Additive Manufacturing, 47, 102375.
- [5] López Alba, R., López García, R., Dorado, R. & A Diaz, F. (2012, noviembre). Aplicación de correlación digital de imágenes para el análisis de problemas de contacto. XIX Congreso nacional de ingeniería mecánica. <http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/11-09.pdf>
- [6] Pan, B., Qian, K., Xie, H. & Asundi, A. (2009). Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review. *Measurement Science and Technology*, 20(6), 062001. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/20/6/062001>
- [7] Barragán Pérez, M. en C. O. (2019). *sistema de detección de deformaciones por medio de interferometría digital de moteado laser* [tesis de doctorado]. escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica unidad profesional Adolfo López mateos.
- [8] Farfán-Cabrera, L. I., Pascual-Francisco, J. B., Barragán-Pérez, O., Gallardo-Hernández, E. A., & Susarrey-Huerta, O. (2017). Determination of creep compliance, recovery and Poisson's ratio of elastomers by means of digital image correlation (DIC). *Polymer Testing*, 59, 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2017.02.010>.
- [9] Findley, W. N., Lai, J. S., & Onaran, K. (1989). Creep and relaxation of nonlinear viscoelastic materials. Dover Publications.
- [10] Blaber, J., Adair, B. & Antoniou, A. (2015). Ncorr: Open-Source 2D Digital Image Correlation Matlab Software. *Experimental Mechanics*, 55(6), 1105-1122. <https://doi.org/10.1007/s11340-015-0009-1>
- [11] GOM mbH. (2015). GOM Correlate Professional: V8 SR1 Manual Basic (8.a ed., Vol. 1). <https://www.globus.co.il/wp-content/uploads/2022/01/Operating-Instructions-gom-correlate-prof-basic-v8.pdf>
- [12] Belloni V., Ravanelli R., Nascetti A., Di Rita M., Mattei D., Crespi M., (2019). py2DIC: A New Free and Open Source Software for Displacement and Strain Measurements in the Field of Experimental Mechanics. *Sensors*.
- [13] Olufsen, S. N., Andersen, M. E., & Fagerholt, E. (2020). DIC: An open-source toolkit for digital image correlation. *SoftwareX*.
- [14] Couty V., Witz J.F., Lecomte-Grosbras P., Berthe J., Deletombe E., Brieu M., (2021). GPUCorrel: A GPU accelerated Digital Image Correlation software written in Python. *SoftwareX*.
- [15] Magaña-Rodríguez R., et al, (2024). Sistema de medición de deformaciones en tiempo real basado en correlación digital de imágenes aplicado a pruebas de tensión. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. 12 (4), 7-14.
- [16] Schreier, H., Orteu, J. J. & Sutton, M. A. (2009). Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements. *University of South Carolina [Columbia] & ICA - Institut Clément Ader*. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78747-3>.
- [17] Yuh J., C. & Sutton, M. A. (1988). Measurement of strains in a paper tensile specimen using computer vision and digital image correlation. Part 2: Tensile specimen test. (1988). *TAPPI JOURNAL*, VOL 71NRO, 173-175. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=24311.
- [18] Wirth, R., & Hipp, J. (2000). CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In *Proceedings of the 4th International Conference on the Practical Applications of Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 29–39).
- [19] Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide. Scrum.org. Recuperado de <https://scrumguides.org>
- [20] J. B. Pascual-Francisco, L. I. Farfan-Cabrera and O. Susarrey Huerta, Characterization of tension set behavior of a silicone rubber at different loads and temperatures via digital image correlation, *Polym. Test.* 81 (2020) 106226. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106226>.
- [21] L. I. Farfan-Cabrera and J. B. Pascual-Francisco, An Experimental Methodological Approach for Obtaining Viscoelastic Poisson's Ratio of Elastomers from Creep Strain DIC-Based Measurements, *Exp. Mech.* 62 (2022) 287. <https://doi.org/10.1007/s11340-021-00792-9>.

Desarrollo de un Sistema Web para la Gestión Integral de Información y Documentación en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero: Arquitectura de Microservicios con Spring Boot y MySQL.

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.938

Soto Fernández Susana Leticia¹, Leon Martinez Alicia², Ing. Caín Hernández Ángeles³,

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: ssoto@upfim.edu.mx,

²Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: aleon@upfim.edu.mx,

³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero/e-mail: chernandez@upfim.edu.mx

RESUMEN

El Centro de Información y Documentación de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), enfrenta ineficiencias en la administración de procesos, debido a que su sistema actual es insuficiente para gestionar adecuadamente el acceso, los préstamos, la administración de usuarios y el material bibliográfico. Para resolver estas deficiencias, se desarrolla un sistema web mediante una metodología cuantitativa y cualitativa, con una arquitectura hexagonal, estructurado en las fases de análisis, diseño, desarrollo, pruebas y mantenimiento. Este sistema incorpora una interfaz intuitiva y una base de datos robusta y eficiente para la gestión de información, con pruebas unitarias satisfactorias y ajustes de usabilidad en cada proceso. El proyecto es factible ya que ofrece beneficios de una mejor gestión de información, mayor accesibilidad y reducción de costos. Además, contribuye con una solución personalizada, de fácil uso, basada en tecnologías actuales.

Palabras clave—usabilidad, análisis, diseño, desarrollo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la administración eficiente de la información en instituciones educativas es esencial para garantizar un servicio de calidad optimizando los recursos. En el centro de información y documentación de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), el sistema actual no logra satisfacer las necesidades de gestión en el control de acceso, préstamos, administración de usuarios y acervo bibliográfico. Esta situación ha derivado en problemas de operatividad, dificultando el aprovechamiento de los recursos disponibles. Para abordar estas deficiencias, se ha propuesto el desarrollo de un sistema web moderno, cuyo diseño y funcionalidad se basan en metodologías de desarrollo ágil. Este sistema busca ofrecer una interfaz intuitiva y una base de datos optimizada, con el objetivo de mejorar la accesibilidad, reducir costos y adaptarse a las necesidades específicas del centro de información, asegurando una administración de procesos eficiente y actualizada.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema web moderno para la gestión eficiente del centro de información y documentación de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), basado en metodologías ágiles que optimice el control de acceso, préstamos, administración de usuarios y acervo bibliográfico, mejorando la accesibilidad, reduciendo costos y garantizando una operatividad actualizada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las deficiencias del sistema actual en el control de acceso, préstamos, administración de usuarios y gestión del acervo bibliográfico, para identificar requisitos funcionales y no funcionales específicos del centro de información de la UPFIM.
2. Diseñar una interfaz intuitiva y una base de datos optimizada, utilizando metodologías de desarrollo ágil, que facilite la accesibilidad y administración de procesos en el centro de información.
3. Implementar funcionalidades clave para el control de acceso, registro de préstamos, gestión de usuarios y catalogación del acervo bibliográfico, integrando prácticas de DevOps para asegurar escalabilidad y mantenimiento eficiente.
4. Evaluar el sistema desarrollado mediante pruebas de usabilidad y rendimiento, con el fin de verificar su capacidad para reducir costos operativos y adaptarse a las necesidades específicas del centro, garantizando un servicio de calidad optimizado.

OBJETO DE ESTUDIO

Se centra en el desarrollo de un sistema web basado en HTML, CSS, JavaScript y Bootstrap para la interfaz intuitiva, Spring Boot para el backend con arquitectura hexagonal que organiza la lógica de negocio central en un núcleo independiente rodeado de puertos (interfaces) y adaptadores (implementaciones para UI, persistencia y externos), promoviendo flexibilidad, mantenibilidad, pruebas unitarias aisladas y escalabilidad sin acoplamiento tecnológico y MySQL para la base de datos optimizada, aplicado al centro de información y documentación de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM). Este enfoque resuelve deficiencias en control de acceso, préstamos, gestión de usuarios y acervo bibliográfico mediante metodologías ágiles (Scrum), alineado al marco Lean Canvas que valida problemas reales del cliente (bibliotecarios y usuarios), segmentos clave (estudiantes y personal administrativo), propuesta de valor (accesibilidad y reducción de costos), costos operativos y viabilidad educativa— para garantizar eficiencia y adaptabilidad operativa.

METODOLOGÍA

Procedimiento

Para el desarrollo de este Sistema Web se utilizó metodología cualitativa y cuantitativa para analizar los aspectos subjetivos y objetivos del proyecto; permitiendo así una comprensión integral de las necesidades de los usuarios y tener un rendimiento eficaz del sistema.

Metodología Cualitativa: Se enfocó en obtener una comprensión profunda de las experiencias y percepciones de los usuarios, aplicándola de la siguiente manera:

Entrevistas y grupos focales: Se realizaron entrevistas con la responsable del Centro de Información y Documentación de la UPFIM, en las cuales se identificaron necesidades específicas, tales como: los préstamos del acervo bibliográfico, el registro de acceso y administración de usuarios. Con base en estas entrevistas se detectaron diversos problemas, que dieron pauta a oportunidades de mejora.

Observación directa: Se observó cómo los usuarios interactúan con el sistema actual, lo cual permitió identificar cuellos de botella al momento de registrar el acceso, ya que este sistema solo está de manera local.

Análisis de retroalimentación: Una vez que el sistema esté en pruebas, los comentarios y sugerencias de los usuarios ayudarán a ajustar la interfaz, mejorar la usabilidad y garantizar que el sistema se adapte a los flujos de trabajo reales.

Este enfoque permite personalizar el desarrollo del sistema web, asegurando que sea intuitivo y útil en el contexto específico del Centro de Información y Documentación de la UPFIM.

Metodología Cuantitativa: Se centrará en obtener datos medibles sobre el rendimiento del sistema y la eficiencia de los procesos, para obtener evidencias objetivas para la toma de decisiones. En el desarrollo del sistema, la metodología cuantitativa se aplicó de la siguiente manera:

Encuestas de satisfacción: Se aplicarán cuestionarios estructurados que permitan medir la satisfacción de los usuarios con aspectos como velocidad, eficiencia y facilidad de uso del sistema.

Análisis de rendimiento: Se recopilarán métricas de tiempo de respuesta, velocidad de carga, uso de recursos y frecuencia de errores para evaluar el rendimiento técnico del sistema.

Estadísticas de uso: Se obtendrán datos sobre la cantidad de accesos, préstamos y registros de usuarios gestionados por el sistema que permitan a analizar su impacto y efectividad en la operación diaria, esto se realizará a través de la emisión de reportes que el administrador podrá obtener directamente del sistema.

Pruebas de usabilidad: Se medirán los tiempos de interacción y errores de los usuarios al realizar tareas específicas y así cuantificarlos para mejorar la experiencia de usuario.

Combinando ambos enfoques, cualitativo y cuantitativo, se garantizará que el sistema sea robusto, eficiente y enfocado en las necesidades reales del Centro de Información y Documentación de la Institución, optimizando tanto la experiencia del usuario como el rendimiento del sistema.

Para implementar el sistema web del Centro de Información y Documentación de la UPFIM, se ha adoptado un enfoque de escalado funcional, apoyado en la arquitectura de microservicios. Este enfoque permite descomponer la aplicación en unidades independientes, de tal forma que cada componente puede evolucionar y actualizarse sin impactar en el resto del sistema. Además, actividades como el testeo y el despliegue se gestionan de manera individual para cada servicio, como lo detallan Roldán Martínez, Valderas Aranda y Torres (2018). En cuanto a los casos de uso, estos sirven como herramienta de análisis para definir tanto los actores externos al sistema como las funcionalidades que este debe cumplir. Jacobson (2001) destaca esta metodología, ya que facilita la representación de la interacción entre los usuarios y los componentes del sistema en desarrollo. Así, los diagramas de casos de uso se constituyen como un punto de partida para la organización funcional del sistema.

Para la implementación del sistema web, se ha utilizado Spring Boot como framework de Java debido a que proporciona bibliotecas esenciales para crear servicios REST, apoyándose en el patrón Modelo-Vista-Controlador. La facilidad que brinda este framework para desarrollar y desplegar aplicaciones se debe a su capacidad de eliminar la configuración con archivos XML, lo que permite un enfoque más directo en el desarrollo, según lo describen Toledano López, López del Castillo y Vázquez Sánchez (2018).

FASES DE DESARROLLO

Para el desarrollo del sistema web del Centro de Información y Documentación de la UPFIM; cada fase del ciclo de vida se desarrolló meticulosamente para garantizar que el sistema cumpliera con los requerimientos establecidos por el jefe del departamento del área y con esto se mejore la gestión de procesos en la institución. A continuación, se describen cada una de las fases, con un énfasis en la etapa de Pruebas, que es la fase actual:

Análisis: En esta primera fase, se identificaron los requerimientos específicos del Centro de Información y Documentación mediante entrevistas y cuestionarios a los usuarios. En el análisis se incluyeron aspectos como el control de acceso, la administración de préstamos, gestión de usuarios y material bibliográfico. A través de la recopilación de estos datos, se estableció una lista de necesidades, definiendo así las funcionalidades clave del sistema. En este análisis también considera las limitaciones actuales y propone mejoras en eficiencia y accesibilidad.

Con base en la información recabada se realizaron los casos de uso en las figuras 1 y 2 se muestran diagramas de flujo de gestión de usuarios y administración de préstamos y en las figuras 3 y 4 se refieren a los diagramas de secuencia para la generación de reportes y gestión de usuarios, lo cual permitió identificar los procesos que se desarrollaron en el sistema.

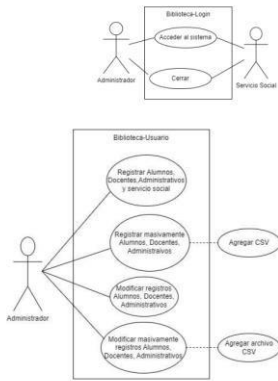


Figura 1 Gestión de usuarios

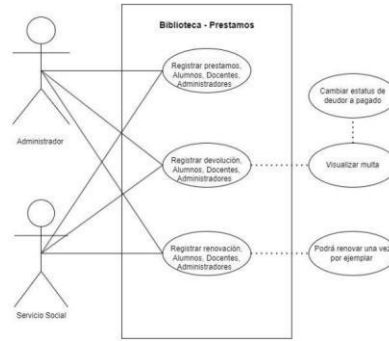


Figura 2 Administración de préstamos

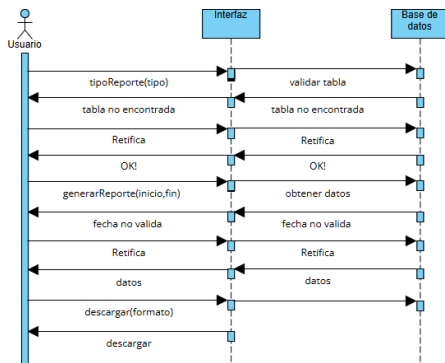


Figura 3 Generación de reportes: Fuente propia

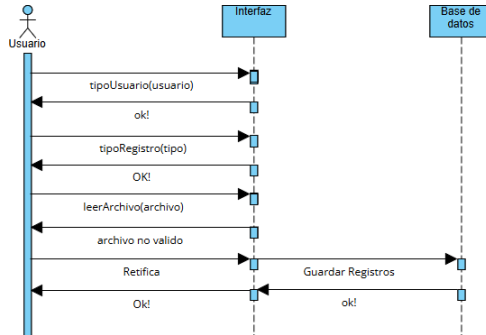


Figura 4 Gestión de usuarios: Fuente propia

Diseño: A partir del análisis de requisitos, se elabora un diseño estructural y visual del sistema, que incluye el diseño de la base de datos modelo entidad relación el cual se muestra en la figura 5, la arquitectura del sistema a través del uso de microservicios mostrando su estructura hexagonal en la figura 6 y maquetación de la interfaz de usuario, realizada en Balsamiq mockups definidas en las figuras 7 y 8. El objetivo es crear un sistema intuitivo que permita a los usuarios navegar fácilmente y acceder rápidamente a las funcionalidades de gestión de recursos.

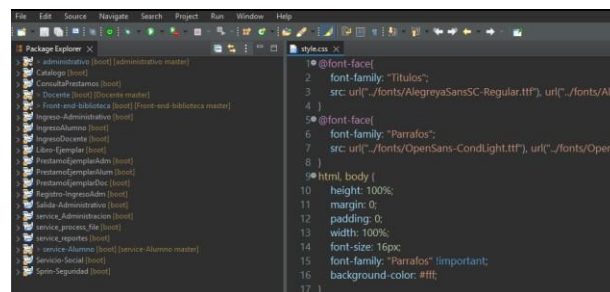
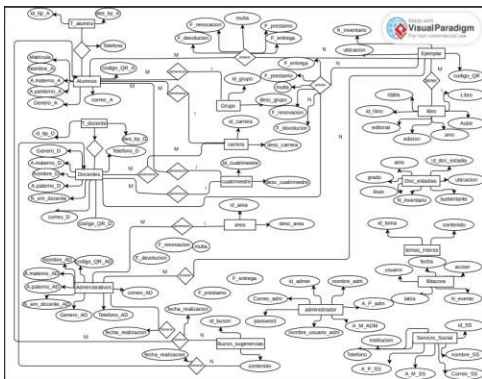


Figura 5 Modelo ER: *Fuente propia*

Figura 6 Arquitectura hexagonal: *Fuente propia*

Figura 7 Maquetación de interfaz de usuario: *Fuente propia*

Figura 8 Maquetación de interfaz de usuario: *Fuente propia*

Desarrollo: Después de realizar el diseño se llevó a cabo la codificación del sistema, siguiendo las especificaciones definidas en las fases anteriores. Se construyeron las funciones principales para la administración de los procesos tal como se identifican en la figura 9, así como la administración de reportes tal como se muestra en la figura 10. A lo largo del desarrollo, se realizaron integraciones continuas para probar la funcionalidad básica de cada módulo, asegurando que las actualizaciones de código no generaran errores. La implementación tecnologías web y bases de datos permiten la escalabilidad y mantenibilidad del sistema.

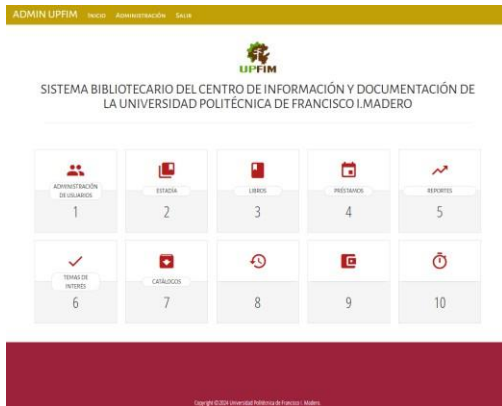


Figura 9 Administración de los procesos: *Fuente propia*



Figura 10 Reportes automáticos: *Fuente propia*

Pruebas: En la etapa actual de pruebas, el sistema es sometido a diferentes tipos de validaciones para asegurar su calidad y desempeño. Entre las pruebas más destacadas se incluyen:

Para las pruebas unitarias en cada módulo individual se probó de forma aislada para verificar su correcto funcionamiento. Por ejemplo, se evalúa la funcionalidad del registro de docentes en la base de datos a través de la interfaz tal como se muestra el resultado en la figura 11, generando a través del procedimiento almacenado de insertar usuario y encriptando de manera automática su contraseña para validar el acceso al sistema como se muestra en la figura 12, corrigiendo los errores de código encontrados en cada unidad.

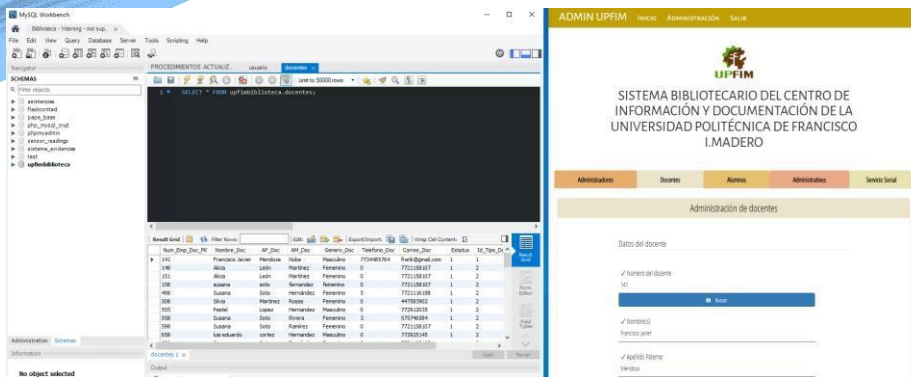


Figura 11 Registro de docentes: Fuente propia

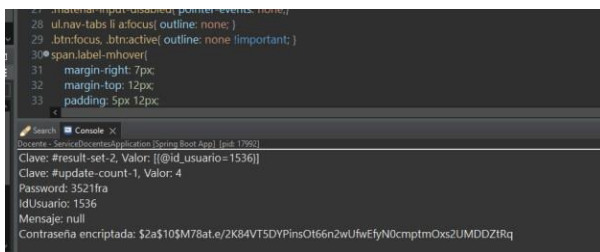


Figura 12 Encriptación de contraseña: Fuente propia

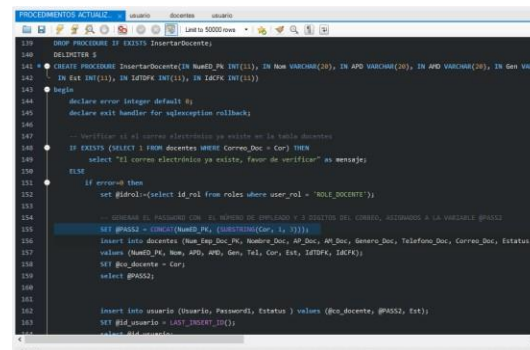


Figura 22 Generación de contraseña con procedimiento almacenado: Fuente propia

Para las pruebas de integración se examinó la interacción entre los diferentes módulos del sistema para garantizar que se comuniquen adecuadamente y que no surjan fallas al combinar funcionalidades. En las pruebas de usabilidad se testeó cada interfaz para evaluar la facilidad de uso y accesibilidad. Los errores de navegación encontrados ayudaron para hacer ajustes en el diseño y flujo del sistema. Las pruebas de rendimiento se realizarán al concluir el sistema para medir la velocidad de respuesta del sistema y su capacidad para manejar múltiples solicitudes, especialmente en momentos de alto tráfico. Esto asegurará que el sistema se mantenga estable y funcione de manera óptima en un entorno de producción. Después de la implementación, el sistema pasará a la fase de mantenimiento, donde se monitoreará continuamente para identificar problemas o posibles mejoras. Las actualizaciones y ajustes se realizarán de manera periódica para resolver errores que surjan y optimizar el rendimiento.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se demuestra que el desarrollo del sistema web es factible y eficiente. Implicaciones: mejorar la gestión de la información, incrementar la accesibilidad, reducir costos. Contribuciones: Personalización, usabilidad, uso de tecnologías actuales. A través del desarrollo del Sistema Web para el Centro de Información y Documentación de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM), se identificó la necesidad de mejorar la gestión de información para la toma de decisiones, por tal motivo el objetivo principal consistió en desarrollar un sistema web eficiente e intuitivo para la administración de los procesos, utilizando una metodología mixta (cualitativa y cuantitativa) donde sus principales etapas fueron análisis, diseño, desarrollo, pruebas, evaluación y depuración. El sistema es funcional ya que tiene una interfaz intuitiva para los usuarios, integrando base de datos robusta para administración de los datos, permitiendo así un esquema de reportes personalizados de acuerdo con las necesidades del área. Se concluye que este sistema mejora la gestión de la información, incrementa la accesibilidad con sus interfaces intuitivas y reduce costos al ya no utilizarse papeletas para los préstamos de libros. Para implementarlo se deberá capacitar a los usuarios y realizar evaluaciones periódicas que permitan identificar las áreas de mejora, brindando el mantenimiento preventivo y/o correctivo en tiempo y forma.

Limitaciones

El tiempo asignado al proyecto fue limitado, lo que restringió la posibilidad de explorar tecnologías adicionales o implementar características avanzadas. Esto afecta la capacidad de realizar pruebas exhaustivas y optimizar ciertos aspectos de la aplicación, particularmente en el rendimiento. Si se replicara la investigación con un cronograma más flexible, se podrían incluir fases adicionales para el perfeccionamiento de funcionalidades y la implementación de mejoras iterativas basadas en retroalimentación.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar el desarrollo podrían concentrarse en el factor del tiempo dado que éste fue una limitación significativa en el desarrollo original, se recomienda una planificación más detallada en las etapas iniciales, con una calendarización específica para cada fase del proyecto (análisis, diseño, desarrollo, pruebas y despliegue). Además, establecer hitos y evaluaciones intermedias permitiría identificar problemas tempranos y adaptar el cronograma según sea necesario.

REFERENCIAS

- Jacobson, I. (2001). *Applying use cases a practical guide*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Roldán Martínez , D., Valderas Aranda, P. J., & Torres, B. V. (2018). *Microservicios Un enfoque integrado*. Paracuellos de Jarama, Madrid: RA-MA .
- Toledano López, O. G., López del Castillo, D. C., & Vázquez Sánchez, Á. A. (2018). Capa de Servicios para la plataforma de procesamiento de datos educativos masivos de la facultad 4 de la Universidad de las Ciencias Informáticas. *XVII Congreso Internacional de Informática en la Educación*.

Desempeño de terminales contenedoras de Norte América: un análisis de eficiencia DEA (Data Envelopment Analysis (DEA) 2007-2008

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.942

Yenisey Castro García¹, Marco Antonio Sánchez Godínez²

¹Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo/dranyeniseycaastro@gmail.com: ycaastro@umich.mx

² Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo /antonio.godinez@umich.mx

Línea de investigación:

Resumen

El mercado internacional global ha generado que los puertos se esfuercen por demostrar sus ventajas y oportunidades potenciales para permanecer en el sector portuario. Según varios autores, concluyen que la eficiencia de las terminales afecta directamente el desempeño portuario. Por ello, la evaluación del desempeño portuario resulta fundamental para identificar oportunidades de mejora y fortalecer la eficiencia logística. Debido a la diversidad de actividades que se desarrollan en los puertos, diversos estudios recomiendan enfocar el análisis en las terminales de contenedores, en lugar de evaluar al puerto como un todo.

En este estudio se aplicó un modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) que se ha consolidado como una metodología ampliamente utilizada para medir eficiencia y productividad en distintos sectores económicos. En este estudio se adopta un enfoque cuantitativo y descriptivo para analizar la eficiencia técnica de una muestra representativa de terminales de contenedores ubicadas en la costa del Pacífico de Norteamérica durante el periodo 2007-2008. Se aplican los modelos DEA CCR y BCC para comparar la eficiencia operativa entre terminales. Con el fin de fortalecer el análisis y atender las limitaciones del DEA, se incorpora una metodología bootstrap que permite evaluar la sensibilidad de los resultados y aportar mayor respaldo estadístico. Asimismo, se emplea un análisis de holguras para identificar el potencial de mejora en las variables ineficientes, aportando información relevante para la toma de decisiones en la cadena logística internacional. Los resultados proporcionan información valiosa para la literatura sobre desempeño portuario y para la información del comercio global.

Palabras clave: DEA, Terminales Contenedoras de America del norte, Bootstrap

Abstract

The global international market has led ports to strive to demonstrate their advantages and potential opportunities in order to remain competitive within the port sector. Several authors conclude that the efficiency of container terminals directly affects overall port performance. Therefore, the evaluation of port performance is essential to identify opportunities for improvement and to strengthen logistical efficiency. Due to the diversity of activities carried out within ports, various studies recommend focusing the analysis on container terminals rather than evaluating the port as a whole.

This study applies a Data Envelopment Analysis (DEA) model, which has become a widely used methodology for measuring efficiency and productivity across different economic sectors. A quantitative and descriptive approach is adopted to analyze the technical efficiency of a representative sample of container terminals located along the Pacific coast of North America during the 2007–2008 period. The DEA CCR and BCC models are applied to compare operational efficiency among terminals. In order to strengthen the analysis and address the limitations of DEA, a bootstrap methodology is incorporated to assess the sensitivity of the results and provide greater statistical support. Additionally, a slack analysis is employed to identify the potential for improvement in inefficient variables, offering relevant information for decision-making within the international logistics chain. The results provide valuable insights for the port performance literature and contribute to a better understanding of global trade dynamics.

Key words: Data envelopment analysis, Bootstrap, Pacific container terminals in North America

INTRODUCCIÓN.

A lo largo de los años, la globalización de la economía mundial ha llevado a un papel cada vez más importante del transporte. El transporte de contenedores juega un papel clave en este proceso, debido al número de ventajas técnicas y económicas que posee sobre los métodos tradicionales de transporte (Cullinane & Wang, 2010).

En 2008, el contenedor marítimo mundial creció 4 por ciento alcanzando 506 millones de contenedores. Los puertos chinos contribuyen a este crecimiento en 22.6 por ciento (UNCTAD, 2009), este hecho revela el papel central que el transporte de contenedores juega en el comercio global. Lin et al. (2003) señalaron la importancia del papel de las terminales de contenedores en el mercado marítimo internacional, porque su nivel de eficiencia contribuye directamente a la competitividad portuaria, y por lo tanto, a la competitividad del país.

El desempeño portuario debe evaluarse mediante el uso de técnicas diseñadas para medir eficiencia o productividad; de esta forma los ejecutivos podrán identificar oportunidades para ser mejoradas o podrían aprender cómo sus pares comerciales usan sus propios recursos. Debido a las diversas actividades portuarias (servicios a líneas navieras, transporte terrestre y carga marítima) muchos autores han sugerido que la investigación futura del puerto marítimo se enfoque en una sola actividad (Cullinane, 2004), limitando el número de puertos o el tipo de carga (Tongzon, 2001). Según Wang, Song, & Cullinane (2002), las terminales deben analizarse entre sí en lugar de mirar a través del puerto.

La técnica DEA ha sido ampliamente aplicada a diversos campos (Camanho & Dyson, 2005) incluyendo el sector bancario (Barros, 2005), el sector hotelero (Butler & Li, 2005), hospitales, etc. El número de artículos publicados en varios periódicos y revistas usando esta metodología, respalda la amplia aplicación del uso de DEA.

Este estudio utiliza un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo a través de mediciones DEA para analizar la eficiencia técnica de una muestra representativa de terminales de contenedores en puertos ubicados en la costa del Pacífico de Norteamérica, de 2007-2008. El objetivo de este trabajo es calcular la eficiencia operativa de las terminales seleccionadas, durante 2007-2008, para permitir una comparación entre las terminales de contenedores. Este proceso aplicará los modelos básicos de DEA, BCC y CCR. Con el fin de complementar y fortalecer la técnica DEA se aplica una metodología bootstrap al análisis, ayudando a identificar la sensibilidad de los datos, proporcionando el lado estadístico que los modelos no paramétricos no ofrecen, una de las principales críticas al DEA. Además, se aplica análisis de holguras para determinar el grado de mejora de las variables ineficientes.

Los resultados de desempeño de puertos y terminales de contenedores proporcionarán una guía en la cadena de logística comercial para los clientes potenciales al momento de decidir qué terminal usar en transacciones de comercio internacional. Este estudio corresponde a un bloque de trabajos pioneros relacionados con el desempeño portuario y terminal, ya que sirven como estudios base para análisis posteriores en temas de contenedores portuarios.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: La Sección 2 establece los fundamentos teóricos y metodológicos de la metodología de investigación sobre las técnicas bootstrap y DEA. La Sección 3 presenta una revisión de estudios previos sobre medición de eficiencia portuaria. La Sección 4 presenta los métodos, resultados y análisis de este estudio empírico. Al final, se presentan las conclusiones de este estudio.

DESARROLLO

La literatura existente sobre el sector portuario es amplia y diversa. La revisión de literatura en este artículo solo considera aquellas que utilizaron modelos de eficiencia no paramétricos. Muchos trabajos diversos relacionados con la eficiencia portuaria han sido presentados con el tiempo.

Roll & Hayuth (1993) fueron de los primeros en usar el análisis DEA con el fin de obtener la eficiencia de un puerto de contenedores, utilizando datos simulados con el objetivo de demostrar la idoneidad de este método en la medición de la eficiencia portuaria.

Barros (2003) compara la eficiencia obtenida para algunos puertos portugueses infiriendo indirectamente en el papel que los incentivos estaban teniendo en la regulación portuguesa.

Martinez et al. (1999) clasificaron 26 puertos de contenedores de España en 3 grupos según su nivel de complejidad, posteriormente analizaron su eficiencia con el modelo DEA-BCC usando 3 insumos y 1 resultado. Sus resultados mostraron que mientras más complejidad tiene un puerto, mejor es su eficiencia.

El objetivo de Tongzon (2001) fue establecer una comparación internacional de eficiencia usando los modelos DEA-CCR y el DEA aditivo con 6 insumos y 2 resultados. Concentrándose en puertos de contenedores, utiliza el DEA para calcular las tasas de eficiencia de cuatro puertos australianos, los cuales compara con otros 12 puertos internacionales. Fue uno de los primeros en utilizar el trabajo como proxy de los trabajadores de la Autoridad Portuaria que no participan en la manipulación de la carga.

Cullinane et al. (2004) aplican extensiones del DEA, haciendo un análisis dinámico de la eficiencia de las terminales de contenedores, usando el análisis DEA de ventanas. Asimismo, Min & Park (2005) usan DEA en cuatro etapas: alternando con la consideración de las variables como insumos y como resultados, midiendo la productividad (etapa 1), la rentabilidad (etapa 2), comercialización (etapa 3), y finalmente la eficiencia global (etapa 4).

Los análisis sobre acuerdos financieros iniciaron con Ramos & Gastaud (2006) quienes realizaron investigación relativa a la eficiencia de las terminales de contenedores que pertenecen al Comercio del Mercosur para el período 2002 a 2004. Esta investigación, a diferencia de otras, solo usa el modelo BCC y parte de su contribución es la incorporación del resultado “horas/barco”.

Una situación similar se presenta en Lin y Tseng (2007) al aplicar medidas DEA a los principales puertos de Asia, para el período 1998-2001. Aunque no hay una diferencia significativa en sus insumos y resultados respecto a otros artículos, el objetivo de estos

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es calcular la eficiencia operativa de las terminales seleccionadas, durante 2007-2008, para permitir una comparación entre las terminales de contenedores.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

Parte de objetivos específicos planeados en esta investigación que contribuyen al objetivo general serían los siguientes:

- Determinar la eficiencia a través de los modelos CCR y BCC para comparar la eficiencia operativa entre terminales.
- Calcular el modelo bootstrap para evaluar la sensibilidad de los resultados y aportar mayor respaldo estadístico.
- Determinar un análisis de holguras para identificar el potencial de mejora en las variables ineficientes.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de la presente investigación son las terminales de contenedores ubicadas en puertos marítimos de la costa del Pacífico de Norteamérica, consideradas como unidades operativas independientes dentro del sistema portuario. Estas terminales constituyen un componente clave del comercio internacional, ya que su desempeño influye directamente en la eficiencia logística, la competitividad portuaria y, en consecuencia, en la competitividad económica de los países donde se localizan.

La investigación se centra en el análisis de la eficiencia técnica y operativa de dichas terminales durante el periodo 2007–2008, utilizando modelos del Análisis Envolvente de Datos (DEA) y técnicas complementarias como el bootstrap y el análisis de holguras. Dirigir el estudio a este sistema resulta relevante debido a que las terminales de contenedores concentran las principales operaciones de manejo de carga y presentan características comparables que permiten una evaluación objetiva de su desempeño relativo. El análisis de este objeto de estudio proporciona información valiosa para la toma de decisiones estratégicas en la gestión portuaria y en la cadena logística del comercio internacional.

Mediciones DEA: Fundamentos Teóricos y Metodológicos

DEA es una técnica de programación matemática que nos ayuda a crear una superficie envolvente, frontera de eficiencia o una función de producción empírica, partiendo de un conjunto de Unidades que conforman la envolvente y se nombran como unidades eficientes y aquellas que no se ubican dentro de la envolvente son consideradas como no eficientes.

La frontera de producción es normalmente desconocida y, en la práctica, sólo puede ser estimada. La literatura sobre modelos de frontera fue iniciada con la contribución de Farrell (1957), quien ofrece un trabajo riguroso y completo para analizar la eficiencia entre las unidades de producción y/o empresas desicion making unit (DM4 en lo sucesivo).

La importancia del análisis DEA radica en la obtención de información de inputs y outputs de las unidades de estudio y de esta manera estimar la eficiencia relativa de las unidades de decisión comparando cada una de ellas solamente con las mejores unidades de decisión DUM del mismo conjunto. En este tipo de método, se asume que si A es capaz de producir $Y(A)$ resultados con $X(A)$ insumos, entonces los otros productores deben de producir lo mismo que A para poder ser eficientes (Arieu 2003).

En Charnes et al.(1994) se provee una introducción a DEA y algunas metodologías importantes que extienden la efectividad de las herramientas de análisis. DEA en un modelo de análisis multifactorial para medir la eficiencia relativa de una muestra homogénea de unidades DMUs. La medida de eficiencia se da en presencia de múltiples inputs y outputs definidos como:

Eficiencia = peso de la suma de los outputs / peso de la suma de los inputs

Asumiendo que existen n DMUs, cada una con m inputs y s outputs, el valor de la eficiencia relativa de una DMU P en prueba es obtenida resolviendo al siguiente modelo propuesto por Charnes et al.(1978):

$$\max \sum_{k=1}^s v_k y_{kp} \sum_{j=1}^m u_j x_{jp}$$

inconvenientes en el proceso editorial.

$$s.t. \quad \max \sum_{k=1}^s v_k y_{ki} \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 1 \quad \forall i$$

$$v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j$$

Donde:

$k = 1$ a s

$j = 1$ a m

$i = 1$ a n

y_{ki} = cantidad de output k producida por la DMU i

x_{ji} = cantidad de input j producida por la DMU i

v_k = peso dado por el output k

u_j = peso dado por el input j .

El programa fraccional puede ser convertido a un programa lineal como se muestra a continuación. Para más detalles del desarrollo del modelo vea Charnes et al. (1978).

$$\max \sum_{k=1}^s v_k y_{kp}$$

$$s.t. \quad \sum_{j=1}^m u_j x_{jp} = 1$$

$$\sum_{k=1}^s v_k y_{ki} - \sum_{j=1}^m u_j x_{ji} \leq 0 \quad \forall i$$

$$v_k, u_j \geq 0 \quad \forall k, j$$

En los modelos no paramétricos, el análisis de eficiencia no requiere ninguna hipótesis sobre la frontera de producción, siendo el problema anterior es aplicado n veces en la identificación de los valores de la eficiencia relativa de todas las DMUs. Cada una de las DMUs obtiene pesos de input y de output que maximizan su valor de eficiencia. En general, una DMU se considera eficiente si obtiene un valor igual a 1 y si el valor es menor a 1 implica que la unidad es ineficiente.

Esta técnica tiene algunas ventajas de acuerdo a Bonilla et al (1996) en Arieu (2003) mencionan algunas ventajas de la técnica: a) DEA admite modelos con múltiples inputs y outputs, b) DEA no requiere una hipótesis de relación funcional entre dichos inputs y outputs.

Sin embargo también recibe fuertes críticas, una de las mayores es de que se trata de una aproximación determinista que no tiene en cuenta las influencias sobre el proceso productivo de carácter aleatorio e imposibles de controlar (Ley, 1991), así como también la incertidumbre (errores de medida o introducción incorrecta de datos).

Los modelos básicos de DEA: CCR (Charnes, Cooper & Rodes, 1978) y BCC (Banker, Charnes & Cooper, 1984)

La principal diferencia entre estos modelos es el supuesto de las escalas de retorno. El modelo CCR asume constantes retornos de escala y el BCC asume variables retornos de escala. Estos modelos DEA logran diferenciarse debido a su orientación, que esta puede ser hacia la maximización de los inputs o hacia los outputs, por ejemplo; minimizar los inputs dado un nivel de outputs o maximizar los outputs dado un nivel de inputs. En este estudio se emplea el enfoque output en los modelos CCR and BCC para analizar como producir el rendimiento máximo posible de los movimientos (throughput) de una cantidad fija de recursos dada.

El modelo BBC orientado al input, con variable VRS por sus siglas en inglés return-to-scale, escala de retorno variable (Cooper et al., 2000), es:

$$\min \theta_k \quad (3)$$

sujeto a:

$$\theta_k x_{ik} - \sum_{l=1}^n \lambda_l x_{il} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

$$\sum_{l=1}^n \lambda_l y_{il} \geq y_{jk}, \quad j = 1, 2, \dots, S \quad (5)$$

$$\sum_{l=1}^n \lambda_l = 1 \quad (6)$$

Los resultados obtenidos en los modelos básicos DEA modelo CCR y BCC oscilan entre 0 y 1.0. Donde 1 es la eficiencia máxima. Sin embargo dentro de la herramienta bootstrap de Wilson (2008) se tienen contemplados 2 formas para presentar resultados; una es de acuerdo a los términos y definiciones del investigador Shepard (1970) que presenta los resultados como se menciono anteriormente en un rango de 0 a 1. La otra forma es de acuerdo a las definiciones utilizadas por Farrell (1957) en donde las unidades eficientes reflejan un resultado igual a 1 y los resultados ineficientes son mayores a 1. Según Wilson (2009) algunos investigadores trabajan con las condiciones y términos de acuerdo a (Farrell, 1957) ya que estas son reciprocas a las medidas de eficiencia de Shepard (1970). En este trabajo se arrojaron los resultados de acuerdo a Farrell (1957) y para su presentación estos fueron normalizados de acuerdo a Shepard (1970).

2.1 Bootstrap

Como se ha mencionado, DEA es una metodología de programación lineal y no posee propiedades estadísticas para tomar en cuenta o medir errores Simar & Wilson (1998, 1999 y 2000) han realizado trabajos para confrontar el problema encontrando que es posible obtener propiedades estadísticas para el DEA a través de abordar el problema mediante "bootstrap". En una definición sencilla se dice que medir los grados de eficiencia mediante bootstrap implica replicar el proceso generador de datos (DGP, por las siglas en inglés Data Generating Process), generando apropiadamente un número grande de pseudo muestras a las cuales se les ha de aplicar el mismo estimador original. En el caso de DEA, la idea propuesta del bootstrap es el de simular B veces las muestras originales, para cada vez recalcular el parámetro de interés de DEA. Esto permite que el parámetro sea estimado B veces permitiendo generar una distribución empírica del parámetro de interés. Simar & Wilson (1998) también hacen sugerencia de una mejora del método adoptando un proceso de suavizado (smoothing) para obtener los valores de eficiencia DEA mediante la aplicación de bootstrap.

Algoritmo de bootstrap

En el uso normal de la aplicación, el investigador se confronta a un conjunto de observaciones $X = \{(x_i, y_i) | i = 1, \dots, n\}$ correspondiente a las n unidades de producción. Para cada una de las n unidades observadas, se desea analizar la sensibilidad de los valores de eficiencia θ estimados por cada $i = 1, \dots, n$. El método de bootstrap propuesto en Simar & Wilson (1998) debe ser seguido

permitiendo que en cada observación (x_k, y_k) donde $k = 1, \dots, n$ para reemplazar secuencialmente a (x_0, y_0) . Esto permitirá analizar la sensibilidad de la distancia de un punto fijo (x_k, y_k) de una frontera estimada de $\hat{\partial} X(y_k)$, relativa a las variaciones del estimador de la frontera tomando en cuenta el grupo completo de observaciones X (Simar & Wilson, 2000). En donde DEA, el algoritmo completo de bootstrap se resume en la serie de pasos siguientes:

1. Para cada (x_k, y_k) $k = 1, \dots, n$ calcular $\hat{\theta}_k$ mediante el programa lineal:

$$\hat{\theta}_k = \min\{\theta \mid y_k \leq \sum_{i=1}^n \gamma_i y_i; \theta x_k \geq \sum_{i=1}^n \gamma_i x_i; \theta > 0; \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1; \gamma_i \geq 0, i = 1, \dots, n\}$$

2. Usando el método de suavizado de Simar & Wilson (1998) se genera una muestra aleatoria de tamaño n de $\hat{\theta}_i, i = 1, \dots, n$ obteniendo $\theta_{1b}^*, \dots, \theta_{nb}^*$.

3. Calcular $X_b^* = \{(x_{ib}^*, y_i) \mid i = 1, \dots, n\}$ donde $x_{ib}^* = (\hat{\theta}_i / \theta_{ib}^*) x_i, i = 1, \dots, n$.

4. Calcular la estimación bootstrap $\hat{\theta}_{k,b}^*$ de $\hat{\theta}_k$ para $k = 1, \dots, n$ resolviendo

$$\hat{\theta}_{k,b}^* = \min\{\theta \mid y_k \leq \sum_{i=1}^n \gamma_i y_i; \theta x_k \geq \sum_{i=1}^n \gamma_i x_{i,b}^*; \theta > 0; \sum_{i=1}^n \gamma_i = 1; \gamma_i \geq 0, i = 1, \dots, n\}$$

Repetir los pasos 2 a 4 B veces para $k = 1, \dots, n$ para un grupo de estimaciones $\{\hat{\theta}_{k,b}^*, b = 1, \dots, B\}$. Para un conjunto grande de datos, la selección de B estará sujeta a las restricciones disponibles de poder de cómputo. Hall (1986) sugiere seleccionar un valor de $B=1000$ para asegurar una cobertura adecuada de los intervalos de confianza.

Para el cálculo del ancho de banda h se pueden utilizar aproximaciones a través de diversos métodos uno es con mínimos cuadrados como sugiere Silverman (1986). Sin embargo para este artículo se utiliza la “regla normal de referencia” que se calcula de la siguiente manera:

$$h = \left[\frac{4}{(p+q+2)} \right]^{\left(\frac{1}{(p+q+4)} \right)} \frac{-1}{N^{(p+q+4)}}$$

Dónde:

p = el número de inputs

q = número de outputs

N = número de observaciones de la muestra

METODOLOGÍA

En este estudio se adopta un enfoque cuantitativo y descriptivo para analizar la eficiencia técnica de una muestra representativa de terminales de contenedores ubicadas en la costa del Pacífico de Norteamérica durante el periodo 2007-2008. Se aplican los modelos DEA CCR y BCC para comparar la eficiencia operativa entre terminales. Con el fin de fortalecer el análisis y atender las limitaciones del DEA, se incorpora una metodología bootstrap que permite evaluar la sensibilidad de los resultados y aportar mayor respaldo estadístico. Asimismo, se emplea un análisis de holguras para identificar el potencial de mejora en las variables ineficientes, aportando información relevante para la toma de decisiones en la cadena logística internacional.

FASES DEL DESARROLLO

Este documento divide el análisis DEA en 3 partes. Primero, se aplicaron los modelos básicos BCC y CCR, los cuales sirvieron como autoevaluación en relación con las operaciones de la terminal. Cuando la ineficiencia técnica es menor que 1, significa que es técnicamente ineficiente. Esto representa que el uso de los insumos y resultados no es adecuado y se necesitará disminuir insumos o aumentar resultados. Sin embargo, cuando la eficiencia de escala es menor que 1, significa que el rendimiento a escala es ineficiente y entonces la escala operacional no está alcanzando su valor óptimo y la escala deberá extenderse o reducirse (con base en el rendimiento a escala). Segundo, el cálculo bootstrap se genera en el momento en que los valores de eficiencia del DGP son estimados. Este cálculo fue programado para tener 1000 interacciones con un Bandwidth de $h=0.6164$ basado en la normal reference rule (7). Este proceso

revela la sensibilidad de los resultados de eficiencia obtenidos en los modelos básicos mostrando las variaciones entre ambos resultados. El objetivo de este proceso, además de proporcionar al DGP una base estadística de la cual carece la programación lineal y por ello es severamente criticada, consiste en darle al tomador de decisiones una visión más crítica para realizar la comparación de los resultados de eficiencia y así tener una comprensión más cercana del comportamiento de cómo realmente funciona cada unidad en el análisis. El tercer análisis consiste en evaluar la variable de holgura que dirige el índice de insumos y resultados usados. Esto se hace para evaluar cómo mejorar el desempeño operacional de las DMU ineficientes indicando cuántos insumos deben disminuirse o cuántos resultados aumentarán, para hacer que las DMU ineficientes se vuelvan eficientes. Los pasos de este proceso de investigación se resumen en la figura 1.

Este artículo utilizó una función distancia orientada a resultados. Este método se utilizó porque, para las autoridades portuarias, es más útil mejorar la eficiencia del uso de la infraestructura y equipo existente maximizando la cantidad de TEU.

Las DMU fueron seleccionadas con base en la importancia del sector contenedorizado en Norteamérica. Las terminales seleccionadas fueron confirmadas para tener la información completa para todos los años de estudio, dado que algunas terminales desaparecieron, otras cambiaron a sus operadores globales y otras emergieron durante el período estudiado, como se ve con la terminal en Prince Rupert que inició actividades en 2007. Como las instalaciones y escalas de estas terminales de contenedores son similares, las DMU seleccionadas son adecuadas para el análisis de este estudio. La Tabla 1 muestra en detalle las terminales analizadas.

Selección de inputs y outputs

Wang et al., 2005, ofrece una explicación completa sobre la definición de variables que se deben utilizar en la valorización de un puerto, a pesar de que algunas de esas características se mencionan a continuación: los inputs y outputs deben reflejar la producción actual del puerto, tan exacto como sea posible. Sobre los inputs de la producción de un puerto, una terminal contenerizada depende crucialmente del uso eficiente de la fuerza laboral, el factor tierra y el equipamiento. Los inputs más utilizados en la literatura portuaria son: la longitud total del puerto, el área de la terminal, el número de grúas pórtico (gantry cranes), el número de grúas de patio y el resto del equipamiento de patios. Con respecto a la variable fuerza laboral, algunos autores como Cullinane et al., (2004) sugieren que se debe incluir dentro de los inputs, pero otros autores como Valentine & Gray (2001) argumentan que la información relacionada a este input es difícil de obtener y existe un alto nivel de error en la medición.

Dadas las características de producción de las terminales de contenedores, algunos atributos de estas terminales deben ser considerados para evaluar su desempeño. En este trabajo, se realizó un recuento de frecuencia de variables obtenidas de la literatura portuaria, y se seleccionaron los factores que más representaban la operación de la terminal. La selección fue la siguiente: la longitud del muelle y el área de la terminal son las variables proxy que representan más cercanamente el factor capital, y el número de grúas barco-tierra para el factor de equipamiento. A pesar de que existe mucha controversia acerca del factor laboral, esta investigación no lo consideró para obtener resultados más precisos. El movimiento anual de contenedores es el indicador más apropiado y analíticamente tratable de la efectividad de la producción de un puerto (Cullinane et al., 2004).

Para confirmar que los inputs y outputs elegidos podrían evaluar adecuadamente la eficiencia de las terminales contenedoras, se llevó a cabo un análisis de Pearson para establecer que demostraran isotonicidad, es decir, que cuando el input aumenta, el output no disminuye. La información utilizada en este reporte es la información más confiable y comprensible utilizada en la literatura portuaria.

La base de datos requerida para procesar el análisis fue tomada de varios números del Containerisation International Year Book, Drewry Shipping Consultants y Lloyd's Ports of the World de 2007 y 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicada la metodología Bootstrap, las diferencias entre los resultados obtenidos con DEA vs. las herramientas Bootstrap son evidentes; esto se puede observar en ambos modelos (BCC2 y CCR3). Parte del propósito de la técnica Bootstrap consiste en suavizar los resultados de DEA en caso de que existieran eventualidades o imprecisiones en los datos analizados, para así presentar resultados de eficiencia con mayor precisión. Entonces, los tomadores de decisión pueden considerar las variaciones presentadas en estos resultados, principalmente al momento de interpretarlos, para establecer objetivos y/o metas con mayor precisión. Por ejemplo, en 2007 la terminal 4 (SSA, en el puerto de Manzanillo, México), en ambos modelos muestra que en la metodología DEA obtiene un nivel más alto de eficiencia que en los dos modelos (BBC y CCR). El momento en que se aplica la metodología Bootstrap, es decir 1, los resultados de eficiencia bajan a 73% de eficiencia. En 2008 se presenta la misma situación, y la eficiencia cae a 69% en el modelo BCC. Aunque esta no es la peor eficiencia, deberá hacerse un análisis más profundo para saber qué input/output es el que está generando esta sensibilidad en los resultados (ver Tabla 1). Las terminales 9 (Piert, en Long Beach) y 24 (Trapac, en Oakland) también mostraron sensibilidad en sus resultados, en ambos modelos y años. Situaciones como estas son en las que los tomadores de decisión deben poner atención al momento de implementar planes en la unidad de estudio y realizar un análisis para detectar cuál input/output es el que está generando esta situación.

Por otro lado, lo que está ocurriendo con los resultados de la terminal 1 (Fraser Surrey, en Canadá), a pesar de tener niveles bajos de eficiencia, es que no hay una gran diferencia entre los resultados obtenidos con la metodología DEA vs. los resultados de la metodología Bootstrap. Esto indica que no existe demasiada sensibilidad en la información analizada y por lo tanto las acciones pueden ser planeadas y/o administradas con mucha mayor certeza basadas en los resultados de eficiencia. Las siguientes están entre las terminales analizadas en Norteamérica que mostraron resultados de eficiencia con pequeñas sensibilidades o con una diferencia suave entre ambas metodologías (menor a la desviación estándar de los resultados obtenidos por modelo y por año): terminales 21 (Hanjin, en Oakland), 19 (APM, en Oakland), 18 (APL, en Oakland), 25 (terminales 2 y 6, en Portland), 28 (terminal 5, en Seattle), 30 (Evergreen, en Tacoma), 31 (terminal 7, Tacoma) y 32 (Hyundai, en Tacoma). El resto de las terminales mostraron diferencias entre ambos modelos, lo cual podría considerarse como saludable, puesto que la diferencia obtenida entre ambas metodologías no excedió el doble de la desviación estándar de los resultados obtenidos, y por lo tanto no es una diferencia significativa. En otras palabras, no hay mucha sensibilidad en los resultados, permitiendo que las decisiones se basen en los resultados.

Otro beneficio del análisis bootstrap es que permite realizar rankings de acuerdo con los resultados de eficiencia obtenidos, lo cual es diferente al DEA ya que existe más matiz en los resultados sin ser tan estricto como lo es DEA. La Tabla 2 presenta un ranking de acuerdo con los resultados de eficiencia bootstrap que incluyen el total de throughput de contenedores movidos anualmente por terminal, con el objetivo de analizar los resultados de eficiencia vs. su throughput anual. Para realizar esto, fue necesario clasificar las terminales de acuerdo con el volumen anual de TEUs movidos por año, lo cual se referirá como “nivel de throughput” en menciones posteriores y consistió de tres grupos: el grupo A corresponde a todas aquellas terminales que movieron más de un millón de TEUs por año, el grupo B incluye todas aquellas terminales que movieron entre 500 y 999 mil TEUs, y el grupo C incluye todas aquellas terminales que movieron de 100 a 499 mil TEUs (ver tabla 2).

Terminales con mejor desempeño

Un hallazgo sobresaliente observado en los resultados de eficiencia fue que la terminal 2 (Centerm, en Vancouver) fue la que tuvo el salto más significativo de eficiencia de 2007 a 2008. En 2007 ocupó el lugar veintiuno, pero subió al quinto lugar en 2008 debido a que incrementó su eficiencia alrededor de 71%. Esta situación se observa debido a un incremento en el movimiento de TEUs, ya que la terminal duplicó el volumen de contenedores movido en ese año. Esta terminal pasó de formar parte del nivel de throughput C en 2007, y en 2008 pasó al nivel de throughput B. La terminal 17 (Yunsen, en Los Ángeles) en Estados Unidos, también tuvo un modesto incremento en sus resultados en 2008 comparado con 2007, siendo de aproximadamente 4%. El resto de las terminales mostró disminuciones en sus resultados de eficiencia de 2007 a 2008 (ver tabla 2).

Tabla 2

DMU	2007					2008				
	BCC		CCR		Throughput Level	BCC		CCR		Throughput Level
	DEA BOOT	Ranking	DEA BOOT	Ranking		DEA BOOT	Ranking	DEA BOOT	Ranking	
1	0,25905	30	0,25525	30	C	0,25179	29	0,26624	28	C
2	0,43359	23	0,43609	21	C	0,74429	5	0,79135	3	B
3	0,73215	8	0,64283	12	C	0,37786	22	0,38033	23	B
4	0,73119	9	0,72871	7	B	0,69923	10	0,72041	8	B
5	0,63036	17	0,65200	11	B	0,40358	21	0,42307	18	C
6	0,70134	11	0,74207	6	A	0,70674	8	0,74950	4	A
7	0,80667	6	0,81793	4	B	0,70189	9	0,73243	6	B
8	0,66327	15	0,51023	15	A	0,55397	14	0,42027	19	A
9	0,82560	4	0,87387	3	A	0,80141	3	0,83558	2	A
10	0,66883	14	0,62037	13	A	0,54682	15	0,49983	14	B
11	0,82174	5	0,68152	9	C	0,74531	4	0,54236	12	C
12	0,85823	2	0,91298	2	A	0,72522	6	0,72681	7	A
13	0,83153	3	0,80409	5	A	0,82493	2	0,74049	5	A
14	0,87558	1	0,92784	1	A	0,86535	1	0,91933	1	A
15	0,60217	18	0,49440	19	B	0,47901	17	0,38756	21	B
16	0,41139	24	0,41542	23	B	0,48346	16	0,48025	15	A
17	0,68394	13	0,57731	14	A	0,71781	7	0,61284	11	A
18	0,28593	29	0,29012	29	C	0,15530	32	0,16794	31	C
19	0,25695	31	0,25169	31	C	0,21659	30	0,21499	30	C
20	0,29786	28	0,29935	28	C	0,29362	27	0,31607	26	C
21	0,31235	26	0,31234	26	C	0,28092	28	0,30425	27	C
22	0,65601	16	0,66783	10	B	0,61850	12	0,64129	9	B
23	0,72669	10	0,34095	25	C	0,32453	25	0,23237	29	C
24	0,73231	7	0,40155	24	C	0,69780	11	0,43924	17	C
25	0,18255	32	0,13135	32	C	0,19162	31	0,10841	32	C
26	0,52494	19	0,46858	20	B	0,43451	20	0,34488	24	B
27	0,29909	27	0,30324	27	C	0,32361	26	0,32756	25	C
28	0,49280	20	0,50599	16	B	0,37491	24	0,38429	22	C
29	0,69790	12	0,71676	8	B	0,60139	13	0,61741	10	B
30	0,48693	22	0,50545	17	B	0,45113	19	0,45945	16	C
31	0,40222	25	0,42100	22	C	0,37693	23	0,41576	20	C
32	0,48852	21	0,50448	18	C	0,46690	18	0,51125	13	C

Fuente: Elaboración propia

La terminal que mostró los mejores resultados de eficiencia en los 2 años estudiados en ambos modelos (BCC4 y CCR5) fue la terminal 14 (Evergreen en Los Ángeles) con 88% y 93% respectivamente en 2007. Y en 2008, la terminal 14 obtuvo 87% y 92% en cada modelo. Parece que esta terminal está usando adecuadamente sus recursos (inputs/outputs), ya que no hubo un cambio drástico en el movimiento anual de carga de un año al otro, y tampoco hubo un aumento y/o disminución en los recursos. Aunque el valor 1 es la eficiencia máxima, para este análisis, una eficiencia que oscila de 75% a 100% (.75-1) será considerada como una eficiencia aceptable considerando que es más factible que un input y/o output se modifique en un 25% (ver tabla 2).

En 2007, las terminales que estuvieron mejor posicionadas en la frontera promedio para ambos modelos fueron: Long Beach terminal 7 (Long Beach Cont. T., en Long Beach), (82%), la 9 (Pier T, en Long Beach) (83%) y la 11 (SSA, en Long Beach) (82%); esta última obtuvo un resultado de 68% en el modelo CCR. Sin embargo, es importante mencionar que es diferente a todas las demás terminales, las cuales presentaron una buena eficiencia y pertenecían al throughput A. Esta última pertenece al throughput C, ya que movió un volumen menor a 500 mil contenedores. La terminal 7 pertenece al nivel de throughput B, y esto muestra que no es necesario mover un gran volumen de contenedores para obtener resultados de eficiencia favorables. Del puerto de Los Ángeles, las terminales más destacadas fueron la terminal 12 (APL) con 86% y 91%, y la terminal 13 (AMP) con 83% y 80%, respectivamente en los modelos BCC y CCR (ver tabla 2). Las terminales con la mejor eficiencia en 2007 repitieron su buen desempeño en 2008. Solamente la terminal 12 (APL, en Los Ángeles) recibió un ranking de desempeño promedio porque obtuvo un resultado de 73% en ambos modelos (BCC y CCR).

Análisis de slacks (holguras)

El análisis de Slack trabaja con el exceso de inputs y la falta de outputs, y usa un modelo adicional para dar una medida en una escala de 0 a 1 que cubre todas las ineficiencias que el modelo podría identificar (Cooper, Seiford, & Tone, 2000).

Aunque los análisis de slacks mencionan las unidades a disminuir y/o aumentar, no siempre pueden interpretarse literalmente porque hay ocasiones, en la realidad, en las que los inputs/outputs no pueden moverse con libertad dependiendo del tipo de actividad de la entidad analizada.

Los resultados muestran que tanto en 2007 como en 2008, todas las terminales deberían incrementar su volumen anual de TEUs para mejorar su eficiencia operacional. Sin embargo, la terminal 18 (APL, en Oakland) es la terminal que más debería incrementar su volumen

anual de TEUs, por 4.4 veces respecto a 2008. Contrario a la terminal 18, la terminal 19 (APM, Oakland) muestra que debe incrementar su volumen anual de TEUs aproximadamente en 1 millón, pero eso solo representaría un incremento de 3 veces respecto a 2008. Los resultados también sugieren que las terminales con más área por reducir, según los resultados, son las terminales 1 (Fraser Surrey, en Vancouver) con 426,000 m² y la terminal 13 (APM, en Los Ángeles) con 790,000 m². Con respecto a otro input, la “longitud de muelle” los resultados sugieren que las terminales canadienses son las que deberían reducir la longitud de sus muelles en mayor proporción; las terminales 2 (Centerm, en Vancouver) con 1,088 metros y la terminal 1 (Fraser Surrey, en Vancouver), luego en el puerto de Los Ángeles, las terminales 17 (Yusen) con 658 metros y la terminal 13 (APM) con 661 metros. Finalmente, dentro de los hallazgos más sobresalientes está que en el puerto de Long Beach, las terminales 8 (Pacific Container T.) y 10 (SSA), en ambos años, solamente deberían disminuir sus grúas (derricks) en 4 unidades.

CONCLUSIÓN

A medida que la competencia global entre puertos se ha vuelto cada vez más importante, cada puerto debe esforzarse por mejorar su productividad y costos operativos. Los tomadores de decisión deben tener herramientas que les ayuden a evaluar si las terminales actualmente localizadas en sus puertos son eficientes o no, con el fin de fijar metas adecuadas y objetivos reales de acuerdo con las características de cada terminal. Y también deberían considerar la privatización de otros activos, o si ya están privatizados, evaluar el desempeño de la terminal para ponderar la extensión de la concesión o renovación del arrendamiento de la terminal.

DEA es una herramienta efectiva de gestión y se ha vuelto un método popular para evaluar eficiencia técnica en muchas industrias. Sin embargo, DEA también ha sido criticada por ser una herramienta “determinista”, sin fundamento estadístico. La técnica bootstrap presentada en este trabajo es un método para construir un modelo DEA estocástico y es fácilmente implementada usando los comandos FEAR a través del programa R. Se pueden desarrollar intervalos de confianza de los resultados de eficiencia, dando a los gerentes más información que simples estimaciones puntuales.

Habiendo utilizado el análisis de la variable slack, éste pudo proveer información útil indicando qué tan relativa es la ineficiencia de los resultados obtenidos, mostrando la variable problema y proporcionando información valiosa para su mejora. Por ejemplo, los resultados mostraron que todas las terminales analizadas deberían mejorar su volumen anual de TEUs para mejorar su eficiencia. Esto porque en 2008, la demanda de bienes fue afectada por la crisis económica global afectando al comercio mundial, y por lo tanto el transporte.

Después de usar DEA y técnicas bootstrap, los resultados mostraron que dentro de un puerto, no todas las terminales de contenedores obtuvieron resultados de eficiencia. Por ejemplo, 60% de las terminales localizadas en el puerto de Long Beach obtuvieron resultados de eficiencia operativa. Además, en el puerto de Los Ángeles, 30% de sus terminales obtuvieron resultados de eficiencia operativa. Estos hallazgos pueden explicar por qué estos puertos han sido posicionados entre los puertos top del mundo.

Según el modelo de eficiencia CCR, en la metodología DEA, los hallazgos muestran que la terminal 4 (SSA, en Manzanillo) obtuvo el nivel máximo de eficiencia en 2 años; sin embargo, al aplicar la metodología bootstrap los resultados no son tan sensacionales con una eficiencia del 72% después del análisis.

El modelo BCC en la metodología DEA mostró que las terminales 12 (APL), 13 (APM) y 14 (Evergreen) del Puerto de Los Ángeles obtuvieron el nivel máximo de eficiencia. Es notable que estos operadores de terminal aparecen dentro del top 10 operadores internacionales (GCT, 2002). La experiencia y el volumen de contenedores movido es mayor a un millón, lo que contribuye a un desempeño operativo óptimo. Como lo mencionan Wang et al. (2004), este tipo de sector pertenece principalmente al tipo de variables de desempeño que pueden ser apreciadas por un mayor número de terminales con altos niveles de eficiencia.

Finalmente, los resultados muestran que incluso este grupo de terminales analizadas tiene áreas de oportunidad con respecto al uso proporcional de los recursos, ya que casi la mitad de ellas tenían niveles bajos de eficiencia. Los resultados también muestran que la eficiencia se encuentra en los retornos variables de escala. Es importante notar que este sector siempre busca formas de incrementar el volumen de carga movida cada año y debe cumplir, además de la eficiencia operacional, costos, tiempos de espera y alianzas con navieras para mejorar y potenciar su operación. Estas terminales podrán proporcionar la competitividad internacional necesaria que los puertos necesitan, generando un beneficio social y económico.

REFERENCIAS

- AAPA. (2010). American Association of Port Authorities. Retrieved Mayo 05, 2010, from <http://www.aapa-ports.org/home.cfm>
- Arieu, A. (2003). Eficiencia técnica comparada en elevadores de granos de Argentina, bajo una aplicación de análisis de envoltorio de datos. La situación del puerto de Bahía Blanca. Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). "Some models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science*, 30 (9), 1078-1092.
- Barros, C. (2005). Measuring efficiency in the hotel sector. *Annals of Tourism Research*, 1078-1092.
- Barros, C., & Athanassiou, M. (2003). Efficiency in European seaports with DEA: evidence from Greece and Portugal. *Maritime Economics & Logistics*, 6 (2), 122-140.
- Butler, T., & Li, L. (2005). The utility of returns to scale in DEA programming: An analysis of Michigan rural hospitals. *European Journal of Operational Research*, 468-477.
- Camanho, A., & Dyson, R. (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: A DEA application to bank branch assessments. *International Journal of Operations & Production Management*, 1055-1078.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rodes, E. (1978). Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 429-444.
- Coll, V., & Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envoltorio de datos. Edición electrónica. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006c/197/
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2000). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Cullinane, K., & Wang, T. (2010). The efficiency analysis of container port production using DEA panel data approaches. *OR Spectrum*, 717-739.
- Cullinane, K., Song, D.-W., Ji, P., & Wang, T.-F. (2004). An application of DEA window analysis to container port production efficiency. *Review of Network Economics*, III (2), 1884-206.
- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A*, 253-281.
- González, M., & Trujillo, L. (2006). La medición de la eficiencia en el sector portuario: revisión de la evidencia empírica. Documentos de trabajo 2005-2006. Canarias, España.
- Herrera, S., & Pang, G. (2006). Efficiency of infrastructure: The case of container ports. *Banco Mundial*.
- Ley, E. (1991). Eficiencia Productiva: un estudio aplicado al sector hospitalario. *Investigaciones Económicas (Segunda Época)*, 71-88.
- Lin, L., & C.C. T. (2007). Operational Performance evaluation of major container port in the Asia-Pacific region. *Maritime Policy & Management*, 535-551.
- Lin, r., Liu, J., Zhang, C., & Murty, K. (2003). Rubber tired gantry crane deployment for container yard operation. *Computers and Industrial Engineering*, 429-442.
- Linh, H. (2005). Efficiency of Rice farming Households in Vietnam: a DEA with Bootstrap and Stochastic Frontier Application. Department of Applied Economics, University of Minnesota, 1-18. Minnesota, USA.
- Maloni, M., & Jackson, E. C. (2005). North American Container Port Capacity: A Literature Review. *Journal Sprig*, 44 (36), 16-36.
- Martinez-Budria, E., Diaz, R., Navarro, M., & Ravelo, T. (1999). A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities using data envelopment analysis. *International Journal of Transport Economics*, 26 (2), 237-253.
- Min, H., & Park, B.-I. (2005). Evaluating the inter-temporal efficiency trends of international container terminals using data envelopment analysis. En *integrated supply management* (págs. 258-277).
- Ng, A. S., & Lee, C. X. (2007, July). Port productivity analysis by using DEA: A case study in Malaysia. *Australia*.
- Roll, Y., & Hayuth, Y. (1993). Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA). *Maritime Policy and Management*, 20 (2), 153-161.
- Panayides, P. M., Maxoulis, c. N., Wang, T.-F., & Ng, K. Y. (2009). A Critical Analysis of DEA Application to Seaport Economic Efficiency Measurement. *Transport Reviews*, 29 (2), 183-206.
- Ramos, L., & Gastaud, A. C. (2006). Analysing the Relative Efficiency of Container Terminals of Mercosur using DEA. *Maritime Economics & Logistics*, 331-346.
- Salem, A. A., Pestana, C., Mustaffa, A., & Tajudin, A. (2007). Evaluating the Location of Efficiency of Arabian and African Seaports Using Data Envelopment Analysis (DEA). Working Paper ISSN No0874-4548, 1-19.
- Shepard, R. (1970). *Theory of Cost and Production Function*. New Jersey: Princeton University Press.
- Silverman, B. W. (1986). *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. London: Chapman and Hall.
- Simar, L., & Wilson, P. (1998). Sensitivity analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models. *Management Science*, 49-61.
- Simar, L., & Wilson, P. (2000). Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art. *Journal of Productivity Analysis*, 49-78.
- So, S., Kim, J., Cho, G., & Do-Kwan, K. (2007). Efficiency Analysis and Ranking of major Container Ports in Northeast Asia: An Application of Data Envelopment Analysis. *International Review of Business Research Papers*, 3 (2), 486-503.

- Song, D.-W., Cullinane, K., & Roe, M. (2001). The Productive Efficiency of Container Terminals: An application to Korea and the UK. Grait Britain: Ashgate.
- Tongzon, J. (2001). Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports using Data Envelopment Analysis. Transportation Research Part A , 113-28.
- Tongzon, Jose. (2005). Determinants of competitiveness in Logistics: Implication for the Region . Bangkok, Thailandia.
- UNCTAD. (2009). Review of Maritime Transport. New York and Geneva: United Nations.
- Valentine, V.F. and Gray, R. (2001). Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East. Korean Journal of Shipping and Logistics, 35, 197-213
- Wang, T., Song, D. W., & Cullinane, K. (2002). The Applicability of Data Envelopment Analysis to Efficiency Measurement of Container Ports. Proceedings of the International Association of Maritime Economists Conference .
- Wang, T.-F., Cullinane, K., & Song, D.-W. (2005). Container Port Production and Economic Efficiency. Palgrave macMillar.
- Wilson, P. (2008). FEAR 1.2 Command Reference. A library for estimating productive efficiency, etc. using R. Paul Wilson.
- Wilson, P. W. (2008). FEAR 1.0: A Software Package for Frontier Efficiency Analysis with R. Socio-Economic Planning Sciences 42 , 247-254.
- Wilson, P. W. (2009,). FEAR 1.12 User's Guide. FEAR 1.12 User's Guide . Clemson, South Carolina, USA: Clemson University.
- Wu, Y.-C. J., & Goh, M. (2010). Container port efficiency in emerging and more advanced markets. Transportation Research Part E.

La Vitrina: innovación digital colaborativa para productores locales de moda

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.943

Dra. Zulma Sánchez Estrada¹, Dr. Jorge Noriega Zenteno², Dr. Diego García Jara³, Mtra. Diana Huitrón Alpizar⁴

¹Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: zulma.sanchez@upvm.edu.mx

²Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: jorge.noriega@upvm.edu.mx

³Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: dgarcia@upvm.edu.mx

⁴Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: diana.huitron@upvm.edu.mx

Línea de investigación: Innovación, Social

Resumen

En este artículo se presenta el estudio del emprendimiento digital La Vitrina, una plataforma colaborativa implementada en la red social Instagram para impulsar a pequeños productores locales de moda que carecen de presencia en línea. La investigación parte de la identificación de tres problemáticas principales que enfrentan estos microemprendedores: la brecha digital, la falta de visibilidad comercial y la competencia desigual frente a grandes marcas consolidadas. Como respuesta, se propone un modelo de tienda colaborativa que centraliza las tareas de marketing digital, ventas y atención al cliente, permitiendo que los productores se enfoquen en la creación de sus productos mientras la plataforma gestiona su promoción y comercialización. Se describe la metodología empleada en el desarrollo de la iniciativa, que incluyó el diseño del modelo de negocio y un análisis comparativo con plataformas existentes en el mercado. Los resultados muestran que La Vitrina promueve la inclusión tecnológica de productores tradicionales, incrementa la visibilidad de los productos artesanales y fortalece la economía comunitaria al facilitar la participación de estos actores en el comercio electrónico. Asimismo, se discuten los beneficios sociales y económicos de la propuesta, destacando su alineación con las tendencias actuales de consumo responsable y de innovación social en el ámbito de la moda. Finalmente, las conclusiones presentan la contribución de este emprendimiento digital al empoderamiento de las microempresas locales, evidenciando el potencial de La Vitrina como modelo de innovación aplicado a contextos de economía colaborativa.

Palabras clave: *brecha digital, comercio electrónico, emprendimiento digital, innovación social, productores locales*

Abstract

This article presents the study of the digital venture La Vitrina, a collaborative platform implemented on the social network Instagram to support small local fashion producers lacking an online presence. The research begins by identifying three main issues faced by these micro-entrepreneurs: the digital divide, lack of commercial visibility, and unequal competition with large established brands. In response, a collaborative storefront model is proposed, which centralizes digital marketing, sales, and customer service tasks, allowing producers to focus on crafting their products while the platform manages their promotion and commercialization. The methodology used in developing the initiative is described, including the design of the business model and a comparative analysis with existing market platforms. The results show that La Vitrina promotes technological inclusion for traditional producers, increases the visibility of artisanal products, and strengthens the community economy by facilitating the participation of these actors in e-commerce. Likewise, the social and economic benefits of the proposal are discussed, highlighting its alignment with current trends in responsible consumption and social innovation in the fashion field. Finally, the conclusions present the contribution of this digital venture to the empowerment of local microenterprises, demonstrating the potential of La Vitrina as an innovation model applied to collaborative economy contexts.

Keywords: *digital divide, e-commerce, digital entrepreneurship, social innovation, local producers*

INTRODUCCIÓN

El auge de las redes sociales en las últimas décadas ha transformado la forma de hacer negocios. La base de usuarios activos de plataformas sociales pasó de ~50 millones en 2004 a alrededor de 5 mil millones en 2024, convirtiendo a estos medios en canales clave para el comercio digital. De hecho, estadísticas de Statista (2024b) indican que 86% de los profesionales de mercadotecnia utilizan Facebook y 79% Instagram como principales herramientas promocionales. Este entorno presenta grandes oportunidades para la venta en línea; sin embargo, también conlleva una mayor competencia digital por la atención de los consumidores.

La penetración del comercio electrónico no ha beneficiado de manera equitativa a todos los actores. Muchos pequeños productores locales de ropa y accesorios carecen de conocimientos en marketing digital y presencia en redes sociales, lo que los deja en desventaja frente a las grandes marcas. Estas empresas dominantes acaparan el mercado en temporadas clave de consumo según Statista (2024a), cerca de la mitad de las compras en línea se realizan durante la época navideña y eventos de descuentos masivos apoyándose en agresivas campañas en línea y descuentos que los microemprendedores no pueden igualar. Como resultado, los negocios locales frecuentemente permanecen invisibles en el ámbito digital, limitando su crecimiento y sostenibilidad.

Paradójicamente, en el mercado actual existe una creciente demanda de productos con identidad local, personalizados y de producción artesanal. Los consumidores en especial los jóvenes adultos muestran mayor interés por alternativas auténticas y por prácticas de consumo responsable, valorando la originalidad y el comercio justo sobre la oferta masiva. Iniciativas enfocadas en la autenticidad, la economía circular y la comunidad han cobrado relevancia al alinearse con estas tendencias emergentes de consumo consciente.

En este contexto, surge La Vitrina como un emprendimiento digital de carácter colaborativo que busca conectar a los pequeños productores locales con los consumidores digitales. La Vitrina se concibe como una tienda colectiva en la plataforma Instagram, diseñada para responder a dos necesidades fundamentales: por un lado, apoyar a los productores en superar las barreras tecnológicas para posicionarse en redes sociales; y por otro, ofrecer al público un catálogo diverso de productos únicos y locales. De esta manera, la propuesta se inserta en un mercado de moda en línea en expansión y con alta demanda de legitimidad y diferenciación, promoviendo simultáneamente la inclusión digital de los emprendedores tradicionales y el fortalecimiento de la economía comunitaria.

DESARROLLO

La propuesta de La Vitrina se estructura para dar solución a las problemáticas identificadas en el diagnóstico. En primer lugar, aborda la **brecha digital** al hacerse cargo de la gestión tecnológica en nombre de los productores: la plataforma crea y administra los perfiles en redes sociales, publica contenido atractivo y maneja la comunicación con los clientes, de modo que los artesanos puedan integrarse al comercio electrónico sin requerir experiencia técnica previa. En segundo lugar, La Vitrina incrementa la **visibilidad** de estos negocios al reunir múltiples ofertantes en un escaparate digital común (Instagram), ampliando su alcance a públicos de diferentes zonas geográficas. Esto permite que un taller local trascienda su mercado inmediato y alcance consumidores a nivel regional o nacional sin invertir en publicidad propia.

En tercer lugar, la iniciativa fomenta la colaboración entre emprendedores para enfrentar la **competencia desigual**: al unirse bajo una misma marca colectiva, varios pequeños productores pueden competir conjuntamente ofreciendo una variedad más auténtica y personalizada de productos, aprovechando la preferencia de ciertos consumidores por lo artesanal y lo local. De esta forma, La Vitrina funciona como una respuesta integral que nivela el terreno frente a las grandes empresas, combinando esfuerzos individuales en una presencia digital compartida.

La implementación de La Vitrina conlleva importantes impactos sociales positivos. Al facilitar la incorporación de productores tradicionalmente rezagados al ámbito digital, el proyecto contribuye a la **inclusión tecnológica** de grupos que antes no participaban en el comercio en línea. Se **democratiza la visibilidad** comercial al brindar espacio a creadores locales que de otra manera permanecerían invisibles, lo cual fortalece la confianza de la comunidad en los negocios locales. En esencia, La Vitrina crea una “calle digital” compartida donde artesanos, costureras y diseñadores independientes pueden exhibir sus productos en igualdad de condiciones, promoviendo un ecosistema más inclusivo y diverso.

En el plano económico, la iniciativa reduce las barreras de entrada al comercio electrónico para los microemprendedores. Sin La Vitrina, cada productor necesitaría invertir por separado en publicidad digital, infraestructura de venta en línea y atención al cliente, costes que resultan prohibitivos para muchos negocios pequeños. Al **centralizar servicios** como la promoción, la gestión de pedidos y la interacción con compradores, el modelo no solo facilita la participación de más emprendedores, sino que potencialmente **incrementa sus ventas** al conectar la oferta con una audiencia más amplia. Los ingresos generados circulan en la economía local, fortaleciendo el desarrollo económico comunitario. Por otra parte, los **consumidores** también se benefician: al agrupar una variedad de artículos únicos y de calidad en un solo sitio, se les ofrece una experiencia de compra diferente, más humana y transparente, con precios justos y con la satisfacción de apoyar directamente a productores locales. Esto fomenta prácticas de consumo más conscientes y la creación de un mercado digital más equilibrado entre grandes y pequeños oferentes.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general.

Crear una tienda colaborativa en redes sociales que apoye a pequeños productores locales de ropa y accesorios en la venta y difusión de sus productos mediante contenido digital y gestión profesional de plataformas.

Objetivos específicos.

1. Diseñar y administrar perfiles en redes sociales (Instagram, Facebook y TikTok) con una identidad visual coherente y atractiva que represente a los productores locales.
2. Generar contenido digital constante —fotografías, videos, demostraciones de producto (unboxings) y reseñas— que promueva los productos de los socios y fortalezca la interacción con los clientes.
3. Implementar un sistema de gestión de pedidos y atención al cliente en línea que facilite la comunicación entre productores y consumidores, asegurando confianza y eficiencia en las ventas.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es el sistema La Vitrina en sí mismo, entendido como una plataforma digital colaborativa orientada a la comercialización de artículos de moda local (principalmente prendas de vestir y accesorios). Dicho sistema recae sobre la red social Instagram como medio de operación, integrando a múltiples microempresas en un solo punto de venta en línea. En términos conceptuales, La Vitrina se analiza como un modelo de negocio innovador dentro del sector de comercio electrónico, cuyas características (colaboración entre productores, gestión centralizada y enfoque comunitario) constituyen el núcleo del estudio.

METODOLOGÍA

La metodología de la investigación es de tipo aplicada con un enfoque descriptivo y cualitativo. Se optó por un **estudio de caso** centrado en el proyecto La Vitrina, mediante el cual se desarrolló y analizó su modelo de negocio en un entorno controlado. Para estructurar la propuesta se emplearon herramientas de planeación estratégica como el **Lienzo de Modelo de Negocio (Business Model Canvas)**, que permitieron definir elementos clave (propuesta de valor, segmentos de clientes, canales de distribución, recursos y actividades clave, entre otros). Adicionalmente, se realizó un **análisis comparativo** de La Vitrina frente a plataformas existentes en el mercado, con el fin de evaluar sus ventajas y áreas de oportunidad. Esta combinación metodológica estuvo orientada a justificar la viabilidad del emprendimiento y a fundamentar sus características diferenciadoras, apoyándose en datos cualitativos recopilados del contexto del sector y en referencias teóricas sobre comercio electrónico y emprendimiento social.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1: Análisis y conceptualización. En esta primera etapa se investigaron las necesidades del mercado objetivo y se definió la visión inicial del proyecto. Se llevó a cabo un diagnóstico de la situación de los productores locales de moda, identificando sus limitaciones tecnológicas y las oportunidades dentro del mercado de comercio electrónico. Como resultado de esta fase, se establecieron los objetivos preliminares de La Vitrina y se delinearon las funcionalidades básicas que la plataforma debería ofrecer para atender las problemáticas detectadas.

Fase 2: Diseño del modelo de negocio. Con la información recopilada, se procedió a diseñar el modelo de negocio detallado de La Vitrina. Utilizando el enfoque Canvas, se definieron la propuesta de valor (impulso a pequeños productores locales mediante una tienda en línea colaborativa), los segmentos de clientes (productores locales y consumidores interesados en productos auténticos), la relación con los clientes, los canales de venta (principalmente Instagram y otras redes integradas), así como los recursos clave, actividades clave, socios estratégicos y la estructura de costos e ingresos. Durante esta fase se validó conceptualmente la viabilidad económica y operativa del proyecto, asegurando que las piezas del modelo fueran coherentes entre sí, en la figura 1 se observa el diseño del logo del emprendimiento.

Figura 1

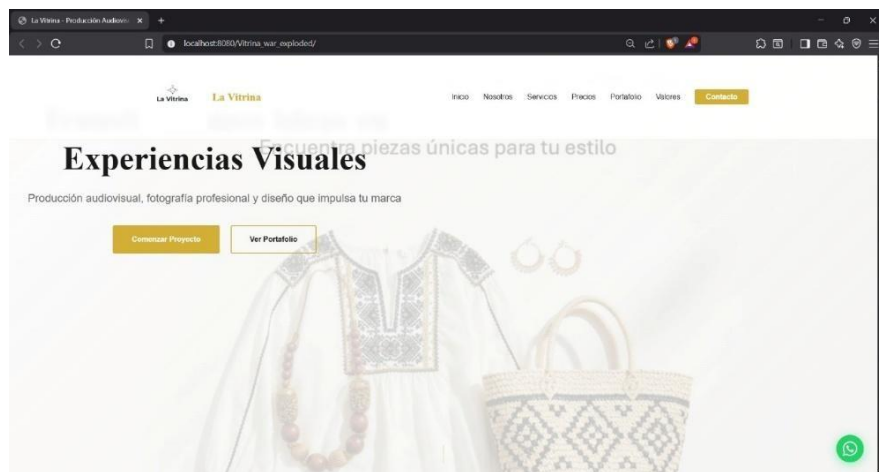
Logo del emprendimiento



Fase 3: Desarrollo de la plataforma digital. En esta etapa se materializó la presencia en línea de La Vitrina. Se crearon y configuraron las cuentas en redes sociales (Instagram como plataforma principal, complementada por Facebook y TikTok para ampliar el alcance). Paralelamente, se elaboró la identidad visual de la marca colectiva, incluyendo logotipo, estilo gráfico y lineamientos de comunicación. También se produjeron contenidos piloto (fotografías de productos, descripciones, videos promocionales) para poblar la plataforma inicial y probar la dinámica de publicación e interacción con el público. Como resultado, La Vitrina quedó operativa en el entorno digital, lista para iniciar sus actividades de venta colaborativa como se muestra en la figura 2.

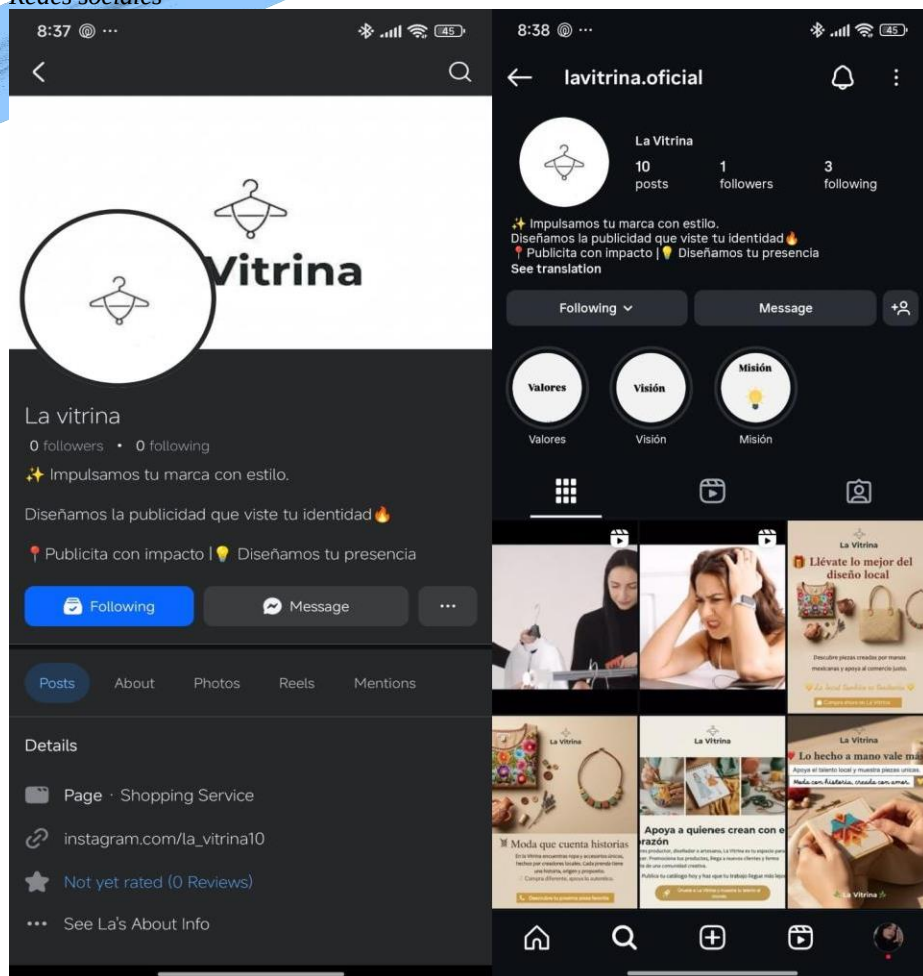
Figura 2

Página Web del desarrollo tecnológico.



Fase 4: Implementación piloto. Una vez lista la infraestructura digital, se ejecutó un programa piloto con un grupo reducido de productores locales. A estos primeros socios se les incorporó a la plataforma, brindándoles asesoría para cargar sus productos y utilizar las herramientas compartidas. Durante el piloto se monitoreó la interacción de los usuarios (productores y clientes) con la tienda colaborativa, recopilando retroalimentación sobre la usabilidad del sistema, el interés de los consumidores por los productos ofertados y los desafíos operativos encontrados (por ejemplo, coordinación de pedidos y tiempos de respuesta). Esta fase permitió obtener datos reales de funcionamiento y realizar ajustes menores en los procesos antes de una expansión mayor, en la figura 3 es la incorporación de la innovación en redes sociales.

Figura 3
Redes sociales



Fase 5: Evaluación y mejoras. Finalmente, se llevó a cabo una evaluación integral de los resultados obtenidos en el piloto y de las capacidades de La Vitrina. Se analizaron indicadores preliminares como el número de productores participantes, la cantidad de productos publicados, el alcance de la audiencia en redes y las ventas generadas en el periodo de prueba. Asimismo, se comparó el desempeño con los objetivos trazados, identificando logros y áreas que requieren optimización. En función de esta evaluación, se propusieron mejoras incrementales al modelo de negocio y al funcionamiento de la plataforma, tales como estrategias de fidelización de clientes, incorporación de nuevos métodos de pago o ampliación de alianzas con organizaciones locales. Con estas refinaciones, el proyecto quedó preparado para escalar su operación, incorporando más productores y consolidándose como una opción innovadora en el mercado de la moda local.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ejecución del proyecto La Vitrina según las fases descritas arrojó una serie de resultados relevantes. En primer lugar, se logró consolidar una plataforma digital funcional, con perfiles activos en redes sociales y una cartera inicial de productos locales exhibidos. Esto demostró la factibilidad técnica del modelo colaborativo: múltiples productores pudieron unificar su oferta bajo una misma cuenta y se generó contenido de calidad para atraer a la audiencia. Si bien la magnitud del piloto fue acotada, la participación de los primeros productores indicó una aceptación positiva de la propuesta, evidenciando el interés del sector por herramientas que simplifiquen su incursión digital. Del lado de los consumidores, la respuesta inicial fue alentadora, con interacciones favorables (comentarios, “me gusta”, consultas) hacia los productos publicados, lo que sugiere que existe un nicho de mercado receptivo a este tipo de iniciativas centradas en la autenticidad y la economía local.

Adicionalmente, el análisis comparativo con otras soluciones del mercado posicionó a La Vitrina de manera favorable. Al evaluar características clave (alcance para productores, soporte en marketing, identidad individual de marca, etc.), La Vitrina se destacó como la propuesta más completa frente a plataformas tradicionales de venta en línea. Esto refleja que integra beneficios que otras alternativas

no ofrecen de forma conjunta, tales como el acompañamiento personalizado a productores, la formación en competencias digitales y un enfoque en comunidad. En consecuencia, La Vitrina puede ser considerada una innovación con mayor valor agregado dentro del ámbito del comercio social colaborativo. Se realizó un comparativo para justificar los resultados, el comparativo es el siguiente.

Tabla 1.

Comparación de características principales de La Vitrina frente a plataformas similares (Fábrica Social, Not Just A Label y MexiArts)

Criterio	La Vitrina	Fábrica Social	Not Just A Label	MexiArts
Comercio justo	Sí	Sí	No	Sí
Preservación cultural	Parcial	Sí	No	Sí
Alcance internacional	No	No	Sí	No
Inclusión tecnológica (apoyo digital a productores)	Sí	No	No	No
Apoyo a pequeños productores	Sí	Sí	Parcial	Sí
Diversidad de catálogo	Parcial	Parcial	Sí	Sí
Visibilidad en redes sociales	Sí	No	No	No
Enfoque en diseño emergente	Sí	No	Sí	No
Logística consolidada	Parcial	Sí	No	Sí
Capacitación a productores	No	No	No	No
Acceso masivo para productores	Sí	No	Sí	Sí
Identidad individual del productor	Sí	No	Sí	Parcial

De acuerdo con la tabla 1 se observa que La Vitrina se enfoca en la **inclusión tecnológica** y la **visibilidad individual** de cada productor, a diferencia de Fábrica Social, que, si bien promueve el **comercio justo** y la **conservación cultural**, opaca la voz individual del artesano y carece de acompañamiento digital al productor. Asimismo, Not Just A Label ofrece **alcance internacional** a diseñadores emergentes, pero su alto nivel de competitividad puede invisibilizar a los pequeños creadores sin trayectoria destacada. Por su parte, MexiArts impulsa el **comercio justo** de artesanías mexicanas con un catálogo amplio, pero no brinda apoyo tecnológico a los productores, excluyendo a quienes no dominan la promoción digital. En este contexto, La Vitrina sobresale por cubrir dichas brechas al facilitar la integración digital y otorgar protagonismo a productores locales de pequeña escala, reforzando así su propuesta de valor frente a las plataformas existentes.

Por otra parte, la implementación real de La Vitrina trae consigo desafíos que merecen discusión. Uno de ellos es la sostenibilidad y escalabilidad del modelo: a medida que más productores se integren, será crucial mantener la calidad del servicio (atención al cliente, frecuencia de publicaciones, supervisión de transacciones) sin desvirtuar la propuesta original de trato cercano. Asimismo, habrá que considerar estrategias para atraer y retener a una base suficiente de consumidores activos, lo cual puede requerir inversión continua en marketing digital y diversificación de canales. No obstante, la alineación del proyecto con tendencias sociales (consumo consciente, apoyo a lo local) y la clara propuesta de valor sugieren que La Vitrina posee un fundamento sólido. Los consumidores meta identificados (jóvenes adultos de 18 a 40 años activos en redes, que buscan autenticidad y personalización) corresponden al perfil que más podría beneficiarse y participar en esta plataforma, lo que anticipa una buena perspectiva de crecimiento orgánico. En general, los resultados obtenidos respaldan la idea de que una plataforma colaborativa de estas características puede impactar positivamente en la digitalización de las microempresas locales, siempre que se continúe adaptando a las necesidades de sus usuarios y del mercado.

CONCLUSIÓN

Los hallazgos de la presente investigación permiten concluir que el emprendimiento digital *La Vitrina* representa una solución innovadora, socialmente pertinente y tecnológicamente viable para enfrentar los desafíos que enfrentan los pequeños productores locales en el mercado digital de la moda. A través del desarrollo de una plataforma colaborativa basada en redes sociales, se logró diseñar e implementar un modelo de negocio que integra elementos clave como la inclusión tecnológica, la visibilidad digital compartida, el fortalecimiento del comercio justo y la conexión directa entre productores y consumidores.

Desde una perspectiva metodológica, el uso del enfoque cualitativo aplicado, articulado con herramientas de diseño estratégico como el Business Model Canvas y el análisis comparativo, permitió validar la coherencia interna del modelo y sus ventajas diferenciales frente a otras plataformas similares. La evaluación de los criterios comparativos evidencia que *La Vitrina* cubre dimensiones críticas que las alternativas del mercado no abordan integralmente, tales como el acompañamiento digital a productores, la preservación de su identidad individual y el acceso democratizado a la venta en línea. Estas dimensiones son fundamentales en contextos donde la desigualdad tecnológica limita la participación de pequeños emprendimientos en los circuitos comerciales contemporáneos.

Asimismo, el proyecto se alinea con las tendencias actuales de consumo responsable y sostenibilidad, respondiendo tanto a las necesidades de los productores —que requieren apoyo para integrarse al comercio electrónico— como a las preferencias de los consumidores —que valoran la autenticidad, el trato directo y la trazabilidad de los productos que adquieren—. Esta doble correspondencia fortalece la viabilidad comercial y el impacto social de la iniciativa.

En términos más amplios, *La Vitrina* aporta evidencia empírica sobre el potencial de la innovación social aplicada mediante tecnologías accesibles. Su implementación demuestra que, con un diseño centrado en las necesidades reales del entorno y una lógica colaborativa, es posible generar propuestas que no solo sean sostenibles económicamente, sino también inclusivas y transformadoras en lo social. Esto posiciona a *La Vitrina* como una referencia emergente dentro del ecosistema de emprendimientos digitales con impacto comunitario, con posibilidades de replicabilidad y escalabilidad en otros sectores vulnerables a la brecha digital.

BIBLIOGRAFÍA

- KPMG. (2025). *El auge del social commerce: las redes sociales como nuevas tiendas*. Tendencias KPMG. Recuperado de <https://www.tendencias.kpmg.es/2025/03/social-commerce-redes-sociales-tiendas>
- Muñoz, C. (2019). *Emprendimiento social y sostenibilidad: una aproximación teórica y práctica*. Editorial UOC.
- Rodríguez, L., & Téllez, M. (2021). *La economía colaborativa y su impacto en los modelos de negocio tradicionales*. Revista Iberoamericana de Economía Solidaria, 8(1), 25–40. <https://doi.org/10.32735/RIES.v8n1.125>
- Statista. (2024a). *Las temporalidades más importantes para los compradores online en México*. Recuperado de <https://es.statista.com/grafico/19956/las-temporalidades-mas-importantes-para-los-compradores-online-en-mexico>
- Statista. (2024b). *Redes sociales profesionales en el sector de marketing a nivel mundial*. Recuperado de <https://es.statista.com/estadisticas/879191/redes-sociales-profesionales-en-el-sector-de-marketing-a-nivel-mundial>
- Tapscott, D., & Williams, A. D. (2007). *Wikinomics: How mass collaboration changes everything*. Portfolio Hardcover.
- Tobón, S. (2013). *Innovación educativa y competencias: retos y posibilidades para el cambio en América Latina*. Trillas.
- UNCTAD. (2022). *Digital Economy Report 2022: The Cross-border Data Flows and Development*. United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/webflyer/digital-economy-report-2022>
- Zambrano, L., & Pérez, A. (2020). *Marketing digital para emprendedores sociales: estrategias para crecer con propósito*. Revista Emprende Social, 5(2), 112–129.

Implementación del diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.939

Jesús Manuel Hidalgo Silván¹, Erika Yunuen Morales Mateos², Oscar Alberto Gonzales Gonzales³, Doris Laury Beatriz Dzib Moo⁴

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: chunihs033@gmail.com

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: erika.morales@ujat.mx

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: oscar.gonzalez@ujat.mx

⁴Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: doris.dzib@ujat.mx

Línea de investigación: Tecnologías de la Información

Resumen

El objetivo de este trabajo es dar a conocer implementaciones de diseño 3D CG (Computer Graphics) para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales. La metodología que se empleó para la gestión de los trabajos fue SCRUM, así como el modelo de ciclo de vida del desarrollo de software ágil, que se integra de las fases de planificación, diseño, construcción e implementación, pruebas, despliegue y mantenimiento. Se creó un modelo de proceso, donde se especificaron las etapas de diseños de modelado 3D CG propuestas, modelo que puede ser replicable, dada su flexibilidad y simplicidad. Entre los Diseños 3D CG desarrollados se encuentran el modelo de Diosa Maya, Flora y Fauna de regiones del sur de México, así como Especies Mesozoicas, que, a través de su integración en Tecnología Inmersivas, permiten acceso al conocimiento. La investigación concluye que el diseño 3D CG incorporado en Realidad Aumentada (RA), Realidad Virtual (RV) y Mundos Virtuales en Web, así como Hologramas, son una estrategia efectiva para aprendizaje informal y no formal, pues es posible establecer un método replicable que permita el acceso a experiencias educativas inmersivas fuera de instituciones formales.

Palabras clave: Diseño 3D CG, Educación informal, Educación no formal, Realidad Aumentada, Realidad Virtual.

Abstract

The objective of this work is to present 3D CG (Computer Graphics) design implementations for Immersive Technology applications in non-formal and informal educational contexts. The methodology used for project management was SCRUM, along with the agile software development life cycle model, which integrates the phases of planning, design, construction and implementation, testing, deployment, and maintenance. A process model was created, specifying the proposed 3D CG modeling stages. This model is replicable due to its flexibility and simplicity. Among the 3D CG designs developed are models of a Mayan Goddess, flora and fauna from southern Mexico, and Mesozoic species, which, through their integration into Immersive Technologies, provide access to knowledge. The research concludes that 3D CG design incorporated into Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), and Web Virtual Worlds, as well as Holograms, is an effective strategy for informal and non-formal learning, as it is possible to establish a replicable method that allows access to immersive educational experiences outside of formal institutions.

Keywords: 3D CG Design, Informal Education, Non-formal Education, Augmented Reality, Virtual Reality.

INTRODUCCIÓN

La educación contemporánea se desarrolla en tres contextos diferenciados. La educación formal se caracteriza por su estructura institucionalizada dentro de instituciones reconocidas oficialmente, con currículos establecidos y certificación oficial (Fernández, 2025). La educación no formal comprende actividades organizadas fuera del sistema oficial, con flexibilidad y adaptabilidad, incluyendo talleres y programas comunitarios (Ullaguari, 2021). Así mismo Chargoy-Espinoza (2023) menciona que La educación no formal se acude libremente y se capacita no solo para desarrollar una labor específica, si no que le permite disfrutar del tiempo y espacios libres. La educación informal representa el aprendizaje no estructurado mediante experiencias cotidianas y su relación con el medio ambiente, ejemplo en museos, espacios públicos y medios digitales (Vargas, 2025). Del mismo modo Chargoy-Espinoza (2023) dice que la educación informal se realiza fuera de las instituciones educativas tradicionales, se considera una alternativa que ofrece la posibilidad de desarrollar procesos de aprendizaje menos convencionales, se da de forma no intencional y no planificada, en la propia interacción cotidiana, no planificada. En los contextos informales y no formales se presentan oportunidades para el empleo de tecnologías 3D CG, permitiendo la exploración autodirigida y sin presión evaluativa.

A través del modelado 3D CG (Computer Graphics, Gráficos por Computadora) es posible diseñar objetos tridimensionales. Una herramienta considerada viable para la creación de estos modelos es Blender, por sus características de software gratuito, código abierto y posibilidades de diseño animado (Blender, 2025).

En cuanto a las Tecnologías Inmersivas que emplean estos Diseños 3D CG se encuentran Realidad Aumentada, Realidad Virtual y mundos Virtuales, otra posibilidad de visualizar modelos 3D son Hologramas. La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología donde se muestra información digital adicional al entorno físico, como imágenes, objetos, que se visualizan a través de un dispositivo móvil. Por otro lado, la Realidad Virtual (RV) supone la inmersión en un mundo digital, donde es posible manipular los objetos e interactuar con el entorno (Edutrends, 2017). En cuanto a los Mundos Virtuales en Web muestran un entorno digital que es visible a través de un navegador web y con el que es posible interactuar, muchos de los juegos en línea siguen este formato. Otra forma de poder visualizar de una forma innovadora los diseños 3D CG son los hologramas, permiten la proyección este tipo de imágenes interactivas que se pueden manipular en tiempo real, se puede visualizar desde diferentes ángulos, creando la ilusión de profundidad, textura y detalles (Led Visual, 2025). Todas estas tecnologías se usan en los contextos educativos con la finalidad de crear experiencias inmersivas, destacando su uso en educación no formal e informal.

En este trabajo se aborda el diseño de modelados 3D CG y su uso en tecnologías de Realidad Aumentada y Hologramas, en espacios públicos y culturales. Entre los modelos desarrollados se encuentran el modelo de Diosa Maya, Flora y Fauna de regiones del sur de México, así como Especies Mesozoicas, que, a través de su integración en tecnologías como Realidad Aumentada, Realidad Virtual y dispositivos móviles, permiten acceso al conocimiento.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general

El objetivo es dar a conocer implementaciones de diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales.

Objetivos específicos

- Analizar el uso del modelado 3D CG en contextos educativos no formales e informales implementados usando Tecnologías Inmersivas como Realidad Aumentada y Hologramas.
- Establecer las etapas de diseños de modelado 3D CG para crear un modelo de proceso.
- Analizar y realizar las encuestas del Cuestionario de Evaluación de Modelos 3D CG.
- Dar a conocer los resultados del uso del diseño 3D CG en contextos para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es dar a conocer implementaciones de diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas, como Realidad Aumentada y Hologramas, en contextos educativos no formales e informales, en específico museos, centros culturales, parques naturales y espacios públicos.

METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología SCRUM (2020). para gestionar el desarrollo de los proyectos para los que se desarrollo el modelado 3D. con sus respectivas etapas. Un Sprint en SCRUM se refiere al periodo durante el cual se trabaja en equipo para lograr un incremento, es decir un objetivo del proyecto. Se realizan varios sprint, donde se reúnen los miembros del equipo, hasta lograr la entrega final del proyecto (IBM, 2025). También se empleó uno de los modelos de ciclo de vida del desarrollo de software más usados, el modelo ágil, el cual dispone las fases de planificación, diseño, construcción e implementación, pruebas, despliegue y mantenimiento, en varios ciclos de desarrollo. El equipo realiza iteraciones rápidas a través de las fases y modificaciones progresivas en cada ciclo. Los resultados se evalúan continuamente para atender los cambios de forma rápida. En cuanto al diseño de desarrollos (AWS, 2025). Además, se propone un modelo de procesos por etapas para diseño de modelado 3D CG implementados en Tecnologías Inmersivas.

Modelo de proceso: Etapas para diseño de modelado 3D CG implementados en Tecnologías Inmersivas

Las etapas del modelado 3D CG implementados para Tecnologías Inmersivas propuestas son las siguientes:

Etapas 1 - Análisis y diseño conceptual: Identificación de oportunidades educativas en espacios no formales e informales. Considerar el aprendizaje experiencial, interactividad intuitiva y accesibilidad universal. Se considera el público al que va dirigido el proyecto. Se seleccionan temáticas relevantes y la tecnología que se empleará para visualizar e interactuar con los modelos 3D.

Etapas 2 - Diseño 3D CG: Se seleccionan las herramientas para crear los diseños, y se crean los diseños considerando la estilización, que indica qué tanto se aleja el diseño de la realidad para favorecer la expresión, la estética o la narrativa, algunos estilos digitales son: caricatura, dibujo animado, dibujos planos, realismo, entre otros (21 Draw., 2023). Existe una clasificación que divide el arte visual en Realista, Estilizado (o icónico) y Caricatura (o abstracto) tiene su base teórica en los trabajos de Scott McCloud. Asimismo, se consideran componentes técnicos de diseño como, modelado, texturas, iluminación, animación y efectos, renderizado.

Etapas 3 - Evaluación de los Diseño 3D CG: Se evalúan los modelos 3D CG con base en rubricas establecidas donde se consideran aspectos específicos que corresponde al estilo de diseño considerado para su creación y objetivos educativos en espacios no formales e informales. Se consideran aspectos como: metas y expectativas, creatividad e innovación, comunicación, entre otros.

Etapas 4 - Implementación para Tecnologías Inmersivas: Los modelos 3D CG se implementan en las aplicaciones para las que fueron diseñadas, Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Hologramas se integran en el proceso de construcción del ciclo de vida del software, se programan, animan, detonan acciones para los que fueron creados.

Etapas 5 - Implementación en espacios públicos, evaluación y análisis: Implementación de las tecnologías inmersivas en espacios públicos, no formales e informales, como de circulación, naturales, recreativos, culturales y en línea. La evaluación se realiza mediante cuestionarios que responden usuarios de manera voluntaria post-experiencia, finalmente se analiza la información obtenida, que es considerada para mejoras.

FASES DEL DESARROLLO

Etapas 1 - Análisis y diseño conceptual: Se realizaron los diseños considerando el contexto educativo para el que eran desarrollados los modelos. La gran mayoría dirigidos al público en general. Se plantearon y crearon Diseños 3D CG de especies, cuyo objetivo es que los usuarios conozcan la Biodiversidad del sur de México, flora y fauna, así como elementos Culturales de México, que muchas personas no conocen por la ubicación geográfica en la que se encuentran estas especies o incluso porque ya no existen, como es el caso del Diseño de Especies Mesozoicas.

Para cada uno de los Diseños 3D CG, se realizaron investigaciones sobre características, analizaron diferentes imágenes, para identificar las diferencias y similitudes con especies de otras regiones, con el objetivo de generar imágenes correctas para su implementación en Tecnologías Inmersivas como Realidad Aumentada, que permitieran acceso al conocimiento.

Etapas 2 - Diseño 3D CG: Se uso el Estilizado (Stylized), ya que es considerado un punto medio y más usado en videojuegos modernos, intenta ser real, las formas son simplificadas, los colores y texturas son intensos.

Las herramientas usadas para el Diseño de modelado 3D CG implementados para Tecnologías Inmersivas fueron las siguientes:

- **Blender 3D CG:** Software de modelado, animación y renderizado para creación de objetos tridimensionales educativos de acceso libre (Blender, 2025).
- **Unity 3D CG:** Motor de desarrollo para integración de modelos en aplicaciones de realidad aumentada accesibles mediante dispositivos personales (Unity, 2025).

- **Google ARCore:** Plataforma de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles Android de amplia disponibilidad (Google ARCore, 2025).
- **Vuforia SDK:** Kit de desarrollo para implementación de funcionalidades de realidad aumentada en espacios públicos (Vuforia, 2025).

Para los Diseños se consideró el Estilo Estilizado, entre los modelos de Diseños 3D CG se encuentran la Flora, como el *Theobroma Cacao* (ver Figura 1), y Fauna, como la *Ardilla* (ver Figura 2) de regiones del sur de México, *Diosa Maya* (ver Figura 3), así como Especies Mesozoicas, como el *Triceratops* (ver Figura 4).

Figura 1.

Diseño 3D CG de *Theobroma Cacao*.



Figura 2.

Diseño de modelado 3D CG de Fauna del sur de México: *Ardilla*.



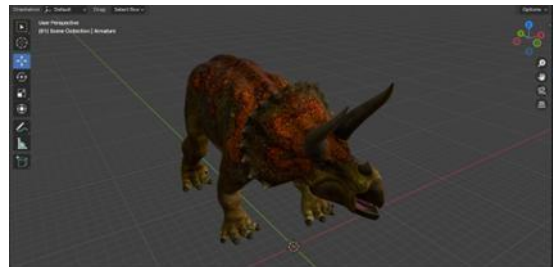
Figura 3.

Diseño de modelado 3D CG de una *Diosa Maya*



Figura 4.

Modelo de *Triceratops*



Etapla 3 - Evaluación de los Diseño 3D CG: Se evaluaron los modelos generados diseño 3D CG, para ello se usaron las rubricas y cuestionarios, previamente diseñados con preguntas sobre aspectos de diseño y su impacto con la visualización de los mismos, algunas de ellas se presentan a continuación:

- Cumplimiento de Especificaciones: conocer si el modelo 3D entregado cumplió con las especificaciones técnicas, las restricciones de rendimiento y los objetivos visuales acordados al inicio del proyecto.
- Valor Añadido Creativo: conocer qué tan innovadora o creativa fue la solución de modelado 3D para resolver el desafío visual o funcional específico del proyecto.
- Calidad de la ejecución Técnica: Evaluación de la calidad técnica del modelo 3D para su uso posterior, como el renderizado, motores de juego, etc.
- Realismo y Coherencia Visual. ¿los materiales y texturas se ven realistas (o coherentes con el estilo)y están aplicados de manera uniforme y correcta en todo el modelo.

Etapla 4 - Implementación para Tecnologías Inmersivas: Para la implementación de los modelos en las Tecnologías Inmersivas de Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Hologramas se programaron las acciones que cada uno de los Diseños 3D CG debía ejecutar, por ejemplo, la animación, como moverse, emitir sonidos, detectar un aspecto físico para visualizarse, entre otros. Así mismo, se integraron elementos educativos como flash cards, que son cartas con micro contenidos, en las que se visualiza información de las especies, acciones interactivas que permiten escuchar sonidos, movimiento en su hábitat, acciones programadas con el objetivo de apropiarse del conocimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

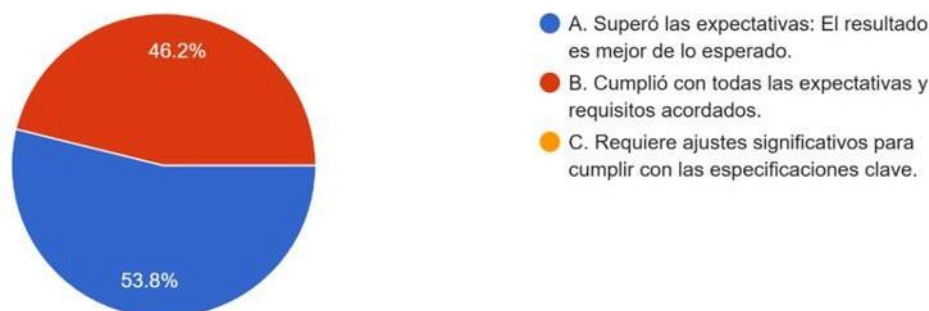
Como resultados se presentan los Diseños de la Etapa 2. Diseño 3D CG: la Flora, Theobroma Cacao (ver Figura 1), y Fauna, la Ardilla (ver Figura 2) de regiones del sur de México, Diosa Maya (ver Figura 3) y Especie Mesozoica, Triceratops (ver Figura 4).

En cuanto a los resultados de las evaluaciones de los modelos diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas los resultados de acuerdo con la estructura planteada, realizadas por 13 usuarios a los que se les mostraron los modelos terminados, algunos que destacan fueron los siguientes:

Cumplimiento de Especificaciones: ¿El modelo 3D entregado cumplió con las especificaciones técnicas, las restricciones de rendimiento y los objetivos visuales acordados al inicio del proyecto?. Los resultados fueron los siguientes: el 53% indicaron que superó las expectativas y el resultado es mejor de lo esperado, el 46.2% indico que cumplió con todas las expectativas y requisitos acordados. Finalmente, ninguno indico que se requieren. ajustes significativos para cumplir con las especificaciones clave (ver Figura 5).

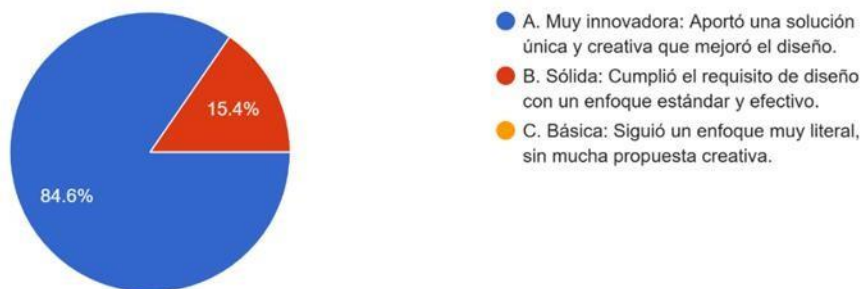
Figura 5

Cumplimiento de Especificaciones.



Valor Añadido Creativo: ¿Qué tan innovadora o creativa fue la solución de modelado 3D para resolver el desafío visual o funcional específico del proyecto? Los resultados fueron los siguientes: el 84.4% indicaron que fue muy innovadora, que aportó una solución única y creativa que mejoró el diseño, el 15.4 % indico que fue sólida: cumplió el requisito de diseño con un enfoque estándar y efectivo. Finalmente, ninguno indico que es básica, que siguió un enfoque muy literal, sin mucha propuesta creativa (ver Figura 6).

Figura 6
Valor Añadido Creativo.



En general las opiniones fueron muy buenas para los diseños 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales. Se concluye el trabajo con la

Otro resultado es el de la Fase - 4 de implementación en espacios públicos, evaluación y análisis que a continuación se explica:

Etapas 5 de implementación en espacios públicos, evaluación y análisis: Se implementaron las diferentes Tecnologías Inmersivas en espacios específicos, públicos, no formales e informales, para los casos mencionados en apartados anteriores:

Espacios culturales y naturales como un museo que se considera como un espacio híbrido, es decir de estilo no formal e informal, pues el aprendizaje puede ser guiado o libre por descubrimiento espontáneo, que se fundamenta en el interés del visitante. Aunque es predominantemente no formal, pues existen exposiciones o talleres que están planeados en horarios específicos. La Flora, como el Theobroma Cacao (ver Figura 1), y Fauna, como la Ardilla (ver Figura 2) y la Diosa Maya (ver Figura 3) fueron integrados a Tecnologías inmersivas en este tipo de espacios.

Otra participación de una aplicación de realidad virtual (RV) en una feria de ciencias itinerante se clasifica principalmente como Educación no formal, aunque también presenta elementos de educación informal. Es considerado educación no formal, tiene establecido un objetivo pedagógico, con contenidos específicos, es itinerante, existe una logística en fechas y estructura de stands, los divulgadores explican el objetivo y uso de la Realidad Virtual. Por otro lado puede considerarse educación informal dado que los visitantes deciden visitar el stand, así como usar la tecnología inmersiva, asimismo el aprendizaje es exploratorio una vez dentro del mundo virtual. Las Especies Mesozoicas, como el *Triceratops* (ver Figura 4) fueron parte de este tipo de espacios públicos.

CONCLUSIÓN

Se concluye que se logró el objetivo es dar a conocer implementaciones de diseño 3D CG para aplicaciones de Tecnologías Inmersivas en contextos educativos no formales e informales. Se analizó el uso del modelado 3D CG en contextos educativos no formales e informales para o Tecnologías Inmersivas como Realidad Aumentada y Hologramas.

Un importante aporte es la creación de un modelo de proceso, sencillo y práctico donde se establecieron las etapas de diseños de modelado 3D CG, explicando cada una de las etapas, que es posible replicar en proyectos de este tipo de aplicaciones de Tecnologías Inmersivas. Se creó una encuesta de Evaluación de Modelos 3D CG que posteriormente se analizó y consideraron los resultados para aplicar las mejoras a los Diseños 3D CG.

Se presentaron de forma general los resultados de la implementación de este trabajo en los espacios culturales y naturales como museos y espacios públicos donde se realizó la feria de ciencias itinerante, explicando los estilos de educación no formal e informal, al que aplican estos espacios.

Se propone continuar realizando este tipo de diseños de 3D CG en otros proyectos de divulgación, con otros temas, esto como estrategia en la educación no formal e informal.

BIBLIOGRAFÍA

- 21 Draw. (2023). *Diferentes estilos de ilustración: Una guía completa*. <https://www.21-draw.com/es/illustration-styles/>
- Amazon Web Services. (2025). *¿Qué es el SDLC? - Explicación del ciclo de vida del desarrollo de software*. <https://aws.amazon.com/es/what-is/sdlc/>
- Blender Foundation. (2025). *Blender 5.0*. <https://www.blender.org/>
- Chargoy-Espinoza, M. (2023). Educación formal y no formal en México: análisis comparativo y perspectivas de mejora. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(3), 19-24.
- EduTrends. (2017). *Realidad aumentada y realidad virtual*. Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación. <https://observatorio.tec.mx/edu-reads/edu-trends-realidad-virtual-y-realidad-aumentada/>
- Fernández, D. F. (2025). *Educación formal no formal informal*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/614410795/1-3-Educacion-Formal-No-Formal-Informal>
- Google. (2025). *Google ARCore*. <https://developers.google.com/ar?hl=es-419>
- IBM. (2025). *¿Qué es la gestión de programas ágil?* <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/agile-program-management>
- Scrum.org. (2020). *The Scrum framework poster*. <https://www.scrum.org/resources/scrum-framework-poster>
- Ullaguari, D. (15 de septiembre de 2021). *Educación formal, no formal, informal*. Prezi. <https://prezi.com/p/qbg-hxretdo7/educacion-formal-no-formal-informal/>
- Unity Technologies. (2025). *Unity*. <https://unity.com/es/>
- Vargas, M. (2025). *Educación formal, no formal, educación informal*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/447659579/Educacion-Formal-No-Formal-Educacion-Informal>
- Vuforia Engine. (2025). *Vuforia Engine 11*. <https://developer.vuforia.com/home>

Estrategias de transformación organizacional: criterios para la toma de decisiones en las empresas

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.944

Dr. Jorge Noriega Zenteno¹, Dra. Zulma Sánchez Estrada², Mtro. Jorge Carlos León Anaya³, Dr. Saúl Rangel Lara

¹Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: jorge.noriega@upvm.edu.mx

²Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: zulma.sanchez@upvm.edu.mx

³Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: jorge.leon@upvm.edu.mx

⁴Universidad Politécnica del Valle de México, e-mail: saul.rangel@upvm.edu.mx

Línea de investigación: Reingeniería, Mejora Continua

Resumen

La competitividad global y la transformación digital han obligado a las empresas a revisar constantemente sus procesos y estructuras. Dos enfoques predominantes en este sentido son la reingeniería y la mejora continua. Este artículo analiza las diferencias, beneficios y desafíos de ambos modelos, para ayudar a las organizaciones a determinar cuál resulta más adecuado según sus necesidades, recursos y objetivos estratégicos. Mediante una revisión conceptual y un análisis comparativo, se proporcionan criterios clave para la toma de decisiones.

Palabras clave: Reingeniería, Mejora Continua, Procesos, Cambio Organizacional, Productividad, Calidad

Abstract

Global competitiveness and digital transformation have led companies to constantly reassess their processes and organizational structures. Two prevailing approaches in this regard are reengineering and continuous improvement. This article examines the differences, benefits, and challenges of both models to help organizations determine which one is best suited to their needs, resources, and strategic goals. Through conceptual review and comparative analysis, key decision-making criteria are provided.

Keywords: Reengineering, Continuous Improvement, Processes, Organizational Change, Productivity, Quality

INTRODUCCIÓN

En el entorno empresarial actual, caracterizado por la velocidad del cambio tecnológico y la exigencia constante de valor agregado, las organizaciones deben optar por estrategias de mejora que les permitan sostener su competitividad. Dos caminos suelen presentarse: la mejora continua, basada en pequeños ajustes progresivos, y la reingeniería, que plantea rediseños radicales. Entender sus alcances, metodologías y efectos es fundamental para una toma de decisiones eficaz.

DESARROLLO

La mejora continua, inspirada en filosofías como Kaizen, busca perfeccionar los procesos existentes mediante cambios graduales que involucran a todos los niveles de la organización. En contraste, la reingeniería apuesta por replantear completamente los procesos clave, con el fin de lograr mejoras sustanciales en costos, calidad, servicio y velocidad. Ambas tienen sus ventajas y limitaciones, dependiendo del contexto organizacional, del grado de urgencia del cambio y de los recursos disponibles.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General:

Analizar comparativamente la reingeniería y la mejora continua como estrategias para optimizar procesos empresariales, identificando sus principales características, beneficios y limitaciones.

Objetivos Específicos:

- Describir los fundamentos teóricos de la reingeniería y la mejora continua.
- Identificar situaciones organizacionales donde cada enfoque sea más efectivo.
- Evaluar el impacto de la implementación de ambas estrategias en la productividad y eficiencia empresarial.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este artículo son las organizaciones empresariales que buscan optimizar sus procesos internos y mejorar su competitividad a través de metodologías de transformación. Se consideran distintos sectores económicos para analizar cómo la reingeniería y la mejora continua pueden adaptarse a diferentes realidades organizacionales.

La presente investigación centra en el análisis comparativo de dos enfoques estratégicos ampliamente utilizados en la gestión organizacional: la **reingeniería de procesos** y la **mejora continua**. Ambos métodos representan caminos distintos para la transformación empresarial, pero con el objetivo común de optimizar el desempeño organizacional, aumentar la eficiencia operativa y elevar los estándares de calidad.

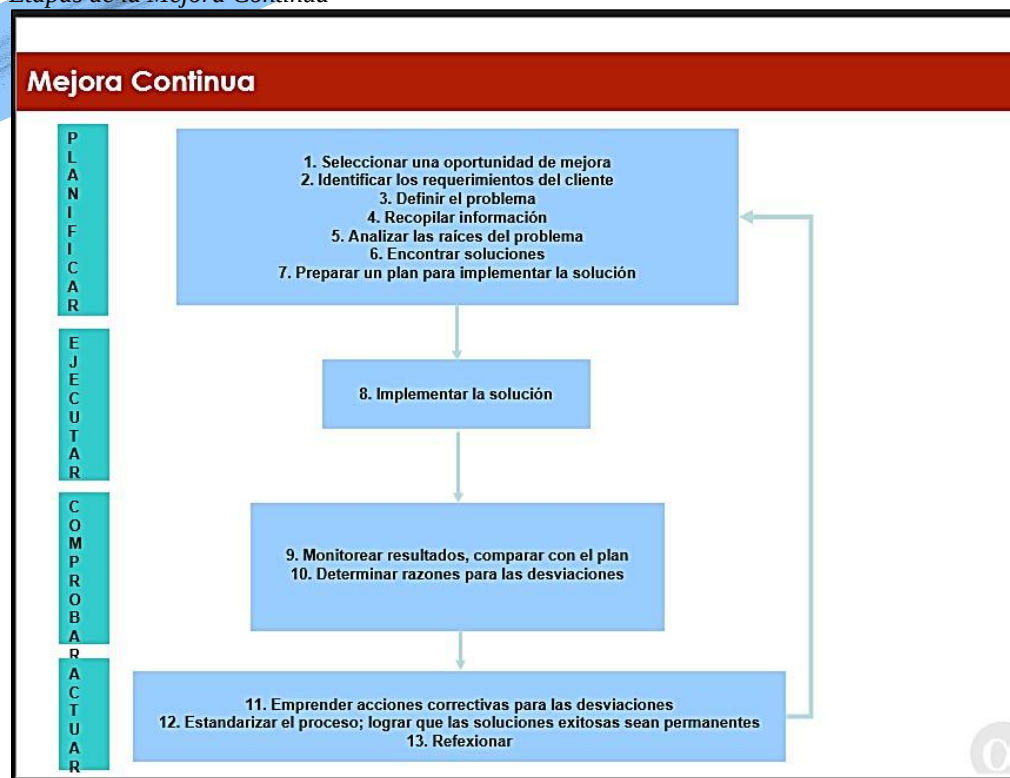
Esta investigación se enfoca en identificar, describir y evaluar las condiciones, características, ventajas y limitaciones de cada enfoque, con la finalidad de establecer una **guía práctica de asesoramiento** para empresas que buscan mejorar sus procesos. Se consideran factores clave como el nivel de urgencia del cambio, la cultura organizacional, la estructura de los procesos actuales, los recursos disponibles, la disposición al cambio por parte del personal y los objetivos estratégicos de corto y largo plazo.

Asimismo, el estudio busca proporcionar **criterios objetivos y fundamentados** que orienten a los consultores y asesores empresariales en la elección del enfoque más adecuado, ya sea que se trate de intervenciones disruptivas mediante la reingeniería o de transformaciones progresivas mediante ciclos de mejora continua. Esta propuesta cobra especial relevancia en un contexto en el que las organizaciones requieren respuestas ágiles y efectivas ante desafíos globales, innovación tecnológica y expectativas crecientes de sus clientes.

En suma, este trabajo no solo delimita los fundamentos teóricos y metodológicos de cada enfoque, sino que propone una herramienta analítica para facilitar la **toma de decisiones estratégicas en consultoría empresarial**, aportando valor tanto a empresas consolidadas como a aquellas en procesos de desarrollo o reestructuración.

Finalmente, se reconoce que la decisión de implementar reingeniería o mejora continua dependerá de las necesidades específicas de cada organización, su diagnóstico interno, su entorno competitivo y su capacidad de adaptación al cambio. La clave está en realizar una evaluación consciente, fundamentada y contextualizada para asegurar el éxito de la estrategia seleccionada, se ve en la figura 1.

Figura 1.
Etapas de la Mejora Continua



METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio es de carácter descriptivo, analítico y comparativo, con un enfoque cualitativo que permite explorar a profundidad los fundamentos, aplicaciones y resultados de los enfoques de reingeniería de procesos y mejora continua en distintos contextos organizacionales. El propósito central ha sido comprender y contrastar las características estructurales, operativas y estratégicas de ambas metodologías para ofrecer una base sólida que oriente la toma de decisiones en el ámbito de la consultoría empresarial.

Como primer paso, se llevó a cabo una revisión documental exhaustiva de literatura especializada, que incluyó libros, artículos académicos, normas técnicas y publicaciones de organismos internacionales sobre gestión de la calidad, transformación organizacional y mejora de procesos. Este marco teórico permitió establecer las bases conceptuales necesarias para el análisis.

Posteriormente, se desarrolló un estudio comparativo de casos prácticos, seleccionando experiencias documentadas en empresas tanto nacionales como internacionales, pertenecientes a sectores industriales y de servicios. Estos casos permitieron observar la aplicación real de los enfoques, sus resultados, obstáculos enfrentados y condiciones críticas de éxito.

De manera complementaria, se analizaron indicadores clave de desempeño organizacional (KPI), tales como eficiencia operativa, reducción de costos, satisfacción del cliente, tiempo de respuesta y calidad del producto o servicio, con el fin de evaluar el impacto cuantitativo y cualitativo derivado de la implementación de cada estrategia.

Finalmente, se construyó una matriz de análisis comparativo que sintetiza los hallazgos más relevantes, y que sirve como herramienta para facilitar la elección del enfoque más conveniente según el diagnóstico y las metas específicas de cada organización.

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo de este análisis se llevó a cabo en cuatro fases:

1. Revisión bibliográfica de los conceptos fundamentales de reingeniería y mejora continua.
2. Identificación de ventajas, desventajas y condiciones de aplicación de cada enfoque.
3. Análisis de estudios de caso reales en empresas de manufactura y servicios.
4. Elaboración de un marco comparativo para la toma de decisiones estratégicas.

1. Revisión bibliográfica de los conceptos fundamentales de reingeniería y mejora continua

La primera fase del estudio consistió en una revisión bibliográfica exhaustiva centrada en los fundamentos teóricos y conceptuales de la reingeniería de procesos y la mejora continua. Se consultaron fuentes académicas especializadas, libros clásicos de la gestión organizacional, artículos de investigación y publicaciones de organismos internacionales en calidad y productividad. Esta revisión permitió identificar las definiciones clave, principios rectores, metodologías asociadas (como el ciclo PHVA para mejora continua y el rediseño radical de procesos para reingeniería), así como los marcos históricos y evolutivos de cada enfoque. La bibliografía analizada proporcionó el sustento teórico necesario para entender cómo y por qué estas estrategias han sido adoptadas por organizaciones en distintos contextos.

2. Identificación de ventajas, desventajas y condiciones de aplicación de cada enfoque

En esta segunda fase se procedió a sistematizar las fortalezas y limitaciones de cada metodología, contrastando sus efectos esperados y su nivel de adecuación en función del tipo de empresa, su cultura organizacional, su nivel de madurez en gestión de procesos y su entorno competitivo. Entre las ventajas de la mejora continua se identifican su bajo costo de implementación, su enfoque participativo y su carácter sostenible en el tiempo; mientras que sus limitaciones incluyen una velocidad de cambio moderada y la imposibilidad de resolver problemas estructurales profundos. Por otro lado, la reingeniería ofrece ventajas como resultados de alto impacto y rediseño integral, pero implica riesgos asociados a la resistencia al cambio, mayor inversión y disrupción organizacional. Esta etapa permitió definir las condiciones óptimas para aplicar cada enfoque, como la estabilidad organizacional en el caso de la mejora continua, o el colapso funcional en el caso de la reingeniería.

3. Análisis de estudios de caso reales en empresas de manufactura y servicios

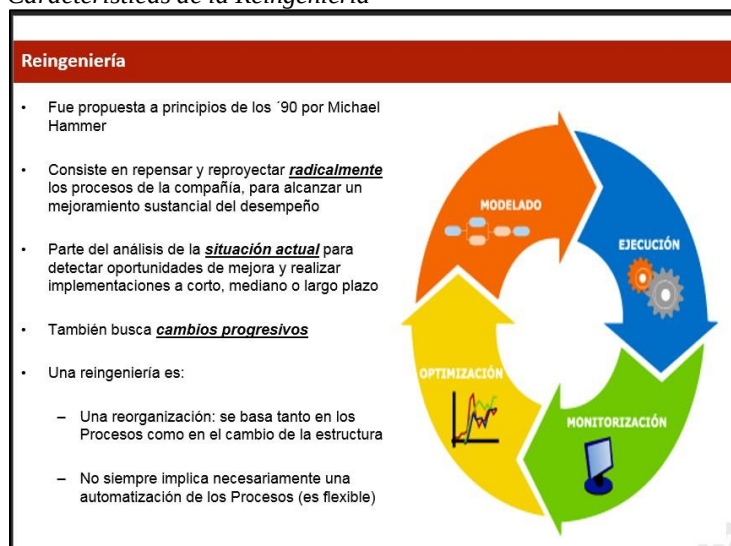
La tercera fase consistió en el análisis de casos documentados de empresas de diversos sectores, principalmente manufactura y servicios, que han implementado alguno o ambos enfoques en sus procesos organizacionales. Se seleccionaron casos representativos con información pública verificable, evaluando los contextos iniciales, los objetivos perseguidos, las acciones implementadas y los resultados obtenidos. En empresas de manufactura se observaron mejoras notables en eficiencia operativa mediante la reingeniería de líneas de producción, mientras que en empresas de servicios destacó la mejora continua en la atención al cliente y en la estandarización de procesos internos. Estos casos aportaron evidencia empírica del impacto que puede tener cada estrategia, así como de los factores críticos de éxito y de fracaso en su aplicación.

4. Elaboración de un marco comparativo para la toma de decisiones estratégicas

Como resultado de las fases anteriores, se construyó un marco comparativo estructurado que permite a los responsables de la toma de decisiones en las organizaciones evaluar de manera objetiva cuál de los dos enfoques resulta más conveniente según su situación particular. Este marco considera variables como: tipo de problema organizacional, urgencia del cambio, nivel de recursos disponibles, cultura organizacional, resistencia esperada, impacto deseado y capacidad de gestión del cambio. Se diseñaron tablas de comparación, matrices de decisión y escenarios proyectivos que ayudan a visualizar los efectos esperados de cada metodología y a definir rutas estratégicas de intervención, ya sea a través de la mejora continua, la reingeniería o una combinación racional de ambas. Como se observa en la figura 2.

Figura 2.

Características de la Reingeniería



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos derivados del análisis documental, los estudios de caso y la revisión de indicadores de desempeño revelan que la mejora continua representa una opción particularmente adecuada para aquellas organizaciones que buscan impulsar cambios graduales, sostenibles y con bajo nivel de disrupción estructural. Su enfoque participativo favorece la implicación activa del personal en todos los niveles jerárquicos, fortaleciendo la cultura organizacional, el sentido de pertenencia y la mejora del clima laboral. Este modelo es especialmente eficaz en empresas con procesos estables que requieren perfeccionamientos progresivos para adaptarse a un entorno competitivo cambiante.

En contraste, la reingeniería de procesos emerge como una estrategia idónea cuando los sistemas actuales presentan ineficiencias estructurales, duplicidad de funciones, altos costos operativos, tiempos prolongados o un bajo nivel de respuesta al cliente. En estos casos, se hace necesario un rediseño radical de los procesos fundamentales, lo que implica romper con paradigmas existentes y reconfigurar profundamente las estructuras organizacionales. Este enfoque ha demostrado generar resultados notables en términos de reducción de costos, incremento en la velocidad de respuesta y mejora sustancial en la calidad del servicio o producto.

Una observación significativa es que diversas organizaciones han optado por integrar ambos enfoques de manera estratégica, utilizando la mejora continua como método permanente de perfeccionamiento y la reingeniería como herramienta puntual para procesos críticos que requieren transformación profunda. Este enfoque combinado ha mostrado mejores resultados en términos de productividad, innovación, satisfacción del cliente, alineación con los objetivos estratégicos y consolidación de ventajas competitivas sostenibles.

Cabe destacar que el éxito en la implementación de cualquiera de estas estrategias está fuertemente asociado a factores como el liderazgo transformacional, la claridad en la comunicación del cambio, la capacitación del personal y la existencia de una cultura organizacional orientada a la mejora.

Figura 3.

Cuadro comparativo entre Reingeniería y Mejora Continua

Mejora Continua o Reingeniería de Procesos		
Características	MEJORA CONTINUA	REINGENIERÍA
Nivel de Cambio	Gradual	Gradual
Punto de Partida	Situación Actual	Situación Actual
Frecuencia	Constante	Parte de la situación actual y sigue adelante
Estilo de Trabajo	Filosofía permanente (pequeños/medianos proyectos)	Mega Proyecto (pequeños/medianos y grandes proyectos)
Tiempo	Corto/mediano Plazo	Corto/mediano y Largo Plazo
Decisión	De arriba hacia abajo (las iniciativas pueden surgir de abajo)	De arriba hacia abajo (las iniciativas pueden surgir de abajo)
Riesgo	Medio	Medio
Inversión	Baja/Media	Baja/Media

CONCLUSIÓN

La elección entre reingeniería y mejora continua no debe realizarse de manera arbitraria o basada únicamente en tendencias de gestión, sino que debe responder a un diagnóstico organizacional riguroso, a una evaluación de los recursos disponibles y a la claridad en los objetivos estratégicos. Cada enfoque tiene una razón de ser y un contexto óptimo de aplicación.

La mejora continua favorece una evolución paulatina, pero constante, de los procesos y resulta particularmente eficaz cuando se cuenta con una base operativa sólida y una cultura de mejora ya establecida. En cambio, la reingeniería es una alternativa valiosa cuando se requiere un cambio estructural profundo y los métodos tradicionales de mejora ya no son suficientes.

En muchos escenarios, un modelo híbrido que combine ambas metodologías puede ofrecer la mayor efectividad: la reingeniería actúa como catalizador del cambio radical y la mejora continua garantiza la sostenibilidad del mismo a lo largo del tiempo.

Finalmente, se concluye que el éxito en la aplicación de estas estrategias está determinado por la capacidad de las organizaciones para adaptarse al cambio, promover la innovación y fortalecer el compromiso del talento humano. Implementar cualquiera de estas rutas exige liderazgo sólido, visión compartida, una cultura de aprendizaje continuo y una planificación estratégica alineada con las necesidades reales de la organización y de su entorno.

Si bien existen diversas metodologías para el diseño de procesos, básicamente todas pueden resumirse en desarrollar las siguientes etapas de acuerdo con la figura 4:

Figura 4.
Etapas del Diseño de Procesos



BIBLIOGRAFÍA

- Hammer, M. & Champy, J. (1993). Reengineering the Corporation. HarperBusiness.
- Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. McGraw-Hill.
- Harrington, H. J. (1991). Business Process Improvement. McGraw-Hill.
- Deming, W. E. (1986). Out of the Crisis. MIT Press.
- Davenport, T. H. (1993). Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Harvard Business School Press.

Evaluación de *Ricinus Communis* para el control de plagas agrícolas

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.927

Mónica Acuña Jiménez¹, Javier Eduardo Zavala López², Carlos Alberto Inzunza Castro³,
José Manuel Vega León⁴, Roandi Meidel Aguilar Cisneros⁵

¹Universidad Politécnica del Valle del Évora, e-mail: monica.acuna@upve.edu.mx

²Universidad Politécnica del valle del Évora, e-mail: 220120094@upve.edu.mx

³Universidad Politécnica del Valle del Évora, e-mail: 220120005@upve.edu.mx

⁴Universidad Politécnica del Valle Évora, e-mail: 220120001@upve.edu.mx

⁵Universidad Politécnica del Valle del Évora, e-mail: 190040003@upve.edu.mx

Línea de investigación: Biotecnología agrícola

Resumen

En México el empleo de plaguicidas es habitual para controlar plagas en la agricultura, esto provoca riesgos ambientales de contaminación por plaguicidas. El objetivo de esta investigación fue elaborar un bioinsecticida a base de higuierilla (*Ricinus communis*) para el control de plagas. Se recolectó higuierilla Verde (HV) y Lila (HL) en la comunidad de Leopoldo Sánchez Celis, Angostura y, se trasladó al Laboratorio de Química de la Universidad Politécnica del Valle del Évora para la extracción de metabolitos secundarios. El extracto fue obtenido a partir de 30 g de semillas y hojas las cuales fueron previamente lavadas, desinfectadas y trituradas. Posteriormente, se llevaron a cabo los bioensayos en laboratorio con *Acanthocelides obtectus* (Gorgojo del frijol), usando el extracto al 20 %. El rendimiento obtenido fue de 10.03 g de extracto de hojas de HV, 12.15 g de hoja de HL, 18.33 g de la semilla de HV y 17.80 g de la semilla de HL, lo que representa de un 33.15 a 40.17 % en hoja de higuierilla y de un 59.13 a 61.3 % en semilla de higuierilla. Finalmente, los bioensayos en Gorgojo del frijol evidenciaron una mortalidad del 96.23 ± 0.40 % usando hoja de HV, 93.1 ± 0.17 % con hoja de HL, 80 % con semilla de HV y 20 % con semilla de HL. Con lo anterior se puede concluir que el extracto etanólico de higuierilla tiene potencial para ser empleado como bioinsecticida contra el gorgojo del frijol.

Palabras clave: *Acanthocelides obtectus*, Bioinsecticida, higuierilla.

Abstract

In Mexico, pesticide use is common for pest control in agriculture, posing significant environmental risks from contamination. The objective of this research was to develop a bioinsecticide based on castor bean (*Ricinus communis*) for pest management. Green castor bean (GCB) and purple castor bean (PCB) were collected from the Leopoldo Sánchez Celis community, Angostura, and transported to the Chemistry Laboratory at Universidad Politécnica del Valle del Évora for secondary metabolite extraction. Extracts were obtained from 30 g of previously washed, disinfected, and ground seeds and leaves. Laboratory bioassays were then conducted using *Acanthoscelides obtectus* (bean weevil) at 20% extract concentration. Yields were 10.03 g for GCB leaves, 12.15 g for PCB leaves, 18.33 g for GCB seeds, and 17.80 g for PCB seeds, representing 33.15-40.17% for leaves and 59.13-61.3% for seeds. Bioassays on bean weevil demonstrated mortalities of $96.23 \pm 0.40\%$ with GCB leaves, $93.1 \pm 0.17\%$ with PCB leaves, 80% with GCB seeds, and 20% with PCB seeds. These results indicate that ethanolic castor bean extracts show strong potential as bioinsecticides against bean weevil.

INTRODUCCIÓN

La planta de higuierilla (*Ricinus communis*) se caracteriza por su resistencia y adaptabilidad a diversas condiciones topográficas y climatológicas. Crece comúnmente en regiones áridas, con suelos arenosos y es conocida por la población rural como una maleza sin importancia económica (Sánchez *et al.*, 2014). *R. communis* pertenece a la Familia: Euphorbiaceae, Género: *Ricinus* (Salvador, 2020). El género *Ricinus* se encuentra establecido en todos los continentes, tiene varias subespecies reconocidas: *R. communis sinensis*, *R. communis zanzibarensis*, *R. communis persicus* y *R. communis africanus*, que incluyen 25 variedades botánicas (Conabio, 2007).

Taxonomía higuierilla (*R. Communis*)

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Euphorbiales.

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Ricinus*

Especie: *Ricinus communis* L. (Peña, 2021).

Los aceites esenciales y los extractos son combinaciones de diversos compuestos químicos conocidos como metabolitos secundarios, los cuales son producidos por las plantas. Estos componentes se aíslan o se obtienen mediante distintos métodos, como la destilación por arrastre de vapor o el uso de solventes como agua, alcohol, metanol, etanol, entre otros. Entre las principales sustancias extraídas se encuentran los carbohidratos, sesquiterpenos, éteres y cetonas, que son los responsables de las propiedades biológicas presentes en las plantas aromáticas y medicinales (García *et al.*, 2010).

Ricinus communis posee una amplia diversidad de sustancias químicas, entre las cuales se incluyen alcaloides, terpenoides, flavonoides, cumarinas, tocoferoles y ácidos grasos. Las semillas o frutos de estas plantas contienen compuestos altamente tóxicos, entre ellos la ricina, una proteína que forma parte del grupo encargado de inactivar los ribosomas, lo que impide la síntesis de proteínas y ocasiona la muerte de las células. La ricina también se considera un alcaloide sumamente venenoso que perjudica principalmente al páncreas y al hígado. Aun con su elevada toxicidad, a partir de estas sustancias es posible elaborar distintos productos como fármacos, cosméticos, fungicidas, pesticidas, entre otros (Cruz *et al.*, 2023 y Solís *et al.*, 2016).

La aplicación de extractos de plantas se ha empleado para manejar plagas y enfermedades dentro de la agricultura sostenible, representando una opción viable debido a que su eficacia es muy elevada. Los extractos de higuierilla (*R. communis*) se comercializan en la agroindustria para el control de plagas agrícolas. Estos extractos presentan actividad biológica sobre diversos insectos por lo que el uso de esta planta puede ayudar a la disminución del uso de plaguicidas químicos. Entre los solventes utilizados para obtener estos extractos se encuentran: agua, etanol, metanol, diclorometanol y hexano (Pacheco, 2009).

En México, una de las principales plagas en granos almacenados es el gorgojo del frijol (*Acanthocelides obtectus*). Los granos afectados por esta plaga pierden su valor comercial al presentar daños visibles. El ataque a los granos enteros puede ocurrir en bodega, pero también en campo donde este insecto tiene la habilidad de prolongar su vida debido a la capacidad de las larvas de sobrevivir durante el invierno (Dell'Orto y Arias, 1985).

Para controlar esta plaga se hace uso de malatión, fosfuro de aluminio y bromuro de metilo. Sin embargo, se buscan alternativas al uso de estos agroquímicos, como puede ser el uso de extractos de origen natural. Por lo anterior, investigaciones encaminadas al estudio del efecto de bioplaguicidas representa una opción amigable con el medio ambiente para el control de plagas.

DESARROLLO

El presente trabajo tiene como objetivo analizar una alternativa al uso de agroquímicos que pueden resultar perjudiciales para el medio ambiente o para el ser humano. Para lo anterior se estudió la producción de extractos a base de Higuierilla (*R. communis*) para evaluar su efecto insecticida en el control del gorgojo del frijol (*A. obtectus*). La primera parte de la investigación se enfocó en obtener los extractos etanólicos de semillas y de hojas de higuierilla (Lila y verde). La higuierilla se recolectó en el Valle del Évora, lugar donde se realizó la colecta del material vegetal. Posteriormente el material fue procesado en el Laboratorio de Química de la Universidad Politécnica del Valle del Évora ubicado en las coordenadas (25°07'07.9"N 108°00'35.0"W), latitud norte, 100o 45' longitud oeste a una altitud de 1765 msnm.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto plaguicida de un Bioinsecticida a base de un extracto etanólico de higuierilla (*Ricinus communis*) para el control del gorgojo de frijol (*Acanthoscelides obtectus*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar el rendimiento de extractos de hojas y semilla de higuera.
2. Evaluar la eficacia de los extractos de higuera y sus componentes activos en el control del gorgojo de frijol (*Acanthoscelides obtectus*).

OBJETO DE ESTUDIO

El propósito de este estudio fue elaborar un bioinsecticida a base de extractos de semillas y hojas de higuera, analizar su rendimiento y el efecto insecticida en el control del gorgojo de frijol (*Acanthoscelides obtectus*). La importancia de realizar los extractos vegetales consiste en analizar el efecto plaguicida de plantas de la región para llevar a cabo investigaciones relacionadas con el control biológico, realizando estudios a nivel laboratorio o invernadero y posteriormente replicar los mejores resultados en campo como apoyo de enseñanza y aprendizaje de plagas para la transferencia de la biotecnología agrícola.

METODOLOGÍA

En esta investigación se utilizó una metodología cuantitativa para evaluar el rendimiento de los extractos y los bioensayos contra *A. obtectus*. Para la obtención de los extractos se utilizó la metodología de maceración, en la cual el material vegetal triturado se mantuvo en remojo con agitación con etanol absoluto como disolvente de extracción; finalmente se utilizó para los experimentos la disolución formada por el disolvente y las sustancias bioactivas disueltas en él. Por otra parte, los bioensayos fueron realizados *in vitro* en el laboratorio, poniéndose en contacto adultos de *A. obtectus* con los diferentes extractos con la finalidad de evaluar el porcentaje de mortalidad de los insectos.

FASES DEL DESARROLLO

Material de estudio

La recolección de hojas y semillas de higuera (Figura 1) se realizó en el ejido Leopoldo Sánchez Celis ubicado en Angostura, Sinaloa (25.122187, -108.012461). El material recolectado se transportó al laboratorio de la Universidad Politécnica del Valle del Évora, donde se seleccionaron hojas y frutos sin daño visible, presencia de hongos y/o plagas.

Figura 1

Plantas y Semillas de Higuera Recolectadas en Leopoldo Sánchez Celis, Angostura, Sinaloa.



Tratamiento del material de estudio

Se separaron las plantas de higuera por el color del tallo, verdes y lilas, como se puede observar en la figura 2. Las hojas se lavaron con agua potable, posteriormente se desinfectaron con alcohol al 70 % y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 30 minutos. Finalmente se colocaron en un horno de secado a 40 °C durante 72 h, esto con el fin de favorecer el molido de la hoja. Las hojas secas se molieron en una licuadora convencional hasta obtener un polvo, posteriormente se pasó por un tamiz para obtener un tamaño de partícula de 0.71 mm y se almacenaron en un envase ámbar a temperatura ambiente. Las semillas secas se trituraron en un mortero obteniendo una muestra de apariencia gomosa debido a su contenido de aceite, finalmente se almacenó en refrigeración a 4 °C.

Figura 2

Plantas de higuera (*R. communis*) con tallo verde (A) y lila (B) recolectadas en Leopoldo Sánchez Celis, Angostura, Sinaloa.



Extracto etanólico de hojas y semillas

Se pesaron 30 g de polvo de hoja de higuera en una balanza analítica Sartorius, se colocaron en un matraz de fondo redondo y se le agregaron 120 mL de etanol absoluto, posteriormente se colocó en un termoagitador Fisher scientific a 350 RPM durante 24 h. Una vez transcurridas las 24 h se dejó sedimentar durante 20 minutos y se colocó un matraz kitazato para filtrar al vacío. Posteriormente se obtuvo el material del papel filtro con ayuda de una espátula, el sedimento se colocó en un matraz Erlenmeyer con 120 mL de etanol absoluto y se repitió el proceso hasta completar 72 h.

Concentración del extracto

Los extractos etanólicos se concentraron en un rotaevaporador Yamato RE301 a 55 °C, durante aproximadamente 1.5 h. Al finalizar el proceso las muestras de las hojas de higuera fueron colocadas en un matraz de fondo plano, en el cual aún quedan residuos de etanol en el extracto, por lo que se taparon con papel aluminio con orificios durante una semana aproximadamente para facilitar su eliminación. El rendimiento en la extracción se calculó usando (1), donde: WEE es el peso en gramos obtenido del extracto etanólico concentrado y WMV corresponde al peso en gramos del material vegetal seco pulverizado.

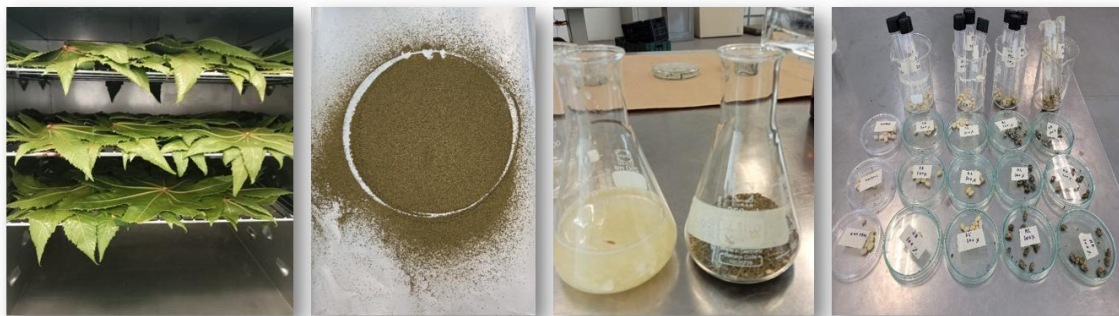
$$\% \text{ Rendimiento} = \left(\frac{WEE}{WMV} \right) * 100 \quad (1)$$

Bioensayos contra Gorgojo del frijol (*Acanthocelides obtectus*)

De los extractos obtenidos se preparó una solución madre agregando 20 mL de agua estéril y posteriormente se realizaron diluciones al 20%. Se tomaron 20 insectos para los bioensayos con los extractos de las hojas y 30 insectos con los bioensayos de las semillas. En un recipiente se colocaron 10 granos de frijol cuyo peso fue de 3.72 ± 0.19 gramos previamente bañados en los diferentes extractos y se colocaron en una caja de Petri con los insectos. La mortalidad fue evaluada a las 24 horas.

Figura 3

Proceso de elaboración de extractos y realización de bioensayos. A) Secado en horno de secado a 40 °C, B) Molido y tamizado del material vegetal, C) Extractos etanólicos y D) Realización de bioensayos *in vitro*.



ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de los datos, se analizó si cumplían con el supuesto de normalidad utilizando la prueba de Shapiro–Wilk. En el caso donde no se presentó el supuesto de normalidad, se usó la prueba de Kruskal–Wallis, y la prueba de post hoc no paramétrico de DSCF (Dwass–Steel–Critchlow–Fligner) adecuado para comparar múltiples grupos. Lo anterior a través del software Jamovi versión 2.6; considerando las diferencias significativas entre los grupos experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluó el rendimiento de extracción y la mortalidad del extracto en bioensayos con el gorgojo del frijol utilizando extractos etanólicos obtenidos de la higuierilla lila (semillas y hojas) y blanca (semillas y hojas). Cada extracto contó con mediciones por triplicado tanto para el rendimiento como para la mortalidad. Los resultados de los rendimientos de los extractos etanólicos se pueden observar en la Tabla 1, se obtuvo un porcentaje en rendimiento de 40.53 a 61.09%, lo que representa de 10.3061 a 18.3292 g de extracto.

Los bioensayos realizados con extracto etanólico de hojas de higuierilla evaluados a una concentración del 20% demostraron el extracto obtenido de la hoja verde mostró una mortalidad del 93.3 ± 0.40 %, mientras que en la hoja lila fue del 96.7 ± 0.17 % en adultos de *A. obtectus* en las primeras 24 horas de exposición. Este resultado sugiere que los compuestos bioactivos presentes en la hoja de *R. communis* presentan su actividad insecticida mediante un mecanismo de acción rápido (Ngegba *et al.*, 2022 y Upasani *et al.*, 2003).

En cuanto a las semillas los resultados fueron del 20 y 80% en la semilla lila y verde respectivamente. En ambos casos (rendimiento y mortalidad) no existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro extractos. Por lo anterior, los rendimientos de extracción son similares entre los cuatro tipos de material vegetal y, las mortalidades provocadas por los extractos no difieren entre sí. Estos resultados expresan que, los efectos insecticidas no dependen del tipo de tejido ni del color del tallo de higuierilla utilizada en este estudio. En conclusión, los resultados indican que no hubo diferencias significativas ni en el rendimiento de extracción ni en la mortalidad del gorgojo entre los cuatro extractos evaluados, bajo las condiciones experimentales del estudio.

Tabla 1

Rendimientos de los Extractos Etanólicos de Higuierilla (*R. communis*).

Muestra	Extracto etanólico (g)	Rendimiento (%)
Hoja lila	12.1598 ^a	40.17 ± 0.31^a
Hoja verde	10.3061 ^a	33.15 ± 0.26^a
Semilla lila	17.8032 ^a	59.13 ± 0.20^a
Semilla verde	18.3292 ^a	61.03 ± 0.05^a

Rendimientos con la misma letra dentro de la columna no presentan diferencia significativa.

Tabla 2
Mortalidad de los Extractos Etanólicos de Higuierilla (*R. Communis*) al 20 % en Gorgojo de Frijol (*A. Obtetus*)

Muestra	Extracto etanólico (%)	Mortalidad (%)
Hoja verde	20	96.23 ± 0.40 ^a
Hoja lila	20	93.1 ± 0.17 ^a
Semilla verde	20	80 ^a
Semilla lila	20	20 ^a

Mortalidades con la misma letra dentro de la columna no presentan diferencia significativa.

De acuerdo con Cedillo (2024) quien realizó aplicaciones de extractos de higuierilla contra el picudo del agave la mortalidad fue mayor a partir del día 4, independientemente de la concentración; además, a partir del día 7 se registró un incremento de la mortalidad en todos los tratamientos (100%). Las concentraciones del 15 y 20% tuvieron mayor mortalidad que 5 y 10% en el día 7. Por otro lado, Mendoza *et al.*, (2016) realizaron un experimento con extractos etanólicos de higuierilla (*Ricinus communis*), ajo (*Allium sativum*) y gobernadora (*Larrea trindetata*) contra *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus zeamais* y *Sitophilus granarius* con los cuales se obtuvieron mortalidades del 9.51 a 17.43 % en *Sitophilus zeamais*, del 6.38 hasta 22.89 % en *Acanthoscelides obtectus* y un 100% de mortalidad de *Sitophilus zeamais* en las primeras 24 horas.

Por otro lado Crisanto y Ayquipa (2013) realizó estudios de extractos de higuierilla contra *Bemisia tabaci* donde se registraron valores de mortalidad bajos usando concentraciones de 1 mg/l, 5mg/l, 10mg/l con porcentajes de mortalidad del 5, 13,3 y 21,6% respectivamente. Los porcentajes de mortalidad relativamente altos se registraron en las concentraciones de 50 mg/l y 100 mg/l con el 45 y 78,3 % respectivamente, con clara dependencia temporal (mayor mortalidad conforme aumenta el tiempo de exposición).

Cedillo (2024) también realizó investigaciones de extractos de higuierilla para probarlos en el control de cochinilla del nopal (*Dactylopius opuntiae*) donde reportó un porcentaje de mortalidad del 100 % en comparación con el control. Aunque *A. obtectus*, *B. tabaci* y *Dactylopius opuntiae* representan órdenes de insectos distintos, ambas respuestas muestran susceptibilidad variable a componentes de *R. communis*, indicando que el espectro insecticida de esta planta es relativamente amplio.

En este estudio, se prepararon extractos tanto de hojas como de semillas de higuierilla. Aunque ambos compartieron el mismo solvente (etanol), es probable que difieran en perfil fitoquímico y concentración de compuestos activos. Sin embargo, ambos mostraron resultados estadísticamente iguales, en el caso de las hojas la mortalidad alta se puede explicar debido a un posible estrés ambiental sobre las plantas, es decir que las hojas hubiesen estado expuestas a radiación UV o plagas, lo cual provocaría que se induzca una mayor producción de alcaloides defensivos.

En trabajos previos se ha reportado una eficacia superior en extractos de semilla, como el caso de Cruz *et al.* (2023) donde se reportó una mortalidad del 62.7-94.2% en bioensayos con el coleóptero *Ulomoides dermestoides* (con 5-40% de extracto de semilla). En el caso de las semillas, estas al ser un órgano de almacenamiento energético, naturalmente tienden a acumular altas concentraciones de metabolitos secundarios defensivos.

CONCLUSIÓN

Los extractos etanólicos de las semillas y hojas de higuierilla (*R. communis*) demostraron propiedades insecticidas significativas contra adultos del gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*). con porcentajes de mortalidad que oscilaron entre 80 - 93.23 ± 4.0 % a las 24 horas de exposición, exceptuando la semilla de higuierilla lila que mostró menor eficacia. Contrario a lo esperado, los resultados mostraron que los extractos de hojas y semillas no presentan diferencias significativas (p > 0.05) en rendimiento del extracto y mortalidad de *A. obtectus*. Esta similitud fitoquímica tiene implicaciones agronómicas estratégicas: las hojas, como parte aérea renovable mediante poda regular, representan una fuente sostenible y escalable frente a las semillas, que requieren ciclos reproductivos completos. Estos resultados posicionan a *R. communis* como alternativa viable en programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Sin embargo, se sugiere optimizar la formulación con el desarrollo de concentrados emulsionables (CE) o polvos humectables (WP), evaluar la toxicidad aguda en organismos no objetivos como *Eisenia fetida* y *Apis mellifera* *Eisenia fétida*, ensayos de persistencia/degradación en suelo y validar su aplicación práctica con ensayos en campo, con el fin de que pueda ser considerado como una alternativa al uso de agroquímicos.

REFERENCIAS

- Cedillo K. (2024). Potencial insecticida de extractos de higuera (*Ricinus Communis*) para el control de *Dactylopius opuntiae*. Consultado de: http://193.122.196.39:8080/bitstream/handle/10521/5196/Cedillo_Gonz%c3%a1lez_K_%20N_MC_IMRN_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2007). *Ricinus communis* L. consultado de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/pagina1.htm>
- Crisanto K. Y Ayquipa G. (2013). EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE SEMILLAS DE *Ricinus communis* L. SOBRE ADULTOS DE *Bemisia tabaci* GENN., EN CONDICIONES DE LABORATORIO. Consultado de: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/1769/1729>
- Cruz, C., Romero, L., Lozano, C., y Zavaleta, A. (2023). Efecto biocida del extracto de semillas de higuera (*Ricinus communis*) en *Ulomoides dermestoides*. Biotempo, 13(1), 45-62. DOI: Disponible en repositorio URP
- Dell'Orto H, Arias C. J. Insectos que dañan granos. Productos almacenados. Santiago de Chile. FAO, Serie: Tecnología Poscosecha 4. 1985; 46-49. Disponible en: <https://www.fao.org/4/x5053s/x5053s04.htm#Familia%20anthicidae>
- Mendoza M., Rodríguez G., Guevara L., Andrio E., Rangel J., Rivera J. y Cervantes F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. Consultado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n7/2007-0934-remexca-7-07-1599.pdf>
- Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z. y Zhong, G. (2022). Use of Botanical Pesticides in Agriculture as an Alternative to Synthetic Pesticides. Agriculture, 12(5), 600. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050600>
- Pacheco C. (2009). Efecto de extracto hidroetanólico de higuera (*Ricinus Communis*) sobre el adulto del picudo del agave (*Scyphophorus Acupunctatus* Gyllenha). Consultado de: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/7175>.
- Salvador P. (2020). Efecto insecticida in vitro del extracto de hojas y flores de ricinus communis (higuera) sobre larvas de IV Estadio de *Aedes aegypti*. Consultado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31552/1/Tesis-258%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20675%20Olovacha%20Gustavo.pdf>
- Sánchez M., Castañeda R., y Castañeda M. (2014). Usos y potencialidad de la higuera (*Ricinus communis*) en sistemas agroforestales en Colombia. Consultado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31552/1/Tesis-258%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20675%20Olovacha%20Gustavo.pdf>
- Solís J., Muños A., Escalante J., y Zamarripa A. (2016). Crecimiento de variedades y Aprovechamiento de higuera (*Ricinus communis*) para el desarrollo de un bioinsecticida 10 componentes del rendimiento de higuera (*Ricinus Communis*) en Montecillo, Estado de México. Consultado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200311
- Upasani, S.M., Kotkar, H.M., Mendki, P.S. y Maheshwari, V.L. (2003). Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L foliage flavonoids. Pest. Manag. Sci., 59: 1349-1354. <https://doi.org/10.1002/ps.767>
- Cruz C., Romero L., Lozano C. Y Zavaleta A. (2023). EFECTO BIOCIDA DEL EXTRACTO DE SEMILLAS DE HIGUERA (*RICINUS COMMUNIS*) EN ULOMOIDES DERMESTOIDES (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE). Consultado de: Vista de Efecto biocida del extracto de semillas de higuera (*Ricinus communis*) en *Ulomoides dermestoides* (Coleoptera: Tenebrionidae) (urp.edu.pe)
- Peña G. (2021). MORFOMETRÍA Y FISIOLÓGIA DE PLANTAS DE ECOTIPOS SILVESTRES DE HIGUERA (*Ricinus communis* L.) DEL NORTE DE MÉXICO. Consultado de: <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/090f1d5e-f83f-4797-892a-35244f7af685/content>
- Rodríguez A., Morales D. y Ramírez M. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. Consultado de: Redalyc.Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos
- García C., Martínez A., Ortega J. y Castro F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. Consultado de: Redalyc.Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales

Proceso de Auditoria mediante la Norma ISO 19011:2018

A. Reimundo Moreno Cepeda¹ B. Raymundo Diaz Robles², C. Alejandro Hernandez Briones³
D. Maricela Ramirez Torres⁴, E. Oscar López Lara⁵

¹ Universidad Autónoma de Coahuila: reimundo.moreno@uadec.edu.mx

² Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, e-mail: raymundo.diaz@tec.mx

³ Universidad del Valle de México, e-mail: alejandro_hernandezbr@my.uvm.edu.mx

⁴ Instituto Tecnológico de Saltillo, e-mail: mrmtorres1972@hotmail.com

⁵ Universidad Autónoma de Coahuila, e-mail: oslopezl@uadec.edu.mx

Línea de investigación: OTRAS INGENIERÍAS

Resumen

Una Auditoria es una forma de medir el desempeño de los procesos y sistemas de gestión en todo tipo de organizaciones para identificar oportunidades de mejora y su crecimiento a través de la evaluación. Estas se establecen a partir de Normas Internacionales ISO para garantizar que la organización cumple con los requisitos legales, del cliente, de la organización, de las partes interesadas, entre otros. Aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad, cuyo estándar es la norma ISO 9001:2015; de Medio Ambiente como ISO 14001:2015 o de Seguridad y Salud en el trabajo como ISO 45001:2018 entre otras.

El presente trabajo trata de conocer e interpretar el contenido de la Norma ISO 19011:2018 y el proceso que se sigue para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión en una empresa dedicada a la inyección de componentes plásticos del ramo automotriz evaluando las tres partes interesadas:

1ra parte: Las auditorías internas de la organización a los sistemas y/o sus procesos, partes interesadas internas y otras.

2da parte: Las aplicadas a los proveedores externos de la organización, la que aplican los clientes a sus proveedores, y otras.

3ra parte: Las aplicadas por los organismos de certificación y/o acreditación, las regulatorias y similares (Cofepris, STPS, etc.)

Adicionalmente se proporciona orientación sobre los principios de la auditoría, la gestión de un programa de auditoría y la realización de auditorías de sistemas de gestión, así como orientación sobre la evaluación de la competencia de las personas que participan en el proceso de auditoría.

Palabras clave: Auditoria, Proceso, Certificación, Auditor.

Abstract

An Audit is a way of measuring the performance of management processes and systems in all types of organizations to identify opportunities for improvement and their growth through evaluation. These are established based on ISO International Standards to ensure that the organization complies with legal, customer, organization, stakeholder requirements, among others. It applies to Quality Management Systems, whose standard is ISO 9001:2015; of the Environment, such as ISO 14001:2015, or of Occupational Health and Safety, such as ISO 45001:2018, among others.

This paper tries to know and interpret the content of the ISO 19011:2018 Standard and the process followed to evaluate the performance of the management system in a company dedicated to the injection of plastic components in the automotive industry, evaluating the three interested parties:

Part 1: The organization's internal audits of systems and/or processes, internal stakeholders, and others.

2nd part: Those applied to the organization's external suppliers, those applied by customers to their suppliers, and others.

3rd part: Those applied by certification and/or accreditation bodies, regulatory and similar bodies (Cofepris, STPS, etc.)

In addition, guidance is provided on the principles of auditing, managing an audit program and conducting audits of management systems, as well as guidance on assessing the competence of the individuals participating in the audit process.

Keywords: Audit, Process, Certification, Auditor.

INTRODUCCIÓN

Las Normas ISO son normas internacionales que aplican a todo tipo de organizaciones para normalizar sus actividades y operación, bajo un concepto global. Están definidas a partir de una estructura de primer nivel conocida como Anexo SL, conformada por 10 cláusulas para la evaluación de las empresas.

A su vez, una Auditoría se define como una forma de medir el desempeño de los procesos y los sistemas de gestión en las organizaciones, identificando oportunidades de mejora y poder definir el grado de desarrollo que ha alcanzado la organización evaluada. Para auditar una empresa en sus distintas áreas, se maneja la Norma ISO 19011:2018, la cual establece el proceso de evaluación y determina el grado de desarrollo alcanzado por la organización. Esta norma se relaciona directamente con ISO 9001:2015 y tiene requisitos comunes y homólogos con otros sistemas de gestión, que facilita su integración en la organización bajo un solo sistema. (AIAG, 2018).

Antecedentes

La Organización Internacional de Normalización (ISO) tuvo sus inicios hacia el año de 1946, cuando delegados de 25 países se reunieron en el Instituto de Ingenieros Civiles de Londres, con el propósito de estandarizar las actividades laborales, en beneficio de las distintas organizaciones empresariales. A la fecha, han desarrollado poco más de 24800 normas; contando con 168 países como miembros aproximadamente. Han conformado más de 800 comités de trabajo que elaboran, revisan y actualizan las Normas ISO. (Hernández, 2023).

Esta Organización tiene su sede en Ginebra Suiza. El Comité Mexicano para la Atención de la Organización Internacional de Normalización (ISO) es una filial de la Dirección General de Normas (DGN) para responder al trabajo que surge de la ISO con el fin de establecer la posición nacional en nombre de los intereses de México.

Establecimiento de las Normas

Las Normas son establecidas por diferentes comités de trabajo designados por dicho organismo, los cuales las revisan, actualizan y publican para su aplicación en todas las organizaciones interesadas del mundo. La tendencia de actualización de algunas de las Normas más comunes usadas en las organizaciones es realizada por el equipo de trabajo ISO, considerando mejoras al momento de su ejecución y puesta en práctica; de ahí que cambie el año de su publicación y número de revisión.

Algunos conceptos clave (Secretaría Central de ISO, 2018)

Auditoría. Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias objetivas y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar el grado en que se cumplen los criterios de auditoría. (ISO, 2018)

Programa de auditoría. Acuerdos para un conjunto de una o más auditorías planificadas para un periodo de tiempo determinado y dirigidas hacia un propósito específico. (ISO, 2018)

Alcance de la auditoría. Extensión y límites de una auditoría. (ISO, 2018)

Plan de auditoría. Descripción de las actividades y de los detalles acordados de una auditoría. (ISO, 2018)

Criterios de auditoría. Conjunto de requisitos usados como referencia frente a la cual se compara la evidencia objetiva. (ISO, 2018)

La auditoría se puede definir como “Un proceso sistemático, independiente y documentado que trata de obtener evidencias, para evaluarlas de forma objetiva, con el fin de determinar el grado en el que se cumplen los criterios de una norma en cuestión”.

Se establecen a partir de Normas Internacionales ISO, para garantizar que la organización cumple con los requisitos legales, del cliente, de la organización, los de las partes interesadas, los normativos, etc. Las auditorías son solicitadas por las normas ISO, para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión, con la participación de personal competente y con formación en los distintos procesos evaluados. Observe la Figura 1.

Tipos de Auditorías de acuerdo con ISO 19011

Existen tres tipos de auditorías requeridas para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión, con personal competente:

- 1ra parte: Las auditorías internas de la organización a los sistemas y/o sus procesos, partes interesadas internas y otras.
- 2da parte: Las aplicadas a los proveedores externos de la organización, la que aplican los clientes a sus proveedores, y otras.
- 3ra parte: Las aplicadas por los organismos de certificación y/o acreditación, las regulatorias y similares (Cofepris, STPS, etc.)

Figura 1

Normas que utilizan ISO 19011:2018 en sus procesos.

Norma	Clausula	Concepto
ISO 9001	9.2	Auditoria Interna
IATF 16949	9.2	Auditorias Internas, Auditorias al Producto, Auditorias al Proceso,
ISO 14001	9.2	Auditoria Interna
ISO 45001	9.2	Auditoria Interna
ISO 22000	9.2	Auditoria Interna

Tipos de Auditorias dentro de las 3 mencionadas:

1. Auditoría inicial. Busca obtener la certificación en una organización.
 2. Auditoría de seguimiento. Comprueba que la organización sigue cumpliendo con los requisitos de la norma auditada.
 3. Auditoría de renovación o de recertificación. Esta garantiza que, tras un período de tiempo de unos tres años, la organización sigue cumpliendo con la normativa en la que se había certificado.
 4. Auditoría extraordinaria. Evalúa los aspectos que se presentaron como incumplimientos en una auditoría
 5. Anterior; y a su vez, han sido subsanadas.
 6. Auditorías legales. Evalúa si la organización cumple los requisitos de una determinada norma legal (p.e. ambientales o de seguridad a nivel regional, estatal, nacional, o internacional).
 7. Auditoría de producto o servicio. Comprueba si las características de un producto o servicio que comercializa la organización cumplen con estándares o criterios establecidos.
 8. Auditoria de proceso. Evalúa un proceso concreto dentro de una organización, para ver si cumple determinados estándares de una norma.
 9. Auditoria del Sistema de Gestión. Comprueba el cumplimiento de las características y de los requisitos de una norma evaluada.
- A su vez, las auditorias pueden ser presenciales o vía remota (Figura 2).

Figura 2

A la fecha, las Auditorias pueden ser en Sitio (en las instalaciones de la compañía), o bien Vía remota.



<https://wideum.com/es/auditoria-inspeccion/>

De los participantes en la Auditoria

Los participantes pueden ser directos o indirectos de acuerdo con la competencia adecuada, pudiendo ser:

- *El administrador del Programa de Auditorias,*
- *El Cliente de la Auditoria,*
- *El Auditor líder de equipo,*
- *El Auditor,*
- *El Equipo Auditor,*
- *El Auditado,*
- *El Observador,*
- *El Guía,*
- *El Experto Técnico.*
- *Otros.*

DESARROLLO

Para poder establecer el tipo de Auditoria, el alcance y el proceso de planeación y ejecución se sigue una metodología conformada por los siguientes puntos a evaluar:

1. Alcance
2. Términos y Definiciones
3. Principios de la Auditoria
4. Administración del Programa de Auditorias
5. Conducción de la Auditoria
6. Técnicas y Herramientas para la Entrevista
7. Competencia y Evaluación de Auditores

OBJETIVOS

Objetivo General

Conocer las bases de la Norma ISO 19011 y el proceso a seguir para su implementación.

Objetivos específicos

1. *Conocer las bases de la Norma ISO 19011.*
2. *Identificar los puntos que se evalúan en una auditoria y los formatos aplicables.*
3. *Conocer los datos que llevan los formatos de Auditoria en la empresa.*

OBJETO DE ESTUDIO

La estructura del Anexo SL, conocida como estructura de primer nivel es aplicable a distintas normas en la industria actual, lo que facilita identificar rápidamente que documentos se pueden utilizar para cubrir dichos requerimientos. El conocer la documentación requerida puede ayudar a la organización a cumplir con los requerimientos actuales vigentes de las normas a evaluar.

METODOLOGÍA

Hipótesis. Si se conocen los documentos que permiten cubrir los distintos requerimientos de las normas e evaluar, permite asegurar a la organización que cumple con los requisitos solicitados, además de estar sujeta a una mejora continua que le permita ser competente en el mercado actual.

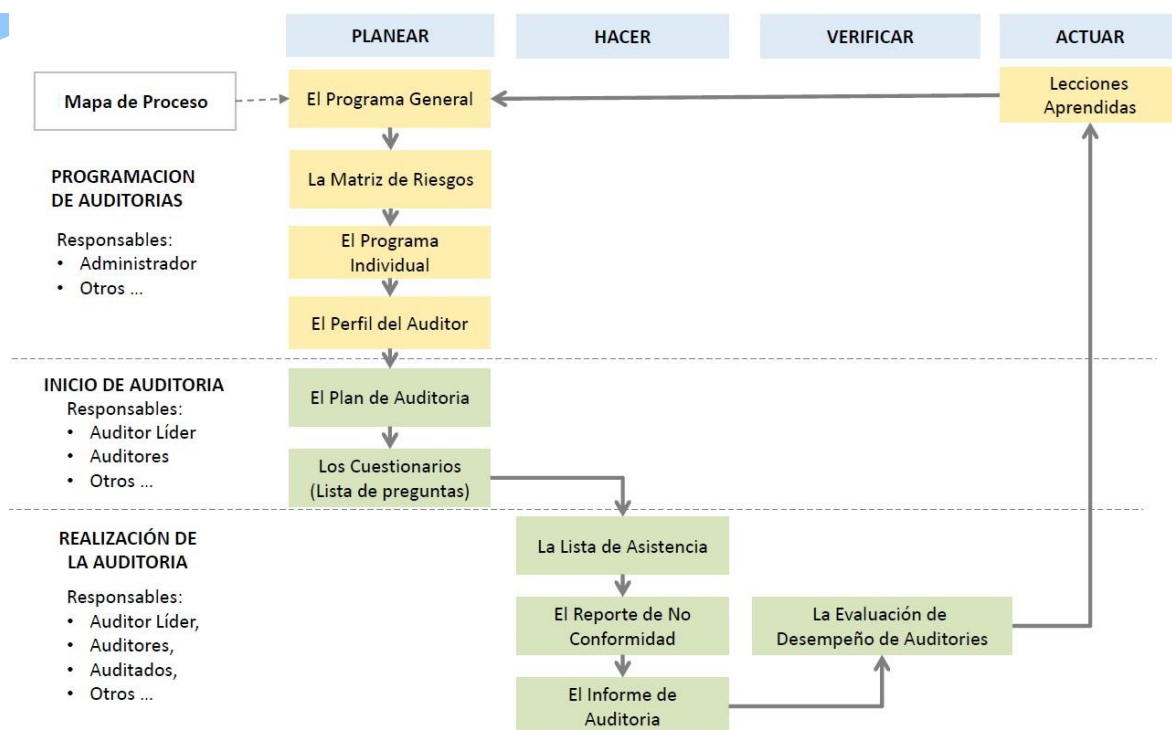
FASES DEL DESARROLLO

Marco Teórico.

Al momento de ejecutar una auditoria, se conoce como Auditor Líder a la persona responsable de que la misma se ejecute en tiempo y forma. Esta persona debe asegurar que los miembros del equipo hacen su tarea a tiempo, revisar toda la evidencia y definir si existen no conformidades, y reunir a su equipo diariamente para retroalimentarlos. Para conocer el proceso, observe la Figura 3.

Figura 3

Proceso de Auditoria mediante el método PDCA (mejora continua o Ciclo de Deming)



Las cualidades con las que debe contar un Auditor Líder son:

- *Ético*
- *Mentalidad abierta*
- *Diplomático*
- *Observador*
- *Perceptivo*
- *Versátil*
- *Tenaz*
- *Decidido*
- *Seguro de sí mismo*

PROCESO DE AUDITORIA MEDIANTE ISO 19011:2018

A continuación, se describirán los puntos a evaluar en la auditoria.

1. **Alcance.** Definido por sus límites de participación, se podrá identificar las actividades correspondientes y los recursos necesarios para su ejecución.
2. **Términos y Definiciones.** ISO 19011 2018 no tiene referencias para sus términos y definiciones, mantiene sus propias definiciones y términos a aplicar.
3. **Principios de la Auditoria.** Estos permiten homogenizar la participación de los auditores, como principios básicos para el auditor y el mismo proceso de auditoría. Se tienen 7 principios, los cuales se muestran en la Figura 4.
4. **Administración del Programa de Auditorias.** Establece el ciclo de actividades programadas para la ejecución de auditorías a partir de un programa establecido. Interactúa con el ciclo de conducción para dar cumplimiento a las actividades según la norma.
5. **Conducción de la Auditoria.** Agrupa las etapas de preparación, conducción y cierre de la auditoria, dando a conocer las actividades de evaluación contra los criterios establecidos a los Auditados, los Auditores, la Alta Dirección, al Auditor Líder y a las partes interesadas. Observe las figuras 5 y 6.

Figura 4
Los 7 Principios de las Auditorías.



- Técnicas y Herramientas para la Entrevista.** Para asegurar un buen desarrollo y desempeño del Auditor durante la auditoria, se recomienda las siguientes actividades: *a) evaluar el proceso, no a la persona, b) establecer desde el inicio el tipo de comunicación a utilizar, pudiendo ser formal o informal, y de manera escrita u oral, c) definir bien el tipo de preguntas, d) saber escuchar a las personas, e) gestionar el tiempo, y f) definir técnicas de movimiento y lenguaje corporal.* (ATA,2020)
- Competencia y Evaluación de Auditores.** Considere algunos puntos para determinar, establecer y evaluar la competencia de los auditores participantes.

Figura 5
Ejemplo de un Plan de Auditoria.

PLAN DE AUDITORÍA						Código	
						Versión	
						Fecha	
Objetivo						Reunión de apertura	
Alcance						Reunión de cierre	
Proceso/SGC a auditar	Equipo Auditor					Dirección	
Tipo de auditoria						Recursos	
Criterios de auditoria							
Fecha	Hora inicio	Hora fin	Actividades/Proceso	Lugar	Auditor	Auditado	Criterios
Nombre auditor líder							
Firma del auditor líder							
Nombre del auditado							
Firma del auditado							

Figura 6

Ejemplo de un Informe de Auditoría.

	INFORME DE AUDITORÍA		Código		
			Versión		
Dirección			Informe de Auditoría N°		
Representante			Fecha de auditoría		
Objetivo de la auditoría			Fecha de informe		
Alcance de la auditoría			Equipo auditor		
Criterios de auditoría			Auditor Líder		
			Auditor (es)		
N°	Hallazgos	Numeral	No conformidad	Observaciones	Oportunidad de mejora
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
			0	0	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contar con un Programa de Auditorías permite a la empresa hacer una evaluación para conocer su desempeño y mantener un proceso de mejora continua (considere como ejemplo la figura 7). Las auditorías deben considerar los principales puntos a evaluar de acuerdo con la Norma ISO 19011. Adicional a lo anterior se recomienda a la organización:

- Contar con reuniones de apertura y una agenda previamente programada.
- Establecer los métodos de auditoría a utilizar (entrevistas, listas de verificación, muestreos, etc.).
- Recopilar información pertinente a los puntos a evaluar.
- Dar a conocer los hallazgos de la auditoría.
- Establecer un documento de No conformidades
- Establecer un proceso de cierre para conocer en qué punto está la compañía y lo que se tiene que mejorar.
- Elaborar un Informe de auditoría. Para tal efecto se consideran diversos criterios: a) Conforme, b) Se puede mejorar, c) No aplica, o bien d) No conforme. Considere siempre estar en los dos primeros.

Considere lo siguiente, según la sección 9.2 de las Normas para procesos de Auditoría Interna (ISO, 2018):

9.2.1 La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información acerca de si el sistema de gestión de la calidad:

- 1) Los requisitos propios de la organización para su SGC
- 2) Los requisitos aplicables a la Norma

9.2.2 La organización debe:

- a) Planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes.
- b) Definir los criterios de la auditoría y el alcance
- c) Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría
- d) Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente
- e) Realizar las correcciones pertinentes y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada
- f) Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de estas.

La organización debe asegurarse de que estas auditorías se efectúen por:

- a) Una entidad independiente o por personal establecido o designado para este proceso,
- b) La función de cumplimiento antisoborno,
- c) Una persona apropiada de un departamento o función distintos del que está siendo auditado,
- d) Una tercera parte apropiada; o un grupo que comprenda cualquiera de los puntos anteriores.

Además, la organización debe asegurarse de que ningún auditor esté realizando la auditoría de su propia área de trabajo.

Figura 7

Ejemplo de un Programa anual de Auditorias (PAA)

		AÑO: 2025											
		MESES											
PROCESO/ CRITERIO / PROVEEDORES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
AUDITORÍA 1 - ISO 14001:2015	P												
	R												
AUDITORÍA 2 - ISO 14001:2015	P												
	R												
PROCESO DE COMPRAS	P												
	R												
PROCESO DE PRODUCCIÓN	P												
	R												
INFORMACIÓN DOCUMENTADA (7.5)	P												
	R												
ASPECTOS AMBIENTALES	P												
	R												
CLIENTE 1	P												
	R												
CLIENTE 2	P												
	R												
	P												
	R												
	P												
	R												

ELABORA _____
APRUEBA _____

Hoja: 1 de 1

CONCLUSIÓN

Los procesos de producción actuales utilizan herramientas estándar como son las Core Tools. Estas son un conjunto de herramientas fundamentales desarrolladas por la industria automotriz (principalmente por la AIAG: Automotive Industry Action Group), para asegurar la calidad en los procesos de manufactura y desarrollo de productos. Son ampliamente utilizadas no solo en el sector automotriz, sino también en otras industrias que buscan altos estándares de calidad. para validar las características especiales de las partes, así como para validar los procesos implementados (Hernández, 2023). Cuatro objetivos primarios que se pueden encontrar al inicio de cada uno de los manuales editados por el organismo rector de la industria automotriz:

1. Reducción de la variación
2. Prevención de defectos
3. Satisfacción del cliente
4. Reducción de los desperdicios

El Programa anual de Auditorías le permitirá a la empresa asegurar no solo la calidad de sus productos, sino también de sus procesos, del sistema en general, y el establecimiento y cumplimiento de diferentes normas y estándares requeridos por las empresas de clase mundial. Si bien el enfoque o el objetivo de cada auditoría pudiera variar según el alcance y aplicación de cada norma o estándar, los elementos que debe incluir son:

- Objetivo y alcance
- Tipo de Auditoría
- Criterios de auditoría: procedimientos internos, requisitos legales, plan de cumplimiento, entre otros
- Programa de trabajo y calendario de ejecución
- Recursos asignados (técnicos, administrativos y humanos)
- Equipo Auditor: Persona que funge como líder, auditores internos, personal de apoyo

Considere siempre el desarrollo del personal para cada puesto y de acuerdo con las funciones que habrá de realizar: para Auditores, es muy importante que tengan formación en la Norma ISO 19011, que tengan el compromiso con la mejora continua y que no tengan algún conflicto de interés al momento de evaluar los distintos procesos de la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

AIAG Automotive Industry Action Group. 2018. Core Tools Self-Assessment.

ATA Certificaciones. 2020. Sistema de Gestión de Auditoría.

Gil Marius. 2024. Cultura Lean. Profit Editorial.

Hernández, Alejandro. 2023. Manual de CORE TOOLS. Consultoría Global en Productividad.

Secretaría Central de ISO. 2018. ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.

Impacto de la limpieza de datos en la calidad del análisis educativo

José Jesús Alejandro Montejó¹

Martha Patricia Silva Payró²

Rubicel Cruz Romero³

Gilberto Murillo González⁴

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, JoseAlejandroJJAM1996@gmail.com

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, patypayro@gmail.com

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, rubicel.cr@gmail.com

⁴ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, gmurillo76@gmail.com

Línea de investigación: Ciencia de Datos

Resumen

En investigaciones educativas, la calidad de los datos representa un papel crucial en la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Los datos suelen provenir de diversas fuentes, como encuestas, registros académicos o plataformas de aprendizaje, lo que incrementa la probabilidad de errores: incompletitud, duplicados o categorizaciones inconsistentes. Estos problemas deben corregirse para no distorsionar patrones ni conclusiones. El objetivo de este artículo es analizar cómo los errores en los datos afectan la interpretación de patrones en estudios educativos, mediante la aplicación de un protocolo de limpieza en un *dataset* de estudiantes de Tabasco. Se empleó el proceso KDD, con fases de exploración, corrección y validación. Los resultados muestran mejoras en la coherencia de los datos y en la identificación de patrones sobre acceso a recursos tecnológicos. Se concluye que la limpieza de datos es un paso indispensable para garantizar la precisión de los análisis educativos y fundamentar políticas más justas.

Palabras clave: Calidad de Datos, Limpieza de Datos, Minería de Datos, Proceso KDD, Técnicas de Minería de Datos.

Abstract

In educational research, data quality plays a crucial role in the validity and reliability of the results obtained. Data often comes from various sources, such as surveys, academic records, or learning platforms, which increases the likelihood of errors: incompleteness, duplicates, or inconsistent categorizations. These problems must be corrected so as not to distort patterns or conclusions. The objective of this article is to analyze how errors in data affect the interpretation of patterns in educational studies by applying a cleaning protocol to a *dataset* of students in Tabasco. The KDD process was used, with exploration, correction, and validation phases. The results show improvements in data consistency and the identification of patterns related to access to technological resources. It is concluded that data cleaning is an indispensable step in ensuring the accuracy of educational analyses and informing fairer policies.

Keywords: Data Quality, Data Cleaning, Data Mining, KDD Process, Data Mining Techniques

INTRODUCCIÓN

En la investigación educativa, la calidad de los datos es un factor fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados, ya que, al provenir de diversas fuentes como encuestas, registros académicos y plataformas de aprendizaje, suelen presentar errores que, si no son tratados y corregidos pueden distorsionar patrones o afectar la interpretación de análisis (Atif, 2021, p. 44). Estudios recientes destacan que cerca del 80% del tiempo en análisis se destina a tareas de recolección y limpieza de datos, lo cual resalta su importancia frente al análisis en sí (Snyder, 2019, p. 15)

Este trabajo expone cómo la limpieza de los datos incide directamente en la precisión de los resultados y el análisis, y plantea un protocolo de depuración que permite obtener información más confiable y útil para la toma de decisiones.

DESARROLLO

La minería de datos es una técnica que forma parte del proceso KDD (*Knowledge Discovery in Databases*, por sus siglas en inglés) que utiliza herramientas asistidas por computadora para analizar y recuperar la información necesaria de un gran conjunto de datos generados en diversos sectores. El objetivo es convertir la información en conocimiento y utilizarla para la toma de decisiones.

Emplea metodologías como clasificación, *clustering*, regresión y reglas de asociación para extraer información valiosa (Ogunleye, 2022).

Para aplicar la técnica de minería es necesario tener un conjunto de datos que suelen provenir de diversas fuentes como encuestas aplicadas, registros o plataformas, lo que incrementa la probabilidad de errores en el llenado de los datos, como datos incompletos, inconsistencia o categorizaciones incorrectas. Estos problemas, sino son corregidos, pueden distorsionar los patrones y el conocimiento que se busca a través del análisis.

Limpieza de datos

La limpieza de datos es el proceso mediante el cual se detectan y corrigen errores en los datos antes de realizar un análisis o modelado. Esta etapa asegura la integridad de los datos y la validez de los resultados obtenidos (Provost; Fawcett, 2013). En contextos educativos, donde los datos provienen de diversas fuentes y formatos (encuestas, sistemas de gestión académica, plataformas de aprendizaje), la probabilidad de errores es alta debido a factores como la falta de normalización o la recolección en entornos desiguales (Hubbard, 2017).

En investigaciones educativas, el proceso de limpieza es particularmente relevante por la diversidad de datos que se manejan:

- Variables sociodemográficas (por ejemplo, edad, género, lugar de residencia), que son susceptibles a errores de categorización.
- Datos de acceso a recursos tecnológicos, que a menudo incluyen respuestas ambiguas o incompletas, especialmente en contextos rurales donde la conectividad es limitada.

Sin una limpieza adecuada, estos problemas pueden comprometer la precisión de los modelos predictivos, distorsionar los análisis estadísticos y conducir a decisiones erróneas. Por lo tanto, la limpieza de datos es un paso crítico para garantizar la calidad y la utilidad de la información (Van der Aalst, 2016).

Tipos de errores comunes en *datasets* educativos

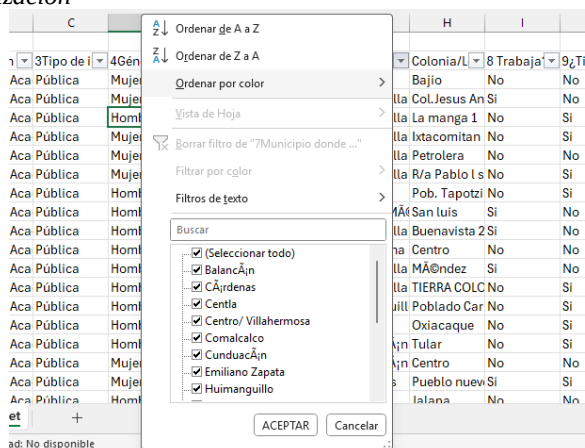
Los errores en los conjuntos de datos educativos pueden afectar significativamente los resultados e interpretaciones de la investigación. Los errores comunes incluyen datos faltantes o fuera de rango, inversión de valor entre unidades, saltos anómalos en series de valores, entre otros, lo que complica el análisis de datos (Bruni *et al.*, 2024).

Los errores en los datos educativos se agrupan en varias categorías:

- Valores faltantes: Los datos incompletos son frecuentes en educación. Por ejemplo, un estudiante puede no completar una encuesta, o un registro de asistencia puede estar ausente debido a errores administrativos. Los valores faltantes afectan directamente la precisión de los análisis (Pedregosa *et al.*, 2011, p. 2825).
- Duplicados: Suceden cuando un registro se incluye varias veces en el *dataset*, inflando las estadísticas. Por ejemplo, un estudiante puede aparecer dos veces si completó una encuesta más de una vez.
- Categorizaciones inconsistentes: Los nombres de categorías pueden variar debido a errores ortográficos o formatos distintos. Ejemplo: La figura 1 muestra la palabra "Cárdenas" escrito como "CÃ¡rdenas", es un error de categorización común en un *dataset*.

Figura 23

Error de Categorización

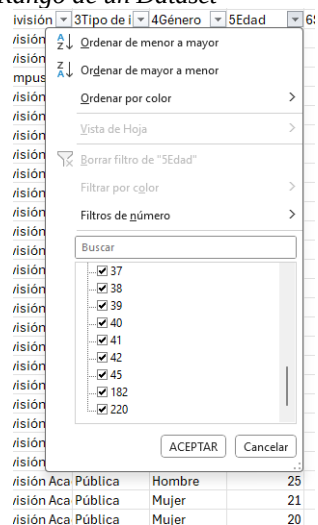


Nota. Elaboración propia basada en el *dataset*

- Datos no válidos o fuera de rango: Diferencias en cómo se registran fechas, nombres o identificadores únicos pueden generar conflictos al combinar datos de diferentes fuentes (Provost; Fawcett, 2013). Por ejemplo, la figura 2 muestra a un estudiante indicando que tiene "182 años" en el campo de edad.

Figura 24

Datos Fuera de Rango de un Dataset



Nota. Elaboración en base al *dataset* de estudio

Impacto de la limpieza de datos

La limpieza de datos mejora la precisión y relevancia de los análisis en estudios educativos, lo que tiene implicaciones directas para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones.

A continuación, se presentan áreas clave donde su impacto es evidente:

- Interpretación de patrones reales: Datos limpios permiten identificar tendencias precisas sobre acceso a tecnología, hábitos de estudio o tasas de deserción (Tableau, s.f.).
- Reducción del sesgo analítico: Los errores en los datos pueden introducir sesgos que afectan los resultados. Por ejemplo, un sesgo hacia estudiantes de áreas urbanas podría ignorar las dificultades de acceso en comunidades rurales (Hubbard, 2017).
- Validación de modelos predictivos: Modelos de aprendizaje automático, como árboles de decisión o redes neuronales, dependen de datos limpios para generar predicciones confiables. Si los datos están corruptos, las predicciones serán erróneas (Pedregosa *et al.*, 2011, p. 2830).

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General

Analizar el impacto de la limpieza de datos en la calidad de los resultados educativos, proponiendo un protocolo aplicable a *datasets* del ámbito académico.

Objetivos Específicos

- Identificar los principales errores en *datasets* educativos.
- Diseñar y aplicar un protocolo de limpieza adaptado al contexto académico.
- Aplicar técnicas de validación que aseguren la coherencia de los resultados tras la depuración.
- Evaluar la mejora en la interpretación de patrones educativos después de la limpieza.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es un *dataset* educativo aplicado a estudiantes de educación superior en Tabasco, que contiene información sobre variables sociodemográficas y acceso a recursos tecnológicos. Este conjunto de datos presenta problemas frecuentes como incompletitud, duplicidad y errores de registro.

METODOLOGÍA

Se empleó el enfoque del proceso KDD para la exploración, limpieza y análisis de datos. Esta metodología ha sido ampliamente aplicada en ciencias sociales y en la minería de datos educativos (Van der Aalst, 2016). La metodología se desarrolló en tres fases:

1. Exploración inicial de los datos para identificar errores.
2. Corrección de inconsistencias mediante imputación, estandarización y eliminación de duplicados.
3. Validación de la coherencia a través de análisis estadísticos, técnicas de validación cruzada y documentación del proceso.

FASES DEL DESARROLLO

Exploración inicial

En esta primera fase es importante identificar problemas en los datos obtenidos, como valores faltantes, duplicados, llenado incorrecto y otros para tener una visión general del estado del *dataset* antes de aplicar cualquier técnica de corrección de errores.

Se recomienda estudiar y conocer el *dataset* para identificar estos problemas de manera rápida y eficiente, de igual forma, se recomiendan los pasos descritos a continuación:

- Inspección de los datos: identificar registros que no corresponden a su categoría; en un *dataset* que tome la edad como una categoría, edades mayores a 100 son ejemplos de los registros que se deben identificar en este paso. Los gráficos y estadística básica como medias, medianas, son de ayuda para identificarlos.
- Valores faltantes: revisar preguntas incompletas o mal entendidas por la población estudiada, por ejemplo, si en una encuesta sobre acceso a la tecnología, los estudiantes no contestan una pregunta referente al tipo de conexión a internet, al aplicar técnicas de análisis estos datos faltantes significarían pérdida de información. Por ello es necesario detectarlos y planificar el llenado de éstos.
- Identificación de duplicados: buscar y detectar registros idénticos que puedan alterar los patrones; se recomienda el uso de funciones automatizadas para identificarlos, por ejemplo, dos estudiantes que respondan dos veces la misma encuesta pueden resultar un error crítico si se analiza el acceso a la tecnología en estudiantes.
- Clasificación de errores por categoría: para hacer más sencilla la exploración de los datos, se proponer clasificar los errores por categoría, por ejemplo, valores duplicados, valores faltantes, valores inconsistentes, valores fuera de rango, y tratar cada uno de manera única para evitar pérdida de información.

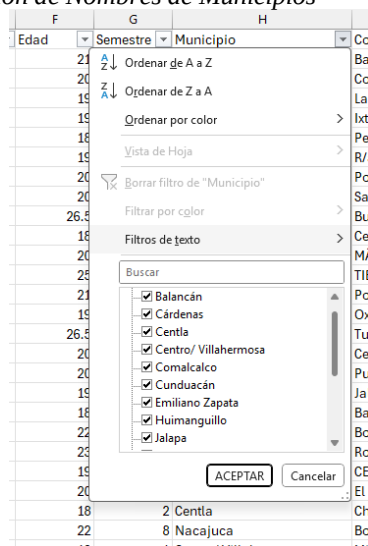
Corrección de datos

En esta fase se deben aplicar técnicas específicas para resolver los problemas identificados en la etapa de exploración inicial, para asegurar que los datos sean consistentes y completos. Para ello, se proponen las siguientes acciones:

- Estandarización de categorías: homogeneizar nombres de categorías y convertir el texto en un formato uniforme (mayúsculas o minúsculas) para evitar duplicidad en la información. Por ejemplo, en el *dataset* de estudiantes de educación superior de Tabasco, homogeneizar nombres de instituciones y municipios, como se observa en la figura 3, para tener resultados completos y un análisis que presente información verídica.

Figura 25

Homogenización de Nombres de Municipios



Nota. Elaboración en base al *dataset* de estudio

- Imputación de registros faltantes: sustitución por la media, mediana y moda en los registros faltantes. Por ejemplo, si un estudiante no especificó su conexión a internet, pero vive en un área urbana donde el 80% usa conexión fija, se puede introducir este valor basado en la tendencia.
- Eliminación de duplicados: revisar registros duplicados y eliminar aquellos que no aporten información nueva, se debe decidir qué registros conservar en función de la completitud o relevancia de la información. Por ejemplo, si hay dos registros de un mismo estudiante, conservar el registro más completo y complejo.
- Corrección de valores fuera de rango: detectar los valores que carecen de sentido para la variable y revisarlos con el contexto de estudio para decidir si corregirlos o eliminarlos. Por ejemplo, si un estudiante en su edad tiene el valor de 182 años, se puede corregir de acuerdo con el promedio o moda de las edades, o si también existe información adicional para saber su edad correcta, como la fecha de nacimiento.

Validación

El objetivo de esta etapa consiste en comprobar que los datos corregidos sean consistentes y estén listos para el análisis, asegurando que los problemas descritos anteriormente no persistan y permitan resultados correctos para adquirir el nuevo conocimiento que se busca.

Se proponen las siguientes acciones para esta etapa:

- Revisión de patrones esperados: comparar los datos obtenidos con tendencias generales y revisar estadísticas descriptivas y visualizaciones para asegurarse que no se introdujeron sesgos en la limpieza de los datos. Por ejemplo, si en el *dataset* de estudiantes de educación superior de Tabasco, se reporta que el 50% de estudiantes tienen computadora personal, y después de la limpieza sube al 70%, verificar que el cambio sea coherente.
- Aplicación de técnicas de validación cruzadas: dividir los datos en subconjuntos para comprobar que los patrones se mantengan consistentes en diferentes particiones y utilizar algoritmos de clasificación o regresión para comprobar la estabilidad de los datos.
- Documentación del proceso de limpieza: registrar todos los cambios realizados durante la limpieza del *dataset* para garantizar la transparencia. Se puede crear un informe detallando los errores encontrados, los métodos aplicados para corregirlos y el impacto que tuvo la limpieza del *dataset*.

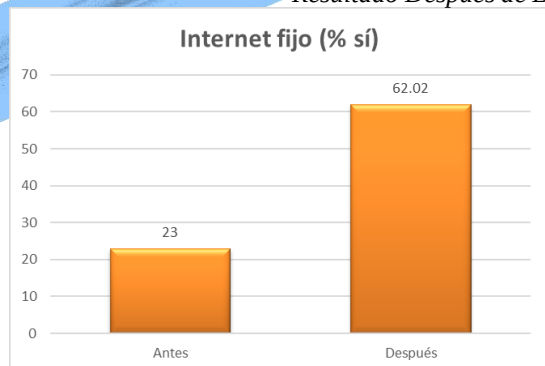
RESULTADOS

El análisis comparativo del *dataset* permitió observar cambios significativos entre el estado inicial y el obtenido después de la limpieza. En primer lugar, el *dataset* original presentaba un nivel medio de valores faltantes equivalente al 3.73% por columna, además de 423 registros duplicados. Estas inconsistencias afectaban la interpretación de variables clave, pues generaban conteos inflados y omitían información valiosa. Una vez aplicado el protocolo de limpieza, los valores faltantes prácticamente desaparecieron (0.01%) y los duplicados fueron eliminados por completo, lo que mejoró la calidad y consistencia general del *dataset*.

Uno de los cambios más relevantes se observó en la variable “Acceso a internet fijo”. Antes de la depuración, la diversidad de respuestas (como “wifi hogar”, “banda ancha”, “sí” o “si.”) impedía contabilizar adecuadamente a los estudiantes con conexión estable, de modo que el indicador aparecía en 23%. Tras unificar las categorías, el resultado real mostró que 62.02% de los estudiantes sí cuentan con internet fijo, revelando un panorama completamente distinto y mucho más cercano a la realidad (ver Figura 4).

Figura 26

Resultado Después de Limpieza en Variable Internet Fijo

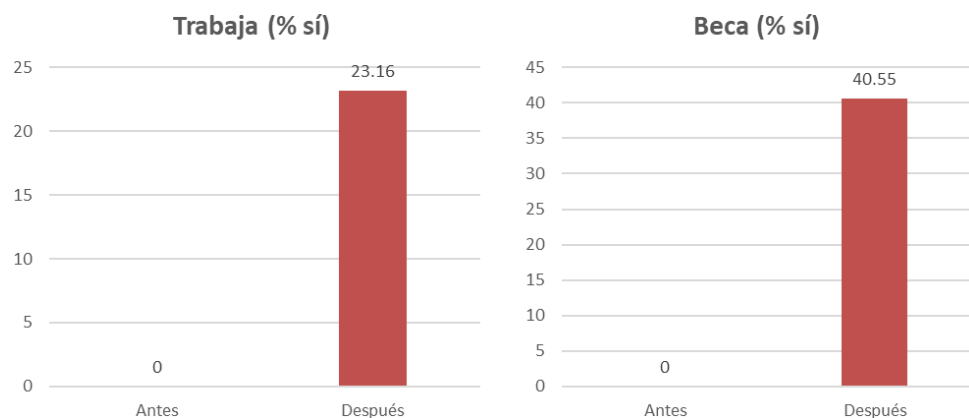


Nota. Elaboración propia

Algo similar ocurrió con las variables “Trabaja” y “Beca”. En la base sin limpiar, los registros no reconocidos como “sí” fueron clasificados erróneamente como “no”, lo que llevó a un falso 0% en ambas variables. La estandarización permitió corregir este error y mostró que 23.16% de los estudiantes trabajan y que 40.55% reciben algún tipo de beca, evidenciando la importancia de estas condiciones en el análisis académico (ver Figura 5).

Figura 27

Resultado Después de la Limpieza del Dataset en Variables Trabaja y Beca

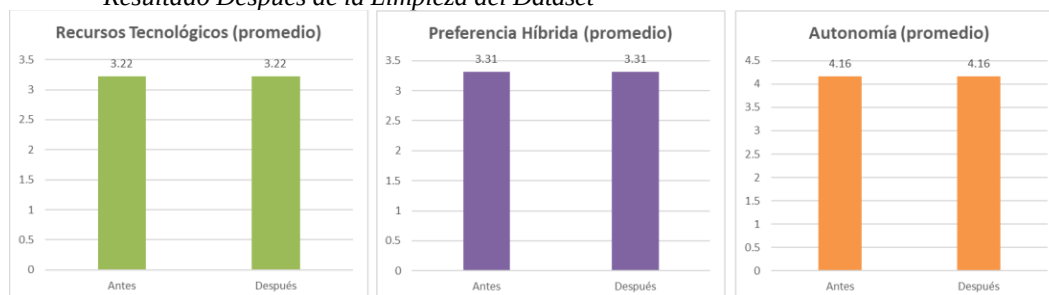


Nota. Elaboración propia

Por otro lado, las variables medidas en escalas de 1 a 5 mostraron estabilidad entre el antes y el después de la limpieza. La figura 6 muestra que el promedio de recursos tecnológicos se mantuvo en 3.22, la preferencia por la modalidad híbrida en 3.31, y la autonomía en 4.16, lo que indica que la depuración no alteró artificialmente la tendencia de las respuestas en variables bien registradas, sino que únicamente corrigió inconsistencias en aquellas con errores de categorización.

Figura 28

Resultado Después de la Limpieza del Dataset



Nota. Elaboración propia

En conjunto, los resultados evidencian que el proceso de limpieza de datos transformó por completo la interpretación inicial. Mientras que el *dataset* sin depurar sugería un panorama de carencias generalizadas, la versión corregida mostró una realidad más equilibrada: la mayoría de los estudiantes cuenta con recursos básicos y acceso a internet, aunque persisten desigualdades que deben atenderse.

DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran que la limpieza de datos tuvo un impacto significativo en la calidad y confiabilidad del análisis. Antes del proceso de depuración, el *dataset* contenía registros incompletos, duplicados y valores atípicos que podían distorsionar la interpretación de los patrones emergentes. Esta situación se reflejaba en estadísticas inconsistentes y gráficos con distribuciones poco representativas.

Tras aplicar procedimientos de limpieza como eliminación de duplicados, imputación de valores faltantes y corrección de inconsistencias, se observó una mejora sustancial en la coherencia de los datos. Las variables clave mostraron distribuciones más uniformes, lo que permitió realizar análisis más precisos y confiables. Por ejemplo, al depurar los registros de acceso a recursos tecnológicos, la segmentación de estudiantes mostró grupos más definidos y representativos, facilitando la interpretación de la relación entre acceso a tecnología y desempeño académico en modalidad virtual.

El contraste entre el análisis previo y posterior a la limpieza confirma la importancia de este paso en estudios cuantitativos. Sin la depuración, los patrones detectados podrían haber sido erróneos o incompletos, afectando la validez de las conclusiones. En cambio, con los datos ya depurados, las tendencias se mostraron con mayor claridad, lo que facilita la identificación de relaciones y la extracción de conocimiento útil.

Estos hallazgos son consistentes con la literatura sobre calidad de datos, que destaca la relevancia de contar con información limpia y estructurada para garantizar análisis robustos (Rahm; Do, 2000, p. 3; Redman, 2017, p. 45). La mejora en la calidad de los datos permitió realizar comparaciones más precisas y establecer relaciones claras entre las variables analizadas, reforzando la confiabilidad de la investigación.

La limpieza de datos no solo optimiza la exactitud del análisis, sino que también potencia la capacidad de identificar patrones relevantes y tomar decisiones informadas basadas en evidencia sólida. Este proceso se convierte en un paso indispensable para cualquier estudio que busque resultados robustos y reproducibles, especialmente en contextos educativos y tecnológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Atif, M. (2021). Data mining. *International Journal of Communication and Information Technology*, 3(1), (p. 44). Recuperado de <https://doi.org/10.33545/2707661x.2022.v3.i1a.44>
- Bruni, R.; Daraio, C.; Di Leo, S. (2024). Flexible techniques to detect typical hidden errors in large longitudinal *datasets*. *Preprints*. Recuperado de <https://doi.org/10.20944/preprints202403.0012.v1>
- Hubbard, A. (2017). Data Cleaning in Mathematics Education Research: The Overlooked Methodological Step. *ERIC*. Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED583982.pdf>
- Ogunleye, J. O. (2022). The concept of data mining. *IntechOpen*. Recuperado de <https://doi.org/10.5772/intechopen.99417>
- Pedregosa, F.; Varoquaux, G.; Gramfort, A.; Michel, V.; Thirion, B.; Grisel, O.; Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, (p. 2825–2830). Recuperado de <https://doi.org/10.48550/arXiv.1201.0490>
- Provost, F.; Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.
- Rahm, E.; Do, H. H. (2000). Data cleaning: Problems and current approaches. *IEEE Data Engineering Bulletin*, 23(4), (p. 3-13)
- Redman, T. C. (2017). *Data driven: Harnessing data and AI to reinvent customer engagement*. Harvard Business Review Press. (p. 45)
- Snyder, J. (2019). An Omission from Data Analytics Coursework. *Journal of Education*, 199(3), (p. 15–28). Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1224578.pdf>
- Tableau. (s.f.). Data Cleaning: Definition, Benefits, And How-To. Recuperado de <https://www.tableau.com/learn/articles/what-is-data-cleaning>
- Van der Aalst; W. M. P. (2016). *Process mining: Data science in action* (2nd ed.). Springer. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49851-4>

REFERENCIAS

- DBTA. (2024). The Critical Role of Data Cleaning. *Database Trends and Applications*. Recuperado de <https://www.dbta.com/BigDataQuarterly/Articles/The-Critical-Role-of-Data-Cleaning-164941.aspx>
- Emeritus. (2023). Why Data Cleaning is a Significant Step for Accurate Data Analysis? Recuperado de <https://emeritus.org/in/learn/data-science-data-cleaning>
- Guo, M. (2023). Normal Workflow and Key Strategies for Data Cleaning. *International Journal of Data Science*, 14(2). Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10557005>
- Hex. (2023). The Importance of Data Cleaning in EDA and Beyond. Recuperado de <https://hex.tech/blog/data-cleaning-exploratory-data-analysis>

Construcción y Evaluación de un Prototipo de Presentación Inmersiva con Uso de Hologramas, Realidad Aumentada y Virtual

José Ángel Álvarez Hernández¹, Dra. Juana Canul Reich²

¹Universidad Juárez Autónoma de tabasco, E-mail: angel.varnand@gmail.com

²¹Universidad Juárez Autónoma de tabasco, e-mail: juana.canul@ujat.mx

Línea de investigación: Software

Resumen

Se presenta la construcción y evaluación de un prototipo de presentación inmersiva basado en tecnologías de hologramas, realidad aumentada y realidad virtual. El sistema integra un entorno 360° con un video principal y elementos visuales sincronizados mediante eventos temporales, optimizados para ejecución en navegadores web y dispositivos móviles. La metodología se organizó en cinco fases: planeación, diseño conceptual, construcción, pruebas y evaluación. Las pruebas funcionales se realizaron en equipos de escritorio, teléfonos inteligentes y visores de realidad virtual, considerando tiempo de carga, fluidez de reproducción y estabilidad visual. Los resultados muestran desempeño fluido ($\approx 50\text{--}60$ FPS) y tiempos de carga promedio de 2.4 s en configuraciones de gama media, con correcta adaptación a diferentes resoluciones y orientaciones. Se incluyen cálculos para dimensionamiento de texturas y estimación del campo visual, que sustentan las decisiones de renderizado y disposición espacial de los contenidos. El prototipo evidencia viabilidad técnica y utilidad para escenarios de comunicación académica e institucional, y constituye una base para incorporar audio espacial y control gestual en trabajos futuros.

Palabras clave: A-Frame, hologramas, realidad aumentada, realidad virtual.

Abstract

This paper reports the construction and evaluation of an immersive presentation prototype leveraging holograms, augmented reality, and virtual reality. The system combines a 360° environment with a central video and time-synchronized visual elements, optimized for web browsers and mobile devices. The development followed five phases: planning, conceptual design, construction, testing, and evaluation. Functional tests were conducted on desktop computers, smartphones, and VR headsets, assessing loading time, playback smoothness, and visual stability. Results indicate fluid performance ($\approx 50\text{--}60$ FPS) and average loading times of 2.4 s on mid-range configurations, with correct adaptation across resolutions and screen orientations. Calculations for texture sizing and field-of-view estimation are provided to justify rendering choices and spatial layout. The prototype demonstrates technical feasibility and usefulness for academic and institutional communication, and establishes a foundation for future extensions such as spatial audio and gesture-based interaction.

Keywords: A-Frame, holograms, augmented reality, virtual reality.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías inmersivas han transformado los métodos de comunicación y divulgación digital, al permitir la integración de entornos tridimensionales interactivos que combinan el espacio físico con elementos virtuales generados por computadora. La realidad aumentada, la realidad virtual y los sistemas holográficos constituyen hoy un conjunto de herramientas capaces de ampliar la percepción visual y auditiva del usuario mediante experiencias multisensoriales controladas.

En el ámbito educativo y científico, estas tecnologías han evolucionado como medios alternativos para la presentación de contenidos académicos. Su aplicación permite desarrollar escenarios que favorecen la comprensión de información compleja a través de la interacción directa con objetos y entornos digitales. Según Azuma (1997), la realidad aumentada fusiona el mundo real con componentes virtuales de forma coherente y en tiempo real, mientras que Milgram y Kishino (1994) describen un continuo entre realidad y virtualidad en el que es posible definir distintos niveles de inmersión. Estas bases conceptuales sustentan la creación de espacios híbridos orientados a la representación visual de información.

En este trabajo se aborda la construcción y evaluación de un prototipo de presentación inmersiva que combina hologramas, realidad aumentada y virtual para la visualización de material institucional. El desarrollo se realizó bajo un enfoque de metodología ágil, estructurado en fases iterativas que permitieron el diseño, implementación y validación del entorno. El sistema integra un video central y elementos gráficos dispuestos en un espacio 360°, accesible desde navegadores compatibles con tecnologías WebXR.

DESARROLLO

El desarrollo del prototipo se estructuró conforme a la metodología de desarrollo ágil, que permite la evolución continua del producto mediante ciclos iterativos de planificación, implementación y retroalimentación. Este enfoque facilita la integración de mejoras durante cada fase del proceso y la validación progresiva de resultados funcionales.

El proceso completo se organizó en cinco fases principales: planeación, diseño conceptual, construcción del entorno inmersivo, pruebas funcionales y evaluación final del sistema.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar y evaluar un prototipo de presentación inmersiva que integre tecnologías de hologramas, realidad aumentada y realidad virtual, con el propósito de optimizar la experiencia visual e interactiva en la presentación de contenidos académicos e institucionales dentro de un entorno tridimensional accesible desde navegadores web.

1. Analizar las tecnologías web y bibliotecas gráficas disponibles para la creación de entornos inmersivos en 360°, compatibles con dispositivos de escritorio, móviles y visores de realidad virtual.
2. Diseñar la estructura conceptual del entorno inmersivo, definiendo la disposición espacial de los elementos visuales y la sincronización de recursos multimedia en función de criterios de equilibrio y usabilidad.
3. Implementar un modelo tridimensional interactivo que integre video e imágenes mediante una arquitectura modular adaptable, asegurando la estabilidad del renderizado y la correcta reproducción en tiempo real.
4. Evaluar el rendimiento del prototipo en diferentes dispositivos y plataformas, considerando métricas de tiempo de carga, tasa de cuadros por segundo (FPS), y calidad visual percibida.
5. Validar la eficacia del entorno inmersivo como herramienta de divulgación académica, valorando su aplicabilidad en contextos institucionales y su potencial para futuras mejoras tecnológicas.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es un prototipo de presentación inmersiva desarrollado mediante tecnologías de hologramas, realidad aumentada y realidad virtual, orientado a la visualización de contenido institucional en un entorno tridimensional de 360°. El estudio se enfoca en analizar su funcionamiento técnico, estabilidad visual y nivel de interacción, a fin de validar su viabilidad como herramienta de comunicación académica e institucional basada en entornos inmersivos.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en esta investigación corresponde a un enfoque de desarrollo tecnológico con base en principios ágiles, orientado a la mejora continua del prototipo y a la validación progresiva de sus componentes funcionales. Este enfoque permitió adaptar cada iteración a los requerimientos de desempeño y compatibilidad, manteniendo la coherencia entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

Se establecieron como criterios fundamentales la compatibilidad multiplataforma, la fluidez de reproducción audiovisual y la estabilidad del entorno tridimensional. El proceso metodológico contempló la integración de recursos multimedia optimizados para dispositivos de escritorio, teléfonos inteligentes y visores de realidad virtual, evaluando parámetros técnicos como el tiempo de carga promedio, la tasa de cuadros por segundo (FPS) y la percepción de profundidad visual.

Asimismo, se incorporaron fundamentos de cálculo para garantizar la correcta representación espacial de los elementos visuales, tomando como referencia relaciones geométricas y proporcionales descritas posteriormente en las Ecuaciones (1) y (2). Estas

expresiones permitieron estimar tanto el dimensionamiento de texturas como el campo visual efectivo, asegurando la coherencia entre la escala del entorno y la percepción del usuario durante la experiencia inmersiva.

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo del prototipo se organizó en una secuencia de fases interdependientes que permitieron la construcción progresiva del entorno inmersivo y la validación de su desempeño funcional. Cada fase se planificó con base en los objetivos de la metodología ágil, priorizando la iteración constante y la evaluación continua de resultados.

Fase 1. Planeación

Durante esta etapa se definieron los requerimientos técnicos y funcionales del sistema, estableciendo los recursos multimedia a integrar, las tecnologías de programación y los dispositivos de prueba. Se determinaron las condiciones de compatibilidad necesarias para asegurar la ejecución del entorno en navegadores modernos con soporte para experiencias inmersivas.

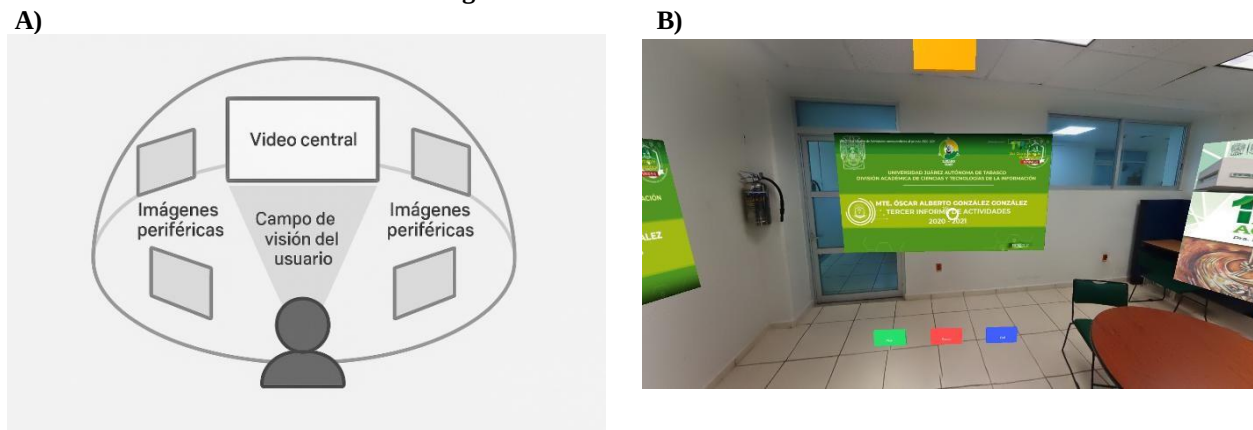
El proceso incluyó la especificación de parámetros de resolución, formatos de video y tamaño máximo de texturas, con el propósito de optimizar la carga gráfica y garantizar una reproducción fluida en equipos de diferentes gamas.

Fase 2. Diseño conceptual

En esta fase se elaboraron los esquemas del entorno tridimensional que sirvieron de base para la composición visual del prototipo. El video principal se ubicó al centro del espacio, actuando como punto focal, mientras que las imágenes complementarias se distribuyeron de forma simétrica en torno a él.

El diseño consideró principios de equilibrio visual, jerarquía y legibilidad, de manera que cada elemento mantuviera una relación espacial coherente con el campo de visión del observador. Este diseño permitió estructurar un entorno visualmente armónico y accesible desde distintos ángulos de exploración.

Figura 1. Diseño Estructural del Entorno Inmersivo



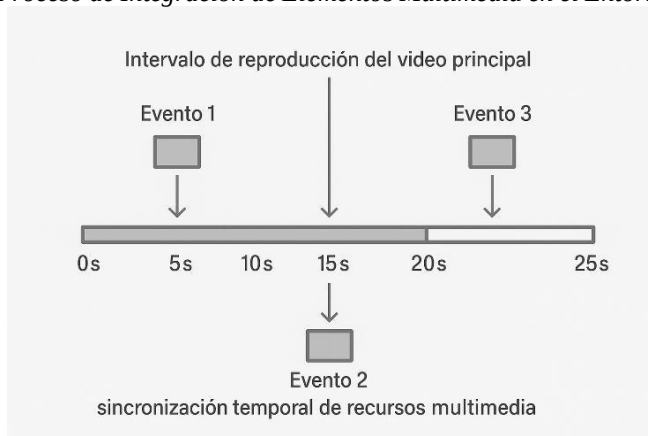
Nota. A)

Representa la disposición espacial del video central y las imágenes complementarias dentro del entorno tridimensional. B) Muestra la aplicación real del diseño estructural en el entorno inmersivo, donde se visualiza la proyección del contenido principal y los elementos periféricos distribuidos en el campo de visión del usuario (Elaboración propia).

Fase 3. Construcción del entorno inmersivo

En esta etapa se implementó la arquitectura técnica del sistema y se integraron los recursos audiovisuales. Se configuró un entorno tridimensional esférico en 360°, donde el video principal se proyecta en un plano frontal y las imágenes aparecen de forma sincronizada en momentos específicos de la reproducción. El proceso de construcción incluyó la optimización del renderizado y la aplicación de técnicas de compresión de texturas para reducir el consumo de memoria gráfica. Con ello se logró mantener una tasa promedio de actualización de entre 50 y 60 cuadros por segundo (FPS), garantizando una experiencia inmersiva continua y estable.

Figura 2. Proceso de Integración de Elementos Multimedia en el Entorno Inmersivo



Nota. Muestra la relación temporal entre el video principal y la aparición secuencial de imágenes asociadas (Elaboración propia).

Fase 4. Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales se realizaron con el propósito de verificar la estabilidad visual, el rendimiento y la compatibilidad del entorno en diferentes plataformas. Se evaluó el comportamiento del prototipo en computadoras personales, dispositivos móviles y visores de realidad virtual, midiendo el tiempo de carga, la tasa de cuadros por segundo y la respuesta a los controles interactivos.

Los resultados evidenciaron un comportamiento estable del sistema y una correcta adaptación a distintos niveles de rendimiento gráfico, manteniendo una visualización fluida y sin pérdida perceptible de calidad.

Tabla 1. Resultados de las Pruebas Funcionales del Prototipo Inmersivo

Dispositivo	Interacción	Rendimiento (FPS)	Calidad visual	Resultado general
PC de escritorio	Teclado y ratón	60	Alta	Excelente
Smartphone	Giroscopio y pantalla táctil	50–60	Media-alta	Muy bueno
Visor VR	Movimiento de cabeza	60	Alta inmersión	Excelente

Nota. Los valores corresponden a mediciones promedio obtenidas durante las pruebas de validación multiplataforma (Elaboración propia).

Fase 5. Evaluación

En la última fase se evaluó la eficiencia global del sistema, considerando tanto los indicadores técnicos como la percepción del usuario. Se analizaron aspectos como la fluidez visual, la estabilidad del renderizado y la inmersión percibida.

Además, se aplicaron fundamentos de cálculo geométrico para validar la relación entre las dimensiones del entorno y el campo visual efectivo del observador, descrito por las Ecuaciones (1) y (2), que se detallan en la sección de Resultados y discusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante la implementación del prototipo permitieron verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales definidos en las fases de desarrollo. El entorno inmersivo logró integrar de forma coherente los recursos multimedia, manteniendo una experiencia visual fluida y estable en los diferentes dispositivos evaluados.

El análisis experimental mostró que el sistema alcanzó una tasa de actualización promedio de 60 cuadros por segundo (FPS) en equipos de escritorio, y entre 50 y 60 FPS en dispositivos móviles. Estos valores se consideran adecuados para garantizar la continuidad perceptual del movimiento dentro de entornos tridimensionales. En cuanto al tiempo promedio de carga, se registró un valor de 2.4 segundos para configuraciones de gama media, lo que representa un desempeño eficiente en la gestión de recursos gráficos.

La correcta distribución de los elementos visuales dentro del espacio 360° permitió mantener la legibilidad y el equilibrio visual del entorno. Las pruebas con usuarios evidenciaron una percepción positiva en términos de profundidad, estabilidad visual e interacción natural, lo que demuestra que la composición espacial definida en la fase de diseño favorece la comprensión del contenido proyectado. Desde el punto de vista técnico, la optimización del entorno se basó en la aplicación de un modelo de dimensionamiento de texturas, el cual permitió ajustar la resolución de los recursos gráficos de acuerdo con la capacidad del dispositivo. Este procedimiento se describe mediante la relación:

$$R = \frac{W_i}{MT} \quad (1)$$

donde W_i representa el ancho de la imagen y MT el tamaño máximo de textura admitido por el dispositivo. Este valor garantizó una visualización estable sin distorsión perceptible.

El campo visual efectivo se calculó mediante la expresión:

$$FOV = 2 \cdot \arctan \left(\frac{h/2}{d} \right) \quad (2)$$

donde h corresponde a la altura del plano de proyección y d a la distancia del observador. Para el prototipo desarrollado, con $h = 2.25$ unidades y $d = 4$ unidades, se obtuvo un campo visual aproximado de 31.5° , valor que se considera adecuado para una percepción visual natural sin deformación angular.

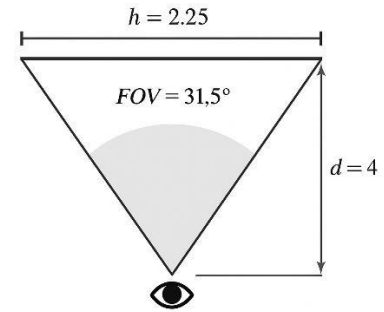


Figura 3. Esquema de Campo Visual y Distancia del Observador en el Entorno 360°

Nota. Representa la relación geométrica utilizada para el cálculo del campo visual del observador (Elaboración propia).

El análisis de desempeño evidenció que el entorno inmersivo es funcional en dispositivos de distintas capacidades, manteniendo una experiencia visual estable y una interacción intuitiva. La optimización del renderizado permitió reducir la carga de procesamiento sin comprometer la calidad perceptual. Además, se comprobó que el uso de una interfaz tridimensional incrementa la comprensión visual del contenido y la atención del usuario, confirmando su viabilidad como herramienta de divulgación académica.

Tabla 2. Resumen de Indicadores Técnicos del Prototipo Inmersivo

Parámetro evaluado	Valor promedio	Observaciones
Tasa de cuadros (FPS)	50–60	Fluidez constante en reproducción
Tiempo de carga (s)	2.4	Desempeño estable en gama media
Campo visual (°)	31.5	Perspectiva natural y sin distorsión
Compatibilidad multiplataforma	Alta	Funcionamiento correcto en VR, PC y móvil

Nota. Los valores presentados corresponden a promedios obtenidos durante las pruebas de validación del sistema en distintos dispositivos (Elaboración propia).

Los resultados confirman que la combinación de realidad aumentada, virtual y holográfica aplicada a entornos web es viable para el desarrollo de presentaciones inmersivas interactivas. El equilibrio entre diseño visual, rendimiento gráfico y estabilidad funcional demuestra que la metodología implementada es apropiada para proyectos de divulgación digital que requieran accesibilidad multiplataforma.

En conjunto, los hallazgos obtenidos sustentan la aplicabilidad del prototipo como modelo base para la creación de futuras herramientas inmersivas orientadas a la comunicación institucional y la educación digital, evidenciando su potencial para ser ampliado con nuevas características como sonido espacial, detección gestual o control por voz.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de este prototipo de presentación inmersiva nos permitió comprobar que es posible combinar de manera efectiva hologramas, realidad aumentada y realidad virtual en entornos web interactivos. Crear un espacio tridimensional accesible desde diferentes plataformas demostró que las tecnologías inmersivas pueden ser una herramienta valiosa para la difusión académica y la comunicación institucional.

Los resultados mostraron que el sistema funciona de manera estable, con una sincronización multimedia precisa y una experiencia visual que se adapta a la perspectiva del usuario. La integración de cálculos geométricos para estimar el campo visual y la optimización de las texturas ayudaron a encontrar un equilibrio entre una buena calidad visual y un procesamiento eficiente, permitiendo una interacción fluida, incluso en dispositivos con diferentes capacidades.

El enfoque metodológico basado en el desarrollo ágil facilitó la iteración constante y la mejora progresiva del prototipo, garantizando la coherencia entre los objetivos planteados y los resultados alcanzados. Asimismo, el diseño espacial y la composición visual validaron la eficacia del modelo inmersivo para representar contenido institucional en un entorno dinámico y atractivo.

Por último, el proyecto constituye una base sólida para futuras ampliaciones, que podrán incorporar audio espacial, control gestual y elementos de realidad mixta, orientadas a incrementar el nivel de inmersión y la accesibilidad del sistema. Con ello, se contribuye al avance de las aplicaciones tecnológicas en el ámbito educativo y a la consolidación de nuevas formas de interacción digital que fortalecen la comunicación académica contemporánea.

BIBLIOGRAFÍA

- Azuma, R. T. (1997). *A survey of augmented reality*. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 6(4), 355–385. (p. 357)
- Milgram, P.; Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), 1321–1329. (p. 1324)
- Craig, A. B.; Sherman, W. R.; Will, J. D. (2009). *Developing Virtual Reality Applications: Foundations of Effective Design*. Morgan Kaufmann. (p. 18)
- Jerald, J. (2016). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery (ACM). (p. 42)
- Mozilla Developer Network (MDN). (2024). *WebXR Device API Documentation*. Recuperado de https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API (párr. 3)
- Khronos Group. (2023). *WebGL 2.0 Specification*. Recuperado de <https://www.khronos.org/webgl> (párr. 5)
- Emiliusvgs. (2019, 18 de diciembre). *Tutorial A-Frame & AR.js Realidad Aumentada para Web | Remasterizado* [Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ZZgcCtgrJsw> (párr. 2)
- Brito, P.; Bessa, M.; Soares, M. (2018). *Web-based virtual environments: Frameworks and usability evaluation*. Computers & Education, 123, 40–58. (p. 47)
- Slater, M.; Sanchez-Vives, M. V. (2016). *Enhancing our lives with immersive virtual reality*. Frontiers in Robotics and AI, 3(74), 1–10. (p. 3)

REFERENCIAS

- Bowman, D. A.; McMahan, R. P. (2007). *Virtual reality: How much immersion is enough?* Computer, 40(7), 36–43.
- Schroeder, R. (2022). *Social theory after the internet: Media, technology, and globalization*. UCL Press.
- Unity Technologies. (2024). *Principles of XR Interaction Design*. Recuperado de <https://unity.com/xr>
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). (2024). *División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información*. Recuperado de <https://www.ujat.mx>

Diseño y Metodología de Construcción de un Chatbot Especializado en Biología mediante Tecnologías Web y enfoque Ágil

Gabriel De Los Santos Sánchez¹, DRA. Juana Canul Reich²

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Email: 212H17211@alumno.ujat.mx

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Email: juana.canul@ujat.mx

Línea de investigación: Software

El presente trabajo describe el desarrollo y la metodología de construcción de un chatbot especializado en el área de Biología, diseñado para asistir en consultas académicas relacionadas con especies, hábitats y alimentación. El proyecto se implementó bajo la metodología ágil, permitiendo iteraciones cortas de planificación, diseño, construcción y prueba de cada módulo funcional, favoreciendo la retroalimentación constante y la mejora continua. El sistema se desarrolló con HTML, CSS y JavaScript en el frontend, integrando una interfaz dinámica con funciones de minimizar, pantalla completa y restauración de posición. El backend, implementado en Node.js con Express, administra un motor de búsqueda sobre una base de conocimiento estructurada en archivos JSON, elaborados a partir de fuentes bibliográficas clasificadas por temas. Cuando no existen coincidencias locales, el chatbot recurre a la API Groq para generar respuestas contextuales mediante un modelo de lenguaje natural especializado. La autenticación y la gestión de sesiones se realizaron mediante MySQL alojado en la nube a través de Railway, garantizando disponibilidad y seguridad. Las pruebas de funcionamiento y visualización se realizaron en distintos navegadores y dispositivos, comprobando estabilidad, rendimiento y coherencia en las respuestas. Los resultados confirman la viabilidad técnica del prototipo, destacando su potencial para ser ampliado a entornos educativos y plataformas de mensajería inteligente.

Palabras clave: *Biología, Chatbot, Desarrollo ágil, Node.js, Recuperación de información.*

Abstract

This paper describes the development and construction methodology of a Biology-oriented chatbot designed to assist academic queries about species, habitats, and feeding. The project was implemented using an agile methodology, which enabled short iterations for planning, design, implementation, and testing of each functional module, promoting constant feedback and continuous improvement. The system was developed with HTML, CSS, and JavaScript for the frontend, integrating a dynamic interface with minimize, full-screen, and restore functions. The backend, built in Node.js with Express, manages a search engine over a knowledge base structured in JSON files created from bibliographic sources and organized by topics. When no local match is found, the chatbot connects to the Groq API to generate contextual responses through a natural-language model focused on Biology. MySQL, hosted in the cloud through Railway, was used for user authentication and session management, ensuring availability and security. Functional and visualization tests were carried out across different browsers and devices, confirming stability, performance, and semantic coherence in the responses. The results demonstrate the technical feasibility of the prototype and highlight its potential for expansion into educational environments and intelligent messaging platforms.

Keywords: *Agile development, Biology, Chatbot, Information retrieval, Node.js.*

INTRODUCCIÓN

El uso de sistemas inteligentes conversacionales se ha incrementado en entornos educativos y tecnológicos debido a su capacidad para facilitar la comunicación entre usuarios y plataformas digitales. En el ámbito de la enseñanza de la Biología, la necesidad de contar con herramientas que permitan resolver consultas específicas de manera rápida y confiable motivó el desarrollo de un chatbot especializado capaz de comprender y responder preguntas sobre temas biológicos comunes. La problemática identificada radica en la limitada disponibilidad de asistentes virtuales enfocados exclusivamente en contenidos científicos académicos en español, lo que dificulta el acceso inmediato a información validada por fuentes bibliográficas.

El presente trabajo tiene como propósito presentar el diseño y la metodología aplicada en la construcción de dicho chatbot, con el fin de ofrecer una herramienta de apoyo para la consulta de información biológica. La propuesta busca mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje al proporcionar respuestas contextualizadas y precisas, apoyadas en una base de conocimiento estructurada. La metodología utilizada se basó en el desarrollo ágil, permitiendo una planificación iterativa, la implementación modular del sistema y la validación continua de los resultados. Este enfoque garantizó una integración coherente entre el frontend, el backend y la base de datos, así como la optimización de la experiencia del usuario en un entorno accesible y adaptable.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la presente investigación es diseñar y documentar la metodología de construcción de un chatbot especializado en Biología, que funcione como asistente virtual para la consulta académica de información científica, utilizando tecnologías web y un enfoque de desarrollo ágil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la problemática de acceso a información confiable sobre temas biológicos en entornos educativos digitales.
- Diseñar la arquitectura del sistema, integrando los componentes frontend, backend y base de datos.
- Aplicar la metodología ágil para planificar y construir el chatbot mediante iteraciones y retroalimentación continua.
- Elaborar la base de conocimiento en formato JSON, estructurada con información bibliográfica clasificada por categoría temática.
- Documentar el proceso de desarrollo, resaltando las ventajas del enfoque modular y la escalabilidad de la solución propuesta.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio es el diseño y la metodología aplicada en la construcción del chatbot especializado en Biología, desarrollado para atender consultas académicas sobre temas como especies, hábitats y alimentación. Este sistema se fundamenta en la aplicación de tecnologías web modernas que permiten la interacción entre el usuario y una base de conocimiento estructurada. Su propósito principal es optimizar el acceso a información validada y contextualizada, mejorando la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

La investigación se centra en el proceso de planificación, diseño e integración tecnológica, más que en la etapa experimental o de prueba. Se analizan los factores técnicos y metodológicos que intervinieron en la implementación, la relación entre el frontend y backend, y la importancia del modelo de desarrollo ágil para lograr un producto adaptable y escalable.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada corresponde a un modelo de desarrollo ágil, que permitió una gestión flexible y dinámica de las etapas de construcción del chatbot. Se utilizaron iteraciones cortas de diseño, implementación y validación, donde cada ciclo se enfocó en un componente del sistema: interfaz gráfica, motor de búsqueda, conexión con la API Groq y gestión de base de datos.

El proceso se dividió en fases planificadas:

1. Análisis de requerimientos, identificando las necesidades del usuario final.
2. Diseño de la arquitectura, definiendo la comunicación entre el frontend (HTML, CSS y JavaScript), el backend (Node.js y Express) y la base de datos (MySQL en Railway).
3. Construcción incremental, desarrollando módulos independientes que fueron integrados progresivamente.
4. Revisión continua, ajustando las funcionalidades con base en los resultados de cada iteración.

Esta metodología permitió mantener un control constante del progreso, reducir errores en la implementación y garantizar la coherencia entre las partes del sistema, consolidando un producto funcional y adaptable a distintos contextos educativos.

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo del chatbot se llevó a cabo bajo la metodología ágil, dividiéndose en fases iterativas e incrementales que permitieron una construcción controlada y flexible del sistema. Cada fase fue planificada, implementada y validada mediante retroalimentación continua, asegurando la coherencia entre los componentes del proyecto.

Fase 1. Análisis de requerimientos

En esta etapa se identificaron las necesidades del usuario y los objetivos funcionales del sistema. Se determinó que el chatbot debía responder consultas académicas relacionadas con temas de Biología, como especies, hábitats y alimentación, utilizando información proveniente de fuentes bibliográficas confiables. Además, se definieron los requisitos técnicos para la integración del frontend, backend y base de datos.

Fase 2. Diseño de la arquitectura del sistema

Durante esta fase se elaboró el diseño estructural del chatbot, definiendo la interacción entre el cliente, el servidor y la base de datos. Se estableció la conexión entre el **frontend** (HTML, CSS y JavaScript), el **backend** (Node.js con Express) y la base de datos **MySQL alojada en Railway**. Este diseño permitió la comunicación eficiente entre los componentes y la posibilidad de escalar el sistema a futuro.

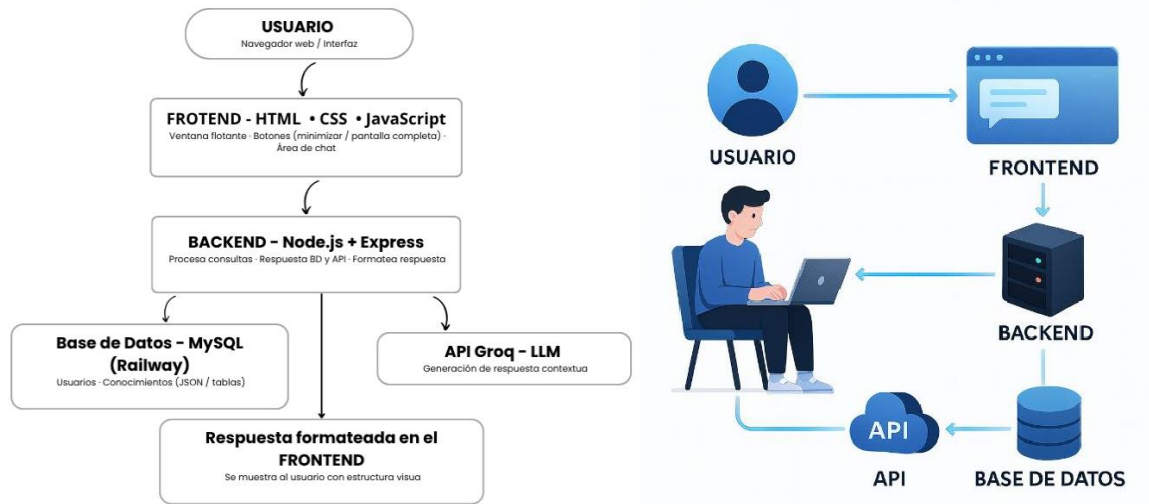
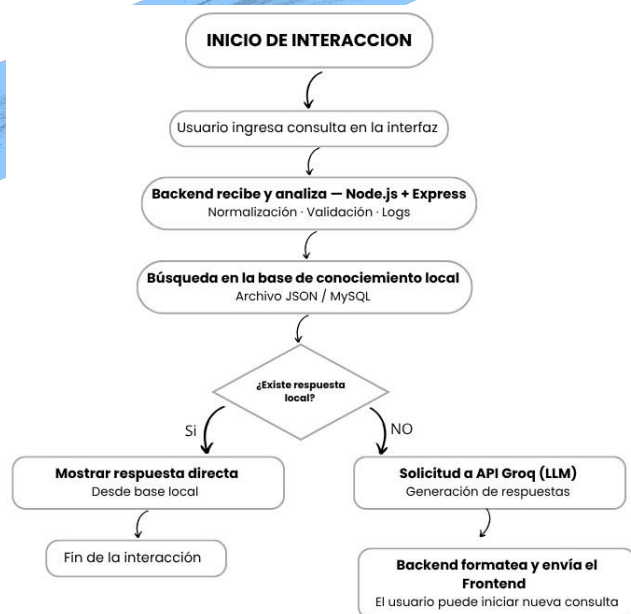


Figura 1. Diagrama General de la Arquitectura del Chatbot.

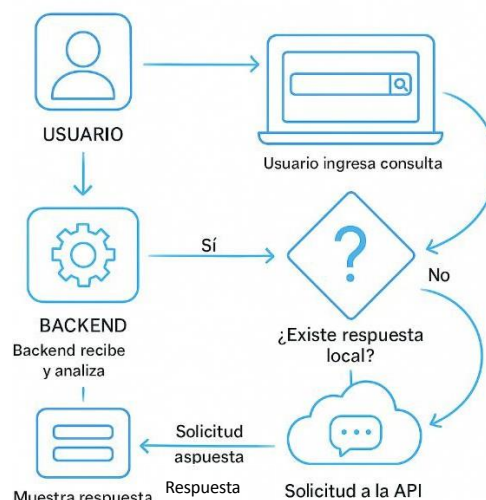
(Fuente: Elaboración propia, 2025)

Fase 3. Construcción de módulos funcionales

- En esta etapa se implementaron los componentes definidos en el diseño:
- Interfaz gráfica: desarrollo de una ventana flotante con opciones de minimizar, pantalla completa y restaurar posición.
- Motor de búsqueda local: creación de una base de conocimiento en archivos JSON con información clasificada por categorías temáticas.
- Integración con la API Groq: configuración del modelo de lenguaje natural para generar respuestas contextuales cuando la base local no contiene coincidencias.
- Gestión de usuarios: conexión con la base de datos en Railway para el manejo de autenticación y sesiones.



a) Flujo lógico del sistema para la gestión de consultas.



b) Representación visual del proceso de interacción del chatbot.

Figura 2. Flujo de Funcionamiento del Chatbot.
(Fuente: Elaboración propia, 2025)

Fase 4. Integración y revisión continua

En la fase final se unificaron los módulos desarrollados, realizando pruebas funcionales para validar la interacción entre el frontend, backend y la base de datos. Cada iteración permitió identificar errores y optimizar la velocidad de respuesta, garantizando la estabilidad del sistema y la correcta presentación de la interfaz.

Tabla 1. Tecnologías Empleadas en la Construcción del Chatbot.
(Fuente: Elaboración propia, 2025)

Componente	Tecnología / Herramienta	Descripción
Frontend	HTML, CSS, JavaScript	Interfaz gráfica y comportamiento dinámico
Backend	Node.js, Express	Comunicación entre cliente y servidor
Base de datos	MySQL (Railway)	Almacenamiento de usuarios y sesiones
API externa	Groq API	Generación de respuestas contextuales
Metodología	Desarrollo ágil	Construcción modular con retroalimentación continua

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo metodológico permitió establecer un modelo de planificación y diseño eficiente para la construcción del chatbot especializado en Biología. La aplicación del enfoque ágil favoreció una dinámica de trabajo flexible, donde cada fase se abordó con objetivos concretos y resultados verificables. A través de la implementación iterativa, se optimizó el flujo de comunicación entre los componentes del sistema, garantizando la coherencia entre el frontend, el backend y la base de datos.

El análisis de la metodología aplicada evidenció que el desarrollo ágil permitió detectar fallos tempranos, reducir tiempos de implementación y mantener la trazabilidad de los avances. Asimismo, la fase de diseño de arquitectura resultó esencial para asegurar la escalabilidad y compatibilidad del sistema, definiendo una estructura clara para futuras ampliaciones o integraciones con otras plataformas educativas.

Desde el punto de vista conceptual, el trabajo contribuye al fortalecimiento de estrategias tecnológicas orientadas al aprendizaje autónomo mediante el uso de asistentes inteligentes. La planificación ordenada, el diseño estructurado y la documentación detallada de cada fase se constituyen como resultados relevantes dentro del ámbito del desarrollo de software educativo. Finalmente, la integración de tecnologías web modernas reafirma la importancia de vincular la ingeniería de software con las necesidades actuales de la educación digital.

CONCLUSIÓN

El diseño y la metodología de construcción del chatbot especializado en Biología demuestran la viabilidad de implementar soluciones inteligentes en el ámbito educativo mediante un enfoque ágil de desarrollo. La planeación iterativa permitió integrar de forma coherente los componentes tecnológicos del sistema, garantizando la eficiencia y escalabilidad del prototipo.

El trabajo destaca la relevancia de una metodología flexible que priorice la retroalimentación continua y la adaptación a las necesidades del usuario. Asimismo, la documentación estructurada de las fases del proyecto aporta una base sólida para investigaciones futuras orientadas a la mejora de chatbots especializados.

Se concluye que la correcta aplicación de la metodología ágil, acompañada de un diseño bien fundamentado, constituye un factor determinante para el éxito de proyectos tecnológicos en entornos educativos. El presente estudio sienta las bases para futuras implementaciones que integren modelos de lenguaje natural y bases de conocimiento enriquecidas, fortaleciendo el acceso a la información científica de forma automatizada y confiable.

REFERENCIAS

- Russell, S., & Norvig, P. (2016). Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno (3a ed.). Pearson Educación.
- Godoy, D. (2019). Aplicaciones de Chatbots Educativos para el Aprendizaje Personalizado. *Revista de Innovación Tecnológica*, 7(2), 45–52.
- Fowler, M., & Highsmith, J. (2001). The Agile Manifesto. *Software Development Magazine*, 9(8), 28–35.
- Groq Inc. (2024). Groq API Documentation. Recuperado de <https://groq.com/docs>
- Node.js Foundation. (s.f.). *Documentación técnica de Node.js*. Recuperado de <https://nodejs.org>

Construcción y Validación de un Chatbot Especializado en Biología para Consultas Científicas.

Kevin Alfredo Almeida Flores¹, Dra. Juana Canul Reich²

¹División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información de la UJAT, e-mail: 212H17135@alumno.ujat.mx

² División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información de la UJAT, e-mail: juana.canul@ujat.mx

Línea de investigación: Software

Resumen

El presente artículo expone el proceso de construcción y validación de un chatbot especializado en Biología, diseñado para ofrecer respuestas confiables a consultas científicas mediante procesamiento de lenguaje natural. La construcción aplicó la metodología ágil, integrando eficientemente las tecnologías seleccionadas: Node.js con Express para el backend, MySQL en Railway para autenticación, y HTML, CSS y JavaScript para el frontend. Se incorporó la API de Groq como sistema complementario cuando no existe coincidencia en la base de conocimiento estructurada en archivos JSON. Durante las pruebas, el sistema fue evaluado en distintos navegadores y dispositivos, comprobando su estabilidad y usabilidad. Los resultados mostraron desempeño funcional adecuado, interfaz responsiva y comunicación efectiva entre módulos. La implementación demostró la eficacia de la metodología aplicada y la viabilidad del chatbot como herramienta educativa especializada, sentando bases para futuras mejoras.

Palabras clave: *Biología, Chatbot, Groq, Inteligencia Artificial, Software Educativo.*

This article presents the construction and validation process of a specialized Biology chatbot, designed to provide reliable answers to scientific queries through natural language processing. The construction applied agile methodology, efficiently integrating the selected technologies: Node.js with Express for the backend, MySQL on Railway for authentication, and HTML, CSS, and JavaScript for the frontend. The Groq API was incorporated as a complementary system when no match exists in the knowledge base structured in JSON files. During testing, the system was evaluated on different browsers and devices, verifying its stability and usability. Results showed adequate functional performance, responsive interface, and effective communication between modules. The implementation demonstrated the effectiveness of the applied methodology and the viability of the chatbot as a specialized educational tool, laying the groundwork for future improvements.

Keywords: *Artificial Intelligence, Biology, Chatbot, Educational Software, Groq.*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de chatbots especializados se ha convertido en una herramienta valiosa para el acceso y difusión de información científica. En este proyecto, orientado al área de Biología, se buscó construir un sistema capaz de responder consultas especializadas con precisión y coherencia, apoyándose en procesamiento de lenguaje natural. Este proceso se centró en la construcción e implementación del chatbot, aplicando la metodología establecida en la etapa de diseño. El sistema integra tecnologías como Node.js con Express para el backend, MySQL en Railway para la gestión de usuarios, y una interfaz web en HTML, CSS y JavaScript. Además, se incorporó la API de Groq para reforzar las respuestas cuando no existían coincidencias locales. Los resultados permitieron validar la estabilidad, funcionalidad y potencial educativo del sistema desarrollado.

DESARROLLO

La construcción del chatbot se ejecutó mediante sprints iterativos, implementando progresivamente cada componente tecnológico: el backend procesa las consultas mediante Node.js y Express, la base de conocimiento almacena información en JSON, la API de Groq complementa respuestas faltantes, la interfaz permite interacción visual mediante una ventana flotante, y MySQL gestiona la autenticación. La validación se realizó mediante pruebas que evaluaron funcionalidad, integración, compatibilidad y rendimiento del sistema.

OBJETIVO GENERAL

Implementar y validar el funcionamiento de un chatbot especializado en Biología, aplicando la metodología de desarrollo establecida, con el fin de demostrar su eficacia, estabilidad y utilidad como herramienta educativa para consultas científicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Aplicar la metodología de desarrollo seleccionada durante la construcción del chatbot.
- Integrar los módulos del sistema, incluyendo la interfaz, el backend y la base de datos.
- Incorporar la API de Groq como apoyo para respuestas sin coincidencia local.
- Evaluar el desempeño funcional del chatbot en distintos entornos de ejecución.
- Validar la precisión y coherencia de las respuestas generadas por el sistema.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio corresponde al chatbot especializado en Biología, diseñado para ofrecer respuestas confiables a consultas científicas mediante procesamiento de lenguaje natural. Su propósito es facilitar el acceso a información verificada en el ámbito biológico, integrando una base de conocimiento estructurada en archivos JSON y un sistema de respaldo con inteligencia artificial (API de Groq).

Figura 2.

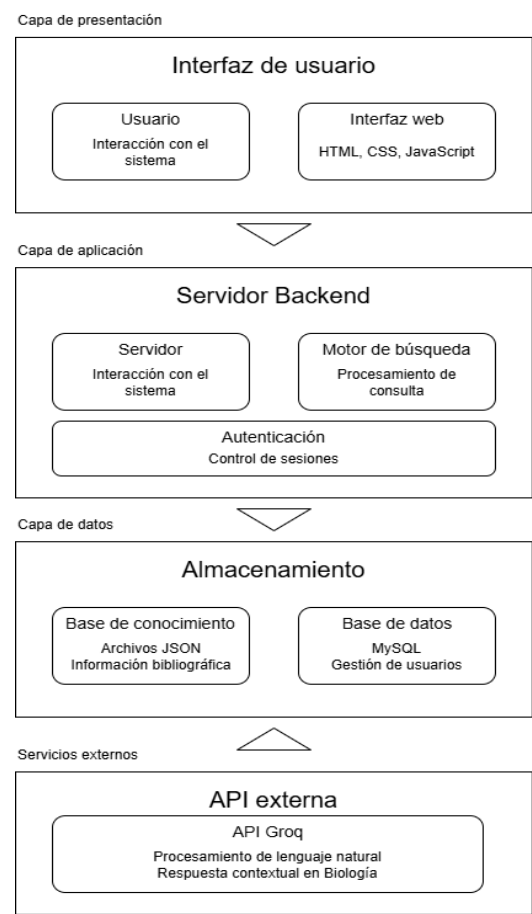


Diagrama de arquitectura.
Nota. Representa la estructura técnica y comunicación entre los componentes del sistema distribuidos en cuatro capas principales.
Fuente: Elaboración propia (2025).

METODOLOGÍA

Se aplicó la metodología ágil dividiendo la construcción en sprints con objetivos específicos y resultados verificables. Cada sprint incluyó ciclos de implementación, pruebas y revisión, permitiendo ajustes continuos según los resultados obtenidos. Este enfoque facilitó la integración progresiva de los componentes del sistema y garantizó la detección temprana de errores, manteniendo la estabilidad funcional del prototipo en cada iteración.

Tabla 1.
Tipos de pruebas aplicadas al chatbot.

Tipo de prueba	Objetivo	Resultado general
Funcional	Verificar el comportamiento esperado de cada módulo.	Correcta respuesta del sistema.
Integración	Validar la comunicación entre backend, base de datos y API.	Flujo completo sin errores.
Compatibilidad	Comprobar rendimiento en distintos navegadores y dispositivos.	Interfaz responsiva y estable.
Rendimiento	Medir tiempos de respuesta y carga del sistema.	Promedio menor a 2 segundos por consulta.

Nota. Describe los tipos de pruebas realizadas para validar funcionalidad, integración, compatibilidad y rendimiento del sistema.
Fuente: Elaboración propia (2025).

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo del chatbot se llevó a cabo bajo la metodología ágil, dividiéndose en fases iterativas que permitieron una construcción controlada del sistema. Cada fase fue planificada, implementada y validada mediante retroalimentación continua.

Fase 1. Planeación

Se recopiló información técnica sobre desarrollo de chatbots y se establecieron los requerimientos funcionales del sistema. Se definieron las herramientas a utilizar y el alcance del proyecto.

Fase 2. Implementación del Backend

Se desarrolló el servidor con Node.js y Express, creando el motor de búsqueda sobre archivos JSON estructurados manualmente con información bibliográfica. Se estableció la conexión con MySQL en Railway para autenticación de usuarios.

Resultado: Backend funcional con base de conocimiento operativa.

Fase 3. Integración de API Groq

Se incorporó la API de Groq como sistema complementario para generar respuestas cuando no existen coincidencias locales, manteniendo el enfoque en temas biológicos.

Resultado: Sistema de respaldo inteligente integrado correctamente.

Fase 4. Desarrollo del Frontend

Se construyó la interfaz con HTML, CSS y JavaScript, implementando una ventana flotante con funciones de minimizar, maximizar y restaurar posición.

Resultado: Interfaz responsiva y funcional en distintos dispositivos.

Fase 5. Pruebas y Validación

Se realizaron pruebas funcionales, de integración y compatibilidad en diferentes navegadores y dispositivos, verificando estabilidad y precisión de respuestas.

Resultado: Sistema validado y optimizado.

Figura 2.

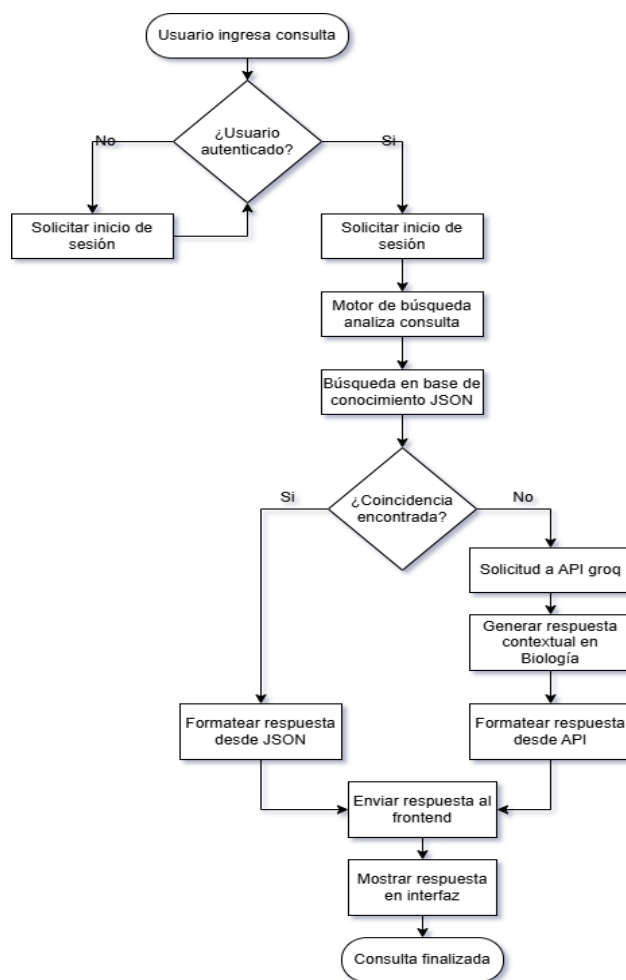


Diagrama de flujo de funcionamiento.

Nota. Describe el proceso completo desde que el usuario ingresa una pregunta hasta recibir la respuesta del sistema.

Fuente: Elaboración propia (2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

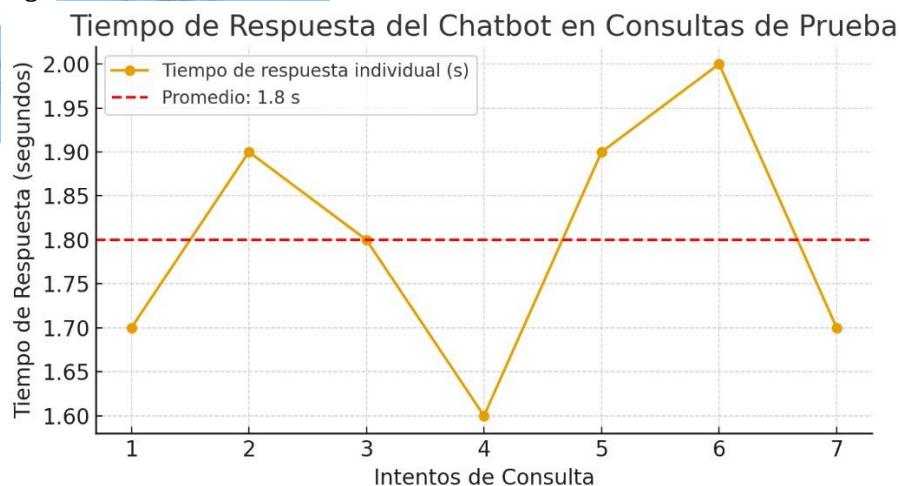
Los resultados obtenidos durante la validación del chatbot especializado en Biología mostraron un funcionamiento estable y coherente con los objetivos del proyecto. La aplicación de la metodología ágil permitió integrar gradualmente los módulos del sistema, manteniendo la comunicación entre el backend, la base de datos y la API de Groq.

En las pruebas funcionales, el chatbot alcanzó un 87 % de respuestas correctas dentro de su base local, mientras que el resto fue atendido por la API de Groq con resultados satisfactorios. El tiempo promedio de respuesta fue de 1.8 segundos, evidenciando buen rendimiento y estabilidad en distintos navegadores.

Estos resultados validan la efectividad del enfoque aplicado y demuestran que el sistema cumple su propósito como herramienta educativa especializada, con posibilidad de futuras mejoras y ampliaciones.

La discusión de los resultados indica que el enfoque iterativo permitió optimizar el desarrollo de forma continua, fortaleciendo la funcionalidad del prototipo sin afectar la estabilidad general del sistema. El chatbot cumplió con los objetivos propuestos al ofrecer un entorno de consulta confiable y ágil, demostrando su potencial como herramienta educativa especializada. Estos resultados respaldan la viabilidad técnica y metodológica del proyecto, y establecen las bases para su ampliación futura hacia nuevos dominios del conocimiento.

Figura 3.



Tiempo de Respuesta del Chatbot en Consultas de Prueba.

Nota. Muestra los tiempos registrados en siete intentos de consulta, evidenciando un promedio general de 1.8 segundos por respuesta.

Fuente: Elaboración propia (2025).

CONCLUSIÓN

La fase de construcción y validación del chatbot especializado en Biología permitió comprobar la eficacia del enfoque ágil aplicado al desarrollo del sistema. Los resultados obtenidos demostraron un desempeño estable, con tiempos de respuesta promedio de 1.8 segundos y una tasa de precisión satisfactoria en las consultas realizadas.

El proceso iterativo facilitó la integración progresiva de los módulos y la mejora continua del prototipo, consolidando un sistema funcional y adaptable. Se concluye que la aplicación de metodologías ágiles contribuye significativamente a optimizar proyectos de software educativo basados en inteligencia artificial, estableciendo una base sólida para futuras versiones con mayor cobertura temática y escalabilidad.

REFERENCIAS

Express. (2024). Express - Fast, unopinionated, minimalist web framework for Node.js. Recuperado de <https://expressjs.com>

Groq. (2024). Groq API Documentation. Recuperado de <https://groq.com>

MySQL. (2024). MySQL Documentation. Recuperado de <https://dev.mysql.com/doc/>

Node.js Foundation. (2024). Node.js Documentation. Recuperado de <https://nodejs.org>

Railway. (2024). Railway Documentation. Recuperado de <https://docs.railway.app>

Schwaber, K.; Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide. Scrum.org. Recuperado de <https://scrumguides.org>

Medición del balance multimodal en modelos CLIP médicos usando MM-SHAP

Andrés Alberto Góngora Ramos¹
Pablo Pancardo García²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: alberthg.ramos@gmail.com

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: ppg01584@docente.ujat.mx

Línea de investigación: Inteligencia Artificial

Resumen

Este trabajo aborda la medición del balance multimodal en modelos médico-clínicos tipo CLIP mediante la técnica MM-SHAP. El objetivo es utilizar MM-SHAP como herramienta de interpretabilidad para cuantificar la contribución relativa de texto e imagen en tareas de visión-lenguaje aplicadas a imágenes médicas. Se presenta un flujo metodológico general que comprende: selección de modelos y conjuntos de datos imagen-texto, preprocesamiento, aplicación de la técnica en tareas de alineación y clasificación, y análisis de valores de contribución modal con visualizaciones en forma de mapas de calor. La implementación se organiza de manera modular para favorecer su replicabilidad y futura extensión. Como estudio inicial, se emplea PubMedCLIP con un subconjunto de ROCO; los resultados preliminares muestran que la técnica permite identificar la aportación relativa de cada modalidad y sugieren posibles sesgos unimodales, al tiempo que sientan las bases para extender la evaluación hacia otros modelos disponibles en Hugging Face de acceso libre (RCLIP, WhyXray-CLIP, BioMedCLIP, ClipMD y CLIP-ViT-L-14-448px-MedICaT-ROCO) y a tareas adicionales. Estos hallazgos, aunque preliminares, apoyan la pertinencia de MM-SHAP para auditar el equilibrio modal en entornos clínicos.

Palabras clave: balance multimodal, CLIP biomédico, explicabilidad, MM-SHAP, visión-lenguaje.

Abstract

This paper addresses multimodal balance assessment in clinical CLIP-style models using the MM-SHAP technique. Our goal is to employ MM-SHAP as an explainability tool to quantify the relative contributions of text and image in vision-language tasks for medical imaging. We outline a general pipeline comprising model and dataset selection, text-image preprocessing, application of MM-SHAP to alignment and classification tasks, and analysis of modal contribution values with heat-map visualizations. The implementation is modular to ensure reproducibility and facilitate future extensions. As an initial study, we evaluate PubMedCLIP on a subset of ROCO; preliminary results show that MM-SHAP captures the relative influence of each modality and suggest possible unimodal biases, while motivating broader evaluation on additional Hugging Face models (RCLIP, WhyXrayCLIP, BioMedCLIP, ClipMD, and CLIP-ViT-L-14-448px-MedICaT-ROCO) and tasks. Although preliminary, these findings support MM-SHAP as a practical audit tool for multimodal balance in clinical scenarios.

Keywords: biomedical CLIP, explainability, MM-SHAP, multimodal balance, vision-language.

INTRODUCCIÓN

Las redes neuronales multimodales (MNN) permiten integrar simultáneamente diferentes modalidades de datos, como texto e imágenes, lo que las convierte en herramientas de gran potencial en el ámbito médico (Truhn et al. 2024; Baltrusaitis et al. 2019). Un caso destacado es CLIP, un modelo que vincula descripciones en lenguaje natural con imágenes, aplicado en tareas como diagnóstico de patologías torácicas y segmentación de órganos (Radford et al. 2021; Zhao et al. 2023; Tiu et al. 2022; Pellegrini et al. 2023; Liu, Zhang et al. 2023).

Uno de los principales retos de estas arquitecturas es la interpretabilidad, ya que la falta de transparencia en el proceso de predicción puede limitar su aceptación en escenarios clínicos (Liu, Jin et al. 2024). En este contexto, la inteligencia artificial explicable (XAI) es crucial, pues permite comprender cómo y por qué se generan las predicciones. Técnicas como MM-SHAP han sido propuestas para analizar tareas multimodales, diagnosticar posibles sesgos y evaluar la fusión de modalidades en los modelos (Parcalabescu y Frank 2023).

En este trabajo, se propone la implementación de una técnica de interpretabilidad en modelos basados en CLIP pre-entrenados con imágenes médicas, como una herramienta de medición del balance multimodal en las predicciones del modelo.

DESARROLLO

En esta sección se presentan de manera breve los elementos centrales del trabajo, los cuales serán abordados con mayor detalle en apartados posteriores. Se incluyen los objetivos, el objeto de estudio, la metodología, las fases del desarrollo y los resultados preliminares obtenidos.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo general de este trabajo es implementar y evaluar la técnica MM-SHAP como herramienta de interpretabilidad para medir el balance multimodal en modelos de visión-lenguaje aplicados a imágenes médicas. Los objetivos específicos están orientados a la adaptación de la técnica, la evaluación con datasets biomédicos y la cuantificación de las contribuciones de cada modalidad en las predicciones. Estos objetivos se presentan aquí de manera resumida y se desarrollarán en detalle más adelante.

Objeto de estudio

El objeto de estudio corresponde a modelos multimodales basados en CLIP y adaptados al dominio biomédico. En esta primera fase se trabaja con PubMedCLIP y un subconjunto del dataset público ROCO. De forma complementaria, se cuenta con una lista de modelos disponibles en Hugging Face que serán considerados en fases posteriores, incluyendo RCLIP, WhyXrayCLIP, BioMedCLIP, ClipMD y CLIP-ViT-L-14-448px-MedICaT-ROCO. Estos modelos se evaluarán con datasets biomédicos como PathVQA, SLAKE, ChestX-ray14, CheXpert, ChestX-ray8, RSNA Pneumonia Detection y PadChest, en tareas de alineación imagen-texto (ISA), respuesta visual a preguntas (VQA), clasificación (CLS) y segmentación (SEG). La selección final de modelos y datasets dependerá de la disponibilidad de hardware, manteniendo el criterio de utilizar arquitecturas tipo CLIP o basadas en CLIP preentrenadas en imágenes médicas.

Metodología

La metodología sigue el enfoque de Parcalabescu y Frank (2023), adaptada al contexto biomédico. De manera resumida, comprende: la selección de modelos y datasets, el preprocesamiento de pares imagen-texto, la aplicación de la técnica MM-SHAP en tareas de alineación y clasificación, y el análisis de los valores de contribución modal. La implementación se encuentra organizada en un repositorio modular en GitHub, lo que facilita la replicabilidad y la futura extensión hacia otros modelos y conjuntos de datos.

Fases del desarrollo

El trabajo se estructura en fases que permiten un avance progresivo:

Fase I: Selección y preparación del modelo base (PubMedClip) y dataset inicial (ROCO).

Fase II: Adaptación y aplicación de MM-SHAP en tareas preliminares.

Fase III: Análisis de resultados preliminares y visualización de contribuciones.

Fase IV: Extensión del enfoque a otros modelos biomédicos (futuro trabajo).

Resultados preliminares y discusión

Los experimentos iniciales con PubMedClip y un subconjunto de muestras del dataset ROCO muestran que MM-SHAP permite identificar la contribución relativa de texto e imagen en tareas biomédicas. Los resultados se presentan en forma de mapas de calor tanto para la modalidad de imagen como para la textual, lo que facilita la visualización de las regiones y términos que más influyen en la predicción. Es importante señalar que estos resultados son preliminares, ya que aún no se ha realizado la ejecución completa sobre un dataset o un subconjunto.

OBJETO DE ESTUDIO

Este trabajo se centra en arquitecturas tipo CLIP (Contrastive Language–Image Pre-training), que emplean dos codificadores (imagen y texto) entrenados con un objetivo contrastivo para proyectar ambas modalidades en un espacio conjunto y habilitar transferencia *zero-shot* (Radford et al. 2021). Sobre esta base, se consideran variantes biomédicas disponibles en Hugging Face que facilitan su carga por URL y su integración experimental.

MODELOS CONSIDERADOS

- PubMedCLIP: versión afinada de CLIP con pares imagen–texto de ROCO; reporta mejoras en MedVQA frente a baselines y cuenta con implementación abierta. Adecuado para alineación imagen–texto (ISA), recuperación cruzada y VQA; aplicable a CLS en esquemas *zero-shot* (Eslami et al. 2023).
- RCLIP (RadCLIP): preentrenamiento visión–lenguaje enfocado en radiología para mejorar el análisis de imágenes radiológicas. Orientado a CLS y recuperación/ISA; puede servir como extractor para cabezales de detección/segmentación en tareas específicas (Lu et al. 2024).
- WhyXrayCLIP: variante afinada desde OpenCLIP (ViT-L/14) sobre MIMIC-CXR con reportes clínicos; destaca en evaluación *zero-shot* y *linear probing* en conjuntos de rayos X. Idóneo para CLS y alineación/ISA; puede utilizarse como base para VQA cuando se combine con un módulo de QA (Hugging Face contributors 2024; Yang et al. 2024).
- BioMedCLIP: modelo fundacional biomédico preentrenado en PMC-15M (15M pares figura–texto). Cubre con buen desempeño recuperación (ISA), CLS y VQA en múltiples *benchmarks* biomédicos (Zhang et al. 2023).
- ClipMD: modelo de emparejamiento imagen–texto con codificador textual de ventana deslizante; afinado en ROCO. Adecuado para ISA/recuperación y CLS *zero-shot*; utilizable como base para VQA ligero (Glassberg y Hope 2023; Hugging Face contributors 2023).
- CLIP-ViT-L-14-448px-MedICaT-ROCO: variante de alta resolución (448 px) afinada con MedICaT y ROCO. Útil para ISA/recuperación y CLS *zero-shot*; base robusta para VQA con un módulo adicional (Hugging Face contributors 2023).

CONJUNTOS DE DATOS Y TAREAS

- ROCO / ROCov2: pares imagen–caption con conceptos UMLS extraídos de PMC. Tareas: ISA/recuperación cruzada, evaluación *zero-shot* en CLS, soporte para afinado ligero multimodal (Pelka et al. 2018; Rückert et al. 2024).
- MedICaT: 217k figuras con captions, referencias en línea y anotación de subfiguras/subcaptions. Tareas: ISA/recuperación, alineación subfigura–subcaption, soporte para entrenar/afinar modelos de correspondencia imagen–texto (Subramanian et al. 2020; Subramanian et al. 2020).
- PathVQA: imágenes de patología con 32k preguntas. Tarea principal: VQA biomédico (preguntas abiertas y *yes/no*) (He et al. 2020).
- SLAKE: VQA biomédico bilingüe con etiquetas semánticas y base de conocimiento; incluye razonamiento visual y basado en conocimiento. Tarea principal: VQA (Liu et al. 2021).
- ChestX-ray14 / ChestX-ray8 (NIH): radiografías de tórax con etiquetas multi-patología (multi-label). Tareas: CLS y localización débil; común para *linear probing* y evaluación *zero-shot* (Wang et al. 2017).
- CheXpert: gran colección con *uncertainty labels* y *test* con referencia de radiólogos. Tarea principal: CLS (detección de hallazgos) (Irvin, Rajpurkar et al. 2019).
- RSNA Pneumonia Detection: radiografías con *bounding boxes* de neumonía. Tareas: detección/localización; puede extenderse a SEG si se dispone de máscaras o se deriva de cajas (2018; Shih et al. 2019).
- PadChest / PadChest-GR: radiografías con informes en español (PadChest) y variante bilingüe con frases fundamentadas y cajas para hallazgos (PadChest-GR). Tareas: CLS y generación de reportes fundamentados; útil para evaluar alineación imagen–texto y localización (Bustos et al. 2020; Castro, Bustos et al. 2024).

En síntesis, los modelos seleccionados cubren de forma natural ISA/recuperación, CLS y VQA cuando se integran con un módulo de respuesta; la SEG puede abordarse agregando cabezales densos o transfiriendo representaciones visuales de estos modelos en entornos supervisados específicos del dataset.

METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo se fundamenta en la técnica MM-SHAP propuesta por Parcalabescu y Frank (2023), adaptada al análisis de modelos multimodales en el ámbito biomédico. El proceso se organiza en fases generales que guían el desarrollo del proyecto: Selección de modelos: se consideran diferentes variantes de CLIP preentrenadas con imágenes médicas, que serán evaluadas en fases sucesivas del trabajo.

Selección y preprocesamiento de datos: se emplean datasets biomédicos imagen–texto, asegurando la correcta alineación y consistencia de las modalidades antes de aplicar los modelos.

Aplicación de la técnica: se implementa MM-SHAP en distintas tareas de visión–lenguaje, como alineación imagen–texto (ISA), respuesta visual a preguntas (VQA), clasificación (CLS) y segmentación (SEG), con el fin de medir el balance multimodal.

Análisis de resultados: se interpretan los valores de contribución modal obtenidos, identificando posibles sesgos unimodales y generando visualizaciones (mapas de calor de imagen y texto) que facilitan la explicación del comportamiento de los modelos.

Este flujo metodológico permite estructurar el desarrollo del trabajo desde la selección de los recursos hasta la obtención de resultados explicables, garantizando replicabilidad mediante la implementación modular del código en un repositorio público.

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo de este trabajo se ha estructurado en cuatro fases principales. En cada una de ellas se incluyen evidencias representativas que ilustran el progreso realizado.

Fase I: Selección y preparación de modelos y datasets

En esta primera fase se identificaron y organizaron los modelos multimodales basados en CLIP y los datasets biomédicos propuestos. La preparación incluyó la estructuración del repositorio en GitHub para facilitar la modularidad y escalabilidad de la implementación. La Tabla 1 resume los modelos y datasets contemplados para su análisis.

Tabla 1: Modelos propuestos, datasets asociados y tareas previstas

Modelo	Dataset asociado	Tarea principal
PubMedCLIP	ROCO	ISA, VQA
RCLIP	ChestX-ray14, CheXpert	CLS
	PMC-15M (figura-texto), MedICaT	WhyXrayCLIP
448px- MedICaT-ROCO		ChestX-ray8, RSNA Pneumonia Detection
ROCO, MedICaTISA, CLS		CLS
		BioMedCLIP
		ISA, VQA, CLS
		ClipMD
		PathVQA, SLAKE
		VQA, CLS
		CLSClip-ViT-L-14-

Fase II: Aplicación preliminar de la técnica

En esta fase se realizó la integración inicial de la técnica MM-SHAP sobre el modelo PubMedCLIP utilizando un subconjunto del dataset ROCO. Como evidencia se incluye una captura de la ejecución en Jupyter Notebook donde se observa la carga del modelo y la aplicación de la técnica en una muestra de datos(Figura 1 2).

Cargar modelos y datos

```
In [ ]: # Código
CFG_PATH="/content/mmshap_medclip/configs/roco_isa_pubmedclip.yaml"

# Asegura que cfg, device, dataset y model estén listos en esta sesión
if not all(k in globals() for k in ("cfg", "device", "dataset", "model")):
    from mmshap_medclip.io_utils import load_config
    from mmshap_medclip.devices import get_device
    from mmshap_medclip.registry import build_dataset, build_model

    cfg = load_config(CFG_PATH)
    device = get_device()
    dataset = build_dataset(cfg["dataset"])
    model = build_model(cfg["model"], device=device)

print("OK → len(dataset) =", len(dataset), "| device =", device)
```

Figura 1: Carga de modelos y datos

Ejecutar SHAP en una muestra

```
In [ ]: # Código
from mmshap_medclip.tasks.isa import run_isa_one

muestra = 266
sample = dataset[muestra]
image, caption = sample['image'], sample['text']

res = run_isa_one(model, image, caption, device, explain=True, plot=True)
print(f"logit={res['logit']:.4f} TScore={res['tscore']:.2%} IScore={res['iscore']:.2%}")
```

Figura 2: Ejecución de MM-SHAP sobre la muestra 266 del dataset ROCO

Fase III: Resultados preliminares

Se obtuvieron resultados iniciales en forma de valores de contribución modal y mapas de calor que muestran la relevancia de regiones de la imagen y términos del texto en la predicción. En las Figuras 3, 4, 5, 6, se incluyen ejemplos de mapas de calor generados a partir de la técnica MM-SHAP.

Fase IV: Extensión del enfoque

En esta fase se proyecta la aplicación de la técnica MM-SHAP a otros modelos biomédicos propuestos y su evaluación en datasets adicionales. Como se resume en la Tabla 1, en fases futuras se contempla extender la aplicación de MM-SHAP a los demás modelos y datasets listados, abarcando tareas de ISA, VQA, CLS y SEG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados preliminares obtenidos con PubMedCLIP sobre un subconjunto del dataset ROCO muestran que la técnica MM-SHAP permite desglosar de manera explícita las contribuciones relativas de cada modalidad en tareas biomédicas de visión-lenguaje. En las Figuras 3 a 6 se observan mapas de calor generados a partir de las predicciones, donde las regiones de la imagen más relevantes para el modelo aparecen resaltadas junto con los términos textuales que ejercen mayor influencia.

Los mapas de calor muestran que la modalidad visual concentra sus contribuciones en regiones anatómicas específicas, mientras que la modalidad textual reparte su influencia en varios términos médicos. Esta diferencia indica que, aunque el modelo integra ambas modalidades, no siempre lo hace de manera equilibrada y puede apoyarse más en una que en otra. MM-SHAP permite evidenciar este balance y detectar posibles sesgos unimodales, aportando una perspectiva útil para auditar la transparencia de los modelos biomédicos.

El valor añadido de MM-SHAP es que ofrece una métrica independiente del desempeño de clasificación, enfocada únicamente en la explicación del balance multimodal. Esto resulta particularmente útil en entornos clínicos, donde no basta con alcanzar una alta exactitud, sino que se requiere transparencia sobre cómo se toman las decisiones. Así, las visualizaciones obtenidas apoyan la idea de que la interpretabilidad debe acompañar el desarrollo de modelos multimodales para poder detectar tempranamente patrones de sobreajuste o dependencia excesiva de una modalidad.

Si bien los resultados son preliminares, sientan las bases para extender la evaluación a un mayor número de muestras y a otros modelos biomédicos disponibles en Hugging Face, como RCLIP, WhyXrayCLIP o BioMedCLIP. También abren la posibilidad de comparar tareas adicionales (por ejemplo, VQA o segmentación) en las que el equilibrio entre modalidades puede variar de forma significativa.

(case 14) CT scan after contrast product injection, axial sequence of the posterior fossa showing empty right lateral sinus (arrow)

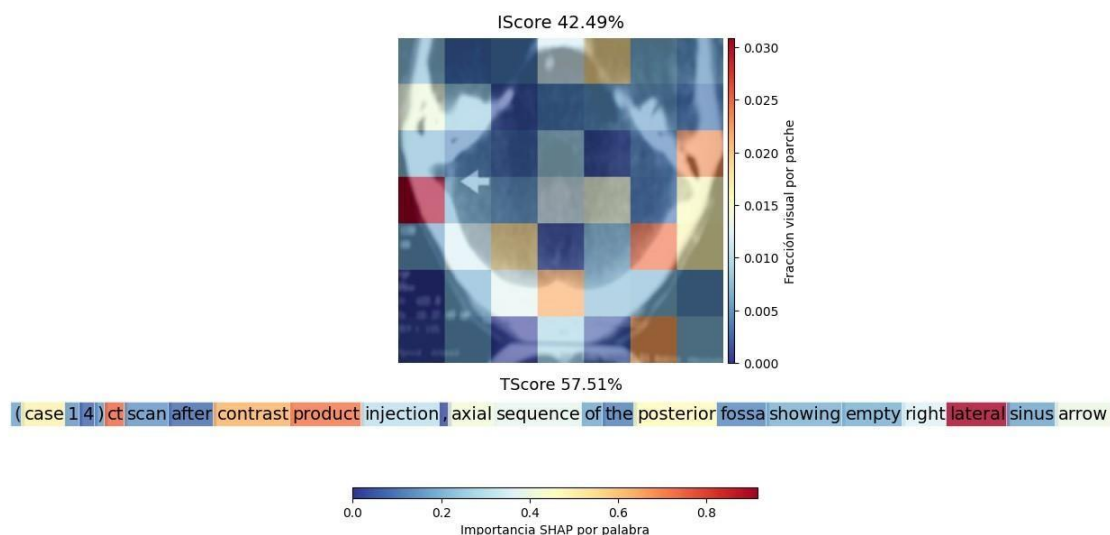


Figura 3: Resultado preliminar de una muestra

Case 2. Native image of temporary balloon occlusion within the double stents. White arrow shows balloon inflation to achieve decreasing of inflow into the pseudoaneurysm.

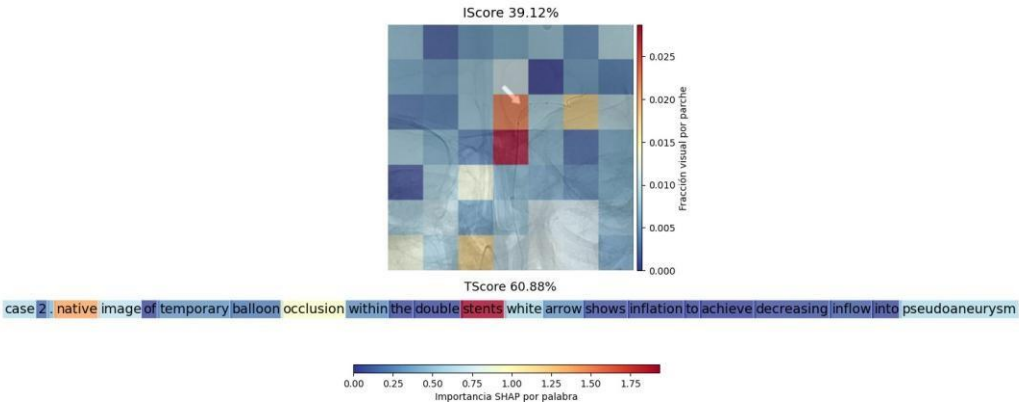


Figura 4: Resultado preliminar de una muestra

Computed tomography of head. Axial CT image show low density lesions in white matter (red arrow) and high density in lateral cleft pool (blue arrow).

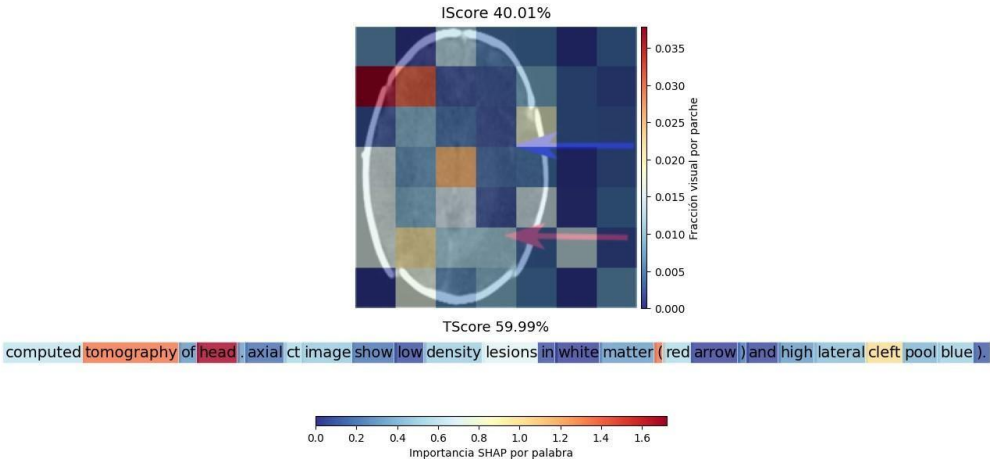


Figura 5: Resultado preliminar de una muestra

Axial image from the noncontrast pelvic CT scan demonstrating the right prostatic calcification measuring 17 × 12 mm in this section.

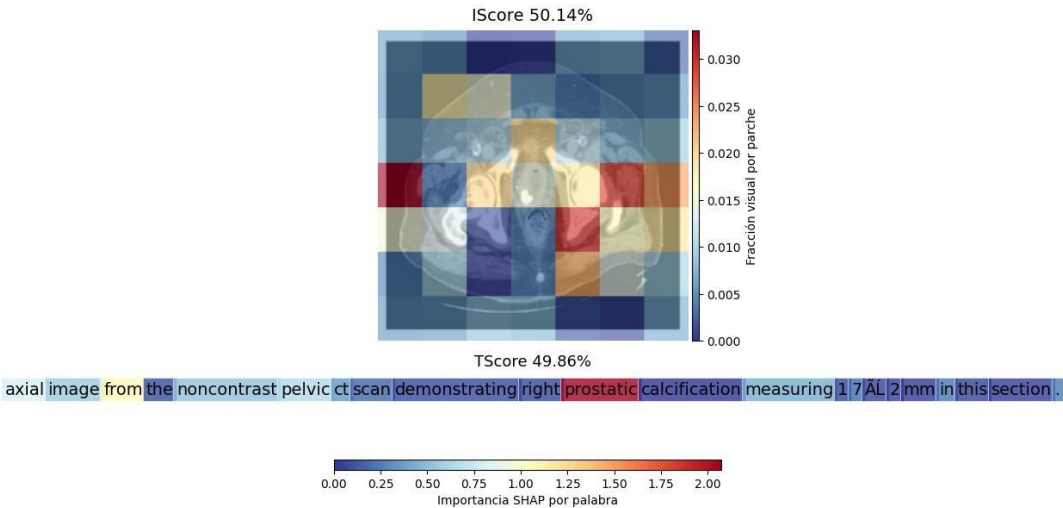


Figura 6: Resultado preliminar de una muestraCONCLUSIÓN

El presente trabajo mostró la pertinencia de emplear la técnica MM-SHAP como herramienta de interpretabilidad para medir el balance multimodal en modelos biomédicos basados en CLIP. A partir de los experimentos preliminares con Pub-MedCLIP y un subconjunto del dataset ROCO, se evidenció que es posible identificar de manera explícita la contribución de las modalidades texto e imagen en tareas de visión-lenguaje, así como detectar posibles sesgos hacia una de ellas. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de contar con métricas que permitan auditar el comportamiento de modelos multimodales en contextos clínicos, donde la confiabilidad y transparencia son esenciales.

La modularidad de la implementación facilita su extensión a otros modelos disponibles en repositorios públicos, lo cual abre la posibilidad de realizar comparaciones más amplias y rigurosas en futuras fases. Asimismo, se prevé aplicar la metodología a distintos datasets biomédicos y en un mayor número de tareas, incluyendo VQA, clasificación y segmentación, con el fin de robustecer la evaluación del balance multimodal.

BIBLIOGRAFÍA

- Baltrusaitis, T., C. Ahuja y L.-P. Morency (feb. de 2019). Multimodal machine learning: A survey and taxonomy. En *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 41(2), págs. 423-443.
- Bustos, Aurelia, Antonio Pertusa, José M. Salinas y María de la Iglesia-Vayá (2020). PadChest: A large chest x-ray image dataset with multi-label annotated reports. En *Medical Image Analysis* 66, pág. 101797. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/1901.07441>.
- Castro, Daniel C., Aurelia Bustos et al. (2024). PadChest-GR: A Bilingual Chest X-ray Dataset for Grounded Radiology Report Generation. En *arXiv preprint arXiv:2411.05085*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2411.05085>.
- Eslami, Sedigheh, Christoph Meinel y Gerard de Melo (2023). «PubMedCLIP: How Much Does CLIP Benefit Visual Question Answering in the Medical Domain?» En Findings of the Association for Computational Linguistics: EACL 2023. Association for Computational Linguistics. (Págs. págs. 1181-1193). Recuperado de: <https://aclanthology.org/2023.findings-eacl.88>.
- Glassberg, Idan y Tom Hope (2023). Increasing Textual Context Size Boosts Medical Image-Text Matching. En *arXiv preprint arXiv:2303.13340*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2303.13340>.
- He, Xinyu et al. (2020). «PathVQA: 32,000 Questions for Medical Visual Question Answering». En Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2003.10286>.
- Hugging Face contributors (2023a). *CLIP-ViT-L-14-448px-MedICaT-ROCO*. Repositorio no verificado públicamente; revisa nombre/URL correcto.
- (2023b). *ClipMD Model Card*. <https://huggingface.co/Idan0405/ClipMD>.
- (2024). *WhyXrayCLIP Model Card*. <https://huggingface.co/yyupenn/whyxrayclip>.
- Irvin, Jeremy, Pranav Rajpurkar et al. (2019). «CheXpert: A Large Chest Radiograph Dataset with Uncertainty Labels and Expert Comparison». En Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. Vol. 33. 01. (Págs. págs. 590-597). Recuperado de: <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/3834>.
- Liu, Chao, Y. Jin, Z. Guan et al. (2024). Visual-language foundation models in medicine. En *The Visual Computer*.
- Liu, Fangyu et al. (2021). SLAKE: A Semantically-Labeled Knowledge-Enhanced Dataset for Medical VQA. En *arXiv preprint arXiv:2109.07101*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2109.07101>.
- Liu, Jiamin, Yifan Zhang, J.N. Chen, Jun Xiao, Yizhou Lu, Bennett Landman, Yixin Yuan, Alan Yuille, Yucheng Tang y Zongwei Zhou (2023). «Clip-driven universal model for organ segmentation and tumor detection». En Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. (Págs. págs. 21152-21164).
- Lu, Zhixiu, Hailong Li, Nehal A. Parikh, Jonathan R. Dillman y Lili He (2024). RadCLIP: Enhancing Radiologic Image Analysis through Contrastive Language-Image Pre-training. En *arXiv preprint arXiv:2403.09948*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2403.09948>.
- Parcalabescu, Letitia y Anette Frank (2023). «MM-SHAP: A Performance-Agnostic Metric for Measuring Multimodal Contributions in Vision and Language Models & Tasks». En Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL). Association for Computational Linguistics. Recuperado de: [url%20o%20DOI%20del%20art%20C3%ADculo%20si%20est%20C3%A1%20disponible](https://arxiv.org/abs/2305.10000).
- Pelka, Obioma, Sven Koitka, Jan Rückert, Felix Nensa y Christoph M. Friedrich (2018). «Radiology Objects in COntext (ROCO): A Multimodal Image Dataset». En LABELS 2018 at MICCAI. Vol. 11043. Lecture Notes in Computer Science. Springer. (Págs. págs. 180-189).
- Pellegrini, Chiara, Martin Keicher, Elif Özsoy, Petra Jiraskova, Robert Braren y Nassir Navab (2023). Xplainer: From x-ray observations to explainable zero-shot diagnosis. En *arXiv preprint arXiv:2303.13391*.
- Radford, Alec, Jong Wook Kim, Chris Hallacy, Aditya Ramesh, Gabriel Goh, Sandhini Agarwal, Girish Sastry, Amanda Askell, Pamela Mishkin, Jack Clark, Gretchen Krueger e Ilya Sutskever (18-24 Jul de 2021a). «Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision». En Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. Meila, Marina y Zhang, Tong eds. Vol. 139. Proceedings of Machine Learning Research. PMLR. (Págs. págs. 8748-8763). Recuperado de: <https://proceedings.mlr.press/v139/radford21a.html>.

(2021b). «Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision». En Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning. Vol. 139. Proceedings of Machine Learning Research. PMLR. (Págs. págs. 8748-8763). Recuperado de: <https://proceedings.mlr.press/v139/radford21a.html>.

RSNA Pneumonia Detection Challenge (2018). <https://www.kaggle.com/c/rsna-pneumonia-detection-challenge>.

Rückert, Jan et al. (2024). ROCov2: Radiology Objects in COntext Version 2, an updated multimodal image dataset. En *Scientific Data*. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/s41597-024-03496-6>.

Shih, George et al. (2019). Deep Learning for Identifying Pneumonia on Chest Radiographs: Evaluation Using the RSNA Pneumonia Detection Challenge. En *American Journal of Roentgenology* 213(3), págs. 555-561.

Subramanian, Sanjay, Lucy Lu Wang, Sachin Mehta, Ben Bogin, Madeleine van Zuylen, Sravanthi Parasa, Sameer Singh, Matt Gardner y Hannaneh Hajishirzi (2020a). «MedICaT: A Dataset of Medical Images, Captions, and Textual References». En Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020. (Págs. págs. 2112-2120). Recuperado de: <https://aclanthology.org/2020.findings-emnlp.191/>.

(2020b). «MedICaT: A Dataset of Medical Images, Captions, and Textual References». En Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2020. Duplicada de *medicat2020*; mantener etiqueta si tu manuscrito ya la cita. (Págs. págs. 2112-2120). Recuperado de: <https://aclanthology.org/2020.findings-emnlp.191/>.

Tiu, Emily, Eric Talus, Paras Patel, Curtis P. Langlotz, Andrew Y. Ng y Pranav Rajpurkar (2022). Expert-level detection of pathologies from unannotated chest x-ray images via self-supervised learning. En *Nature Biomedical Engineering* 6, págs. 1399-1406.

Truhn, Daniel, Jan-Niklas Eckardt, Dyke Ferber y Jakob Nikolas Kather (2024). Large language models and multimodal foundation models for precision oncology. En *NPJ Precision Oncology* 8(1), pág. 72.

Wang, Xiaosong, Yifan Peng, Le Lu, Zhiyong Lu, Mohammadhadi Bagheri y Ronald M. Summers (2017). «ChestX-ray8: Hospital-Scale Chest X-ray Database and Benchmarks on Weakly-Supervised Classification and Localization of Common Thorax Diseases». En Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). (Págs. págs. 3462-3471). Recuperado de: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/html/Wang_ChestX-ray8_Hospital-Scale_Chest_CVPR_2017_paper.html.

Yang, Yue et al. (2024). KnoBo: Knowledge-Enhanced Biomedical Vision-Language Pretraining. En *arXiv preprint arXiv:2405.14839*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2405.14839>.

Zhang, Sheng et al. (2023). BiomedCLIP: a multimodal biomedical foundation model. En *arXiv preprint arXiv:2303.00915*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2303.00915>.

Zhao, Zihao, Yuxiao Liu, Han Wu, Yonghao Li, Sheng Wang, Lin Teng, Disheng Liu, Zhiming Cui, Qian Wang y Dinggang Shen (2023). CLIP in Medical Imaging: A Comprehensive Survey. En *arXiv preprint arXiv:2312.07353*.

Experiencias de aprendizaje: Modelo de red redundante con protocolo STP para la mejora de la infraestructura de red de datos

Natanael Ramos Magaña¹, Isaías Hernández Rivera², Ricardo Gómez Crespo³, Laura Beatriz Vidal Turrubiates⁴.

¹División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /e-mail:

natanael15091998@gmail.com

²División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /e-mail:

isaias.hernandez@ujat.mx <https://orcid.org/0000-0002-6470-9989>

³División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /e-mail:

ricardo.gomez@ujat.mx <https://orcid.org/0009-0004-5573-7867>

⁴División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco /e-mail:

laura.vidal@ujat.mx <https://orcid.org/0000-0001-6762-8140>

Línea de investigación: Ciberseguridad

RESUMEN

La confiabilidad y continuidad de los servicios en los Ayuntamientos municipales dependen en gran medida de la robustez de su infraestructura de red. En este contexto, la implementación de redes redundantes utilizando el protocolo de Árbol de Expansión (STP) se presenta como una solución eficiente para garantizar la alta disponibilidad y fiabilidad de las comunicaciones. Este artículo aborda, la propuesta del modelo de red redundante con protocolo STP, analizando su importancia, diseño, implementación y los beneficios que aporta a la mejora de los sistemas e infraestructura de red, aplicado al caso de estudio en el honorable ayuntamiento municipal de Jalpa de Méndez. Se destacan los pasos clave para la configuración del protocolo, su impacto en la resiliencia de la red y los desafíos asociados a su implementación.

Palabras claves: protocolo, red, redundancia

ABSTRACT

The reliability and continuity of services in municipal governments depend largely on the robustness of their network infrastructure. In this context, the implementation of redundant networks using the Spanning Tree Protocol (STP) is presented as an efficient solution to ensure high availability and reliability of communications. This article addresses the redundant network model using the STP protocol, analyzing its importance, design, implementation, and the benefits it brings to the improvement of network systems in the Honorable Municipal Council of Jalpa de Méndez. The key steps for configuring the protocol, its impact on network resilience, and the challenges associated with its implementation are highlighted.

Keywords: Network, protocol, redundancy

INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicación son importantes, en la actualidad, para las empresas que elaboran, reciben y comparten documentos con otras áreas y que, además, deben almacenar esa información puesto que posiblemente será utilizada de nuevo en diversas ocasiones. De igual manera, estas redes permiten la gestión de servicios vitales como, por ejemplo, correos electrónicos y sistemas administrativos, por mencionar algunos. Sin embargo, cualquier interrupción en la conectividad puede generar pérdidas significativas, tanto en términos de tiempo como de recursos, de acuerdo con Flinders y Smalley (2025), “la seguridad de red es un campo de la ciberseguridad que se centra en proteger las redes informáticas y los sistemas de comunicación de ciberamenazas y ciberataques internos y externos” (párr. 1).

De tal manera Kyocera Document Solutions (2023), sustenta mayor aportación a la investigación por esto:

La seguridad de red es un conjunto de políticas y prácticas diseñadas para prevenir y monitorear el acceso no autorizado, el mal uso, la modificación o la negación de una red informática y sus recursos. La seguridad en la red incluye tanto hardware como software y es fundamental para garantizar la integridad y confidencialidad de los datos de una empresa. Involucra una serie de medidas que van desde la protección contra ataques externos hasta la gestión interna de accesos y permisos, asegurando que solo las personas autorizadas puedan acceder a información crítica.

Este artículo explora el modelo de red redundante con protocolo STP, detallando su implementación, beneficios y los pasos necesarios para optimizar la infraestructura de red en el ayuntamiento municipal de Jalpa de Méndez, garantizando la máxima disponibilidad y fiabilidad de los sistemas. Una de las mejores prácticas para garantizar la disponibilidad y continuidad de los servicios es el uso de redes redundantes, Según Team Servnet (2025), “la redundancia de red o [conexiones redundantes](#) implica tener varias rutas y dispositivos. Esto asegura que la red esté siempre disponible. Con múltiples opciones, las empresas reducen el tiempo de inactividad” (párr. 2). También implica la existencia de enlaces y dispositivos adicionales que permitan la recuperación rápida de manera automática en caso de fallos. Para gestionar eficazmente las redes redundantes y evitar problemas como los bucles de red (que pueden generar congestión y caída de servicios), se utiliza el protocolo STP (Spanning Tree Protocol).

DESARROLLO

EL PROTOCOLO STP: FUNDAMENTOS Y FUNCIÓN

El protocolo STP (Spanning Tree Protocol) o protocolo de árbol de expansión es un protocolo de Capa 2 diseñado para evitar bucles de red, su función principal es la elección de un puente raíz en los switches, la determinación de la ruta más corta hacia él y la asignación de roles y estados a los puertos de los switches para garantizar que solo haya una ruta activa para los datos, lo que previene tormentas de difusión y asegura la estabilidad de la red.

Cisco (2018) explica:

Los bucles de red ocurren cuando existen rutas alternativas entre los hosts. Estos bucles hacen que los switches de capa 2 reenvíen el tráfico a través de la red de manera infinita, lo que reduce la eficiencia de la red. El protocolo STP proporciona una ruta única entre los terminales en una red. Estas rutas eliminan la posibilidad de bucles en la red. El protocolo STP generalmente se configura cuando hay enlaces redundantes a un host para evitar el bucle de red.

OBJETIVO GENERAL

Mejorar la infraestructura de red del Ayuntamiento de Jalpa de Méndez. Al utilizar el protocolo STP y con esto crear una red redundante estable.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar como se encuentra la infraestructura de red actual en las instalaciones del Ayuntamiento
- Definir las opciones de mejoramiento para los problemas identificados
- Emplear la nueva topología de red
- Resolver los problemas con el protocolo STP

OBJETO DE ESTUDIO

El presente trabajo analiza el modelo de red redundante aplicando el protocolo STP en las instalaciones del H. ayuntamiento de Jalpa de Méndez con el objetivo de la optimización, seguridad y protección contra ataques y amenazas informáticas. Tal es el caso de los ayuntamientos municipales al tener departamentos con gran participación en la creación de archivos y todas las mencionadas anteriormente, cumplen con las características para que su funcionamiento sea óptimo. De acuerdo con esto, es fundamental que dichos documentos cuenten con la mayor seguridad posible para llegar a su destino, permanecer ahí hasta que sea necesario y su resguardo sea seguro ante cualquier amenaza.

Si hablamos de seguridad en redes Kyocera Document Solutions (2023) menciona que:

La seguridad de la red es vital para proteger la información sensible y mantener la continuidad del negocio. En particular, la ciberseguridad en las pymes es crítica, ya que las pequeñas y medianas empresas a menudo son consideradas blancos fáciles por los ciberdelincuentes.

Las conexiones de redes redundantes son muy importantes, en este caso, para el ayuntamiento municipal de Jalpa de Méndez porque permitirá la estabilidad de la red, asegurando de esta manera que los paquetes de información lleguen a su destino final, minimizando el riesgo de interrupciones o que se pierdan en el trayecto.

Escuela Powernet (2025) define:

Una conexión redundante es una configuración de red en la que se establecen múltiples rutas o enlaces físicos para garantizar la disponibilidad y la estabilidad de la conexión en caso de que uno de ellos falle. En otras palabras, se crea un sistema de respaldo que permite a los dispositivos conectarse a través de diferentes caminos en caso de interrupciones o fallos en la infraestructura principal.

SELECCIÓN DEL PUENTE RAÍZ

Todas las instancias de árbol de expansión (LAN conmutada o dominio de difusión) tienen un switch designado como puente raíz. El puente raíz sirve como punto de referencia para todos los cálculos de árbol de expansión para determinar las rutas redundantes que deben bloquearse. Un proceso de elección determina el switch que se transforma en el puente raíz. "Todos los switches del dominio de difusión participan del proceso de elección. Una vez que el switch arranca, comienza a enviar tramas BPDU (Bridge Protocol Data Unit) cada dos segundos" (Cisco Networking Academy, 2020).

Estos mensajes hacen posible elegir el puente basado en el siguiente proceso: El switch que tenga el BID (Bridge identification) más bajo, o bien si todos los Switches que intervienen en la topología tienen el mismo número de prioridad BID, entonces se elige basado en la dirección MAC más baja de todos los switches que intervienen en la topología.

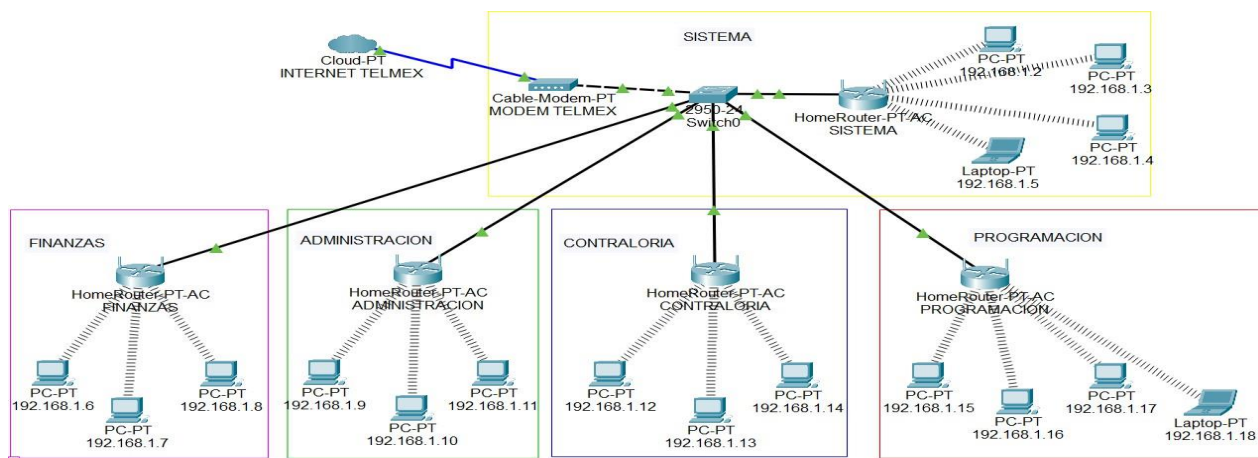
CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO DEL ÁRBOL DE EXPANSIÓN

A continuación, se presenta la figura 1 que ilustra la topología de red actualmente implementada en las instalaciones del H. Ayuntamiento de Jalpa de Méndez. Esta topología muestra la distribución y conexión de los diferentes dispositivos de red, tales como un switch, sus puntos de accesos en sus oficinas principales, así como su interrelación dentro de la infraestructura tecnológica del Ayuntamiento.

Figura 1

Red Actual Ayuntamiento Jalpa de Méndez

Nota.



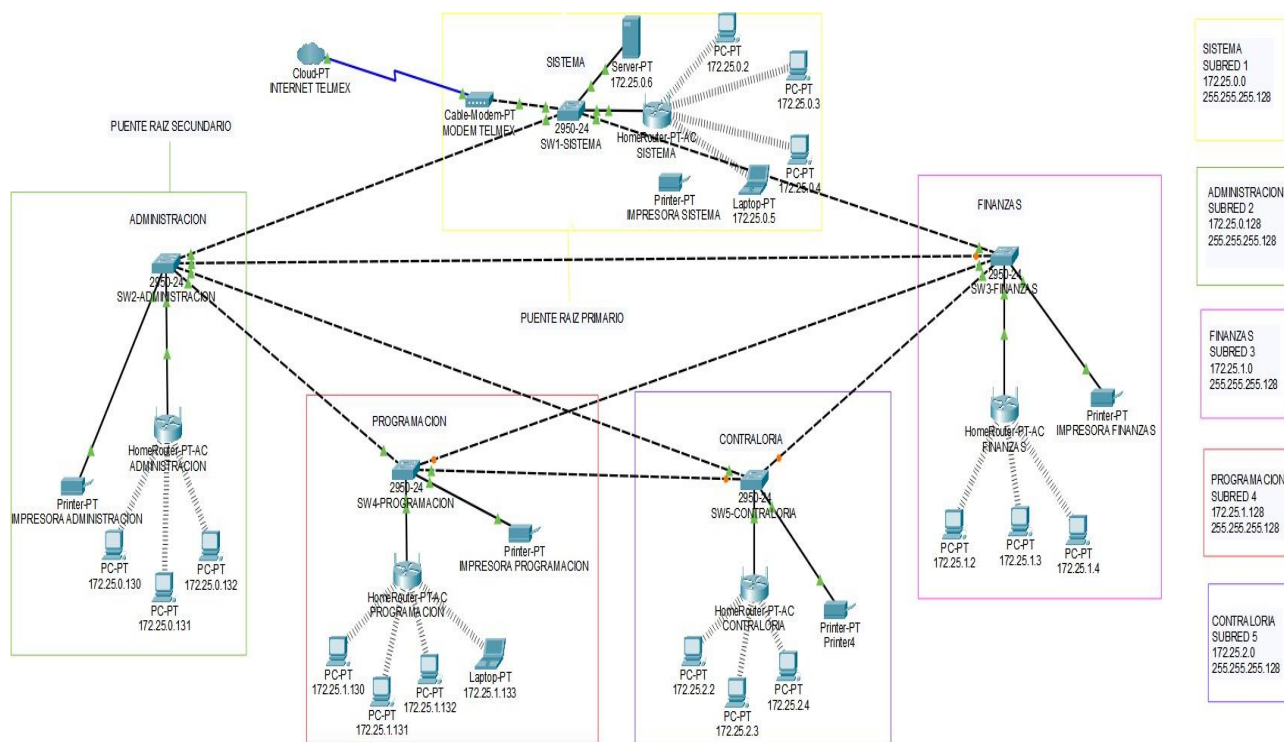
Elaboración propia.

En la **figura 2**, se presenta la topología propuesta basada en un modelo de red redundante que implementa el Protocolo de Árbol de Expansión (STP, por sus siglas en inglés). Esta topología ha sido diseñada con el objetivo de fortalecer y optimizar la infraestructura de red del H. Ayuntamiento de Jalpa de Méndez. La siguiente topología ha sido diseñada para facilitar la comunicación entre las distintas áreas administrativas, garantizando la eficiencia en el manejo de la información, el acceso a servicios digitales y el soporte a las operaciones diarias del gobierno municipal.

La implementación de una red redundante con STP permite garantizar la continuidad del servicio y minimizar el riesgo de interrupciones en la conectividad, ya que el protocolo detecta y previene la formación de bucles en la red. De esta forma, se logra una mayor disponibilidad, estabilidad y eficiencia en la comunicación entre los diferentes dispositivos y áreas que conforman la institución. Esta propuesta forma parte de una estrategia integral de modernización tecnológica, orientada a mejorar la capacidad operativa y la seguridad de la red, así como a facilitar futuras ampliaciones o integraciones con nuevas tecnologías.

Figura 2

Topología de Red con Protocolo STP



Nota.

Elaboración propia.

Para diseñar la topología presentada, también se utilizó la técnica VLSM (Variable Length Subnet Mask, o máscara de subred de longitud variable).

Awati (2021) explica:

Es una estrategia de diseño de subredes (una parte segmentada de una red mayor) en la que todas las máscaras de subred pueden tener tamaños variables. Este proceso de "dividir subredes" permite a los ingenieros de redes utilizar múltiples máscaras para diferentes subredes de una misma red de clase A, B o C.

Las subredes que se presentarán en el proyecto serán las siguientes, como se muestra en la **tabla 1**.

Tabla 1

Tabla de Subredes con VLSM.

SUBREDES VLSM						
DIRECCION IP: 172.25.0.0 /16 255.255.0.0 Subdividir otra red						
Número de subredes: 5 Número total de hosts: 500						
#	Hosts	Subred	Máscara	Primer Host	Último Host	Broadcast
1	126	172.25.0.0 /25	255.255.255.128	172.25.0.1	172.25.0.126	172.25.0.127
2	126	172.25.0.128 /25	255.255.255.128	172.25.0.129	172.25.0.254	172.25.0.255
3	126	172.25.1.0 /25	255.255.255.128	172.25.1.1	172.25.1.126	172.25.1.127
4	126	172.25.1.128 /25	255.255.255.128	172.25.1.129	172.25.1.254	172.25.1.255
5	126	172.25.2.0 /25	255.255.255.128	172.25.2.1	172.25.2.126	172.25.2.127

METODOLOGÍA

Para la implementación del modelo de red redundante con protocolo STP en el ayuntamiento municipal de Jalpa de Méndez, la metodología seguida incluye los siguientes pasos:

1. Evaluación de la infraestructura de red actual: Se realizan auditorías y estudios de tráfico para identificar posibles cuellos de botella y puntos únicos de falla.
2. Planificación de la topología de red redundante: Se determina qué dispositivos deben ser redundantes y cuáles enlaces de comunicación requieren respaldo.
3. Configuración del protocolo STP: Se configura STP para establecer una estructura libre de bucles, garantizando que los caminos redundantes estén disponibles solo cuando se necesiten.
4. Pruebas y verificación: Se realizan pruebas para asegurarse de que la red funcione correctamente tanto con enlaces activos como en caso de falla de un enlace.
5. Monitoreo continuo: Se emplean herramientas de gestión y monitoreo para seguir el estado de la red en tiempo real, identificando cualquier problema que pueda surgir.

FASES DEL DESARROLLO

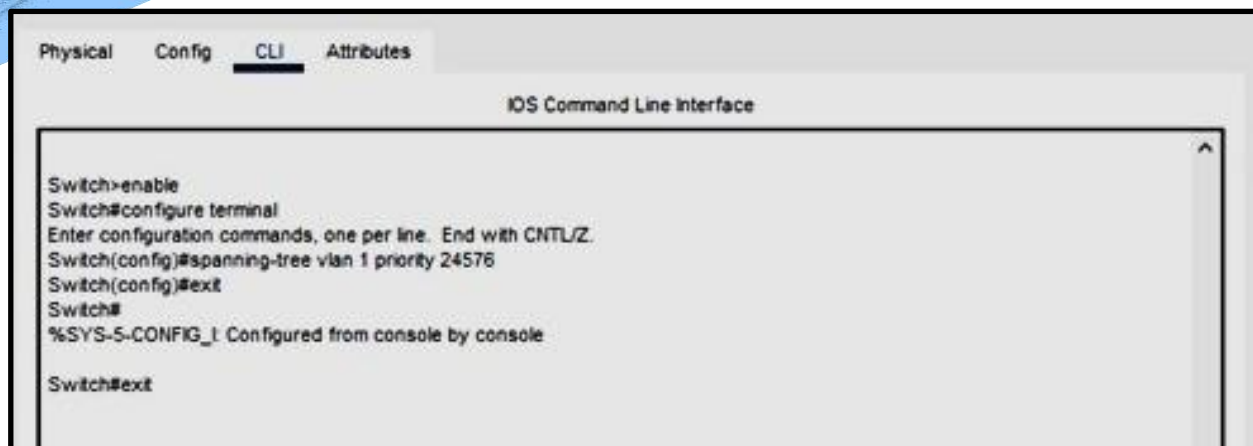
MÉTODO 1

Cuando un administrador desea seleccionar un switch específico como puente raíz, se debe ajustar el valor de prioridad del puente para asegurarse de que sea inferior a los valores de prioridad del puente del resto de los switches en la red, para detectar que switch es mi puente raíz, lo realizamos con el comando *show spanning-tree*. Para asegurar que un switch tenga el valor de prioridad de puente más bajo, utilice el comando *spanning-tree vlan id-vlan root primary* en el modo de configuración global. La prioridad para el switch está establecida en el valor predefinido 24576 o en el múltiplo más alto de 4096, menos que la prioridad del puente más baja detectada en la red. Si se desea otro puente raíz, utilice el comando *spanning-tree vlan id-vlan root secondary* del modo de configuración global. Este comando establece la prioridad para el switch en el valor predeterminado 28672. Esto asegura que el switch alternativo se convierta en el puente raíz si falla el puente raíz principal.

MÉTODO 2

Otro método para configurar el valor de prioridad del puente es utilizar el comando *spanning-tree vlan id-vlan priority* valor del modo de configuración global. Este comando da un control más detallado del valor de prioridad del puente. El valor de prioridad se configura en incrementos de 4096 entre 0 y 61440. vea **Figura 3**.

Figura 3
Método 2



Nota. En el ejemplo, se asignó el valor de prioridad de puente raíz 24576 al SW1-SISTEMAS mediante el comando *spanning-tree vlan 1 priority 24576*. *Elaboración propia.*

PORTFAST Y PROTECCIÓN BPDU

PORTFAST

La función portfast es necesario implementarla en este caso en los switches del ayuntamiento de Jalpa de Méndez porque esto ayudará a acelerar la conectividad de la red de los dispositivos finales.

Cisco Community (2017) describe:

PortFast permite que el puerto entre en un estado de Forwarding inmediatamente, pasando por alto los estados Listening y Learning. Debido a que el objetivo del PortFast es minimizar el tiempo que el puerto debe esperar a que el STP converja pasando por alto los estados de la transición normal, solo debe ser configurado en puertos de borde (Edge ports) conectados a dispositivos finales.

El protocolo PortFast puede activarse de dos maneras: globalmente usando el comando *spanning-tree portfast default* o por interfaz con *spanning-tree portfast*. Ambos comandos permiten que los puertos configurados como acceso funcionen correctamente, incluso si un puerto configurado para enlace troncal falla en negociarlo. (p.1-2)

En el presente artículo se usó la segunda forma *spanning-tree portfast*.

BPDU GUARD

Cisco Community (2017) explica:

BPDU guard previene que un puerto reciba BPDUs. Si el puerto recibe un BPDu, el puerto es colocado en un estado de error-disabled como una manera de proteger el puerto. De la misma manera que la característica PortFast, el BPDu Guard tiene dos opciones de configuración: Global (*spanning-tree portfast bpduguard default*) y por interface (*spanning-tree bpduguard enable*). Como ya se puede observar de la sintaxis del comando, si es configurado globalmente BPDu Guard dependerá del estado operacional del PortFast. Sin importar como PortFast fue configurado, a partir de que ha sido habilitado el BPDu Guard va a estar activo. En el caso de la configuración por interface esta habilita incondicionalmente BPDu Guard en el puerto, independientemente del PortFast o del modo access/trunk.

En el presente artículo se usó la segunda forma *spanning-tree bpduguard enable*. Para verificar que se hayan habilitado *PortFast* y la protección *BPDu* para los puertos del switch, se utiliza el comando *show running-config*. Ver **figura 4**.

Figura 4.
Sw1



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de una red redundante con STP en el ayuntamiento municipal de Jalpa de Méndez, proporciona varios beneficios tangibles:

- Mejora de la disponibilidad: La red redundante asegura que, en caso de fallos, siempre existan rutas alternativas que mantengan la conectividad sin interrupciones. Esto es esencial para el funcionamiento continuo de servicios académicos, administrativos y de comunicación.
- Resiliencia ante fallos: El protocolo STP, al evitar los bucles de red, permite que los enlaces redundantes se activen de manera eficiente cuando un enlace principal cae, minimizando el tiempo de inactividad.
- Desafíos en la configuración: La implementación de STP puede ser compleja, especialmente en redes grandes o con configuraciones complejas. Es fundamental una planificación adecuada y una correcta configuración para evitar problemas de convergencia y asegurar la eficiencia de la red.
- Tiempo de convergencia: Aunque STP es efectivo para evitar bucles, su tiempo de convergencia (el tiempo que tarda en reconfigurar la red ante un fallo) puede ser un desafío en redes de alto rendimiento. Para mitigar este problema, se pueden considerar variantes de STP, como Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP), que ofrece tiempos de convergencia más rápidos.

CONCLUSIÓN

La implementación de un **modelo de red redundante con protocolo STP** representa una solución eficaz para mejorar la infraestructura de redes en el H. Ayuntamiento de Jalpa de Méndez. Esta configuración garantiza una alta disponibilidad, resiliencia y fiabilidad de los servicios, minimizando las interrupciones y los problemas causados por fallos de enlaces. Aunque existen desafíos asociados con la complejidad de la configuración y el tiempo de convergencia, las ventajas de estabilidad y continuidad de los servicios superan ampliamente estos inconvenientes. La adopción de STP, o sus variantes como RSTP, permite que las instituciones mantengan sus redes operativas de manera eficiente, incluso ante contingencias, asegurando la conectividad constante.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa un sincero agradecimiento al **H. Ayuntamiento de Jalpa de Méndez** por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación. Su colaboración fue fundamental para la obtención de los permisos necesarios, así como para facilitar el acceso a la información y los recursos requeridos, lo que hizo posible la realización y publicación de este trabajo.

Asimismo, se reconoce la disposición y confianza del H. Ayuntamiento de Jalpa de Méndez al proporcionar los datos que sirvieron de base para este estudio. Dichos datos fueron manejados conforme a los principios éticos de la investigación científica y en estricto cumplimiento con la legislación vigente en materia de protección de datos personales en posesión de terceros. Su utilización se realizó exclusivamente con fines académicos y de investigación, bajo los permisos institucionales correspondientes, garantizando en todo momento la confidencialidad, integridad y resguardo de la información proporcionada.

BIBLIOGRAFÍA

- Awati, R. (2021, 18 de octubre). *Variable Length Subnet Mask (VLSM)*. TechTarget. Recuperado de <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/variable-length-subnet-mask> (p. 1) / (párr. 1)
- Cisco. (2018, 13 de diciembre). *Configure STP settings on a switch through the CLI*. Cisco. Recuperado de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/smb/switches/cisco-small-business-300-series-managed-switches/smb5760-configure-stp-settings-on-a-switch-through-the-cli.html (p. 1) / (párr. 2)
- Cisco Community. (2017, 6 de septiembre). *Características avanzadas de Spanning Tree: Portfast, BPDU Guard y Root Guard*. Cisco. Recuperado de <https://community.cisco.com/t5/blogs-routing-y-switching/caracter%C3%ADsticas-avanzadas-de-spanningtree-portfast-bpdu-guard-y/ba-p/3104851> (p. 1) / (párr. 3,4,8)
- Cisco Networking Academy. (2020, 23 de julio). Redundancia de LAN. Algoritmo de árbol de expansión: puente raíz. Recuperado de <https://sapalomera.cat/moodlecf/RS/3/course/module2/index.html#2.1.2.3> (p. 2.1.2.3) / (párr. 4)
- Cisco Systems. (2020, 3 de septiembre). *Configure STP settings on a switch through the CLI*. Cisco. Recuperado de https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/smb/switches/Cisco-Business-Switching/kmgmt-2251-configure-stp-settings-on-a-switch-through-the-cli.html (p. 1) / (párr. 2)
- Escuela Powernet. (2025, 20 de mayo). *Redundancia o conexión redundante: Qué es y por qué es importante en el sector IT*. Powernet. Recuperado de <https://www.powernet.es/blog/redundancia-o-conexion-redundante-que-es-y-por-que-es-importante-en-el-sector-it> (p. 1) / (párr. 4)
- Flinders, M., & Smalley, I. (2021, 23 de julio). *¿Qué es la seguridad de red?* IBM Think. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/network-security>
- Kyocera Document Solutions. (2023, 25 de enero). *Por qué las empresas deben monitorizar su red de TI*. Kyocera Document Solutions. Recuperado de <https://www.kyoceradocumentsolutions.es/es/smarter-workspaces/business-challenges/security/why-companies-should-monitor-its-network.html> (p. 1) / (párr. 2,3)
- Team Servnet. (2025, 21 agosto). *Redundancia de red: estrategias de implementación y mejores prácticas*. Servnet. <https://www.servnet.mx/blog/redundancia-red-mejores-practicas>

Propuesta para la formación de docentes en inclusión educativa usando herramientas de accesibilidad digital

Sandra Ivette García Valencia¹, Erika Yunuen Morales Mateos², Óscar Alberto González González³

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: ivettegarva.91@gmail.com

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: erika.morales@ujat.mx

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: oscar.gonzalez@ujat.mx

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA EDUCATIVA

RESUMEN

Este artículo presenta avances de una investigación aplicada con enfoque cualitativo, con el objetivo de diseñar experiencias de aprendizaje inclusivas basadas en el uso de herramientas de accesibilidad digital, como Talk back y Voice Access y aplicaciones con inteligencia artificial (Lookout, Sullivan+, Seeing AI y Google Lens), como sustitutos del uso exclusivo del Braille para el acceso a la información. El estudio se lleva a cabo con estudiantes de segundo semestre de la Licenciatura en Inclusión Educativa inscritos en la asignatura de Braille Avanzado. La metodología integra entrevistas informales, observaciones y análisis de la literatura, mediante una triangulación metodológica entre los marcos de referencia Learning Experience Design (LXD), User Experience (UX) y prototipado. Los hallazgos previos obtenidos muestran, por una parte, que los estudiantes tienen dificultades en la escritura y lectura en Braille, así como limitaciones económicas para acceder a los materiales físicos tradicionales como regleta, punzón, máquina Perkins e impresoras Braille y falta de formación en tecnologías accesibles. Por otro lado, el análisis de la literatura científica sugiere que las herramientas de accesibilidad digital son una alternativa para mejorar el acceso a la información en las personas con discapacidad visual, mejorando su autonomía, comprensión y participación en el aula. En consecuencia, se plantea que la formación docente hacia prácticas inclusivas con tecnología accesible puede abrir nuevas posibilidades en el acceso a la información para cerrar la brecha informativa en los estudiantes con discapacidad visual.

Palabras clave: Accesibilidad digital, discapacidad visual, formación docente, herramientas de accesibilidad, inclusión educativa.

ABSTRACT

This article presents advances of an applied research study with a qualitative approach, aimed at designing inclusive learning experiences based on the use of digital accessibility tools, such as TalkBack and Voice Access, and artificial intelligence applications (Lookout, Sullivan+, Seeing AI, and Google Lens), as alternatives to the exclusive use of Braille for accessing information. The study is conducted with second-semester students of the Bachelor's Degree in Inclusive Education enrolled in the Advanced Braille course. The methodology integrates informal interviews, classroom observations, and literature analysis, through a methodological triangulation framed by Learning Experience Design (LXD), User Experience (UX), and prototyping models. Preliminary findings show, on the one hand, that students face difficulties in reading and writing in Braille, as well as economic barriers to acquiring traditional physical materials such as slates, styluses, Perkins machines, and Braille printers, in addition to a lack of training in accessible technologies. On the other hand, the analysis of the scientific literature suggests that digital accessibility tools are a viable alternative to improve information access for people with visual impairments, enhancing their autonomy, comprehension, and classroom participation. Consequently, it is proposed that teacher training oriented toward inclusive practices with accessible technologies can open new opportunities for information access and contribute to closing the informational gap experienced by students with visual impairments.

Keywords: Accessibility tools, Digital accessibility, Inclusive education, Teacher training, Visual impairment.

INTRODUCCIÓN

La inclusión educativa es un proceso que trata de eliminar la exclusión de personas con distintas discapacidades, respondiendo y reconociendo las necesidades de los estudiantes, haciendo a un lado las diferentes barreras que limitan la participación y el aprendizaje. La inclusión educativa fomenta la participación de todos asegurando la calidad de la educación en todo el alumnado (Ponce y Salazar, 2021; Graniel et al., 2023).

En la actualidad, a pesar de los avances, la infraestructura, el analfabetismo digital y la formación docente inadecuada son barreras que no permiten la correcta inclusión de las personas con discapacidad visual (Frost, 2021; Ponce y Salazar, 2021; Vera et al., 2024; Franco et al., 2024).

La siguiente investigación reporta las dificultades que enfrentan un grupo de estudiantes de la Licenciatura en Inclusión Educativa para aprender el uso del sistema Braille, además de la falta de incorporación de herramientas digitales de accesibilidad en el curso Braille Avanzado, aunque el plan de estudios menciona la importancia de incorporar tecnologías digitales en el aula como traductor de Braille Duxbury (DBT), Braille tutor y Visual Braille. En la práctica estas herramientas no se han implementado en el aula.

La falta de experiencias de aprendizajes en el uso de tecnologías de accesibilidad de los estudiantes de Inclusión Educativa, limita sus posibilidades de desarrollar habilidades didácticas para que sus alumnos puedan mejorar su acceso a la información generada para personas normovisuales.

A esta problemática se suman barreras económicas y logísticas. La adquisición de materiales básicos, como punzones, cubaritos, máquina Perkins e impresoras Braille, suele ser impráctica debido a sus altos costos y a su escasa disponibilidad (Ávalos-Gómez y Ordaña-Díaz, 2021; Zepeda, 2024). En este contexto, la dificultad de acceso a información en braille y los altos costos que conllevan, aunados a los avances en tecnologías de asistencia apoyadas por inteligencia artificial, abren una nueva ventana de oportunidad para incorporar tecnologías emergentes y recursos educativos accesibles para que los futuros docentes en Inclusión Educativa puedan enseñar a personas con ceguera a acceder a información generada para normovisuales.

El análisis del estado del arte respalda esta posible solución: si los futuros docentes en Inclusión Educativa se forman en el uso de herramientas de accesibilidad ya existentes en los dispositivos digitales, y herramientas de Inteligencia artificial para la descripción de imágenes y video, podrán generar experiencias de aprendizaje significativas para personas con discapacidad visual.

La literatura propone tecnologías adaptativas como lectores de pantalla, conversión de texto a voz, traductores de texto y voz y OCR avanzado como herramientas que mejoran la accesibilidad, la autonomía e inclusión social de las personas con discapacidad visual, (Chilán G. y Rodríguez M., 2024; Huilca et al., 2024; Herrera et al., 2024; Reddy et al., 2024).

Los autores coinciden en que las tecnologías de asistencia y herramientas de accesibilidad pueden superar las barreras de acceso a la información de las personas con discapacidad visual, puesto que no solo abren nuevas posibilidades de acceso a los contenidos de aprendizaje, sino que también favorecen el desarrollo de procesos cognitivos fundamentales como la comprensión, la apropiación del conocimiento y la autonomía en el aprendizaje.

Formar a los futuros docentes de educación inclusiva en el uso pedagógico de estas herramientas, puede ser un factor clave para cerrar la brecha informativa que ha limitado a las personas con discapacidad visual, ofreciendo una alternativa más accesible y flexible frente a los costosos materiales tradicionales del sistema Braille (Ponce y Salazar, 2021; Vera et al., 2024; Zepeda, 2024; Calderón-Delgado, 2024; Chilán G y Rodríguez M., 2024; Huilca et al., 2024).

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer los resultados de un primer acercamiento sobre el uso de herramientas de accesibilidad digital en la formación docente en Inclusión Educativa, identificando aquellas que pueden emplearse para favorecer experiencias de aprendizaje inclusivas y sugiriendo recomendaciones para su incorporación en el aula.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las dificultades en el aprendizaje del Braille en estudiantes de Inclusión Educativa.
- Identificar herramientas de accesibilidad digital que faciliten el acceso a la información y que puedan sugerirse para uso pedagógico.
- Presentar recomendaciones para incorporar las herramientas de accesibilidad identificadas en la formación de docentes en Inclusión Educativa.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son los estudiantes de segundo semestre de la Licenciatura en Inclusión Educativa, inscritos en la asignatura Braille Avanzado. Estos futuros docentes presentan limitaciones en el manejo práctico del sistema Braille y en la incorporación de tecnologías de accesibilidad digital.

La elección de este objeto de estudio se fundamenta en varios aspectos:

- **Dificultades en el aprendizaje del Braille.** La literatura a través de diversas investigaciones muestra que los estudiantes con discapacidad visual enfrentan desafíos significativos en la adquisición y uso del sistema Braille, lo que repercute en la calidad de su acceso a la información (Ávalos-Gómez y Ordaya-Díaz, 2021; Zepeda, 2024). Estas dificultades también limitan a los futuros docentes en inclusión educativa, quienes necesitan adquirir competencias en el uso de herramientas digitales de accesibilidad para poder enseñar a las personas con discapacidad visual.
- **Brecha en la formación docente sobre tecnologías accesibles.** Aunque los planes de estudio mencionan el uso de herramientas digitales como Duxbury DBT o Visual Braille, en el aula no se implementan de manera efectiva. Esta ausencia genera un vacío en la preparación pedagógica, ya que los futuros profesionales no se apropian de las tecnologías que podrían apoyar a sus estudiantes ciegos en el acceso a información y conocimiento (Ponce y Salazar, 2021; Vera et al., 2024).
- **Relevancia de las tecnologías emergentes de accesibilidad.** La literatura subraya el potencial de herramientas como lectores de pantalla, OCR avanzado y aplicaciones con inteligencia artificial (Lookout, Sullivan+, Seeing AI, Google Lens), que permiten la descripción de textos, imágenes y escenas en tiempo real. Estas tecnologías reducen barreras económicas, aumentan la autonomía y mejoran la inclusión de las personas con discapacidad visual (Chilán y Rodríguez, 2024; Herrera et al., 2024; Reddy et al., 2024).
- **Impacto en la calidad educativa y en la inclusión.** La formación de docentes con competencias en accesibilidad digital es esencial para garantizar una educación inclusiva y de calidad. Como señalan Franco et al. (2024) y Moo (2024), los programas de formación docente deben integrar estrategias de tiflotecnología y tecnologías accesibles para cerrar la brecha informativa que históricamente ha limitado a los estudiantes con discapacidad visual.

En este sentido, estudiar a los estudiantes de la Licenciatura en Inclusión Educativa que cursan la asignatura de Braille Avanzado permite identificar tanto las dificultades como las oportunidades de innovación pedagógica. A través de este análisis surge la necesidad de diseñar experiencias de aprendizaje incluyendo herramientas de accesibilidad digital, como una alternativa accesible para los docentes en formación.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se utilizaron los marcos de LXD que se adapta adecuadamente al análisis realizado, puesto que su perspectiva centrada en el estudiante, permite estructurar efectivamente las experiencias de aprendizaje en el uso de herramientas de accesibilidad.

Enfoque y diseño. Se diseñó una investigación aplicada, con un enfoque cualitativo (Stevez, 2017; Camarillo, 1997). Con el fin de aportar validez y confiabilidad al estudio se usaron técnicas de triangulación metodológica, de datos y de investigadores.

La triangulación metodológica se diseñó con el uso de las tradiciones cualitativas constructivismo, hermenéutica digital y etnografía digital. De igual forma se integran marcos LXD, UX y prototipado para orientar el diseño, desarrollo, prueba y ajuste de experiencias accesibles.

La triangulación de datos incluyó:

- Triangulación de técnicas de muestreo.
- Triangulación de fuentes de datos.
- Triangulación de técnicas de obtención de datos: entrevista informal, observación participativa variable, hermenéutica digital.

Muestreo y participantes. Se aplicó muestreo intencional y por disponibilidad con estudiantes del 2.º semestre de la Licenciatura en Inclusión Educativa que cursan la asignatura Braille Avanzado. Las participantes cuentan con conocimiento teórico de Braille y poca experiencia en accesibilidad digital.

Intervención. El modelo LXD (Learning Experience Design) promete un enfoque integral y centrado en el usuario que puede ser particularmente útil para crear entornos educativos accesibles y efectivos, (Floor, 2023). La propuesta de intervención es una secuencia de sesiones guiadas para operar herramientas de accesibilidad TalkBack y Voice Access, disponibles en los dispositivos móviles, y las apps con IA Lookout, Sullivan+, Seeing AI, Google Lens, orientadas a realizar tareas básicas: lectura y exploración de textos e imágenes, descripción de escenas, navegación y edición por voz.

Unidades de análisis y observación. Los estudiantes de segundo semestre de Inclusión Educativa fueron la unidad experimental y observacional, registrando desempeño, apropiación tecnológica y aplicación didáctica.

Instrumentos y procedimientos. Se usaron entrevistas informales, observación participante con registros de campo, diarios reflexivos y rúbricas de desempeño; juicio de expertos para validar guiones; consentimiento informado y permisos institucionales.

Análisis. Se propone utilizar codificación inductiva temática con Atlas.ti que consiste en accesibilidad percibida, experiencia, autonomía y sistematización de indicadores en Excel.

FASES DEL DESARROLLO

Para desarrollar las experiencias de aprendizaje se usó el LXD Canva. El esquema general del diseño de experiencia de aprendizaje propuesto se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1.

Esquema General del Diseño LXD

Fase	Actividad principal	Propósito dentro del LXD
1. Question	Identificar el problema: estudiantes presentan dificultades en la apropiación del Braille y desconocen herramientas digitales de accesibilidad.	Definir el desafío de aprendizaje y enfocar el diseño hacia una necesidad real: ¿Cómo pueden las herramientas de accesibilidad facilitar el acceso a la información para personas con ceguera en el contexto educativo?
2. Research	Analizar al grupo objeto: estudiantes de la Lic. en Inclusión Educativa (2.º semestre), seleccionadas intencionalmente. Revisión de su perfil, formación, experiencias previas y nivel de competencias.	Comprender a fondo al usuario y determinar el resultado deseado para orientar el diseño: Se obtuvo información mediante entrevistas informales, y revisión del contenido de la asignatura "Braille Avanzado", donde se detectó una falta de implementación práctica de tecnologías accesibles.
3. Design	Diseñar la propuesta didáctica basada en actividades significativas con herramientas de accesibilidad (narradores de texto, OCR, lupas digitales, etc.). Integrar actividades prácticas y reflexivas.	Planificar actividades, contenidos y medios, asegurándose de que estén alineados con los objetivos y las necesidades de los aprendices: A partir del diagnóstico del grupo objeto (estudiantes en formación docente con conocimientos teóricos en Braille, pero poca experiencia en accesibilidad digital), se diseña una propuesta didáctica centrada en experiencias de aprendizaje activas, alineadas con el enfoque inclusivo.
4. Develop	Elaborar los recursos y plan de intervención: sesiones guiadas, rúbricas y entrevistas de seguimiento.	Crear y construir la experiencia, los prototipos o recursos necesarios: Se desarrollará un prototipo didáctico que consiste en una unidad de intervención educativa con actividades guiadas y centradas en el uso de herramientas digitales de accesibilidad aplicadas al contexto educativo inclusivo.
5. Test	Aplicar la intervención en sesiones reales, observando desempeño, apropiación de herramientas y participación activa. Recolectar evidencias mediante observación, entrevistas y productos de aprendizaje.	Validar la efectividad de la experiencia. Ajustar actividades con base en la respuesta de las estudiantes: La intervención se probará con el grupo objeto del estudio, los estudiantes de la Licenciatura en Inclusión Educativa, inscritos en la asignatura "Braille Avanzado".
6. Launch	Implementar completamente la experiencia. Sistematizar resultados, evaluar el impacto en las competencias desarrolladas. Ajustar con base en hallazgos y retroalimentación.	Implementar la experiencia en su entorno real o pretendido, asegurando que los aprendices puedan participar y beneficiarse de ella: Poner en marcha la experiencia real de aprendizaje con el grupo objeto y realizar ajustes iterativos basados en la retroalimentación obtenida en la fase de prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hallazgos preliminares y avances del estudio

Dificultades con el Braille: Las participantes reportaron dificultades para la lectura y escritura en sistema Braille, lo que provoca un impacto negativo en cuanto a su práctica docente proyectada.

Barreras de costo y logística: solo usan materiales básicos, como punzones, cubartrios, y ocasionalmente máquina Perkins o impresoras Braille, suele ser impráctica debido a sus altos costos y a su escasa disponibilidad.

Viabilidad tecnológica: Las herramientas de accesibilidad disponibles en los dispositivos móviles que usan IA en Android, permiten diseñar actividades accesibles de bajo costo y alta transferibilidad al aula.

Las evidencias de las dificultades que enfrentan los estudiantes, recolectadas a través de las entrevistas informales, se muestran en la tabla 2:

Tabla 2.
Dificultades Reportadas por Estudiantes en el Aprendizaje de Braille y Uso de Tecnología

Categoría	Evidencia preliminar
Aprendizaje de Braille	Lectura lenta, confusión de puntos, desmotivación
Uso de materiales físicos	Costos elevados de punzones, Perkins y cubaritmos
Formación tecnológica	Desconocimiento de TalkBack y apps de accesibilidad
Aplicación didáctica	Escaso uso de herramientas accesibles en actividades prácticas

Nota. Los datos se obtuvieron de entrevistas informales y observaciones en clase.

El estado del arte permitió identificar las herramientas de accesibilidad, como los lectores de pantalla, que representan una alternativa eficaz para mejorar el aprendizaje y el rendimiento académico (Chilán y Rodríguez, 2024). Los lectores de pantalla son programas que convierten el texto escrito en audio, leen el texto de la pantalla de un teléfono inteligente, una tableta o una computadora y, además facilitan la navegación entre diferentes fuentes de información, como aplicaciones, sitios web o documentos (Zepeda,2024).

Por otra parte, si los lectores de pantalla son herramientas cruciales para el acceso a contenido, se puede obtener un alcance mucho mayor si se integran tecnologías de Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR), las cuales transforman los textos impresos de documentos o imágenes escaneadas en formatos accesibles como audio en tiempo real, convirtiéndose en una pieza clave en la autonomía de las personas con discapacidad visual, promoviendo así la inclusión al permitirles interactuar de manera más independientes entre lo digital y físico (Herrera, 2024; Reddy et al., 2024).

De manera complementaria, en el caso de documentos que contienen imágenes, es necesario incluir descripciones con texto alternativo. Los descriptores de imagen, también llamados texto alternativo o audiodescripción, son una descripción en tiempo real de imágenes o gráficos presentes en documentos digitales (Roma, 2021). Para la descripción de imágenes, la Inteligencia Artificial puede ser una herramienta de apoyo. Un ejemplo es Copilot, de Bing, la cual tiene la opción de ingresar imágenes y solicitarle que haga una descripción de la misma, es una opción muy viable de hacer la información accesible para las personas con discapacidad visual (Zepeda, 2024).

Lo anterior resulta relevante, porque la evidencia previa sobre tecnología accesible e inclusión respalda que lectores de pantalla, OCR y descripciones de imagen potencian la autonomía, comprensión y participación de los estudiantes con discapacidad visual (Miranda et al., 2024; Huilca et al., 2024; Zepeda, 2024; Chilán y Rodríguez, 2024).

No obstante, la literatura subraya la necesidad de programas de formación eficientes que ayuden a mejorar el conocimiento y las habilidades de los docentes en el uso de estas herramientas digitales en contextos reales (Franco et al.,2024; Moo, 2024).

La investigación realizada al momento, propone la formación de docentes en inclusión educativa, empleando tecnologías de accesibilidad como lectores de pantalla, OCR y descriptores de imagen.

En este sentido, formar a los docentes en inclusión educativa en el uso de tecnología accesible y herramientas de accesibilidad, puede promover un cambio radical para la consolidación de una educación inclusiva de calidad, a través de la combinación de prácticas guiadas, evaluación formativa y estrategias de enseñanza adecuadas por parte de los docentes, con la finalidad de favorecer la transmisión del conocimiento de manera efectiva en los estudiantes con discapacidad visual, (Franco et al., 2024).

A continuación, se presentan de manera sintetizada, las herramientas de accesibilidad digital que se propone utilizar para las sesiones guiadas.

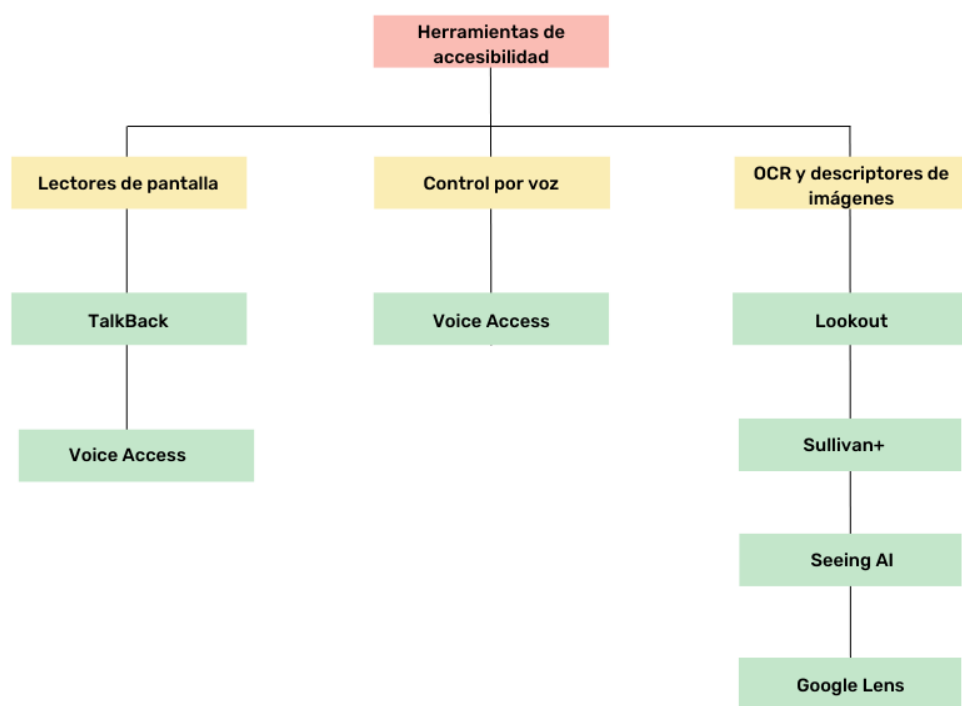
La tabla 3 resume las tecnologías propuestas, incluyendo las funciones principales, tipo de Inteligencia Artificial involucrada, el costo y la referencia en la que se obtuvo la información:

Tabla 3.*Herramientas de Accesibilidad Identificadas y sus Principales Características*

Herramienta	Funciones principales	Tipo de IA involucrada	Costo	Fuente consultada
Talkback	Exploración táctil Navegación lineal Personalización de voz y volumen Gestos y combinaciones de teclas	Asistiva (No utiliza IA compleja; basada en accesibilidad nativa)	Gratuita	Once, 2019
Voice Access	Control total del dispositivo por voz Navegación sin manos	Reconocimiento de voz Procesamiento de comandos	Gratuita	Google, s.f.
Lookout	Lectura de texto Detección de objetos Escaneo de documentos Descripción de imágenes	Visión por computadora Reconocimiento de texto y objetos	Gratuita	Google, 2019; Orange, 2021
Sullivan+	OCR (lectura de textos) Reconocimiento de rostros Descripción de escenas Detección de luz	IA visual Reconocimiento facial y de escenas	Gratuita	Rodríguez, 2025
Seeing AI	Describe el entorno Lee textos y documentos Identifica objetos, personas, colores y billetes. Integra chat para preguntas, guía visual y descripción de imágenes.	IA cognitiva, visión por computadora, reconocimiento facial, OCR, NLP	Gratuita	Microsoft, 2023
Google Lens	Traducción instantánea Lectura de texto Identificación de productos y objetos	OCR avanzado Traducción automática IA semántica	Gratuita	Google, s.f.

Para obtener un panorama general del tipo de herramienta de accesibilidad digital al cual pertenecen las herramientas antes mencionadas, se muestra en la figura 1 organizadas por categoría: lectores de pantalla, control por voz y OCR y descriptores de imágenes.

Figura 1.
Herramientas de accesibilidad organizadas por categoría



El proceso de acceso a la información mediante herramientas de accesibilidad se ilustra en la figura 2. En este proceso en forma de bucle, se puede observar como el usuario puede interactuar con dispositivos móviles con las herramientas de accesibilidad digital integradas, como lectores de pantalla, control por voz o descriptores de imagen. El usuario interactúa con el dispositivo móvil, desde el teléfono la información es procesada y devuelta en un formato accesible para el usuario, favoreciendo así el acceso a la información, la comprensión, la autonomía y la participación.

Figura 2.
Proceso de acceso a la información mediante herramientas de accesibilidad



Con esta propuesta, se espera un impacto positivo en los futuros docentes en inclusión educativa en cuanto a las siguientes dimensiones: percepción del acceso, comprensión, apropiación de conocimiento y capacidad de facilitar el acceso a la información para el alumnado ciego.

CONCLUSIÓN

Este estudio nos permitió identificar dos hallazgos relevantes. En primer lugar, se obtuvieron reportes de las dificultades que los estudiantes en Inclusión Educativa presentaron en cuanto a la escritura y lectura en Braille, así como las limitaciones en la adquisición de los materiales físicos tradicionales y la falta de formación en tecnologías accesibles para enseñar a personas con discapacidad visual. Como segundo hallazgo, la literatura científica confirma la pertinencia de transformar la enseñanza exclusiva del Braille en un enfoque en el que se incorporen, de manera pedagógica y didáctica, las herramientas de accesibilidad digital presentes en los dispositivos móviles. Crear experiencias de aprendizaje en las que se pueda integrar tecnología como apoyo para la enseñanza y el acceso a la información y el conocimiento, puede reducir barreras económicas, mejorar la usabilidad y acelerar la autonomía de los estudiantes ciegos.

Estos hallazgos contribuyen a replantear la enseñanza exclusiva del Braille en los planes y programas de formación docente, integrando las tecnologías accesibles disponibles en los dispositivos móviles como una alternativa viable. Por lo tanto, se recomienda mejorar la formación de los futuros docentes en Inclusión Educativa en el uso pedagógico de herramientas de accesibilidad digital, para la enseñanza de las personas con discapacidad visual. De esta forma, se puede garantizar el acceso a la información de los estudiantes de manera equitativa, disminuyendo la brecha informativa, brindándoles la oportunidad de vivir experiencias de aprendizaje inclusivas.

REFERENCIAS

- Ávalos-Gómez, N. A., & Ordaya-Díaz, E. G. (2021) Percepciones de docentes de un colegio limeño sobre las dificultades de aprendizaje del braille en niñez con discapacidad visual. *Revista Electrónica Educare*, 25(3), 1-19. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582021000300472
- Calderón-Delgado E. I., Jácome-Achi S. S., Chalcá-Quilumba A. M., Villavicencio-Guambo R. (2024). Accesibilidad digital: El impacto de la tecnología en el aprendizaje de estudiantes con discapacidades. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*. Vol. 4 (Especial educación), 1-10, 2024. <https://doi.org/10.62574/rmpi.v4iespecial.234>
- Chilán G. C. y Rodríguez M. (2024). Tecnología adaptativa y personalización del aprendizaje para personas con discapacidad visual de la básica superior: Adaptive techno-logy and personalization of learning for the visually impaired in the basic high School. *Ideas y Voces*, 4(3), Pág. 204-225.
- Floor, N. (2018). Fundamentals of learning experience design. *Learning Experience Design*. Recuperado de <https://lxd.org/fundamentals-of-learning-experience-design/>
- Franco S., Cobo I. D., González V. c., Montoya T. V., Rojas L.C. (2024). Educación inclusiva desde la discapacidad visual: estrategias orientadoras para el profesorado en formación de la primera infancia. *Revista Boletín REDIPE* 13 (4). <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2112>
- Frost-Nájera C. L. (2021). Una estructura digital accesible es un derecho humano de las personas con discapacidad visual. *Saberes y Prácticas*, México. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/saberesypracticas/article/view/5048>
- Google. (2019, 12 de marzo). With Lookout, discover your surroundings with the help of AI. Google Accessibility Blog. https://blog-google.translate.goog/outreach-initiatives/accessibility/lookout-discover-your-surroundings-help-ai/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=tc
- Google. (s.f.). Busca lo que ves – Cómo funciona Google Lens. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://lens.google/intl/es-419/howlensworks/>
- Google. (s.f.). Usar Voice Access en Android. Centro de Ayuda de Accesibilidad de Android. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6151848?hl=es-419>
- Graniel D., Ramos B. L., Gutiérrez A. (2023). Inclusión educativa de estudiantes con discapacidad visual en la educación superior: factores que favorecen y obstaculizan su ingreso y permanencia. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/3502>
- Herrera L. B., De la hoz M. G., Ruiz F. J., Consuegra M. R. (2024). Tiflotecnología e inclusión de las personas con discapacidad visual: una revisión sistemática.
- Huilca-Loyola A. P, Lema-Córdova S. R., Santiago-Gavilanes M.D. (2024). Necesidades y Requerimientos Tecnológicos Educativos, para la Inclusión de Personas Adultas con Discapacidad Visual. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*. México, volumen 8, número 1.
- Microsoft. (2023, 5 de diciembre). Microsoft lanza Seeing AI en Android, la app gratuita que facilita el reconocimiento y descripción del entorno a personas con ceguera [Comunicado de prensa]. Microsoft News. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-es/2023/12/05/microsoft-lanza-seeing-ai-en-android-la-app-gratuita-que-facilita-el-reconocimiento-y-descripcion-del-entorno-a-personas-ciegas-con-nuevos-idiomasyfunciones-actualizadas/>
- Miranda, M. E., Rivera, J. A., Rumbaut, D., y Yáñez, X. O. (2024). Evaluación de la efectividad de tecnologías adaptativas para mejorar la educación de estudiantes con discapacidad visual.

- Moo, D. L. B. (2024). Aprovechamiento de Estrategias en Beneficio de Estudiantes Débiles Visuales. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(4), 1949-1964.
- ONCE. (2019). Accesibilidad Android: Utilizar un lector de pantalla. Organización Nacional de Ciegos Españoles. <https://educacion.once.es>
- Orange. (2021, 13 de abril). Lookout, la aplicación que se convierte en los ojos de quien no puede ver. Blog de Orange. <https://blog.orange.es/innovacion/google-lookout-app/>
- Ponce J. A. & Salazar G. V. (2021). Tiflotecnología en la accesibilidad educativa universitaria como recurso para estudiantes con discapacidad visual. *Ciencia Latina*, México. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/208>
- Reddy K., Badam R., Alam S., Shuaib M. (2024). IoT-driven accessibility: A refreshable OCR-Braille solution for visually impaired and deaf-blind users through WSN. *Journal of Economy and Technology* 2 (2024) 128–137
- Rodríguez, A. (2025, 28 de mayo). IA e inteligencia artificial para personas con discapacidad visual. Fundación de Inclusión laboral, ConTrabajo. <https://fundacioncontrabajo.cl/blog/cultura-inclusiva/ia-inteligencia-artificial-para-personas-con-discapacidad-visual/>
- Roma, M. C. (2021). La accesibilidad en los entornos educativos virtuales: Una revisión sistemática. *Redalyc*, Argentina. <https://www.redalyc.org/pdf/5635/563579383003.pdf>
- Vera-Ibarra, D., Zambrano-Valencia, D., & Rodríguez-Zambrano, A. D. (2024). Estudio exploratorio sobre la autopercepción de las competencias docentes en atención a educandos con discapacidad visual. *Revista Qualitas*, 28(28), 035 - 053. <https://doi.org/10.55867/qual28.03>
- Zepeda-García E. (2024). Tecnologías de asistencia para la accesibilidad académica de personas con ceguera en el nivel superior.

Integración de Visión Robótica y Deep Learning para Inspección Automatizada de Calidad Industrial

Elva Bernal Rodríguez¹, Esteban Sánchez Escarriola², Fernando René Barbosa Morales³

¹TECNM: Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlan Izcalli /elva.br@cuautitlan.tecnm.com.mx

²TECNM: Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlan Izcalli /esteban.se@cuautitlan.tecnm.com.mx

³TECNM: Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlan Izcalli /fernando.bm@cuautitlan.tecnm.com.mx.

Línea de investigación: Ingeniería de Software y Sistemas Mecatrónicos

Resumen

Se describe el desarrollo de un sistema computacional para la detección automatizada de defectos en envases de cosméticos mediante visión artificial. El proyecto se llevó a cabo utilizando la metodología ágil Scrum, lo que permitió una gestión efectiva del trabajo colaborativo en sprints semanales, por otro lado la solución se basa en el entrenamiento de una red neuronal YOLO (You Only Look Once) para identificar botellas en buen o mal estado a partir de un dataset propio con imágenes clasificadas.

El entorno de desarrollo incluyó herramientas como Visual Studio Code, el servidor local XAMPP para pruebas usando el explorador web a través de librerías de Python especializadas en visión artificial y control de hardware. Para la captura de imágenes en tiempo real se utilizó una cámara AI con seguimiento automático (autotracking webcam), cuya interacción se logró mediante librerías de Python compatibles con dispositivos de video.

El sistema resultante permite detectar en tiempo real defectos visuales en botellas, clasificándolas automáticamente con alta precisión. Este proyecto demuestra la aplicabilidad de herramientas de software libre y aprendizaje profundo en el contexto del control de calidad industrial, así como el potencial formativo de integrar inteligencia artificial y desarrollo de software en entornos académicos.

Palabras clave: Aprendizaje profundo, Clasificación de defectos, Control de calidad industrial, Sistema Inteligente, Visión artificial.

Abstract (En esta sección se traduce al inglés el resumen anterior)

This study presents the development of a computational system for the automated detection of defects in cosmetic containers using computer vision techniques. The project was conducted following the agile Scrum methodology, which facilitated efficient collaborative work management through weekly sprints. The core of the solution involves training a YOLO (You Only Look Once) neural network to distinguish between compliant and defective containers, using a custom-labeled image dataset.

The development environment incorporated tools such as Visual Studio Code and the XAMPP local server for web-based testing, along with specialized Python libraries for computer vision and hardware control. Real-time image acquisition was achieved through an AI-powered autotracking webcam, integrated using Python libraries compatible with video input devices.

The resulting system enables accurate, real-time identification of visual defects in cosmetic packaging, automatically classifying each item with high precision. The project demonstrates the practical application of open-source technologies and deep learning in industrial quality control settings, as well as the educational value of integrating artificial intelligence and software development in academic environments.

Keywords: Deep Learning; Computer Vision; Intelligent Systems; Defect Detection; Industrial Quality Control

INTRODUCCIÓN

En los procesos de manufactura industrial, garantizar la calidad del empaque es fundamental, especialmente en el sector cosmético, donde la apariencia, integridad y seguridad del producto inciden directamente en la percepción del consumidor y en el cumplimiento de normativas sanitarias y comerciales (Zhou et al., 2020). Las tareas de inspección visual han dependido tradicionalmente de la supervisión humana, lo que introduce variabilidad en los resultados, altos costos operativos y limitaciones en la escalabilidad de los procesos (Brosnan & Sun, 2004).

La visión artificial, junto con los avances en aprendizaje profundo, ha permitido el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de detectar defectos visuales con alta precisión, incluso en entornos industriales exigentes (Szegedy et al., 2015). Modelos como YOLO (You Only Look Once) han ganado popularidad por su capacidad para realizar detecciones en tiempo real, combinando eficiencia computacional con precisión en la identificación de objetos (Redmon et al., 2016). Sin embargo, muchas soluciones existentes requieren infraestructuras costosas o están orientadas a contextos específicos, lo que dificulta su implementación en entornos educativos o de bajo presupuesto (Khan et al., 2021).

Se desarrolló un sistema inteligente para la detección automatizada de defectos en envases de cosméticos, utilizando herramientas de software libre y técnicas de aprendizaje profundo. El modelo YOLO fue entrenado con un conjunto de imágenes etiquetadas manualmente, lo que permite clasificar los envases como defectuosos o no defectuosos en tiempo real. El entorno de desarrollo incluyó Visual Studio Code, bibliotecas especializadas de Python para visión artificial y hardware de bajo costo, como una cámara AI con seguimiento automático. La gestión del desarrollo se realizó bajo la metodología ágil Scrum, organizando el trabajo colaborativo en sprints semanales, lo cual favoreció la iteración continua y la mejora incremental del sistema (Schwaber & Sutherland, 2020).

Además de su utilidad en contextos industriales, la solución propuesta aporta valor formativo al integrar conocimientos de inteligencia artificial, desarrollo de software y sistemas embebidos, promoviendo así el aprendizaje activo en entornos académicos (Luckin et al., 2016).

Este artículo se organiza de la siguiente manera: la siguiente sección aborda los fundamentos teóricos y técnicos del sistema; luego se describe la metodología empleada y las herramientas utilizadas; posteriormente se presentan y analizan los resultados obtenidos; finalmente, se exponen las conclusiones y se plantean posibles líneas de trabajo futuro.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar una interfaz gráfica de usuario y un sistema de visión artificial para monitorear en tiempo real la calidad de producción de contenedores (botellas) de maquillaje, mediante la detección automatizada de defectos, con el fin de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema de visión artificial basado en redes neuronales entrenadas (YOLO) para identificar defectos visuales en botellas de maquillaje durante el proceso de producción.
- Diseñar una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permita visualizar en tiempo real el estado de cada botella inspeccionada y facilite la interacción con el sistema de monitoreo.
- Integrar el sistema de detección con una cámara AI de seguimiento automático, utilizando librerías de Python para capturar y procesar imágenes de forma continua.
- Validar la precisión del sistema de detección, mediante pruebas con un conjunto de datos de botellas clasificadas previamente, evaluando métricas como exactitud, sensibilidad y especificidad.
- Optimizar el proceso de inspección visual, reduciendo errores humanos y asegurando que cada unidad cumpla con los parámetros de calidad establecidos.

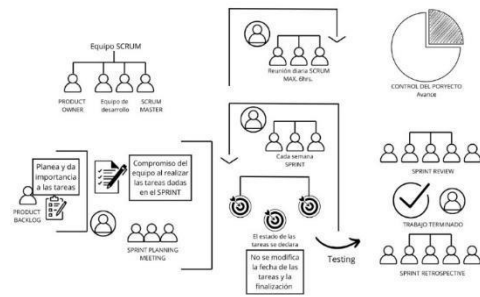
OBJETO DE ESTUDIO

El desarrollo de un sistema computacional basado en visión artificial, que integre una interfaz gráfica de usuario y un modelo de detección de objetos mediante redes neuronales, con el propósito de monitorear y evaluar en tiempo real la calidad de producción de botellas de maquillaje.

METODOLOGIA Y FASES DE DESARROLLO

Para el desarrollo de este prototipo se utilizó la metodología SCRUM, que es una forma ágil de organizar el trabajo en proyectos, especialmente en el desarrollo de software. Se divide en Sprints, que son períodos cortos de tiempo (generalmente de 2 a 4 semanas), durante los cuales se crean pequeñas partes del producto que pueden ser revisadas y mejoradas constantemente, como se muestra gráficamente en la Figura 1.

Figura 1.
Esquema de las fases de la metodología SCRUM



FASES DE DESARROLLO

De acuerdo a la metodología se llevó a cabo un sprint de planificación en el cual se definieron las tareas relacionadas al entrenamiento y evaluación del modelo YOLO, así como el tiempo estimado para su realización, de dichas tareas se derivaron las historias de usuario las cuales representaron una descripción breve y funcional de una necesidad del mismo.

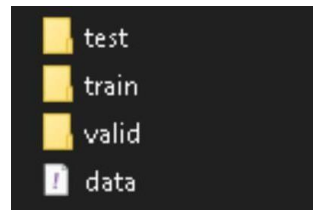
Preparación del DataSet

Es importante organizar el banco de imágenes en dos categorías: buen estado y mal estado, para ello se organizaron en carpetas las cuales contienen 500 imágenes de muy buena calidad, clasificadas en imágenes de entrenamiento, de validación y de prueba, entre 70, 20 y 10 por ciento respectivamente.

Distribución de imágenes en las carpetas

En la carpeta train de la Figura 2, se almacenan todas las imágenes de entrenamiento, así mismo en la carpeta valid se almacenan todas las carpetas de validación, dentro de la organización se cuenta con una carpeta label que a su vez contiene espacios para las etiquetas de las imágenes de entrenamiento y para las etiquetas de las imágenes de validación

Figura 2.
Distribución de carpetas



Las imágenes usadas para el etiquetado tienen una resolución de 640×480 a 1280×720 píxeles, son suficientemente claras para distinguir detalles, pero no tan grandes como para afectar el rendimiento de procesamiento, en la Figura 3 se muestran ejemplos de las utilizadas para este sistema.

Figura 3.
Imágenes de muestra de los envases de cosméticos



Anotación de los datos

En este proceso, se convirtieron conjuntos de imágenes personalizados en datasets específicos con sus respectivas anotaciones, utilizando la tecnología de GroundingDINO, Figura 4. Este enfoque permitió la anotación automática de imágenes, lo cual facilitó la preparación de datos para su uso en modelos de detección en tiempo real.

Figura 4.
Instalación de dependencias

```
xcd {HOME}/groundingDINO
pip install -q -e .
pip install supervision

/content/GroundingDINO
Preparing metadata (setup.py) ... done
46.0/46.0 kB 2.4 MB/s eta 0:00:00
181.5/181.5 kB 10.0 MB/s eta 0:00:00
363.4/363.4 MB 2.6 MB/s eta 0:00:00
13.0/13.0 MB 109.7 MB/s eta 0:00:00
24.0/24.0 MB 87.5 MB/s eta 0:00:00
883.7/883.7 kB 50.9 MB/s eta 0:00:00
664.0/664.0 MB 2.9 MB/s eta 0:00:00
211.5/211.5 MB 6.7 MB/s eta 0:00:00
563/563 MB 12.8 MB/s eta 0:00:00
127.0/127.0 MB 7.4 MB/s eta 0:00:00
207.5/207.5 MB 6.0 MB/s eta 0:00:00
21.1/21.1 MB 87.0 MB/s eta 0:00:00
256.2/256.2 kB 18.9 MB/s eta 0:00:00
```

Se enfatizó en utilizar pesos pre entrenados, ajustados en grandes conjuntos de datos. Estos pesos permitieron que el modelo alcanzara un rendimiento óptimo sin necesidad de ser entrenado desde cero.

Figura 5.
Link de repositorio GroundingDino

```
mkdir {HOME}/weights
%cd {HOME}/weights
!wget -q https://github.com/IDEA-Research/GroundingDINO/releases/download/v0.1.0-alpha/groundingdi
```

Para poder ejecutar archivos y scripts dentro del repositorio GroundingDINO, Figura 5, fue necesario ubicar el directorio de trabajo, Figura 6. Para esto, se utilizó el siguiente comando

Figura 6.
Ubicación de directorio

```
cd /content/GroundingDINO

/content/GroundingDINO
```

Para utilizar el modelo GroundingDINO en tareas de detección de objetos, es fundamental cargar su configuración y los pesos pre entrenados.

Figura 7.
Carga de configuracion y pesos

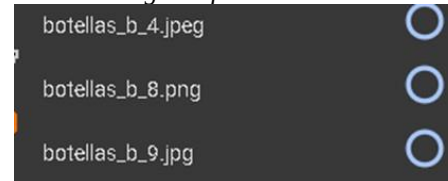
```
%cd {HOME}/GroundingDINO
from groundingdino.util.inference import load_model, load_image, predict, annotate

model = load_model({f"{HOME}/GroundingDINO/groundingdino/config/GroundingDINO_SwinT_OGC.py",
                  f"{HOME}/weights/groundingdino_swinT_ogc.pth"})

/content/GroundingDINO
FutureWarning: Importing from timm.models.layers is deprecated, please import via timm.layers
UserWarning: torch.meshgrid: in an upcoming release, it will be required to pass the indexing a
final text_encoder_type: bert-base-uncased
UserWarning:
The secret `HF_TOKEN` does not exist in your Colab secrets.
To authenticate with the Hugging Face Hub, create a token in your settings tab (https://hugging
You will be able to reuse this secret in all of your notebooks.
Please note that authentication is recommended but still optional to access public models or da
tokenizer_config.json: 100% ██████████ 48.0/48.0 [00:00<00:00, 3.28kB/s]
```

En la carpeta denominada "images", se subieron todas las imágenes a la carpeta creada dentro de Google Colab, llamada "data/images". Esto garantizó que las imágenes estuvieran ubicadas correctamente para su procesamiento y uso en las tareas de detección de objetos con el modelo GroundingDINO.

Figura 8.
Lista de imágenes para entrenamiento



Una vez cargado el modelo GroundingDINO y preparado el entorno, se procedió a realizar predicciones sobre las imágenes subidas a la carpeta. En el siguiente fragmento de código se muestra cómo procesar una imagen y anotarla con las predicciones generadas por el modelo.

Figura 9.
Proceso de imagen

```
import os
import supervision as sv

IMAGE_NAME = "/content/data/images/botellas_b_1.jpeg"
IMAGE_PATH = os.path.join(HOME, 'data', IMAGE_NAME)

TEXT_PROMPT = "botellasb"
BOX_THRESHOLD = 0.70
TEXT_THRESHOLD = 0.25

image_source, image = load_image(IMAGE_NAME)

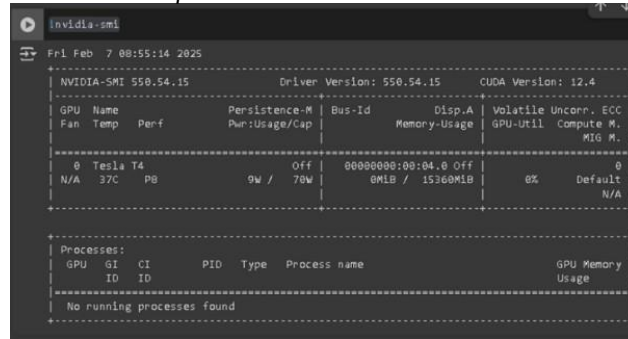
boxes, logits, phrases = predict(
    model = model,
```

Este conjunto de bibliotecas es fundamental para ejecutar un flujo de trabajo eficiente de visión por computadora utilizando el modelo GroundingDINO, por otro lado el código de la Figura 9 implemento un flujo de trabajo completo para cargar imágenes desde la carpeta correspondiente, realizando la inferencia con GroundingDINO para detectar objetos basados en un texto específico y, posteriormente, guardar los resultados (imagen y anotaciones) en una carpeta de salida.

Configuración del entorno

Para la configuración del entorno se accedio a Google Colab a través del navegador en donde se creó un nuevo notebook para cambiar el entorno de ejecución y activar la GPU, así mismo a través del comando nvidia-smi se verificó la presencia y en estado de una GPU NVIDIA en la instancia de Colab

Figura 10.
Entorno de verificación de estado GPU NVIDIA



```

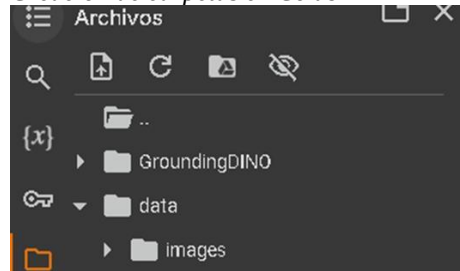
Fri Feb 7 00:55:14 2025
+-----+
| NVIDIA-SMI 550.54.15              Driver Version: 550.54.15   CUDA Version: 12.4     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| GPU  Name Persistence-M   Bus-Id        Disp.A    Volatile Uncorr. ECC  |
| Fan  Temp  Perf    Pwr:Usage/Cap       Memory-Usage  GPU-Util  Compute M.  |
|                                           Memory-Usage  GPU-Util  Compute M.  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 Tesla T4      Off          00000000:00:04:0 Off    0          0MB / 15360MB    0%          Default  |
| N/A   37C    P8           9W /  70W           0MB / 15360MB    0%          Default  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Processes:
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| GPU  GI  CI       PID Type   Process name                      GPU Memory |
| ID   ID  ID                     Name                       Usage     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| No running processes found |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Es común trabajar con los repositorios de GitHub para acceder a un código preexistente. Para ello, se empleó el comando git clone, que nos permitió descargar una copia completa de un repositorio en el entorno de ejecución.

Figura 11.
Creación de carpetas en Colab



En la Figura 11, también se muestra la jerarquía de carpetas utilizada en la plataforma Google Colab, donde se alojaron tanto los scripts del modelo GroundingDINO como los recursos necesarios para el entrenamiento. La carpeta data contiene el conjunto de datos, incluidas las imágenes clasificadas de botellas, almacenadas en el subdirectorio images, mientras que el directorio GroundingDINO agrupa los archivos del modelo preentrenado y su configuración. Esta estructura permitió una integración eficiente entre los datos de entrada, el modelo de visión artificial y el código de entrenamiento, facilitando la ejecución ordenada de pruebas y la modificación progresiva de parámetros durante el proceso experimental.

Entrenamiento del modelo

Con el modelo de YOLO se ejecutó la instrucción de entrenamiento, mostrada s continuación

```
!python train.py --img 640 --batch 16 --epochs 50 --data data.yaml --weights yolov5s.pt --name botellas_yolo
```

En la línea de código de Python se emplearon algunos parametros importantes como la resolución de entrada (img), tamaño del lote (batch), la cantidad de ciclos de entrenamiento (epochs), el peso base (weights) y el nombre de la prueba (name).

El archivo principal resultante .pt, fue el modelo ya entrenado con los pesos ajustados de la red neuronal, es decir, la memoria del modelo, que como se muestra en la tabla 1, éste se utilizó para hacer predicciones sobre imágenes nuevas con el finde detectar objetos en ellas o video en tiempo real y aplicarlo en un sistema productivo como el de la inspección de botellas.

Tabla 1. Código para el uso del archivo .pt

```
import torch
model = torch.hub.load('ultralytics/yolov5', 'custom', path<6
results = model('imagen.jpg')
results.show()
```

Evaluación y prueba (Conexión configuración de la cámara con el sistema)

La captura de las imágenes y video se realizó a través de una cámara WEB auto tracking con sensor de imagen de 2 MP, una lente de 3.6 mm, resolución de video 1920 x 1080 de resolución, y 30 fotogramas por segundo la configuración y detección se logró gracias a la integración del siguiente código en Python.

Figura 12.

Algoritmo de reconocimiento de la cámara

```
import cv2
import tkinter as tk
from PIL import Image, ImageTk

# función para actualizar la imagen en el label de Tkinter
def actualizar_imagen():
    ret, frame = cap.read() # Leer la imagen de la cámara
    if ret:
        # Convertir la imagen de BGR a RGB
        frame_rgb = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        # Convertir la imagen a un formato que pueda ser usado por Tkinter
        img_pil = Image.fromarray(frame_rgb)
        imgTk = ImageTk.PhotoImage(image=img_pil)

        # Actualizar la imagen en el Label
        label.config(image=imgTk)
        label.image = imgTk # Mantener una referencia de la imagen para que no se pierda

# Llamar a la función de actualización cada 10ms
root.after(10, actualizar_imagen)
```

Las librerías cv2, tkinter, PIL.Image y ImageTk se usaron juntas en aplicaciones Python para capturar video desde una cámara y mostrarlo en una interfaz gráfica, cv2 (OpenCV) abre la cámara externa por ID o URL, así como también captura fotogramas en tiempo real; permite aplicar procesamiento de imagen: filtros, detección, reconocimiento, etc., se usó para leer cada frame como un arreglo de píxeles o matriz NumPy; tkinter permitió construir la ventana de la aplicación con botones, etiquetas, campos y el área donde se muestra el video para la interacción del usuario.

Detección de objetos con el modelo entrenado

Durante la fase de pruebas, se configuró un entorno de evaluación en el que la cámara AI Autotracking Webcam fue posicionada frente a una serie de envases de maquillaje con el fin de capturar imágenes en condiciones controladas. En la Figura 13, se observa la disposición de cinco botellas alineadas en una superficie plana, cada una con características físicas distintas. Esta configuración permitió verificar la capacidad del sistema de visión artificial para detectar diferencias sutiles en la forma, color o presencia de defectos superficiales.

La cámara, conectada al sistema desarrollado en Python, fue calibrada para mantener el enfoque automático sobre los objetos durante la captura en tiempo real. Las imágenes obtenidas en esta etapa fueron empleadas como parte del conjunto de datos para entrenar el modelo YOLO, el cual fue diseñado para identificar y clasificar los envases como “buenos” o “malos” según parámetros predefinidos. Este entorno de prueba representó un paso esencial para validar la funcionalidad del sistema completo antes de su integración con el robot Delta para la ejecución automatizada de tareas de clasificación.

Figura 13.

Uso de cámara para detección de objetos.



Una vez entrenado el modelo de visión artificial, se integró dentro del entorno gráfico del software desarrollado para el proyecto. En la Figura 14, se presenta la interfaz del sistema denominada Automatic System, donde se visualiza el reconocimiento de una botella mediante un cuadro delimitador generado por el modelo YOLO, con un nivel de confianza del 82 %. Esta interfaz permite al usuario observar en tiempo real los objetos detectados por la cámara, al tiempo que brinda control sobre distintos componentes del sistema mecatrónico, como el brazo y el robot Delta.

El software fue construido utilizando librerías de Python que facilitan tanto la captura de video como la integración con modelos de inteligencia artificial. A la izquierda, se presentan los módulos de navegación del sistema, mientras que en la parte inferior derecha se muestra una tabla dinámica que recopila los datos identificados por el sistema, tales como el material, color, capacidad y condición del envase. Esta funcionalidad permite no solo la visualización inmediata del objeto, sino también su registro automático para tareas de seguimiento y control de calidad.

Figura 14.
Uso de cámara para detección de objetos.



RESULTADOS

El sistema permite detectar botellas de buena y mala calidad con una probabilidad del 80 %. Sin embargo, este aspecto puede mejorarse al permitir que la cámara identifique de manera más precisa la ubicación de las deformaciones y las fallas en las botellas. Esto permitiría llevar un registro en la base de datos y, a su vez, habilitaría al robot delta para identificar correctamente las botellas defectuosas y en buen estado.

Como resultado del desarrollo e integración del sistema, se logró la conexión efectiva entre el software de visión artificial y el robot Delta, permitiendo la identificación y clasificación automatizada de objetos con defectos de fabricación. La aplicación, desarrollada en Python utilizando la librería YOLO para el reconocimiento de imágenes, fue capaz de procesar en tiempo real los fotogramas capturados por la cámara AI Autotracking Webcam, identificando botellas defectuosas con una precisión del 80%.

La interfaz gráfica implementada permitió la visualización inmediata del estado de cada botella, así como el control manual y automático del robot Delta para ejecutar tareas de separación o rechazo de productos fuera de especificación. Durante las pruebas, el sistema demostró ser capaz de realizar el análisis y la toma de decisiones en un tiempo promedio de procesamiento en movimientos cortos 150 ms por ciclo por imagen, lo cual es adecuado para entornos de producción semiautomatizada.

La integración física y lógica entre los componentes se llevó a cabo siguiendo los principios de la metodología Scrum, con avances iterativos que permitieron validar progresivamente la funcionalidad de cada módulo. La sincronización entre el reconocimiento visual y el accionamiento del robot fue estable y confiable, cumpliendo con los objetivos planteados del proyecto.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que la integración entre el sistema de visión artificial y el robot Delta fue técnicamente viable y funcional para tareas de inspección automatizada. La detección de defectos mediante la librería YOLO mostró una precisión adecuada para aplicaciones industriales básicas, lo que valida el uso de redes neuronales convolucionales entrenadas con conjuntos de datos específicos del producto. Además, la interacción entre la cámara autotracking y el software permitió el seguimiento efectivo de los objetos, mejorando la captura de imágenes sin necesidad de complejos sistemas de posicionamiento.

En comparación con métodos manuales de inspección o con enfoques más tradicionales de automatización, el sistema propuesto representa una solución escalable, de bajo costo y adaptable a diferentes líneas de producción. La implementación de la metodología

Scrum permitió realizar validaciones tempranas, detectar errores en etapas iniciales y facilitar la colaboración entre los desarrolladores del software y el control del robot.

Se identificaron algunas limitaciones como la precisión del sistema. Ésta se vio afectada por las condiciones de iluminación y el ángulo de captura, lo que sugiere la necesidad de incluir calibración dinámica o técnicas de procesamiento de imagen más robustas. Asimismo, la respuesta del robot Delta depende de la sincronización de señales, por lo que en ambientes con mayor carga de procesamiento podrían producirse retrasos.

Como trabajo futuro se plantea optimizar el entrenamiento del modelo con un conjunto de datos más amplio y variado, incorporar técnicas de aprendizaje activo y desarrollar una interfaz más intuitiva para el operador. Además, se sugiere explorar la incorporación de sensores adicionales (como cámaras térmicas o espectrales) para mejorar la fiabilidad del sistema en condiciones no controladas.

CONCLUSIÓN

La implementación e integración de un sistema de visión artificial con un robot Delta demostró ser una solución eficaz para la identificación y clasificación automatizada de objetos con defectos de fabricación, específicamente en envases de productos cosméticos. A través del uso de herramientas como Python, la librería YOLO, una cámara AI con seguimiento automático y el desarrollo de una interfaz gráfica funcional, fue posible construir un prototipo capaz de operar en tiempo real con una velocidad de respuesta adecuada para entornos de producción semiautomatizada.

Este trabajo muestra la importancia de combinar inteligencia artificial, visión por computadora y robótica para mejorar los procesos industriales, permitiendo reducir errores humanos, aumentar la eficiencia y asegurar la calidad del producto final. Además, el uso de metodologías ágiles facilitó la implementación modular, adecuada para entornos de desarrollo ágil.

Como propuesta de continuidad, se sugiere escalar el sistema hacia líneas de producción reales, optimizando el modelo de detección con datasets más amplios y robustos, e incorporando sistemas de retroalimentación que permitan adaptar el comportamiento del robot ante variaciones en el entorno. Asimismo, este enfoque podría aplicarse a otras industrias, como el envasado de alimentos, la inspección electrónica o la clasificación de residuos automatizada, ampliando el impacto del proyecto en contextos industriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Brosnan, T and D. W. Sun, "Improving Quality Inspection of Food Products by Computer Vision A Review," Journal of Food Engineering, Vol. 61, No. 1, 2004, pp. 316. doi:10.1016/S0260-8774(03)00183-3
- Chumán Alvarado, G. (2025). Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/8768111a-62ba-48fd-adf3-303e4bac9c0b/content#page=32&zoom=100,90,633>
- Khan, S. A. R., Yu, Z., Sarwat, S., Godil, D. I., Amin, S., & Shujaat, S. (2021). The role of block chain technology in circular economy practices to improve organizational performance. International Journal of Logistics Research and Applications, 1–18. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.187251>
- Luckin, R., Mavrikis, M., Avramides, K. y Cukurova, M. (2016). Análisis de escenarios de aprendizaje basado en proyectos para fundamentar el diseño de analíticas de aprendizaje: Aprendizaje a partir de conceptos relacionados. Ponencia presentada en AIED2015: Inteligencia Artificial en Educación, Madrid.
- Peralta-Abarca, J. (2020). inventio. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8076976>
- Picón-Ruiz, A. (2009). revista-dyna. Obtenido de <https://revista-dyna.com/index.php/DYNA/article/view/2952/2871>
- Redmon, J., Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi. Actas de la Conferencia IEEE sobre Visión por Computadora y Reconocimiento de Patrones (CVPR), 2016, págs. 779-788
- Schwaber, K.; Sutherland, J. Guía Scrum. 2020. Recuperado de: <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-PortugueseBR3.0.pdf>
- Suardiaz Muro, J., & Navarro Lorente. (2014). Solución basada en vision artificial para la inspección automatizada de gajos de mandarina. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Basil-Al-Hadithi/publication/262733786_Solucion_Basada_en_Vision_Artificial_para_la_inspeccion_Automatizada_de_Gajos_de_mandarina/links/0a85e53908fd15f40f000000/Solucion-Basada-en-Vision-Artificial-para-la-inspeccion-A
- Szegedy, C., Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, Andrew Rabinovich. Actas de la Conferencia IEEE sobre Visión por Computadora y Reconocimiento de Patrones (CVPR), 2015, págs. 1-9
- Tornil Sin, S., & Gámiz Caro, J. (2014). tecnicaindustrial. Obtenido de <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/96/3273/a3273.pdf>

Identificación de perfiles de riesgo en la salud mental de estudiantes mediante el análisis de agrupación

Haziel Moises Espinoza Luna¹, Guillermo de los Santos Torres², Rafael Mena de la Rosa³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: 242h19006@alumno.ujat.mx

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: GDT00564@docente.ujat.mx

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, e-mail: rafael.mena@ujat.mx

Línea de investigación: Ciencia de Datos

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo identificar perfiles de riesgo en estudiantes universitarios mediante la aplicación del proceso KDD (Knowledge Discovery in Databases). Para ello, se emplearon variables relacionadas con la salud física y mental, tales como edad, índice de masa corporal (IMC), puntaje PHQ de depresión, puntaje GAD de ansiedad y puntaje Epworth de somnolencia. El proceso de descubrimiento de conocimiento se desarrolló en nueve fases: aprendizaje del dominio de la aplicación, creación del conjunto de datos objetivo, limpieza y preprocesamiento, reducción y proyección, elección de la función de minería, selección del algoritmo, aplicación de la minería, interpretación y uso del conocimiento descubierto. El algoritmo K-Means fue ejecutado en la herramienta Weka con tres clusters, obteniendo como resultado tres perfiles diferenciados: riesgo bajo, riesgo físico moderado y alto riesgo psicológico. Los hallazgos permiten concluir que el uso de técnicas de clustering constituye una estrategia tecnológica eficaz para la segmentación de poblaciones estudiantiles y la implementación de programas de prevención en salud mental.

Palabras clave: Ansiedad, Clustering, Depresión, KDD, Salud mental, Weka

Abstract

The aim of this study is to identify risk profiles in university students by applying the Knowledge Discovery in Databases (KDD) process. To do this, variables related to physical and mental health were used, such as age, body mass index (BMI), PHQ depression score, GAD anxiety score, and Epworth sleepiness score. The knowledge discovery process was developed in nine phases: application domain understanding, creation of the target dataset, data cleaning and preprocessing, reduction and projection, selection of the mining function, choice of algorithm, data mining, interpretation, and use of the discovered knowledge. The K-Means algorithm was executed in the Weka tool with three clusters, resulting in three differentiated profiles: low risk, moderate physical risk, and high psychological risk. Findings allow us to conclude that the use of clustering techniques constitutes an effective technological strategy for segmenting student populations and implementing preventive programs in mental health.

Keywords: Anxiety, Clustering, Depression, KDD, Mental health, Weka

INTRODUCCIÓN

La salud mental, es un tema preocupante que ha ido en aumento en los últimos años. Según el portal de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2025), uno de cada siete jóvenes de entre 10 y 19 años, padece algún tipo de trastorno mental, además que la depresión y ansiedad, son una de las causas principales del deterioro de la salud y discapacidades en los adolescentes. Por otro lado, la OMS también menciona que, si los trastornos no se tratan a tiempo se pueden extender a la edad adulta, perjudicando la salud física y mental, lo que limitaría las posibilidades de llevar una vida plena.

Por lo anterior, es importante identificar cuáles son los perfiles de riesgo que ponen en peligro la salud mental de los estudiantes para tener un mejor desempeño escolar.

Para detectar patrones en los datos, en este caso, se emplean técnicas de minería y análisis de datos como el clustering. Su objetivo es agrupar conjunto de datos que comparten características similares. Esto permite descubrir tendencias, identificar variables y segmentar poblaciones o mercados según sus comportamientos o atributos comunes (Amair, 2024).

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Identificar perfiles de riesgo en la salud mental de estudiantes mediante la aplicación de análisis de clústeres.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las variables relacionadas con la depresión, ansiedad y somnolencia.
- Realizar el preprocesamiento de datos.
- Aplicar el algoritmo K-means para segmentar a la población de estudiantes.
- Interpretar los clusters obtenidos y clasificarlos en niveles de riesgo.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio fueron estudiantes de pregrado de la Universidad de Lahore, dichos datos recuperados de la plataforma Klagge y publicados por Shahzad Ahmed Bjut en el 2022, dichos datos tienen variables demográficas, físicas y psicológicas.

METODOLOGÍA

Se aplicó el proceso KDD (por sus siglas en inglés, Knowledge Discovery in Databases). Fayyad *et al.* (1996), mencionan que el proceso KDD se compone de los siguientes pasos:

1. Aprendizaje del dominio de la aplicación.
2. Creación de un conjunto de datos objetivo.
3. Limpieza y preprocesamiento de datos.
4. Reducción y proyección de datos.
5. Elección de la función de la minería de datos.
6. Elección del/de los algoritmos(s) de minería de datos.
7. Minería de datos.
8. Interpretación.
9. Uso del conocimiento descubierto.

El proceso KDD queda reflejado en la Figura 1.

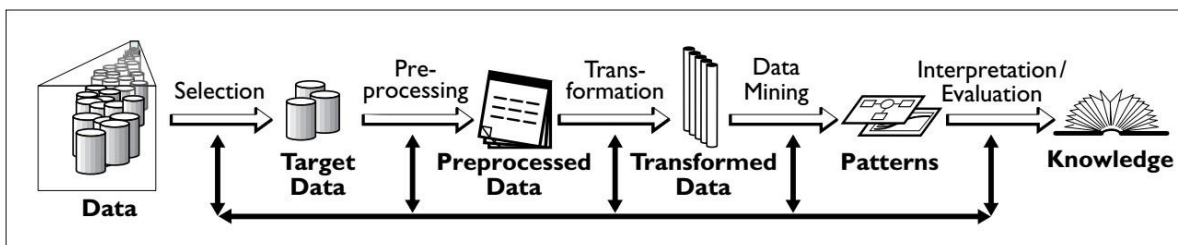


Figura 1. Descripción general de los pasos que constituyen el proceso KDD. Nota. (Fayyad et al., 1996)

FASES DEL DESARROLLO

La investigación se estructuró siguiendo las fases de la metodología KDD, que se describen a continuación.

1. Aprendizaje del dominio de la aplicación

Santillán (2023), señala que, la salud mental de un estudiante depende tanto del bienestar físico como psicológico. El primero requiere de ejercicio constante y una buena calidad de sueño. En el ámbito psicológico, es crucial sostener relaciones socioafectivas, contar con buena educación mental, así como tener un plan de vida y una adecuada planeación del ocio.

Para este estudio se tomaron en cuenta dichos aspectos en 783 estudiantes de pregrado de la universidad Lahore.

Los cuales se dividen en las siguientes variables:

Datos físicos

- Id
- School_year (año escolar)
- Age (edad)
- Gender (género)
- Bmi (índice de masa corporal)
- Who_bmi
- Epworth_score (puntaje de somnolencia)
- Sleepines (somnolencia)

Datos psicológicos

- Phq_score (puntaje de depresión)
- Depression_severity (depresión severa)
- Depressiveness (síntomas de depresión)
- Suicidal (tendencias suicidas)
- Depression_diagnosis (diagnóstico de depresión)
- Depression_treatment (tratamiento de la depresión)
- Gad_score (puntuación de ansiedad)
- Anxiety_severity (Ansiedad severa)
- Anxiousness (estado de ansiedad)
- Anxiety_diagnosis (diagnóstico de ansiedad)
- Anxiety_treatment (tratamiento de la ansiedad)

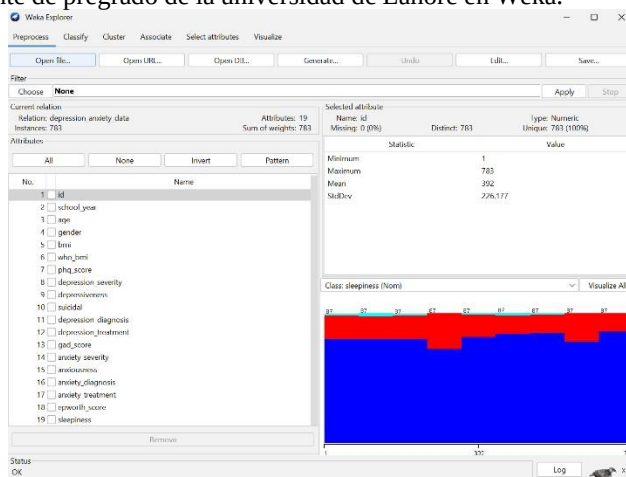
2. Creación de un conjunto de datos objetivo

Del dataset original se seleccionaron las variables de mayor relevancia para describir el estado físico y psicológico de los estudiantes, los cuales son Age (edad), índice de masa corporal (bmi), el puntaje de depresión (pqh_score), el puntaje de ansiedad (Gad_score) y puntaje de somnolencia (Epworth_score) y se descartaron atributos que no aportaban al análisis, tales como identificadores o categorías derivadas de las variables principales,

3 y 4 Limpieza, procesamiento, reducción y proyección de datos.

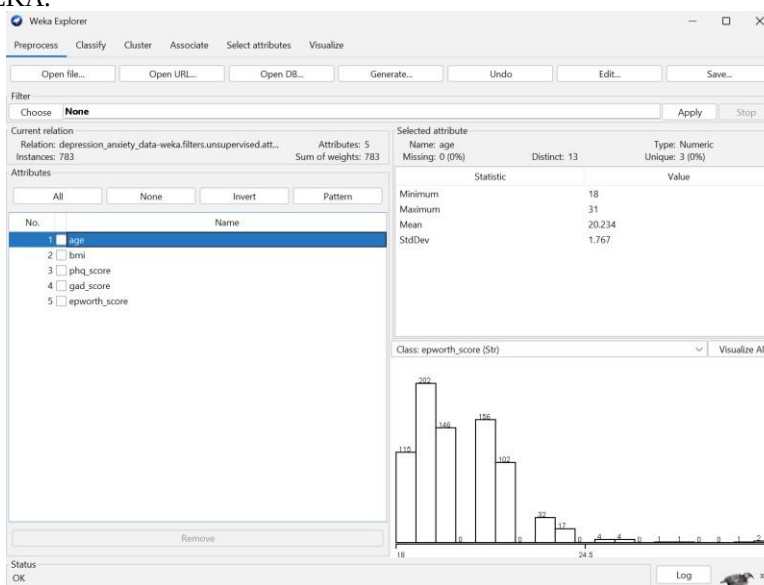
Para limpiar el dataset, se utilizó el programa WEKA para hacer la depuración de las variables que no se utilizaron para el análisis. Tal como se observa en las Figuras 2 y 3

Figura 2. Dataset original de estudiante de pregrado de la universidad de Lahore en Weka.



Nota: elaboración propia.

Figura 3. Dataset limpio en WEKA.



Nota: elaboración propia.

5. Elección de la función de la minería de datos

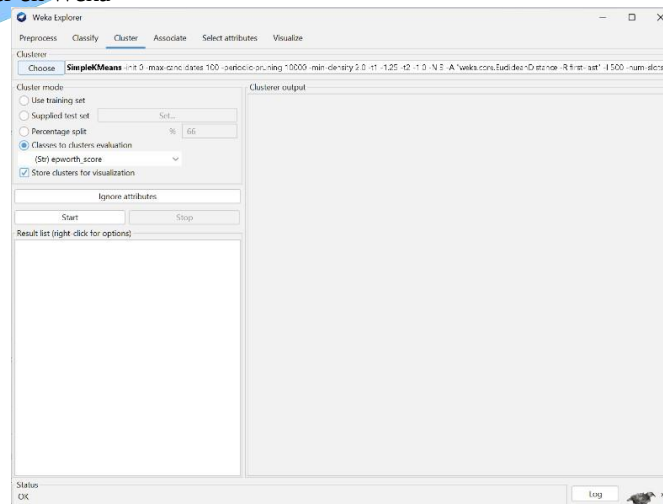
La función de minería de datos que se utilizó fue la segmentación (Clustering), con el propósito de dividir a los estudiantes en grupos homogéneos, según sus características físicas y psicológicas. Este enfoque permitió descubrir perfiles ocultos de riesgo que no hubieran sido evidentes con un análisis tradicional.

6. Elección del algoritmo de minería de Datos

El algoritmo de clustering elegido fue K-Means, ampliamente utilizado en minería de datos por su simplicidad, eficiencia y capacidad para segmentar conjuntos de datos no supervisados. Este método permitió obtener centroides que sintetizan las características promedio de cada grupo, facilitando la interpretación de los perfiles generados. Su implementación en la plataforma Weka aseguró un procesamiento confiable y accesible para fines de la investigación.

En la Figura 4 se muestra la interfaz de clúster en Weka

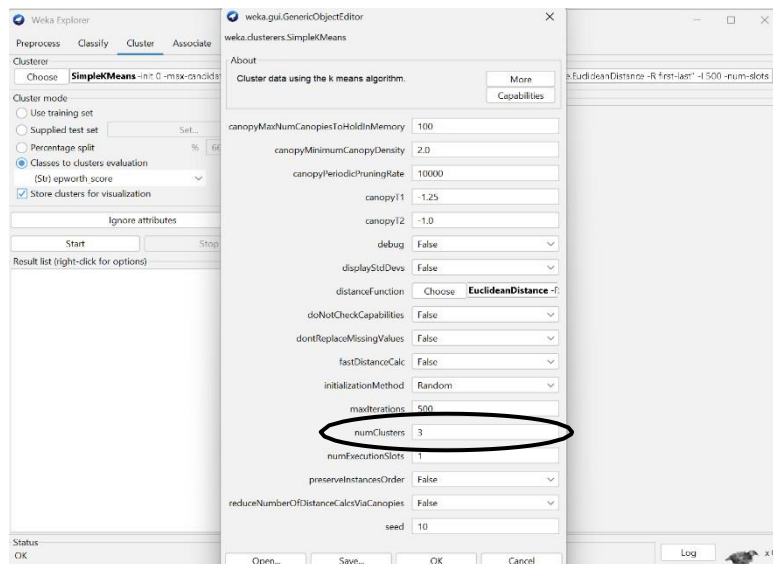
Figura 4. Interfaz Clúster en Weka



Nota: Elaboración propia

En la Figura 5 se muestra la configuración del número de clusters que se usaron para esta investigación que fueron 3.

Figura 5. Configuración de clúster en Weka



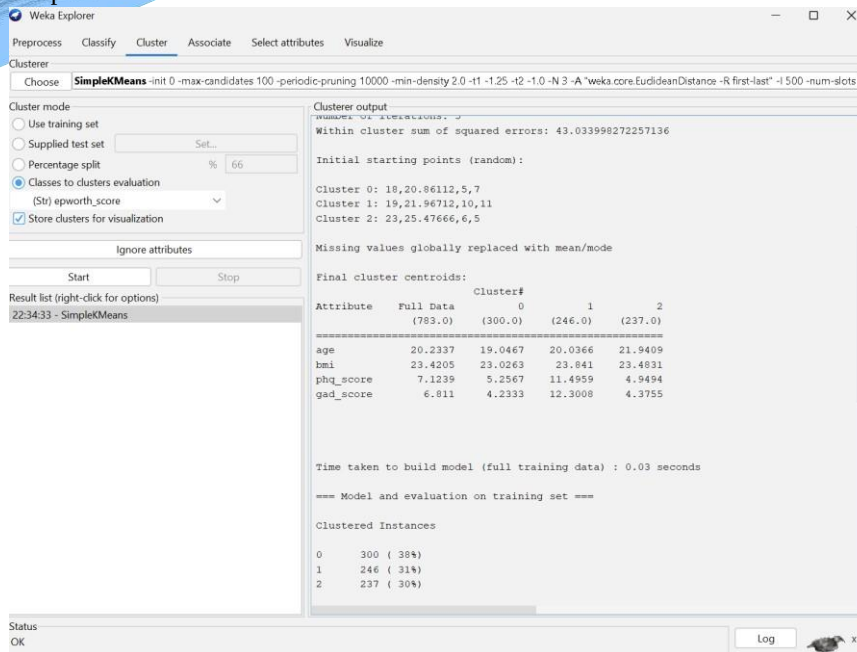
Nota: Elaboración propia.

7. Minería de Datos

Se aplicó el algoritmo K-Means en Weka configurado con tres clusters, basándose en la hipótesis de que existen perfiles de riesgo bajo, moderado y alto. Cada registro del dataset fue asignado a un clúster, y se calcularon los centroides que describen los promedios de las variables en cada grupo.

En la Figura 6 se muestra la aplicación de la minería de datos utilizando el Algoritmo K-means

Figura 6. Clúster aplicado al dataset en Weka.



Nota: Elaboración propia

8. Interpretación

El análisis de los centroides permitió caracterizar los grupos de la siguiente manera:

Clúster 0: estudiantes con sobrepeso y síntomas emocionales leves → riesgo físico moderado.

Clúster 1: estudiantes con altos niveles de ansiedad y depresión, aunque con IMC normal → alto riesgo psicológico.

Clúster 2: estudiantes jóvenes con síntomas leves y peso normal → bajo riesgo.

Estos resultados revelan que los clusters corresponden a perfiles clínicamente significativos, útiles para la prevención y atención de la salud mental.

9. Uso del conocimiento descubierto

El conocimiento extraído a través del proceso KDD permite proponer estrategias tecnológicas de apoyo a la salud mental universitaria. Entre las aplicaciones posibles destacan el desarrollo de sistemas de alerta temprana, dashboard interactivos de monitoreo y plataformas de apoyo académico y psicológico que permitan intervenir oportunamente en los grupos de mayor vulnerabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del algoritmo **K-Means** en Weka, configurado con tres clusters y distancia euclidiana, permitió segmentar el conjunto de datos de 783 instancias en perfiles diferenciados de riesgo en salud mental. El modelo alcanzó convergencia en cinco iteraciones, con un error cuadrático dentro de los clusters de **43.03**, lo que refleja una buena compacidad de los grupos formados.

Resultados del clustering

De los centroides obtenidos, se observan las siguientes características para cada grupo:

- **Clúster 0 (38% de los estudiantes, n=300):**
Edad promedio de 19 años, IMC cercano a la normalidad (23.02), puntaje PHQ bajo (5.25) y puntaje GAD bajo (4.23). Este grupo corresponde a estudiantes jóvenes con peso normal y síntomas emocionales leves, clasificados como **perfil de bajo riesgo**.
- **Clúster 1 (31% de los estudiantes, n=246):**
Edad promedio de 20 años, IMC normal (23.84), puntaje PHQ alto (11.49) y puntaje GAD elevado (12.30). Este grupo concentra a los estudiantes con síntomas significativos de depresión y ansiedad, lo cual lo ubica como **perfil de alto riesgo psicológico**.
- **Clúster 2 (30% de los estudiantes, n=237):**
Edad promedio de 22 años, IMC normal (23.48), puntaje PHQ bajo (4.94) y puntaje GAD bajo (4.37). Este grupo representa a los estudiantes de mayor edad dentro de la muestra, con sintomatología emocional reducida, clasificados como **perfil de riesgo bajo-moderado**.

Discusión

Los resultados evidencian la presencia de tres perfiles claramente diferenciados:

1. **Bajo riesgo (Clúster 0 y 2):** agrupa a la mayoría de los estudiantes (68%), caracterizados por niveles leves de depresión y ansiedad, así como un estado físico dentro de parámetros normales.
2. **Alto riesgo psicológico (Clúster 1):** representa al 31% de los estudiantes, quienes manifiestan altos niveles de depresión y ansiedad, lo que los convierte en un grupo vulnerable que requiere atención prioritaria.
3. **Diferencias por edad:** se observa que el clúster de mayor edad (21-22 años) presenta menores niveles de síntomas emocionales, mientras que los estudiantes más jóvenes (19-20 años) concentran los casos de mayor riesgo psicológico.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que señalan que los jóvenes universitarios enfrentan altos niveles de estrés emocional, especialmente en las primeras etapas de la formación académica. Asimismo, el clustering permitió revelar patrones ocultos en el dataset, aportando una herramienta de apoyo para la **detección temprana y la prevención** de problemas de salud mental en entornos educativos.

CONCLUSIÓN

El presente estudio demostró la utilidad de la metodología **KDD** para el descubrimiento de patrones relevantes en datos relacionados con la salud mental estudiantil. La aplicación del algoritmo **K-Means** en Weka permitió segmentar a la población universitaria en tres perfiles de riesgo diferenciados: estudiantes con síntomas leves y peso normal (bajo riesgo), estudiantes con sobrepeso y síntomas reducidos (riesgo bajo-moderado), y un grupo significativo con altos niveles de depresión y ansiedad (alto riesgo psicológico).

La identificación de este último grupo resulta particularmente relevante, dado que concentra al 31% de los estudiantes analizados, lo cual pone de manifiesto la necesidad de diseñar estrategias de intervención temprana que incluyan programas de prevención, acompañamiento psicológico y uso de tecnologías de monitoreo.

En términos tecnológicos, el uso de clustering se confirma como una herramienta eficaz para la **segmentación y análisis no supervisado**, permitiendo clasificar a los estudiantes en grupos homogéneos de manera automatizada y sin requerir diagnósticos previos. Además, la implementación en **Weka** facilita su replicabilidad y aplicabilidad en contextos educativos similares.

Finalmente, los resultados obtenidos sientan las bases para futuras investigaciones orientadas a integrar estas técnicas en sistemas expertos, dashboard de salud mental o aplicaciones móviles que apoyen la toma de decisiones en instituciones educativas. De esta manera, el conocimiento descubierto puede convertirse en un recurso estratégico para la **detección temprana y la prevención de trastornos emocionales en poblaciones universitarias**.

REFERENCIAS

- Amair. (2024, 25 junio). ¿Qué es el clustering de datos?: funcionamiento, tipos y aplicaciones. ISDI España. Recuperado de <https://www.isdi.education/es/blog/clustering-de-datos-funcionamiento>
- Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data. *Communications Of The ACM*, 39(11), 27-34. <https://doi.org/10.1145/240455.240464>
- Santillán, M. L. (2023, 29 mayo). *Cómo afecta la salud mental en el rendimiento escolar*. Ciencia UNAM-DGDC. <https://ciencia.unam.mx/leer/1412/como-afecta-la-salud-mental-en-el-rendimiento-escolar>
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2025, 1 septiembre). La salud mental de los adolescentes. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>

Aspectos metodológicos de una investigación sobre inteligencia artificial en el aprendizaje

David Elías Pérez Jesús¹, Gerardo Arceo Moheno², Martha Patricia Silva Payró³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / davis_805@hotmail.com

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / ericarceo@hotmail.com

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / patypayro@gmail.com

Línea de investigación: Gestión de Tecnologías de la Información.

Resumen

La inteligencia artificial se ha consolidado como una herramienta importante en la educación, al ofrecer soluciones que transforman los procesos de enseñanza y aprendizaje. Su implementación en instituciones de educación superior ha mostrado beneficios significativos en el desempeño académico de los estudiantes. En este contexto, esta investigación es realizada con el objetivo de evaluar el uso de una herramienta de inteligencia artificial, como apoyo en actividades extracurriculares, para el reforzamiento del aprendizaje de temas concretos de la asignatura de Algoritmos en los estudiantes de la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, debido que es una de las asignaturas con altos índices de reprobación en la División. El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que, mediante la técnica de la encuesta, se recolectarán datos numéricos que podrán ser analizados de manera objetiva. Además, se emplearán fuentes primarias, a través de un cuestionario con escala *Likert* aplicado a estudiantes y profesores; y fuentes secundarias, como artículos académicos y capítulos de libros. La metodología estará estructurada en tres etapas: revisión bibliográfica, diseño cuasi-experimental e interpretación de resultados. Cabe señalar que esta investigación se encuentra en desarrollo y en este artículo se presentan los avances obtenidos hasta el momento. Finalmente, se destaca la relevancia de este tipo de estudios, ya que permiten comprender cómo la inteligencia artificial está siendo incorporada en la educación y evidencian que diversas universidades a nivel mundial ya la han integrado en sus planes académicos, logrando resultados satisfactorios en la mejora de la calidad educativa.

Palabras clave: Aprendizaje, Educación superior, Inteligencia artificial.

Abstract

Artificial intelligence has established itself as an important tool in education, offering solutions that transform teaching and learning processes. Its implementation in higher education institutions has shown significant benefits for students' academic performance. In this context, this research aims to evaluate the use of an artificial intelligence tool as a support for extracurricular activities to reinforce the learning of specific topics in the Algorithms course among students in the Academic Division of Information Sciences and Technologies, given that this is one of the courses with the highest failure rates in the Division. The research approach is quantitative, since numerical data will be collected using a survey technique that can be objectively analyzed. In addition, primary sources will be used, through a Likert-scale questionnaire administered to students and faculty, and secondary sources, such as academic articles and book chapters. The methodology will be structured in three stages: bibliographic review, quasi-experimental design, and interpretation of results. It should be noted that this research is ongoing, and this article presents the progress achieved to date. Finally, the importance of this type of study is highlighted, as it provides insight into how artificial intelligence is being incorporated into education and demonstrates that several universities worldwide have already integrated it into their academic programs, achieving satisfactory results in improving educational quality.

Keywords: Artificial Intelligence, Higher Education, Learning.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la educación superior ha enfrentado diversos desafíos, ante los cuales la Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta capaz de generar nuevas oportunidades para fortalecer la calidad educativa.

Se puede decir que la educación cambió con la llegada de las computadoras, dispositivos móviles, aplicaciones y el *Internet*, pero con la llegada de la IA, los cambios han sido más disruptivos e impredecibles (Andión, 2023), esto se debe a los avances tecnológicos y por la diversidad de aplicaciones que favorecen los procesos de enseñanza y aprendizaje, convirtiéndose en un recurso cada vez más presente en la vida académica de los estudiantes universitarios.

Derivado de lo anterior, se presentan dos casos de estudio, donde universidades han integrado herramientas de IA en sus modelos educativos para el apoyo del aprendizaje de los alumnos:

La Universidad de Massachusetts Institute of Technology (MIT), ha implementado una herramienta de IA nombrada “MIT OpenCourseWare”, la cual personaliza la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, adaptando los contenidos a sus necesidades y ritmos de estudio. Gracias al uso de análisis de datos, el MIT ha incrementado un 15% la retención de estudiantes en algunos de sus programas, lo pone en evidencia que la IA no solo modifica la forma de enseñar, sino que también genera mejoras concretas en el desempeño académico (Eniversity, 2024).

También, la Universidad de Harvard ha incorporado una herramienta de IA basada en ChatGPT, denominada “Computer Science 50”, con el objetivo de fortalecer la enseñanza de cursos introductorios de informática. Esta herramienta proporciona asistencia personalizada a los estudiantes, comprendiendo sus dificultades en la programación y ofreciendo explicaciones detalladas. Además, permite resolver dudas en momentos en que el profesorado no está disponible, aclarando que su implementación no busca reemplazar a los docentes, sino complementar su labor, facilitando que puedan concentrarse en otras actividades académicas (Bécares, 2023).

DESARROLLO

En esta sección se presentarán el marco conceptual y referencial, el objeto de estudio, el objetivo general y los objetivos específicos, la delimitación de la investigación, la metodología, así como las fases de desarrollo conforme a la metodología seleccionada.

MARCO CONCEPTUAL

Este apartado tiene como propósito establecer las definiciones de los conceptos involucrados en el proyecto de investigación.

Inteligencia artificial

La IA, es un campo de la informática, que surgió en el año 1956 por el científico e informático John McCarthy, que la definió como: “La ciencia e ingeniería de hacer máquinas inteligentes” (Guillén, 2016, párr. 3).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), destaca que las herramientas de IA se están incorporando aceleradamente en los sistemas educativos a nivel global, brindando nuevas oportunidades para ampliar y mejorar el aprendizaje (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2024).

Educación superior

Las Naciones Unidas (s.f., párr. 2) señala que la educación superior: “Permite a los individuos expandir sus conocimientos y habilidades, expresar de forma clara sus pensamientos tanto de forma oral como de escrita, entender y dominar conceptos y teorías abstractas, e incrementar su comprensión acerca de sus comunidades y del mundo”.

Además, la Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (MEJOREDU) menciona que la educación superior tiene como finalidad formar profesionales en áreas como la ciencia, la tecnología, la enseñanza y la investigación, al tiempo que promueve la difusión del conocimiento y la cultura en la sociedad, contribuyendo así al desarrollo integral del país (2023).

Aprendizaje

Es el proceso mediante el cual se adquieren conocimientos, habilidades, valores y actitudes, ya sea a través del estudio, la formación o la experiencia. Este fenómeno puede abordarse desde diversas perspectivas, lo que ha dado lugar a múltiples teorías que explican su funcionamiento y aplicación en distintos contextos (Pérez y Gardey, 2023).

En ese mismo sentido, Yáñez (2016) menciona que en el desarrollo del aprendizaje se pueden distinguir diferentes fases enlazadas entre sí. La tabla 1 muestra los elementos principales del aprendizaje.

Tabla 1.
Elementos del aprendizaje.

#	Elemento	Descripción
1	Motivación	Deseo de aprender las necesidades individuales y las perspectivas futuras impulsan al individuo a aprender más rápida y efectivamente.
2	Interés	Expresa la intencionalidad del sujeto por alcanzar algún objetivo; por ello, se dice que está íntimamente unido a las necesidades individuales, las cuales lo condicionan.
3	Atención	Las personas se ven ampliamente favorecida por el desarrollo de cuadros de atención y concentración que el individuo presenta para atravesar un suceso determinado
4	Adquisición	El estudiante se pone inicialmente en contacto con los contenidos de una asignatura, para estudiarlos, practicarlos y experimentarlos.
5	Comprensión e Interiorización	Involucra el pensamiento, la capacidad de abstracción y comprensión de conceptos, así como la memoria significativa.
6	Asimilación	Se almacenan o guardan los aspectos positivos de los conocimientos y experiencias a los que estuvieron expuestos, el estudiante suele conservar estos aspectos a corto, mediano y largo plazo.
7	Aplicación	Poner en práctica lo aprendido en la vida diaria con base a las experiencias adquiridas en el aprendizaje.
8	Transferencia	Intercambio de lo aprendió entre dos personas, durante el cual uno de ellos recibe y utiliza el conocimiento proporcionado por el otro.
9	Evaluación	Medir el progreso de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y su cambio en la percepción sobre las comprensiones, actitudes, valores, aptitudes, destrezas avanzadas.

Nota: Elaboración propia con base en (Yáñez, 2016).

MARCO RREFERENCIAL

Esta sección expone tres casos del uso de la IA en la educación, la cual se obtuvo mediante una revisión de literatura de los últimos cinco años, sirviendo como base para el presente estudio.

1. Percepciones de estudiantes latinoamericanos sobre el uso de la inteligencia artificial en la educación superior

Ríos *et ál.* (2024) mencionan en su artículo que la IA se ha convertido en una tecnología de creciente relevancia en el ámbito educativo, especialmente por su impacto en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta investigación presenta los resultados de un estudio realizado en tres países latinoamericanos: Ecuador, Perú y México. Para explorar las percepciones respecto al uso de la IA en la educación superior, aplicaron un instrumento cuantitativo a 423 estudiantes de nivel pregrado pertenecientes a tres universidades distintas. Los hallazgos muestran que los estudiantes reconocen ampliamente el potencial de la IA para mejorar la calidad educativa y personalizar el aprendizaje. Asimismo, subrayan la importancia de un enfoque inclusivo y equitativo en la implementación de la IA en la educación superior, promoviendo un ambiente educativo accesible para todos y garantizando que la tecnología se integre de manera ética y efectiva para potenciar la calidad y la personalización del proceso educativo.

2. Apreciaciones de estudiantes universitarios sobre el uso del ChatGPT

Soto y Reyes (2024) en su estudio mencionaron que el desarrollo y uso de aplicaciones de Inteligencia Artificial Generativa (IAG) ha crecido de manera significativa en el último año, permitiendo la creación rápida de contenido digital como audio, imágenes, video y texto. En el ámbito de generación de texto, destaca ChatGPT, una aplicación que permite la interacción con el usuario a través de un *chat*. Su incorporación en procesos educativos ha generado debate sobre su conveniencia. Este estudio exploratorio, con enfoque cuantitativo descriptivo, tuvo como objetivo analizar las percepciones sobre el uso de ChatGPT en un grupo de estudiantes de la Facultad de Estadística e Informática de la Universidad Veracruzana. Para ello, se aplicó una encuesta de 20 ítems en escala *Likert* de cinco niveles, con un índice de confiabilidad de Alfa de Cronbach de 0.98. Los resultados indican que los estudiantes utilizan ChatGPT principalmente para la redacción de textos, seguido de consultas conceptuales y verificación de temas presentados por los docentes. En conclusión, ChatGPT puede ser una herramienta útil en el ámbito académico siempre que no se dependa exclusivamente de sus respuestas y que se promueva un uso ético y responsable.

3. Encuesta mundial sobre inteligencia artificial a estudiantes

El Consejo de Educación Digital (2024) aplicó una encuesta mundial sobre IA a un total de 3,839 estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado, provenientes de 16 países y de diversas áreas de estudio. Un 86% de los encuestados manifestaron emplear herramientas de IA en el desarrollo de sus actividades académicas. De estos, un 54% señaló que emplean las herramientas de IA semanalmente, mientras que un 24% lo hace a diario. Entre las herramientas más utilizadas se encuentra ChatGPT con un 66%, seguida de Grammarly y Microsoft Copilot, que tienen una tasa de adopción del 25%. Además, se menciona que los estudiantes emplean una amplia variedad de aplicaciones de IA y cada estudiante utiliza en promedio más de dos herramientas, mientras un 22% de los encuestados afirmaron usar más de tres herramientas para apoyar sus estudios.

OBJETO DE ESTUDIO

El presente artículo se elaboró de un trabajo de tesis en curso, iniciado en agosto de 2023 y vigente hasta la fecha actual (septiembre de 2025), desarrollado como parte del proceso para la obtención del grado de Doctor en Gestión de Tecnologías de la Información. Por lo tanto, se pretende mencionar los avances obtenidos hasta el momento en el desarrollo de la tesis, así como describir la metodología empleada, los participantes involucrados y otros aspectos relevantes que contribuyen a la comprensión del proceso investigativo. Los resultados de esta investigación pueden ser útiles para la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información (DACyTI), debido que este estudio proporcionará evidencia empírica en relación del uso de herramientas de IA en el apoyo de actividades extracurriculares para reforzar el aprendizaje de los estudiantes. Este análisis podrá ser una base sólida para la toma de decisiones relacionadas con la implementación de tecnologías educativas de IA en la División.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuación se menciona el objetivo general de la investigación que se está realizando, el cual constituye la base que orienta el desarrollo de la tesis:

- Evaluar el uso de una herramienta de IA, como apoyo en actividades extracurriculares, para el reforzamiento del aprendizaje de temas concretos de la asignatura de Algoritmos en los estudiantes de la DACyTI de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Derivado del objetivo general previamente planteado, a continuación se presentan los objetivos específicos que orientan el desarrollo de la tesis:

- Revisar la literatura relacionada con el tema de investigación para obtener un sustento teórico.
- Seleccionar la herramienta de IA que cumpla con las funcionalidades para orientarla en los temas seleccionados de la asignatura.
- Diseñar la estrategia para el uso de la herramienta de IA seleccionada por parte de los estudiantes.
- Implementar la estrategia para el uso de la herramienta de IA para ser usada por parte de los estudiantes en los temas seleccionados de la asignatura.
- Analizar la información recolectada.

DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se determinan los alcances y las limitaciones consideradas para el desarrollo de este proyecto de investigación:

Alcances

- Este proyecto de investigación se enfocó en evaluar el uso de las herramientas de Inteligencia Artificial (IA) para el reforzamiento del aprendizaje de los estudiantes de educación superior.
- Se realizó en la División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información (DACyTI), ubicada en Cunduacán, Tabasco, que forma parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
- Para el estudio se utilizó una herramienta de IA.
- La herramienta se empleó en la asignatura de “Algoritmos”, la cual presenta uno de los mayores índices de reprobación en la División.

Limitaciones

- La herramienta se aplicó en las unidades “Estructuras Algorítmicas Selectivas” y “Estructuras Repetitivas” debido que son las que presentan mayor dificultad de comprensión por los estudiantes.

METODOLOGÍA

Esta investigación está conformada por las siguientes fases (Ver Figura 1):

Figura 1.

Etapas de la metodología.



Nota: Elaboración propia.

1. Revisar la literatura relacionada con el tema de investigación para obtener un sustento teórico, garantizando la fundamentación y asegurando que contribuya al campo de conocimiento.
2. Posteriormente, se empleará el diseño cuasi-experimental, en el cual la variable independiente corresponde a la intervención dirigida al grupo experimental, mientras que el grupo de control no recibe tratamiento alguno. Una característica clave de este enfoque es la no aleatoriedad en la conformación de los grupos, ya que se trabaja con grupos previamente establecidos. Para garantizar condiciones equivalentes al inicio del estudio, se aplica un pre-test con los mismos instrumentos en ambos grupos. Una vez concluida la intervención, se realiza un post-test, y los resultados obtenidos permiten comparar el desempeño de la variable dependiente entre ambos grupos, identificando posibles diferencias o similitudes (Ramos-Galarza, 2021).
3. Finalmente, se llevará a cabo la etapa de extracción y depuración de los datos, los cuales serán procesados mediante un *software* especializado en el análisis de datos cuantitativos, a los cuales se les aplicarán diversos métodos estadísticos, permitiendo una comprensión completa del fenómeno estudiado.

FASES DEL DESARROLLO

A continuación se presentan los aspectos relativos a la metodología empleada en la investigación, la cual sustenta las fases de desarrollo del estudio:

Tipo de investigación

Para este proyecto se abordarán tres niveles diferentes, iniciando con el exploratorio debido que se iniciará con algo desconocido o poco investigado en el entorno; continuando con el descriptivo ya que se describirá el fenómeno estudiado y terminando con el correlacional en el cual se buscará las correlaciones entre las variables de investigación.

Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación será cuantitativo, ya que se aplicará al medir, cuantificar y analizar numéricamente los resultados a partir de los datos recolectados mediante la aplicación del cuestionario, esto para determinar la relación entre las variables de investigación.

Fuentes de investigación

En este trabajo de investigación se utilizarán fuentes, tanto primarias como secundarias. Las primarias estarán constituidas por los alumnos y profesores de la DACyTI, ubicada en Cunduacán, Tabasco. Mientras que las secundarias incluyeron diversas fuentes de información que respaldan este proyecto de investigación, tales como artículos, capítulos de libros, entre otros.

Instrumento de recolección de datos

La recolección de datos se llevará a cabo mediante la técnica de la encuesta, utilizando como instrumento un cuestionario aplicado a profesores y estudiantes de la DACyTI, ubicada en Cunduacán, Tabasco.

Población de estudio

Está conformada por los estudiantes inscritos en la UJAT en el periodo agosto - diciembre de 2025 en la asignatura de Algoritmos, así como los grupos establecidos oficialmente por la DACyTI para esta asignatura.

Tratamiento de los datos

Se utilizará la aplicación de Microsoft *Forms*, para la aplicación del cuestionario, debido que permite diseñar y distribuir el instrumento de manera eficiente, facilitando la recolección de datos de forma digital, rápida y accesible para los participantes.

Además, se utilizará el *software* de Excel en su versión 2505 como un intermediario para poder cargar el *dataset* en Perfect Statistical Professional Presented (PSPP). Debido el cuestionario se aplicó de manera virtual utilizando el *software Forms*, el cual facilitó tanto la descarga y manipulación de los datos como la elaboración de los gráficos.

Dado que este *software* está diseñado para estudiantes, científicos sociales y estadísticos que requieren un análisis ágil y práctico de datos, fue utilizado en su versión 2.0.0-g5b54d1, para el procesamiento de los datos cuantitativos en esta investigación.

CONCLUSIÓN

El presente artículo ha buscado proporcionar una mirada general de la investigación que se está realizando en el Doctorado en Gestión de Tecnologías de la Información. El cual está enfocado en la IA, debido que se ha consolidado en los últimos años como una de las innovaciones tecnológicas más influyentes en distintos ámbitos de la sociedad, y la educación no ha sido la excepción.

Actualmente, diversas instituciones de educación superior ya han comenzado a integrar la IA en sus planes académicos. Universidades de prestigio como el MIT y la Universidad de Harvard, entre otras; integran aplicaciones de IA en programas educativos y proyectos de investigación. A nivel global, organismos como la UNESCO también impulsan lineamientos para el uso ético y responsable de la IA en la educación, reconociendo su potencial transformador.

Asimismo, es importante destacar que en la literatura reciente existen numerosos artículos que documentan el uso de la IA por parte de los estudiantes. Estos trabajos señalan cómo las herramientas basadas en IA han sido empleadas tanto para apoyar el estudio independiente como para complementar la enseñanza en el aula. Dichas investigaciones coinciden en resaltar que los estudiantes perciben estas herramientas como un recurso valioso para mejorar el aprendizaje.

En este sentido, la implementación de la IA en la educación superior no debe entenderse únicamente como una tendencia tecnológica, sino como una estrategia esencial para mejorar la calidad educativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Andión, M. (2023). Inteligencias artificiales en la educación. *Nueva educación latinoamericana*, (13), 29-35. <https://revista.ilce.edu.mx/index.php/tecnologia/393-inteligencias-artificiales-en-la-educacion>
- Bécares, B. (05 de julio de 2023). Harvard es la mejor universidad del mundo. Usará una IA como ChatGPT para enseñar informática. *GENBETA*. <https://www.genbeta.com/actualidad/harvard-mejor-universidad-mundo-usara-ia-como-chatgpt-para-ensenar-informatica>
- Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación [MEJOREDU]. (2023). *Indicadores nacionales de la mejora continua de la educación en México*. Gobierno de México. <https://www.mejoredu.gob.mx/images/publicaciones/principales-hallazgos-23.pdf>
- Consejo de Educación Digital. (2024, 02 de agosto). *Encuesta mundial sobre inteligencia artificial a estudiantes*. Digital Education Council. <https://www.digitaleducationcouncil.com/post/digital-education-council-global-ai-student-survey-2024>
- Eniversity. (2024). *Casos de éxito: Instituciones que han transformado su enseñanza mediante algoritmos de IA y sus resultados*. Eniversity. <https://eniversity.com/articulos/articulo-casos-de-exito-instituciones-que-han-transformado-su-ensenanza-mediante-algoritmos-de-ia-y-sus-resultados-5655>
- Guillen, B. (2016, 04 de septiembre). *El verdadero padre de la inteligencia artificial*. BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/el-verdadero-padre-de-la-inteligencia-artificial/>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Educación superior*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/educaci%C3%B3n-superior#:~:text=La%20educaci%C3%B3n%20superior%20permite%20a,sus%20comunidades%20y%20del%20mundo>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2024, 17 de mayo). *El uso de la IA en la educación: decidir el futuro que queremos*. UNESCO. <https://www.unesco.org/es/articles/el-uso-de-la-ia-en-la-educacion-decidir-el-futuro-que-queremos>
- Pérez, J. y Gardey, A. (2023, 02 de mayo). *Aprendizaje*. Definición.DE <https://definicion.de/aprendizaje/>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ríos, I., Mateus, H., Rivera-Rogel, D. y Ávila, L. (2024). Percepciones de estudiantes latinoamericanos sobre el uso de la inteligencia artificial en la educación superior. *Austral Comunicación*, 13(1), 1-25. <https://doi.org/10.26422/aucom.2024.1301.rio>
- Soto, J. y Reyes, I. (2024). Apreciaciones de estudiantes universitarios sobre el uso del ChatGPT. *Revista Paraguaya de Educación a Distancia*, 5(2), 56–65. <https://doi.org/10.56152/reped2024-dossierIA1-art5>
- Yáñez, P. (2016). El proceso de aprendizaje: fases y elementos fundamentales. *Revista San Gregorio*, 1(11), 70-81. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5585727>

Evaluación de la Precisión Dimensional en Impresión 3D mediante un Diseño Factorial Completo

Karla Fernanda Escoboza Lopez¹, Brianda Ximena Lizárraga Cortes², Ismael Mendoza Muñoz³, Mildrend Ivett Montoya Reyes⁴, Olivia Yessenia Vargas-Bernal⁵

¹ UABC Facultad de Ingeniería Mexicali, e-mail: karla.escoboza.lopez@uabc.edu.mx

² UABC Facultad de Ingeniería Mexicali, e-mail: lizarraga.brianda@uabc.edu.mx

³ UABC Facultad de Ingeniería Mexicali, e-mail: ismael.mendoza@uabc.edu.mx

⁴ UABC Facultad de Ingeniería Mexicali, e-mail: mildrend.montoya@uabc.edu.mx

⁵ UABC Facultad de Ingeniería Mexicali, e-mail: olivia.yessenia.vargas.bernal@uabc.edu.mx

RESUMEN

El presente estudio evaluó la precisión dimensional en impresión tridimensional (3D) mediante la variación de cuatro parámetros del proceso: temperatura de extrusión, velocidad de impresión, altura de capa y orientación, aplicando un diseño factorial completo. Los resultados mostraron que la altura de capa, la orientación y la temperatura de extrusión fueron los factores más influyentes, mientras que la velocidad de impresión no presentó efectos significativos. Además, se identificaron interacciones críticas entre la altura de capa y la orientación, que permitieron alcanzar un error cuadrático medio (RMS, por sus siglas en inglés) mínimo de 0.1203 mm. Estos hallazgos permiten una selección más informada de los parámetros de impresión, contribuyendo a mejorar la exactitud dimensional de las piezas fabricadas y a garantizar su conformidad en aplicaciones industriales.

Palabras clave: diseño factorial, impresión 3D, manufactura aditiva, optimización de procesos, precisión dimensional.

ABSTRACT

This study evaluated dimensional accuracy in three-dimensional (3D) printing by varying four key process parameters: temperature, printing speed, layer height, and part orientation, using a full factorial design (2^4). The results showed that layer height, orientation, and extruder temperature were the most influential factors, while printing speed had no significant effects. Furthermore, critical interactions between layer height and orientation were identified, which allowed for a minimum root mean square (RMS) error of 0.1203 mm. These findings enable a more informed selection of printing parameters, contributing to improved dimensional accuracy of manufactured parts and ensuring their conformity in industrial applications.

Keywords: additive manufacturing, dimensional accuracy, factorial design, 3D printing, process optimization.

1. INTRODUCCIÓN

La impresión 3D, o manufactura aditiva, se ha consolidado como una de las tecnologías más transformadoras dentro de la revolución industrial contemporánea. Su principio fundamental consiste en la creación de objetos tridimensionales a partir de modelos digitales, mediante la deposición sucesiva de capas de material. Este enfoque ha redefinido los paradigmas tradicionales de producción, al permitir la fabricación descentralizada, la personalización de piezas y la reducción de desperdicios, contribuyendo así a un modelo más sostenible y eficiente de manufactura (Gebler, Schoot Uiterkamp, & Visser, 2014).

Más allá de su impacto tecnológico, la impresión 3D constituye un fenómeno con profundas implicaciones económicas y sociales. Como señalan Gebler, Schoot Uiterkamp y Visser (2014), esta tecnología no solo ofrece nuevas capacidades de diseño y producción, sino que también transforma las cadenas de suministro al acortar distancias entre el diseño, la fabricación y el consumo. En este sentido, su estudio resulta esencial para comprender la evolución de los procesos productivos en un contexto global que demanda flexibilidad, innovación y sostenibilidad.

Dentro de este marco, la aplicación de metodologías experimentales rigurosas adquiere especial relevancia para optimizar los parámetros de impresión y garantizar la calidad dimensional de las piezas fabricadas. El diseño de experimentos (DOE, por sus siglas en inglés) se presenta como una herramienta estadística de gran utilidad, ya que permite evaluar de manera simultánea el efecto de múltiples factores y sus interacciones sobre una variable de respuesta. Este enfoque posibilita obtener conclusiones precisas con un número limitado de ensayos, lo que reduce el tiempo y los costos de experimentación (Montgomery, 2017).

De acuerdo con Montgomery (2017), los diseños factoriales constituyen la base de la mejora continua en procesos industriales, al proporcionar una visión integral del comportamiento del sistema bajo estudio. En el ámbito de la impresión 3D, su aplicación facilita la identificación de las combinaciones óptimas de variables —como temperatura, velocidad de impresión, altura de capa u orientación— que influyen directamente en la precisión y la consistencia dimensional del producto final. Por tanto, integrar este tipo de análisis en la investigación y desarrollo de la manufactura aditiva resulta indispensable para avanzar hacia una producción más controlada, reproducible y competitiva.

2. DESARROLLO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la precisión dimensional del proceso de impresión 3D mediante un diseño factorial completo, a fin de identificar los parámetros que más influyen en el error dimensional.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el error dimensional mediante la comparación entre las dimensiones nominales y las medidas obtenidas.
- Estimar el efecto principal y las interacciones de temperatura de extrusión, velocidad, altura de capa y orientación sobre el error dimensional.
- Determinar la combinación de parámetros que minimiza el error dimensional y validar dicha condición mediante corridas de confirmación.
-

2.3. OBJETO DE ESTUDIO

El estudio se realizó sobre un llavero rectangular con la inscripción “EXPO UABC” ($13.13 \times 52.50 \times 3.50$ mm), seleccionado por su geometría simple y su facilidad de medición en los tres ejes (largo, ancho y espesor). Las piezas se imprimieron en ácido poliláctico (PLA) y las dimensiones obtenidas se utilizaron para calcular el RMS como variable de respuesta.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1 EQUIPOS Y MATERIALES

La investigación se realizó utilizando una impresora 3D Artillery Sidewinder SWX2, basada en la tecnología Modelado por Deposición Fundida (FDM, por sus siglas en inglés) y filamento PLA con un diámetro de 1.75 mm (ver figura 1). Para verificar la precisión dimensional, se empleó un vernier digital, con el cual se midieron las tres dimensiones principales de cada pieza: largo, ancho y alto.

Fig. 1. Impresora 3D Artillery Sidewinder SWX2 con FDM y filamento PLA.



2.4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se implementó un diseño factorial completo 2^4 , que incluyó cuatro factores de estudio con dos niveles cada uno, generando un total de 16 corridas experimentales. Para aumentar la confiabilidad de los resultados, se realizaron dos réplicas por cada corrida, lo que resultó en 32 piezas impresas en total.

El diseño de las piezas se realizó previamente en SolidWorks, definiendo dimensiones nominales que sirvieron como referencia para evaluar la precisión dimensional. Las trayectorias de impresión se prepararon en Ultimaker Cura, configurando los parámetros de acuerdo con el diseño experimental.

El análisis estadístico se llevó a cabo en Minitab 18, aplicando análisis de varianza (ANOVA) para determinar los efectos principales y las interacciones entre factores. La desviación dimensional de cada pieza se cuantificó mediante RMS, comparando las dimensiones reales con los valores nominales del modelo de diseño asistido por computadora (CAD). Con base en los resultados, se identificaron los parámetros más influyentes y se estableció la combinación óptima de factores, la cual se validó mediante corridas de confirmación.

2.4.3 PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Cada pieza fue fabricada conforme a las condiciones establecidas en el diseño factorial completo. Una vez concluida la impresión, se permitió un tiempo breve de enfriamiento antes de realizar las mediciones para evitar deformaciones por temperatura residual. Las dimensiones evaluadas fueron largo, ancho y altura, utilizando un vernier digital marca Steren con una precisión aproximada de 0.1 mm. Todas las mediciones fueron realizadas por el mismo operador, aplicando un método constante de colocación y lectura con el fin de reducir la variabilidad asociada al instrumento y al usuario.

Posteriormente, los valores medidos fueron comparados con las dimensiones nominales del modelo CAD diseñado en SolidWorks, lo cual permitió cuantificar la desviación dimensional de cada espécimen.

2.4.4 HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

El error dimensional se calculó mediante RMS, además de registrar los datos y organizar las medidas. Este indicador se obtuvo comparando las dimensiones reales de cada pieza con las medidas nominales establecidas en el modelo CAD. Para cada espécimen, se determinaron las diferencias entre largo, ancho y altura respecto a los valores de referencia y posteriormente se aplicó la fórmula de RMS utilizando Excel. Dicho cálculo permitió obtener un valor único de desviación por pieza, facilitando la comparación entre las combinaciones experimentales y el análisis estadístico posterior en Minitab.

El análisis estadístico se llevó a cabo en Minitab 18 mediante un diseño factorial completo. Se obtuvieron los gráficos de efectos principales, las interacciones entre factores y el ANOVA. Se empleó un nivel de significancia de $p < 0.05$ para determinar la relevancia estadística de los factores estudiados.

2.5. FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo del estudio se estructuró en siete fases consecutivas para garantizar un proceso ordenado y verificable:

1. Diseño del modelo CAD. Se elaboró la pieza base (llavero rectangular) en SolidWorks 2023, definiendo dimensiones nominales de 52.50 mm de largo, 13.13 mm de ancho y 3.50 mm de espesor, así como los elementos característicos del diseño.
2. Preparación del archivo. En la figura 2 se puede observar el diseño en SolidWorks del llavero con las especificaciones de cada una de las medidas.

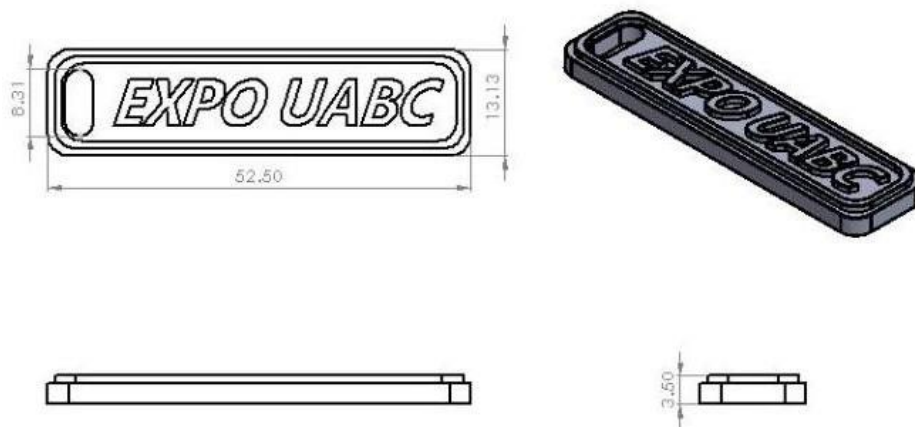


Fig. 2. Diseño del llavero.

3. Configuración en programa Cura. El modelo se exportó e importó en el programa Cura para definir los parámetros de impresión correspondientes a los niveles del diseño experimental, ver tabla 1. Se seleccionó un rango de temperatura de extrusión de 180–210 °C con base en la ficha técnica del filamento PLA (rango operativo 180–220 °C), de modo que se garantizan las condiciones de fusión seguras sin degradación del polímero. La velocidad de impresión se fijó en 60–80 mm/s para mantener un entorno experimental estable y reproducible, ya que velocidades próximas al límite máximo del equipo pueden aumentar la variabilidad por vibraciones y problemas de alimentación del filamento. La velocidad máxima del equipo (150 mm/s) se considera únicamente como límite teórico para futuras validaciones fuera del diseño factorial.

Tabla 1. Parámetros de impresión del llavero.

TEMPERATURA	VELOCIDAD	ALTURA DE CAPA	ORIENTACIÓN
180 °C	60 mm/s	Low Quality	Eje X
210 °C	80 mm/s	Super Quality	Eje Y

4. Impresión de piezas según el DOE. Se imprimieron 32 piezas correspondientes a las combinaciones del diseño factorial con dos réplicas por corrida de manera individual para mayor precisión.
5. Medición dimensional. Una vez enfriadas las piezas, se midieron con un vernier digital Steren, registrando largo, ancho y altura para cada una. Dichas mediciones se realizaron por la misma persona para evitar un gran margen de error del operador siguiendo el siguiente método para una medición óptima:
 - Verificar que la batería estuviera bien puesta y la pantalla en función.
 - Verificar que el vernier marcara en cero antes de medir.
 - Garantizar un posicionamiento adecuado del instrumento en la pieza.
 - Realizar la medición en puntos consistentes con cada pieza.
 - Mantener una sujeción segura del instrumento y objeto a medir.
6. Procesamiento y análisis de datos. Se capturaron los datos en Excel 2016 para realizar los cálculos de error y RMS. Posteriormente, se utilizó Minitab 18 para desarrollar el análisis factorial, ANOVA y gráficos de efectos.
7. Corridas de confirmación. A partir de los resultados que aportó el solver y de los factores con mayor influencia, se llevaron a cabo tres corridas adicionales para comprobar la reducción del RMS con la combinación óptima.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en un diseño factorial: velocidad (A), temperatura de extrusión (B), altura de capa (C) y orientación (D). Los datos recolectados fueron procesados mediante análisis estadístico, obteniendo como respuesta el RMS. Los resultados indican que los factores más influyentes son la altura de capa, la orientación de impresión y la temperatura de extrusión, mientras que la velocidad no presentó un efecto significativo. Se concluye que el ajuste adecuado de estos parámetros permite mejorar la precisión, optimizar el proceso y facilitar la aplicación de la impresión 3D en diferentes ámbitos productivos.

Tabla 2. Resultados del diseño factorial.

Término	Efecto	Coficiente	Error estándar del coeficiente (EE del coef.)	Valor T	Valor p	FIV
Constante	—	0.5153	0.0177	29.04	0.000	1
A – Velocidad	–0.0273	–0.0137	0.0177	–0.77	0.450	1
B – Temperatura	0.1800	0.0900	0.0177	5.07	0.000	1
C – Altura de capa	–0.3528	–0.1764	0.0177	–9.34	0.000	1
D – Orientación	–0.2571	–0.1286	0.0177	–7.25	0.000	1
AB – Velocidad * Temperatura	0.0397	0.0198	0.0177	1.12	0.276	1
AC – Velocidad * Altura	–0.0442	–0.0221	0.0177	–1.25	0.226	1
AD – Velocidad * Orientación	–0.0139	–0.0069	0.0177	–0.39	0.700	1
BC – Temperatura * Altura	–0.0007	–0.0004	0.0177	–0.02	0.984	1
BD – Temperatura * Orientación	–0.0524	–0.0262	0.0177	–1.48	0.155	1
CD – Altura * Orientación	0.1455	0.0728	0.0177	4.10	0.001	1

En la figura 3 se muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados. El análisis de resultados muestra que la constante representa el valor promedio general del modelo. La variable velocidad no resulta significativa, lo que indica que no influye de manera importante en la precisión del proceso. En cambio, la temperatura de extrusión presenta un efecto positivo y altamente significativo, lo que significa que un aumento en la temperatura mejora la calidad de impresión. La altura de capa también es altamente significativa, pero con un efecto negativo, evidenciando que al incrementar la altura de capa disminuye la precisión dimensional. De igual manera, la orientación tiene una influencia significativa en la exactitud del modelo impreso. En cuanto a las interacciones entre factores, la mayoría no presenta efectos significativos, como velocidad con temperatura, velocidad con altura, velocidad con orientación, temperatura con altura y temperatura con orientación, lo que sugiere que sus combinaciones no alteran de manera relevante la precisión del proceso. Sin embargo, la interacción entre altura y orientación resulta significativa, indicando que la combinación de estos dos factores influye directamente en la precisión final de la impresión. En conclusión, los factores más determinantes en la calidad del modelo impreso son la temperatura, la altura de capa, la orientación y la interacción entre altura y orientación, siendo estos los parámetros clave para optimizar la precisión del proceso de impresión.

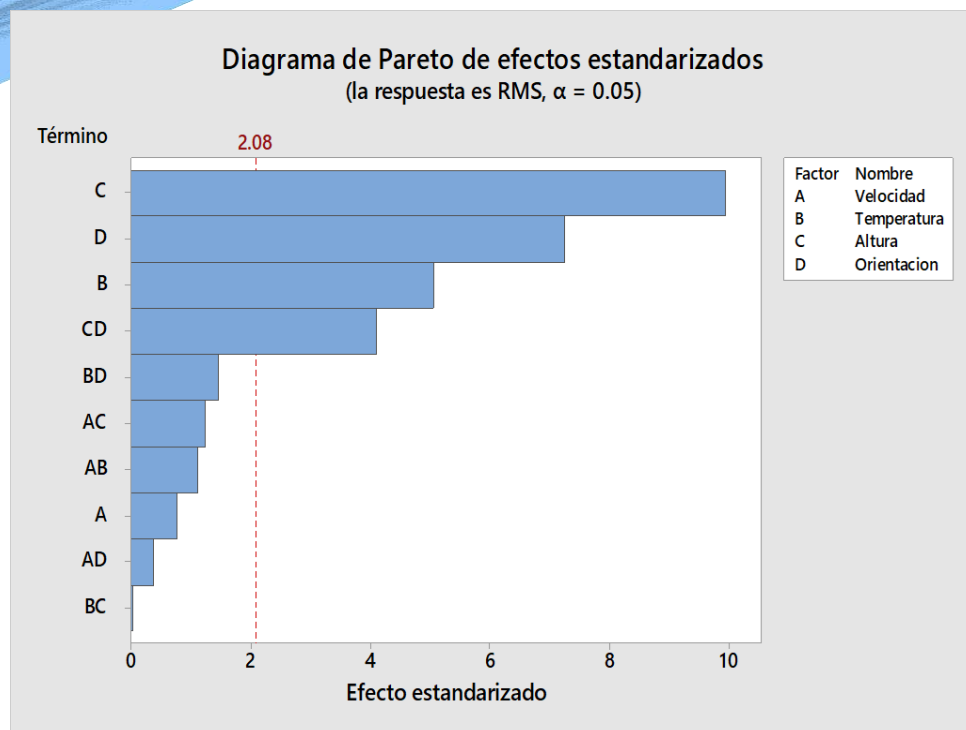


Fig. 3. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.

Los resultados indican que la altura de capa es el parámetro más crítico para la precisión dimensional en impresión 3D, ya que capas más finas generan superficies más uniformes y reducen el error. La orientación de la pieza también influye en la acumulación de errores a lo largo del eje de impresión, mientras que la temperatura de extrusión afecta la fusión y adherencia del material, impactando la estabilidad dimensional. Por su parte, la velocidad de impresión no presentó un efecto significativo, lo que permite ajustarla para reducir los tiempos de fabricación sin comprometer la calidad dentro de los rangos estudiados.

1. Los factores altura de capa (C), orientación (D) y temperatura (B) son los más influyentes en la precisión dimensional de piezas impresas en 3D.
2. La velocidad de impresión (A) no tiene efecto significativo, lo que da flexibilidad para optimizar la productividad sin sacrificar calidad.
3. El análisis factorial permitió identificar interacciones críticas, en particular entre altura de capa y orientación, lo que demuestra la importancia de evaluar combinaciones de parámetros.

El análisis de varianza mostró que la altura de capa (C), la orientación de la pieza (D) y la temperatura del extrusor (B) fueron factores estadísticamente significativos ($p < 0.05$), mientras que la velocidad de impresión (A) no presentó efecto relevante sobre el RMS dentro de los rangos estudiados. A partir del modelo obtenido, Minitab sugirió una combinación óptima de parámetros para minimizar el error dimensional, la cual fue validada mediante tres corridas de confirmación. Bajo condiciones óptimas —altura de capa baja (0.12 mm), orientación horizontal (0°), temperatura de 180°C y velocidad de 80 mm/s— se alcanzó un RMS de 0.1203 mm, confirmando la mejora en precisión dimensional y la confiabilidad del modelo predictivo.

4. CONCLUSIÓN

El estudio comprobó que la optimización de parámetros en la impresión 3D FDM puede lograrse eficazmente mediante el uso de diseño factorial, permitiendo cuantificar de forma precisa la contribución de cada factor en la variabilidad dimensional. La validación experimental del modelo demostró que es posible reducir el error dimensional a valores mínimos, estableciendo una estrategia objetiva y replicable para la calibración de equipos en entornos académicos e industriales.

Este trabajo aporta evidencia práctica sobre cómo configurar la impresión cuando la precisión resulta prioritaria, facilitando la toma de decisiones en la fabricación de prototipos y piezas funcionales. Además, se abre la posibilidad de extender el enfoque a diferentes materiales, geometrías y condiciones de impresión, con el fin de mejorar la robustez del modelo y ampliar su aplicabilidad en futuras investigaciones orientadas a la manufactura aditiva.

Estos resultados contribuyen a la optimización del proceso de impresión 3D, mejorando su calidad, confiabilidad y accesibilidad en aplicaciones productivas y de innovación tecnológica.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Artillery3D. (s. f.). Impresora 3D Artillery Sidewinder SW-X2. <https://www.artillery3d.com/es/products/artillery-sw-x2-fdm-3d-printer-larger-printed-size-300x300x400mm?filter=sidewinder+x2>
- Gebler, M., Schoot Uiterkamp, A. J. M., & Visser, C. (2014). A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy Policy*, 74, 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.033>
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2021). *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer.
- Hatchbox PLA. (s. f.). 3D PLA 1.75 mm – Ficha técnica. <https://www.hatchbox3d.com/products/3d-pla-1kg1-75-blk>
- Kalpajian, S., & Schmid, S. R. (2018). *Manufacturing engineering and technology*. Pearson.
- Lee, J., An, J., & Chua, C. K. (2017). Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials. *Applied Materials Today*, 7, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2017.02.004>
- MacDonald, E., & Wicker, R. (2016). Multiprocess 3D printing for increasing component functionality. *Science*, 353(6307). <https://doi.org/10.1126/science.aaf2093>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Reddit. (2018, December 18). [Sidewinder X2] Your speed(s). Reddit. https://www.reddit.com/r/Artillery3D/comments/1b3xfb6/sidewinder_x2_your_speeds/

Diseño y Construcción de un Sistema Robótico Autónomo para Transporte de Cargas “LEONIDAS”

Francisco Irigoyen Olivas¹
Jesús Javier Salayandia Ramos²
José Luis Jáquez Olvera³
Maramay Márquez Tena⁴
Yesenia Monge Chaparro⁵

Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc / firigoyen@itcdcuauhtemoc.edu.mx
Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc / jsalayandia@itcdcuauhtemoc.edu.mx
Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc / jolvera@itcdcuauhtemoc.edu.mx
Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc / mmarquez@itcdcuauhtemoc.edu.mx
Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc / ymonge@itcdcuauhtemoc.edu.mx

Línea de investigación: Mecatrónica

RESUMEN

El presente proyecto de investigación, denominado “Leónidas”, culmina con la creación de un robot seguidor de línea y transportador de carga. Este desarrollo tecnológico es creado y ejecutado por un equipo de docentes pertenecientes a la academia de ingeniería mecatrónica del Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Cd. Cuauhtémoc. El proyecto no solo busca la innovación, sino también aplicar los conocimientos de mecánica, electrónica, control y programación.

La ciudad de Cuauhtémoc y sus zonas aledañas han tenido un crecimiento industrial exponencial en los últimos años, con una notable expansión en el corredor comercial y el parque industrial. Este auge ha generado una demanda de soluciones que optimicen los procesos de producción en las diferentes industrias, por lo que surgen ideas para mejorar operaciones, servicios, logística, entre otras, con la finalidad de que las empresas tengan procesos más rápidos y eficientes, manteniendo la seguridad e integridad física de los trabajadores. Y El robot "Leónidas" ofrece una respuesta a esta necesidad, ofreciendo una alternativa automatizada y más económica que la existente en el mercado para realizar tareas y maniobras repetitivas o riesgosas de transporte.

Este proyecto de investigación es integral y contiene la información detallada necesaria para comprender completamente el concepto de un robot seguidor de línea, particularmente en tareas de manejo de materiales, minimizando el riesgo y/o esfuerzo físico asociado al transporte de cargas, así como también la metodología rigurosa que se siguió en cada fase del proyecto, como Selección y Compra de Componentes y materiales, Construcción Mecánica y Programación y Control.

Palabras clave: Automatización, Bajo Costo, Carga Pesada, Logística Industrial, Robot Móvil Industrial (MIR)

ABSTRACT

The current research project, called "Leónidas," culminates in the creation of a line-following and load-carrying robot. This technological development is being developed and implemented by a team of professors from the Mechatronics Engineering Academy of the National Technological Institute of Mexico, Cuauhtémoc Campus. The project not only seeks innovation but also the application of knowledge in mechanics, electronics, control, and programming.

The city of Cuauhtémoc and its surrounding areas have experienced exponential industrial growth in recent years, with notable expansion in the commercial corridor and industrial park. This boom has generated a demand for solutions that optimize production processes in various industries, leading to the emergence of ideas to improve operations, services, logistics, and other areas, with the goal of enabling companies to have faster and more efficient processes while maintaining the safety and physical integrity of their workers. The "Leónidas" robot offers a response to this need, offering an automated and more economical alternative to existing ones on the market for performing repetitive or risky transportation tasks and maneuvers.

This research project is comprehensive and contains the detailed information necessary to fully understand the concept of a line-following robot, particularly in material handling tasks, minimizing the risk and/or physical effort associated with transporting loads, as well as the rigorous methodology followed in each phase of the project, such as Selection and Purchase of Components and Materials, Mechanical Construction, and Programming and Control.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas robóticos están redefiniendo el panorama global, atrayendo una atención significativa al estar inmersos en una vasta gama de actividades, desde los sectores económicos hasta las rutinas cotidianas. Estos dispositivos están transformando radicalmente los métodos de trabajo y el estilo de vida, funcionando como instrumentos esenciales para ejecutar labores que históricamente han sido percibidas como excesivamente complejas o peligrosas para el ser humano.

Esta investigación se centra en el diseño y fabricación de un Robot Móvil Inteligente de Recolección (MIR) capaz de manejar carga pesada. El objetivo principal es desarrollar un prototipo con un costo de fabricación considerablemente más bajo en comparación con las soluciones robóticas actualmente disponibles en el mercado.

Por su propia naturaleza, un robot móvil se define como un sistema que emplea tecnología robótica para trasladar materiales o mercancías de forma completamente autónoma. Su uso predominante se encuentra en el ámbito de la logística, siendo elementos clave tanto en almacenes inteligentes como en las cadenas de montaje de plantas de producción.

La robótica móvil se distingue por su autonomía y alta versatilidad. Además, estos sistemas son intrínsecamente seguros en cualquier ambiente de trabajo, ya que están equipados con sensores avanzados que les permiten mapear y reconocer su entorno, previniendo de manera efectiva colisiones con obstáculos o personal.

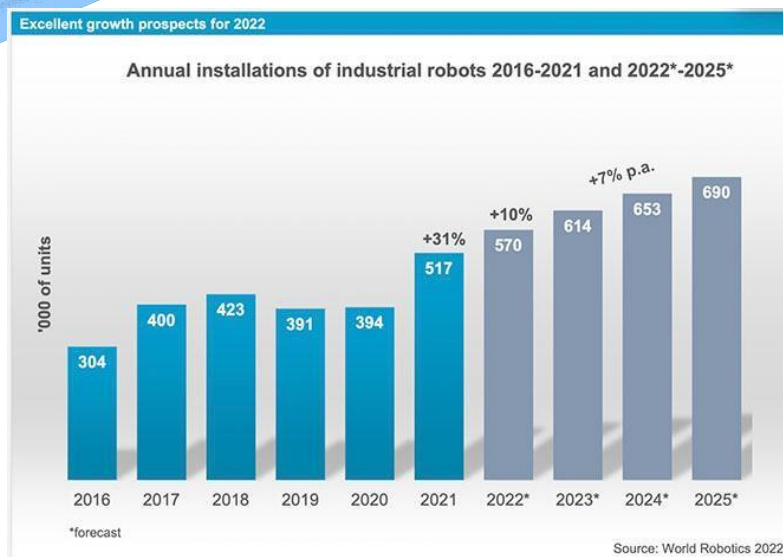
Estos sistemas se caracterizan por ser extremadamente flexibles, facilitando su integración fluida en los flujos de trabajo industriales sin requerir la interacción directa de operarios. La incorporación de estos robots al final de las líneas de producción ofrece la capacidad de lograr la automatización total de un producto, desde el inicio de su manufactura hasta su destino final de almacenamiento, lo que resulta en procesos más ágiles y más seguros para el capital humano.

A pesar de sus claras ventajas, los prototipos y modelos de robots MIR existentes en la actualidad conllevan un elevado costo de adquisición, ya sea por compra directa o mediante esquemas de arrendamiento. Sumado a esto, los costos de mantenimiento y capacitación son excesivamente altos, una dificultad generada en gran parte porque los componentes especializados utilizados en su ensamble no son de acceso fácil ni económico. Nuestro proyecto busca superar esta barrera económica.

DESARROLLO

Este proyecto de investigación se enfoca en crear una innovación tecnológica clave al desarrollar un robot móvil que pueda mover cargas pesadas dentro de fábricas y almacenes, pero con la gran ventaja de tener un precio mucho más bajo que los robots similares que ya existen en el mercado. Con la finalidad de que la automatización sea accesible para todas las empresas, no solo para las más grandes, sino también para las pequeñas y medianas.

Este robot automatizado asumirá las tareas repetitivas y/o peligrosas, lo cual se traduce en una mejora directa de la eficiencia y la productividad de la empresa. Al mismo tiempo, el gran beneficio humano es que los trabajadores quedarán libres de esas labores de esfuerzo físico y riesgo, y podrán concentrarse en trabajos más importantes que requieren pensar o tomar decisiones, entre otras. Para lograr este precio bajo, la clave está en un diseño y fabricación inteligente del robot, usando métodos optimizados para reducir costos, pero siempre asegurando la máxima calidad, resistencia y, sobre todo, la seguridad de todas las personas que trabajan cerca de él.



Grafica 1. Instalación de robots industriales de los años anteriores y pronóstico para años siguientes a nivel global.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y construir un robot MIR (Robot manipulador inteligente) para transportar cargas específicas de manera automática y segura, que cumpla con las características necesarias para realizar las maniobras requeridas por la industria, optimizando los procesos en las áreas principalmente de producción, con la finalidad de ofrecer una mejor opción a un costo más económico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un robot MIR con capacidades de movimiento y manipulación precisas, de tal manera que pueda transportar un peso mínimo de 100 kg y un peso máximo de 600 kg.
- Implementar un sistema de control y programación para guiar al robot en su tarea de transporte de material.
- Realizar pruebas para evaluar la viabilidad del robot en un ambiente industrial real.
- Establecer un sistema de transporte de material que minimice el esfuerzo humano y así mismo disminuir factores de riesgo por exceso de peso en el desplazamiento de material

OBJETO DE ESTUDIO

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un robot móvil industrial (MIR), desarrollando una solución tecnológica más accesible, capaz de transportar cargas pesadas de entre 100 kg y 600 kg de manera autónoma y segura en procesos de producción, con la cual se busca optimizar los procesos en la industrial, con la finalidad de automatizar tareas repetitivas y peligrosas, reduciendo los costos operativos, minimizando los riesgos laborales asociados al desplazamiento manual de cargas y permitiendo que los trabajadores otras actividades.

METODOLOGÍA

Se determinó utilizar el Modelo de Prototipo como la metodología de desarrollo tecnológico fundamental para este proyecto. Esta elección se justifica plenamente, debido a que el objetivo principal es la creación de un Robot Móvil Industrial (MIR), lo que implica una innovación tecnológica física con requerimientos funcionales y de costo específicos. Este Modelo de Prototipo se fundamentó en diversas ventajas para el desarrollo del Robot Móvil Industrial (MIR). En primer lugar, este enfoque permitió un fuerte énfasis en la reducción de costos y la innovación, ya que el objetivo primordial fue crear una solución más accesible que las disponibles comercialmente.

El desarrollo iterativo facilitó la investigación, diseño y validación temprana de soluciones de bajo costo, tanto en la selección de materiales, como en los componentes electrónicos (microcontroladores y sistemas de ensamblaje), lo cual se materializó en el uso estratégico de componentes, asegurando la viabilidad económica del proyecto.

Otra de las razones fue el manejo de los riesgos de ingeniería y diseño físico, ya que los sistemas físicos están sujetos a riesgos relacionados con la capacidad de carga, las dimensiones y la movilidad. El modelo del prototipo se centró en el diseño, mediante el uso de simulación en SolidWorks y una exhaustiva investigación de materiales, logrando probar y validar una versión preliminar del sistema, garantizando que el diseño fuera lo suficientemente compacto para un entorno industrial y que cumpliera con la meta de transportar cargas pesadas.

Posteriormente, la fase de Implementación Física y Ensamblaje tuvo como meta el armado de la estructura y el montaje de componentes para confirmar la viabilidad tangible del diseño. Paralelamente, se llevó a cabo el Desarrollo e Integración del Software, que se centró en la investigación y programación de microcontroladores para el sistema de control y guiado autónomo.

El proyecto concluyó realizando pruebas de funcionamiento y llevando a cabo una retroalimentación. Se revisó que el software no tuviera errores y que el robot funcionara debidamente, incluyendo lo fácil y rápido que era usar su panel de control en un ambiente de fábrica simulado, asegurando que pudiera ser implementado sin problemas.

FASES DEL DESARROLLO

Al comienzo de este proyecto, la primera actividad que se abordó fue elaborar el diseño del robot para que fuera funcional y realizara las tareas que se le programarían, pero a la vez debía tener un diseño compacto, ya que un robot de dimensiones robustas puede implicar un problema a la hora de moverse por las distintas áreas de las instalaciones. La necesidad de una movilidad sin restricciones en las instalaciones hizo imperativa la elección de un formato compacto. Mediante la investigación de materiales y la simulación en SolidWorks, se logró identificar y seleccionar la configuración que mejor equilibraba ligereza, tamaño y capacidad de carga.

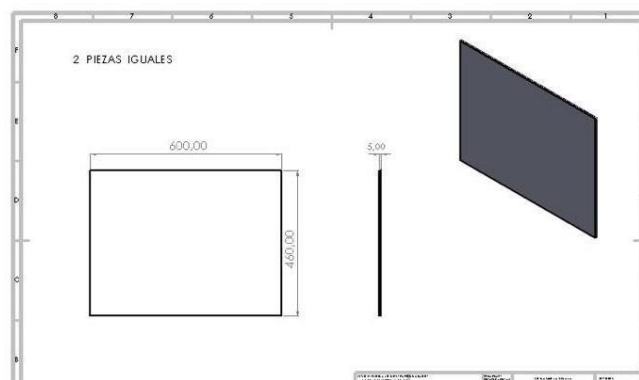


Imagen 1. Diseño de la base del prototipo

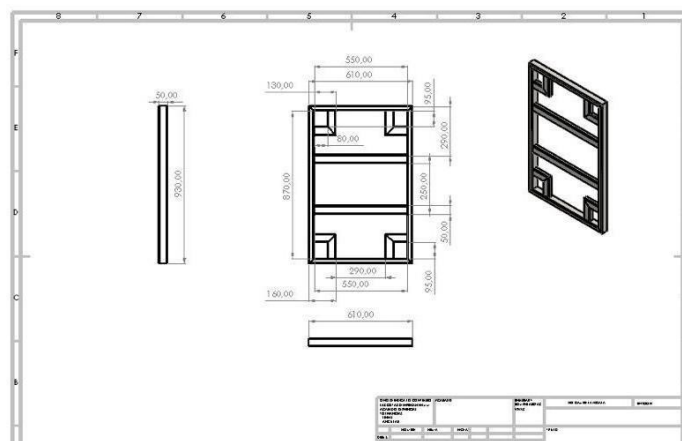


Imagen 2. Diseño de la estructura del prototipo

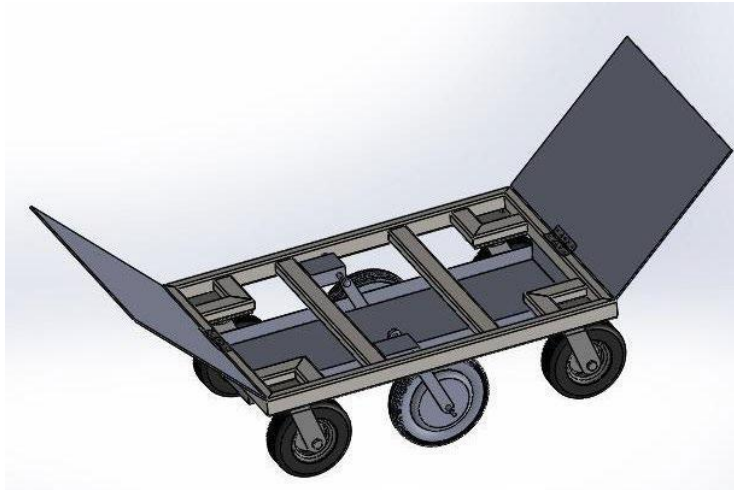


Imagen 3. diseño de la base con las ruedas del prototipo (vista 1)



Imagen 4. Diseño de la base con las ruedas del prototipo (vista 2)

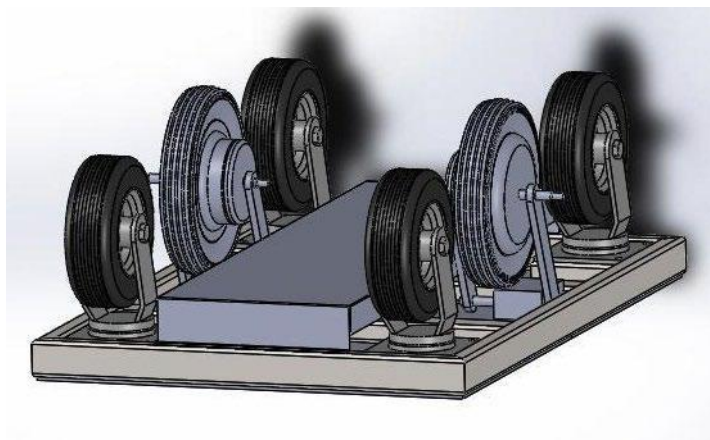


Imagen 5. Diseño de la base con las ruedas del prototipo (vista 4)



Imagen 6. *Diseño de la base con las ruedas (vista desde arriba del prototipo)*

Además de las investigaciones que se realizaron para elegir los materiales adecuados que más se adaptaran al proyecto, el diseño en SolidWorks ayudó a probar los distintos materiales y así ver con cuál de ellos se tenía un diseño ligero, compacto y con resistencia suficiente para las cargas que se tendrían que soportar en el traslado de los materiales.

El motor de la rueda está hecho de aleación de aluminio, es sólido, a prueba de agua, alto rendimiento de trabajo y fuerte capacidad de carga, para lograr un funcionamiento silencioso, ligero y de alta gama. La llanta es de caucho y cuenta con un diseño ranurado antideslizante que proporciona un fuerte agarre y una gran absorción de impactos que soporta una carga de 150 kg.



Imagen 7. *Rueda del prototipo con el motor incluido*

Los drivers de los motores que controlan la velocidad y cambio de giro, así como el controlador puede proporcionar velocidad estable, trabajo silencioso, control de frenado sensible y dirección, los cables y las interfaces son resistentes y duraderos, lo que garantiza un uso prolongado con menos fallas, cada interfaz tiene un color diferente para facilitar su instalación, contando también con la carcasa del controlador está hecha de aleación de aluminio, que puede proteger el circuito interno, tiene una buena disipación de calor y evita la sobrecarga térmica, cumpliendo con lo necesario para la construcción de Leonidas.



Imagen 8. Driver de los motores

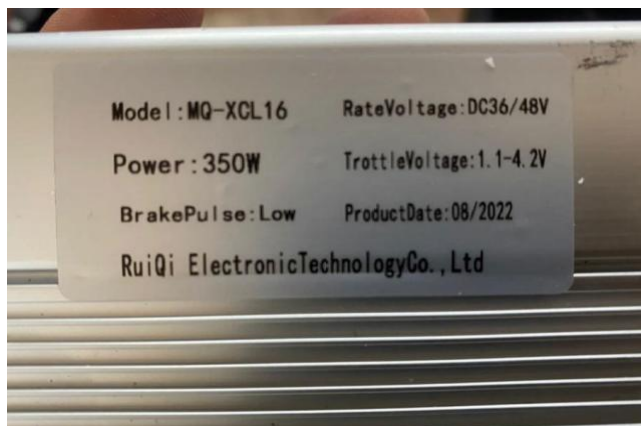


Imagen 9. Información del driver de motores

Se eligieron este tipo de ruedas giratorias debido a que han sido diseñadas meticulosamente para ofrecer una durabilidad y resistencia inigualables en los entornos operativos más rigurosos. Su composición está especialmente formulada para soportar la exposición a una amplia gama de agentes agresivos, destacando por ser completamente resistentes a químicos, solventes, agua y ácidos. Esta característica asegura la longevidad de la rueda y mantiene su rendimiento constante, incluso en laboratorios, plantas de procesamiento o áreas de limpieza intensa.

La estructura interna garantiza una fiabilidad superior. Cuentan con un robusto centro de polipropileno de alta resistencia, un material seleccionado específicamente por su rigidez y larga durabilidad. Este núcleo sólido es crucial para evitar desprendimientos y deformaciones bajo cargas pesadas o impacto, lo que se traduce en una mayor vida útil y un menor costo de mantenimiento para su el prototipo.

En términos de movilidad y cuidado de las instalaciones, estas ruedas son las ideales para el robot, ya que están equipadas con un balero de rodillo de precisión que asegura movimientos suaves, uniformes y silenciosos, mejorando la ergonomía y reduciendo la contaminación acústica en el lugar de trabajo. Además, el material de la banda de rodadura está diseñado para ser completamente seguro para sus pisos, ya que no mancha ni maltrata superficies delicadas. Finalmente, la resistencia no compromete la capacidad, pues cada rueda ofrece una impresionante y confiable capacidad de carga de 1,250 libras (lbs).



Imagen 10. Ruedas giratorias del prototipo



Imagen 11. Controlador de velocidad

Luego del diseño y la elección de los materiales más adecuados, se pasó a la programación, llevando a cabo una investigación de los microcontroladores que se utilizarían, así como de la programación, buscando que dichos micros fueran de fácil acceso económico y con un código abierto, esto para no elevar los costos del robot.

Teniendo ya todos los elementos necesarios, se pasó al armado de la estructura, demostrando de manera tangible si los materiales elegidos en la etapa del diseño fueron realmente los correctos o si sería necesario cambiar alguno de ellos o hacer alguna modificación en las dimensiones del robot para obtener los resultados deseados.

Con el robot ya armado, ya solo se requería hacer las pruebas de que funcionara correctamente la programación del sistema, revisando que no se tuviera ningún error en la ejecución del programa, ya con el robot funcionando y también cerciorándose que la interfaz para el operador fuera amigable para personas con poco o nulo conocimiento de programación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto de diseño y construcción del Robot Móvil Industrial (MIR) ha concluido con la elaboración exitosa de un prototipo funcional que marca la optimización de la logística industrial. El robot no solo ha sido fabricado, sino que ha superado rigurosamente las pruebas para cumplir con las principales especificaciones técnicas propuestas, estableciéndose como una plataforma de alto rendimiento, robusta y completamente operativa apta para operar en exigentes entornos de producción. El logro central del proyecto radica en la verificación de su capacidad de carga, confirmando que el MIR puede manipular y transportar autónomamente cargas pesadas y considerables, abarcando el rango esencial de 100 kg hasta 600 kg. Este atributo lo posiciona como una solución tecnológica accesible para la movilización eficiente de materiales.

Complementariamente, el diseño incorpora un avanzado nivel de autonomía operativa mediante un sofisticado sistema de navegación inteligente que integra tecnología de escaneo y sistemas de visión. Dicha integración tecnológica le otorga la capacidad de moverse de forma independiente y segura, crear mapas precisos de la zona de trabajo y optimizar dinámicamente sus rutas logísticas, garantizando así una integración fluida y eficiente dentro de los flujos internos de la planta industrial.

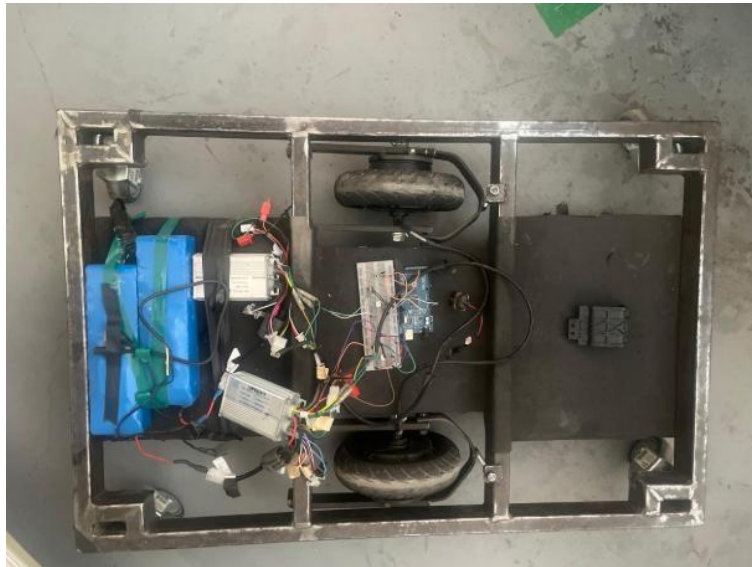


Imagen 11. Vista panorámica del prototipo

CONCLUSIÓN

La iniciativa para el diseño y fabricación del Robot Móvil Industrial (MIR) ha finalizado con la creación exitosa de un prototipo operativo, lo que representa un avance significativo en la optimización de los procesos de logística interna. El robot no solo ha sido construido, sino que ha demostrado su validez en pruebas exhaustivas, confirmando el cumplimiento de las especificaciones técnicas iniciales y consolidándose como una plataforma de alto desempeño, sumamente robusta y lista para operar en las condiciones más demandantes de la producción. El éxito fundamental del proyecto reside en la validación de su capacidad, la cual garantiza que el MIR está capacitado para manejar y trasladar sin intervención humana cargas considerables. Este logro lo establece como una alternativa tecnológica viable y eficiente para la manipulación de materiales pesados.

Adicionalmente, el desarrollo integra un elevado grado de autonomía en su funcionamiento, facilitado por un sistema de guiado inteligente. Este sistema combina eficazmente tecnología de escaneo con sensores de visión, permitiéndole al equipo desplazarse con total libertad y seguridad, generar una cartografía precisa del área de trabajo y mejorar de forma continua sus trayectorias logísticas, asegurando movimientos fluidos y una alta eficiencia dentro de los procesos de la fábrica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Weerg staff . (24 de septiembre de 2020). Weerg. Obtenido de ¿CUÁLES SON LOS 4 TIPOS DE ACERO?: <https://www.weerg.com/es/guias/cu%C3%A1les-son-los-4-tipos-de-acero>.
2. Álvarez, D. O. (17 de julio de 2018). enciclopedia humanidades. Obtenido de <https://humanidades.com/polimeros/#ixzz8QObvSrNf>.
3. Arregui, F. (5 de febrero de 2020). ulbrinox. Obtenido de <https://www.ulbrinox.com.mx/blog/usos-y-aplicaciones-industriales-del-aluminio>.
4. Castro, a. a. (15 de noviembre de 2022). modern machine shop mexico. Obtenido de Instalación de robots industriales en México creció 61 % en 2021: <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/instalacion-de-robots-industriales-en-mexico-crecio-61-en-2021>
5. Finder. (07 de febrero de 2023). finder. Obtenido de finder switch to the future: <https://www.findernet.com/es/espana/news/finder-opta-el-primer-programmable-logic-relay-con-arduino/>
6. Herradon, B. (30 de abril de 2014). educacionquimica. Obtenido de wordpress: <https://educacionquimica.wordpress.com/2014/04/30/algunas-aplicaciones-de-los-polimeros/>
7. IRREÑO, C. A. (15 de diciembre de 2020). RPA - AUTOMATIZACIÓN ROBÓTICA DE PROCESOS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA*. Obtenido de Rev. Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información: <http://ojs.urepublicana.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/710/533>
8. JESUS, B. M. (septiembre de 2015). DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA OPTIMIZACION DE RUTAS DE TRABAJO UTILIZANDO ALGORITMO DE DIJKSTRA Y DIAGRAMAS DE VORONI. Obtenido de UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/157>
9. José Guillermo Guarnizo Marin, D. B. (enero de 2021). researchgate. Obtenido de researchgate: https://www.researchgate.net/publication/353100077_Una_revision_sobre_la_evolucion_de_la_robotica_movil.
10. López., E. D. (2023). alcabot. Obtenido de ELEMENTOS INDISPENSABLES PARA EL: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/EstelaDiazLopez.pdf>
11. Palmier, S. (18 de mayo de 2023). itmastersmag. Obtenido de El auge de la robótica en México: <https://www.itmastersmag.com/noticias-analisis/la-robotica-y-su-impacto-en-la-sociedad-mexicana/>
12. Palmieri, S. (18 de mayo de 2023). itmastersmag. Obtenido de El auge de la robótica en México: ¿Está tu empresa preparada?: <https://www.itmastersmag.com/noticias-analisis/la-robotica-y-su-impacto-en-la-sociedad-mexicana/>
13. Robots, R. d. (24 de mayo de 2023). Revista De Robots. Obtenido de <https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/robotica-movil-que-es-la-robotica-movil-y-para-que-sirve/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1>
14. Sexto, L. F. (3 de septiembre de 2019). radical management. Obtenido de SITUACIÓN ACTUAL DE LA #ROBOTIZACIÓN INDUSTRIAL EN EL MUNDO: <https://se-gestiona.radical-management.com/2019/09/world-robotics-2018-industrial-service.html>
15. SOLIDBI. (2020). solid-bi. Obtenido de <https://solid-bi.es/solidworks/#:~:text=SOLIDWORKS%20es%20un%20software%20de,proceso%20de%20desarrollo%20del%20p%20roducto>
16. T13. (27 de diciembre de 2018). FEED BBC. Obtenido de El auge de México como potencia de la robótica en América Latina: <https://www.t13.cl/noticia/tendencias/bbc/el-auge-de-mexico-como-potencia-de-la-robotica-en-america-latina>
17. VIVES, J. (09 de marzo de 2021). lavanguardia. Obtenido de Estos son los elementos necesarios para crear un robot: <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20210309/6263548/son-elementos-necesarios-crear-robot.html>
18. Weerg staff . (23 de junio de 2020). Weerg . Obtenido de <https://www.weerg.com/es/guias/aluminio-que-es-propiedades-caracteristicas>
19. Yañez, C. (10 de diciembre de 2018). CEAC. Obtenido de Qué es el IDE de Arduino en robótica: <https://www.ceac.es/blog/que-es-el-ide-de-arduino-en-robotica>

Exploración del patrimonio cultural y turístico de las principales comunidades de Dolores Hidalgo: para una propuesta tecnológica de turismo sostenible

Juana Andrea Godoy Barrera¹
Estefanía Salazar Alcaraz², Rosa Yasiris Ramírez Pérez³,

¹ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesora de tiempo completo, e-mail: jagodoy@utng.edu.mx

² Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: estefania.salazar@utng.edu.mx

³ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato/Profesor de tiempo completo, e-mail: rosa.ramirez@utng.edu.mx

Línea de investigación: Desarrollo Tecnológico

Resumen: Se investigaron cinco comunidades de Dolores Hidalgo C.I.N. que guardan tradiciones centenarias que se han heredado de generación en generación, con la información recabada se creará una app interactiva que, desde un dispositivo electrónico, permitirá explorar de forma rápida rutas culturales, conocer historias locales, identificar recetas auténticas y vivir experiencias únicas ofrecidas por los propios habitantes de la comunidad rural.

Aplicación móvil, Rutas turísticas, Turismo comunitario rural, Valor histórico y cultural.

Abstract

Five communities in Dolores Hidalgo C.I.N. that preserve centuries-old traditions passed down from generation to generation are being investigated. The information gathered will be used to create an interactive application that, from an electronic device, will allow users to quickly explore cultural routes, learn about local stories, identify authentic recipes, and unique experiences offered by the people of the rural community themselves.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación documenta la realización de la exploración de campo en cinco comunidades rurales pertenecientes al municipio de Dolores Hidalgo, C.I.N., Gto., que se seleccionaron por tener un alto valor histórico y potencial turístico evidenciado con sus recintos arquitectónicos, prácticas gastronómicas, costumbres y festividades religiosas.

Todo esto con la finalidad de conjuntar una lista de posibles rutas turísticas poco explotadas hasta el momento, que marquen la posibilidad a futuro de desarrollar el turismo rural y que mejore la economía dentro de esas comunidades.

DESARROLLO

Para sustentar la propuesta tecnológica, se llevó a cabo una serie de visitas de campo para explorar, documentar y analizar el patrimonio cultural y turístico de las principales comunidades de Dolores Hidalgo. Esto se realizó mediante investigación, entrevistas a habitantes y autoridades locales, así como registro fotográfico de las cinco comunidades seleccionadas por su alto valor histórico, arquitectónico y cultural: El Llanito, La Venta, La Erre, El Gallinero y Santa Lucía. Estas localidades presentan un potencial turístico significativo en las áreas ya mencionadas.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar la investigación de campo para sustentar una propuesta tecnológica innovadora, denominada Cunapp, siendo esta una aplicación móvil que promueva el turismo sostenible, impulse la preservación de los recursos locales y fortalezca la identidad cultural de las comunidades seleccionadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-A partir de la investigación de campo de cada una de las cinco comunidades seleccionadas se pretende identificar:

- Gastronomía típica del lugar.
- Festividades populares y religiosas.
- Tradiciones populares.
- Recintos arquitectónicos.
- Eventos históricos.
- Organización comunitaria. que permitan impulsar una propuesta tecnológica que promueva el interés turístico en la región.

Revisar toda la información para identificar y documentar los hallazgos a través de: fotografías, entrevistas y registros escritos que detallen los recursos y atractivos locales.

OBJETO DE ESTUDIO

La importancia de este estudio es destacar los puntos clave que pueden atraer turismo rural, de forma que beneficie a sus habitantes y ayude a resaltar su patrimonio. Además, busca impulsar este tipo de turismo para ampliar las opciones de los visitantes, de manera que no se concentren únicamente en el turismo de la cabecera municipal

METODOLOGÍA

La metodología de investigación-acción resulta ser adecuada para desarrollar el proyecto debido a que permite vincular la generación de conocimiento con la intervención práctica en un contexto social específico. Según Eliot, 1993 esta estrategia metodológica busca no solo comprender la realidad, sino también transformarla mediante la participación activa de los actores involucrados, en este caso, las comunidades rurales del municipio de Dolores Hidalgo, C.I.N., Gto.

FASES DEL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA INVESTIGACIÓN ACCIÓN

1. Identificación y diagnóstico del problema

En el municipio de Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia Nacional, Guanajuato, existen comunidades rurales que no han sido suficientemente visibilizadas dentro del mapa turístico de la región. A pesar de contar con un alto valor cultural, tradicional y costumbres locales con gran potencial.

2. Planificación de la acción:

La fase de planificación se estructuró en torno a un **cronograma de visitas y reuniones** con representantes clave, delegados comunitarios y actores principales del sector turismo en el municipio. La planeación incluyó tres fases:

1. Identificación de las comunidades con potencial turístico.
2. Contacto con representantes comunitarios y autoridades municipales para concertar citas y entrevistas.
3. Realización de visitas de campo en las comunidades.
4. Entrevista para documentar los aspectos más representativos de cada localidad.

Figura 1
Proceso de planificación de la acción



3. Implementación de la acción

En esta fase inicial del proyecto se realizó la actividad de identificar a las personas que debían ser contactadas para obtener información general sobre las comunidades.

Como primer paso, se realizó una entrevista con el cronista César Aguayo, quien proporcionó información general sobre todas las comunidades y entregó documentos que sirvieron como guía para iniciar con el trabajo de campo.

Posteriormente, se tuvo una reunión con la señora Adriana Vázquez, secretaria técnica del programa de Pueblos Mágicos del Municipio. Ella explicó los puntos más importantes de cada comunidad y dio referencias de personas a quienes dirigirnos en cada localidad.

Finalmente, se asistió a la Presidencia Municipal para tener una reunión con el Maestro Adolfo Mata, Director de Desarrollo Económico y Social, él habló sobre los planes de desarrollo para las comunidades, haciendo énfasis en aspectos relacionados con la expansión de la comunidad La Venta.

En la segunda fase del proyecto se realizaron las visitas a las localidades identificadas.

En El Llanito, el 28 de junio se entrevistó al delegado Federico Godínez Balderas, quien señaló los puntos más importantes a considerar en la zona.

El 01 de julio, Ana Lesser, propietaria de Cabañas Los Nogales, proporcionó información detallada sobre la localidad.

El 04 de julio se realizó la visita a la comunidad de La Erre acompañados de la ex regidora Maribel López, quien habló ampliamente sobre la historia de la hacienda y de la población en general de la localidad.

El 11 de julio se realizó el recorrido al centro ecoturístico San LU, ubicado en comunidad Santa Lucia, guiados por María Patricia Pérez, quien explicó cómo se desarrolla y gestiona el proyecto.

Finalmente, el 19 de julio se llevó a cabo la reunión con el maestro J. Jesús García, habitante originario de La Venta, quien compartió datos de la importancia histórica y cultural de la plaza de toros y de la comunidad. El cronograma de visitas se observa en la Tabla 1 Cronograma de visitas.

Tabla 1
Cronograma de visitas

Comunidad	Contacto	Fecha Planeada	Fecha Real	Avance (%)
El Llanito	Delegado Federico Godínez	28 junio	28 junio	100%
El Gallinero	Ana Lesser (Cabañas Los Nogales)	27 junio	01 julio	100%
La Erre	Ex regidora Maribel López	04 julio	04 julio	100%
Santa Lucia (San LU)	María Patricia Pérez	11 julio	11 julio	100%
La Venta	Mtro. J. Jesús García	19 julio	19 julio	100%

4. Observación y recolección de datos

En la observación directa se llevaron cabo las entrevistas semiestructuradas y con el uso de instrumentos diseñados para sistematizar la información, que incluyeron:

- Registro de patrimonio arquitectónico (iglesias, haciendas, plazas, recintos históricos).
- Fechas de tradiciones y festividades religiosas.
- Inventario de prácticas gastronómicas locales.
- Registro de espacios naturales y ecoturísticos.

Durante las visitas, se tomaron fotografías, notas de campo y grabaciones de entrevistas, que posteriormente fueron analizadas.

5. Reflexión y Evaluación

Con la información recolectada se realizó un análisis FODA para identificar el estado actual y el potencial de las comunidades:

Fortalezas: Riqueza cultural y gastronómica, patrimonio arquitectónico único, autenticidad de costumbres locales.

Oportunidades: Desarrollo del turismo rural, implementación de rutas turísticas, uso de TI. para promoción, articulación con programas como Pueblos Mágicos.

Debilidades: Escasa infraestructura turística, limitada señalética, poca promoción digital.

Amenazas: Migración de jóvenes, pérdida de tradiciones, competencia con destinos turísticos más consolidados.

El proceso de reflexión permitió concluir que la integración de un turismo comunitario rural no solo beneficiaría a los visitantes, sino que también fortalecería la identidad cultural y la economía local de las comunidades.

6. Re planificación

A partir de los hallazgos y la evaluación, se plantea una reestructuración parcial de la investigación. La re-planificación considera:

- Priorizar comunidades con alto potencial turístico y factibilidad de integrar rutas.
- Incorporar el diseño gráfico para la elaboración de mapas digitales interactivos y material promocional.
- Vincular la arquitectura como elemento central en la narrativa histórica de las rutas.
- Proyectar la aplicación móvil no solo como un directorio de rutas, sino como un medio interactivo de difusión cultural.

Este proceso de ajuste permitirá alinear los resultados con el objetivo general de visibilizar y promover las comunidades rurales de Dolores Hidalgo como destinos turísticos sostenibles.

RESULTADOS

La hipótesis planteada en esta investigación sostiene que el diseño e implementación de una aplicación móvil interactiva, denominada Cuna-App, enfocada en el turismo rural comunitario, contribuirá a mejorar la experiencia de los visitantes, incrementar la visibilidad de las comunidades y fortalecer el reconocimiento del patrimonio histórico, cultural, arquitectónico y gastronómico de Dolores Hidalgo.

Durante la investigación y la exploración de campo en las cinco comunidades seleccionadas (El Llanito, El Gallinero, La Erre, Santa Lucia y La Venta), se obtuvieron los siguientes resultados:

1. **Confirmación del potencial turístico:** Se identificó que cada comunidad posee atractivos únicos vinculados con la historia nacional, arquitectura, gastronomía y festividades religiosas. Este acervo patrimonial representa una oportunidad para la creación de rutas turísticas diferenciadas y con alto valor cultural.
2. **Baja visibilidad actual:** Se corroboró el diagnóstico inicial de escasa promoción de estas comunidades, no existen canales digitales consolidados que difundan sus atractivos, y la información disponible es fragmentada y poco accesible para los turistas.
3. **Necesidad de herramientas digitales:** Tanto representantes comunitarios como autoridades municipales reconocieron la ausencia de plataformas tecnológicas que permitan visibilizar y difundir de manera atractiva y accesible el patrimonio local.
4. **Interés comunitario:** Los contactos establecidos en cada localidad mostraron disposición a colaborar y compartir información, lo que refleja un ambiente favorable para la implementación de proyectos de turismo comunitario con apoyo tecnológico.
5. **Oportunidades de desarrollo económico:** Se identificaron cadenas de valor emergentes, como la producción artesanal y gastronómica, que podrían potenciarse mediante el turismo rural, generando una derrama económica directa en las comunidades.

DISCUSIÓN

Los resultados confirman la hipótesis inicial, ya que la implementación de Cuna-App podría convertirse en un detonador para el desarrollo turístico comunitario de Dolores Hidalgo. Al centralizar información sobre recintos arquitectónicos, gastronomía, tradiciones y festividades, la aplicación no solo aumentaría la exposición de las comunidades, sino que también ofrecería una experiencia turística más enriquecedora e interactiva.

El análisis evidencia que, en la actualidad, la ausencia de promoción turística digital limita la llegada de visitantes y reduce las oportunidades de crecimiento económico de las comunidades. Este hallazgo coincide con estudios previos en turismo rural, donde se

destaca que la digitalización y el uso de aplicaciones móviles son herramientas cotidianas para diversificar la oferta turística y competir con destinos ya consolidados.

Sin embargo, la sola implementación de una aplicación móvil no garantiza el éxito del proyecto. Es necesario que las comunidades desarrollen capacidades internas de gestión turística, especialmente en los ámbitos de educación, hospitalidad y atención al visitante. Por ello, se sugiere que los líderes comunitarios, en colaboración con instituciones municipales y estatales, planifiquen estrategias de formación para los habitantes, enfocadas en:

- Atención y servicio al turista.
- Gestión de actividades culturales y gastronómicas como experiencias turísticas.
- Conservación del patrimonio cultural y natural.
- Uso básico de tecnologías digitales para promoción.

De esta manera, la aplicación Cuna-App funcionará como una herramienta tecnológica de difusión, mientras que la capacitación comunitaria garantiza la sostenibilidad y calidad de la experiencia turística.

En conclusión, los resultados respaldan la hipótesis: el turismo rural en Dolores Hidalgo tiene un gran potencial de desarrollo, pero su consolidación dependerá de la integración de tecnología, promoción estructurada y capacitación comunitaria.

CONCLUSIÓN

El trabajo de campo permitió un acercamiento directo con las comunidades rurales de Dolores Hidalgo, lo que facilitó comprender de manera integral sus dinámicas culturales, sociales y económicas. Esta experiencia no sólo enriqueció la investigación, sino que también abrió la posibilidad de generar propuestas que respondan a las necesidades reales de la población.

Se reconocieron cadenas de valor emergentes relacionadas con la producción artesanal y gastronómica, además de prácticas tradicionales y manifestaciones culturales que constituyen un atractivo de alto interés para visitantes nacionales e internacionales. La diversidad de expresiones culturales en cada comunidad puede complementarse para ofrecer experiencias turísticas integrales.

El estudio también permitió profundizar en la riqueza histórica, arquitectónica y cultural de las comunidades, evidenciando su importancia como patrimonio local y como una opción viable para diversificar la oferta turística del municipio.

La información recolectada sirvió para orientar los contenidos y el diseño de interfaz de la aplicación móvil. Esto garantiza que la herramienta tecnológica no sea un producto aislado, sino que integre información, de las costumbres y prácticas de cada comunidad, fortaleciendo así la autenticidad y pertinencia de la propuesta.

Se proyecta que la aplicación contribuya no solo a la promoción turística, sino también a la conservación del patrimonio material e inmaterial, fomentando la identidad local y la participación activa de los habitantes. Con ello, la iniciativa busca favorecer el desarrollo económico, cultural y social de las comunidades, bajo un enfoque de turismo rural comunitario sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

Elliott, J. (1993). La investigación-acción en educación. Morata.

Espeso-Molinero, M., Carlisle, et al. (2019). Experiencias de turismo comunitario en el Área Natural Protegida del Nevado de Toluca, México: hacia la construcción de productos turísticos patrimoniales alternativos. *Revistas Javeriana*

González-Rodrigo, E., Sainz, J., & Torrent-Sellens, J. (2009, octubre). El turismo en el entorno rural. Uso de las nuevas tecnologías para acceder al turismo [Ponencia]. IX Jornadas de Economía Política (Granada, España). ResearchGate

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory Action Research: Communicative Action and the Public Sphere. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage Handbook of Qualitative Research* (pp. 559–603). Sage.

Rodríguez Fernández, M., González Sánchez, R., & García Muiña, F. E. (2012). El papel de la tecnología móvil en el proceso innovador de la empresa turística: propuesta de un modelo integrado de gestión. *TURyDES*, 5(13). Eumed

Salgado, M. M. (2024). Diseño e implementación de una aplicación móvil para impulsar el turismo en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Vitalia*. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i4.369>

Smith, V. L. (1992). Anfitriones e invitados: antropología del turismo.

Impacto de la digitalización contable en la reducción del uso de papel: Un enfoque hacia la sostenibilidad y la eficiencia

Valdés Moncada Norberta Paola⁵,
Huerta Cruces Emma⁶,
Lira Mejía Ma. del Carmen⁷.

Línea de Investigación: Software y Ambiente

RESUMEN:

La presente investigación nos muestra la actualidad de los despachos contables principalmente en el estado de Guanajuato sin dejar a un lado todos los estados del país, sobre el uso del papel para desarrollar el quehacer del contador, el cual, evoluciona día con día y se adapta a las necesidades de los usuarios y las nuevas disposiciones fiscales. Estas tareas implican papeleo, impresión de documentos, estados financieros, comprobantes fiscales digitales por internet (CFDI) anteriormente facturas, declaración de impuestos, etc., con el tiempo y el avance de la tecnología poco a poco se ha ido reduciendo el uso de papel para algunos trámites, si no es que casi para todo, actualmente la presentación de los pagos provisionales se han implementado aplicaciones en instituciones financieras (bancos), para hacer pagos en línea.

Se realizó una investigación donde se midió el actual consumo de papel al realizar las actividades antes mencionadas y cómo se ha ido implementando la digitalización en los procesos contables, cómo ha impulsado el uso de sistemas informáticos que permiten almacenar y tener o contar con la información en menor tiempo reduciendo el uso de papel, la contabilidad se realiza en un gran porcentaje mediante el uso de papel (documentos físicos), al implementar los sistemas digitales nos hemos dado cuenta cómo se ha transformado no solo la productividad, sino también los resultados y ello contribuye a objetivos más amplios de sostenibilidad, al disminuir el impacto ambiental asociado con la impresión y el almacenamiento de documentos.

Palabras claves: *Digitalización, sostenibilidad, eficiencia operativa.*

ABSTRACT

This research shows the current situation of **accounting firms**, mainly in the state of Guanajuato, but also includes all states of the country, regarding the use of paper to carry out the accountant's work. This work evolves daily and adapts to both user needs and new tax regulations.

These tasks involve paperwork, the printing of documents, financial statements, **Digital Tax Receipts via Internet (CFDI)** (formerly invoices), tax declarations, etc. Over time, and with the advancement of technology, the use of paper has gradually been reduced for some procedures, if not for almost everything. Currently, for instance, applications have been implemented in financial institutions (banks) to process provisional tax payments online.

A study was conducted that measured the current consumption of paper when performing the aforementioned activities and analyzed how **digitalization** has been implemented in accounting processes. This has promoted the use of **information systems** that allow information to be stored and accessed in less time, further reducing paper usage.

A large percentage of accounting has historically been performed using paper (physical documents). By implementing digital systems, we have realized how this has not only transformed **productivity** but also the results, contributing to broader **sustainability** goals by decreasing the environmental impact associated with the printing and storage of documents."

Keywords: Accounting digitization; sustainability; SDG 12; paper use reduction; operational efficiency.

⁵Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, paola.valdes@utng.edu.mx

⁶ Universidad Tecnológica del norte de Guanajuato, emmahuerta@utng.edu.mx

⁷ Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, mcarmenlira@utng.edu.mx

INTRODUCCIÓN:

Tradicionalmente, la práctica contable dependía del uso intensivo de documentos impresos, la generaba un alto consumo de papel y por tanto un impacto ambiental considerable, en los últimos años, la transformación digital ha modificado significativamente la manera en que las organizaciones desarrollan sus procesos administrativos y contables, nuestra investigación va más enfocada a los despachos contables y el impacto en la reducción del uso de papel en los mismos.

La digitalización contable permite migrar hacia un entorno más sustentable, en el que los registros, declaraciones fiscales y reportes financieros se realizan de manera electrónica, disminuyendo la necesidad de archivos físicos.

La incorporación de herramientas tecnológicas, software especializado y sistemas en la nube ha permitido optimizar la gestión de la información financiera mejorando la precisión y reduciendo los tiempos de procesamiento.

Este cambio no solo representa una mejora en la eficiencia operativa, sino también un compromiso con la sostenibilidad y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 12: Producción y consumo responsable.

Analizar el impacto de la digitalización contable en la reducción del uso de papel permite comprender los beneficios ambientales, económicos y administrativos que trae consigo el cambio con el uso de tecnologías digitales en los despachos contables, esta investigación busca identificar cómo la digitalización ha transformado las prácticas contables y de qué manera contribuye a la eficiencia y a la sostenibilidad dentro del ámbito profesional.

DESARROLLO:

El uso de la tecnología ha transformado el ámbito contable entre muchas otras profesiones, en contabilidad se pasó de los sistemas manuales, que le llamaban comúnmente el arrastrar el lápiz, y el uso de papel a la adopción de software especializados en contabilidad, mismos que agilizan procesos, al capturar, procesar y presentar la información de manera eficiente, teniendo un impacto positivo en la sostenibilidad al reducir el consumo de recursos físicos.

La eficiencia operativa, en los despachos contables, ha adquirido una relevancia de prioridad alta, transformando las prácticas tradicionales y esto ha hecho que se evolucione la forma de llevar contabilidad, migrando del uso de papel, llevar carpetas físicas, al hecho de utilizar sistemas contables, aplicaciones en la nube entre otros.

El hecho de migrar del uso de papel a lo electrónico tiene que ver si con los avances tecnológicos, pero también con las autoridades fiscales de México, que comenzaron con el cambio de factura en papel, a CFDI, y poco a poco muchos de los trámites se fueron volviendo cotidianos hacerlos solo en electrónico y haciendo un poco de lado el uso de papel

Durante el desarrollo de esta investigación se analizará:

1. - La reducción del uso de papel en los despachos contables,
2. - El ahorro de tiempo en los recursos,
3. - La percepción de los profesionistas contables en la digitalización.
4. - Aporte de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), especialmente el ODS 12 (producción y consumo responsables)

OBJETIVO

Evaluar el impacto de la implementación de estrategias de digitalización en despachos contables participantes en el estudio, para conocer el % de reducción el uso de papel en el ejercicio 2025, promoviendo prácticas sostenibles alineadas con el ODS 12."

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Medir la reducción en el consumo de papel en las organizaciones que han adoptado software contable, aplicaciones contables, frente a aquellas que aún mantienen prácticas tradicionales.
2. Conocer el porcentaje de reducción de uso de papel.
3. Analizar los beneficios de la digitalización contable en términos de eficiencia operativa y sostenibilidad.
4. Investigar la percepción de los profesionales contables sobre la transición hacia sistemas sin papel.
5. Se alinea con la sostenibilidad y el ODS 12.
6. Identificar los desafíos y obstáculos que enfrentan las empresas para adoptar completamente sistemas contables digitales

OBJETO DE ESTUDIO

Despachos contables que han migrado del uso de papel a sistemas contables, contribuyendo al desarrollo sostenible.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación: Mixta (cuantitativa y cualitativa) cuantitativa en cuanto al pospositivismo con perspectiva de ontología en cuanto al estudio de un realismo crítico, que acepta la existencia de una realidad con interpretación humana donde el tipo de estudio exploratorio y cuantitativo en cuanto al estudio de un fenómeno inductivo donde se tomará una muestra de hechos relacionados con la digitalización de procesos contables por parte de los contadores públicos practicantes y dando cumplimiento a una disposición fiscal que tiene un efecto y consecuencia en las ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) actuales.

Población y muestra: Según el INEGI en el censo económico 2019 en México existían 17263 unidades económicas dedicadas al servicio de contabilidad, auditoría y servicios relacionados, hacia el tercer trimestre del 2024 había 518 mil personas ocupadas como contadores y auditores, de los cuales los principales estados donde se presta el mayor número de servicios contables son México, Jalisco y el Estado de México. nuestra investigación se centra en el estado de Guanajuato y algunos despachos de otras entidades que de manera voluntaria responda el cuestionario, no existe el dato exacto del número de despachos localizados en el estado pero sí que el mayor número de despachos se encuentran en los municipios de León y Celaya por tanto los encuestados serán profesionales contables voluntarios que en las empresas hayan implementado sistemas digitales y despachos contables que aún dependen en gran medida del papel en sus procesos contables. Se seleccionará una muestra voluntaria de despachos contables.

Instrumentos de recolección de datos: Cuestionarios aplicados a profesionales contables para conocer su percepción sobre el uso de tecnologías en contabilidad y obtener un análisis más profundo. Se medirá el consumo del papel antes y después de la implementación de los sistemas digitales contables

FASES DEL DESARROLLO

Estas fases del desarrollo estructuran el proceso de investigación y nos permiten visualizar el avance hacia los objetivos planteados.

1.- Planeación inicial:

- ❖ Definición del problema: Uso excesivo de papel en despachos contables.
- ❖ Justificación: Necesidad de migrar hacia prácticas sostenibles.
- ❖ Objetivos generales y específicos.

2.- Revisión teórica y contextual:

- ❖ Marco teórico sobre digitalización contable, sostenibilidad y ODS 12.
- ❖ Análisis de estudios previos y normativas fiscales mexicanas.

3.- Diseño metodológico

- ❖ Selección del enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo).
- ❖ Elaboración de instrumento (cuestionario).
- ❖ Definición de población muestra.

4.-Recolección de datos.

- ❖ Aplicación de encuestas a despachos contables.
- ❖ Registro de percepciones, prácticas y barreras.

5.- Análisis de resultados:

- ❖ Procesamiento estadístico y categorización de respuestas.
- ❖ Identificación de tendencias, beneficios y obstáculos.

6.- Interpretación y discusión.

- ❖ Relación entre resultados y marco teórico.
- ❖ Evaluación del impacto ambiental y operativo.

7.- Conclusiones y recomendaciones.

- ❖ Síntesis de hallazgos
- ❖ Propuestas para avanzar hacia la sostenibilidad contable.

ANÁLISIS SITUACIONAL DEL TRABAJO

Este análisis permite comprender el contexto actual en el que se desarrolla la investigación:

Contexto profesional	• Los despachos contables enfrentan una transformación digital impulsada por normativas fiscales, avances tecnológicos y demandas de eficiencia. • Aunque el 94% ya utiliza software contable, persiste el uso de papel en documentos clave como estados financieros y contratos.
Problemática ambiental	• El uso intensivo de papel genera impactos negativos como consumo de recursos naturales, generación de residuos sólidos y emisiones contaminantes. • La digitalización representa una oportunidad para mitigar estos efectos.
Barreras identificadas	• La resistencia al cambio, la solicitud de documentos impresos por clientes y la falta de políticas internas dificultan la transición hacia una "oficina sin papel".
Oportunidades	• La mayoría de los despachos reconoce beneficios operativos y está dispuesta a implementar prácticas sostenibles. • Existe un área de oportunidad para fortalecer el conocimiento sobre los ODS y establecer indicadores de impacto ambiental.
Relevancia social y ética	• La contabilidad digital no solo mejora la eficiencia, sino que posiciona al contador como agente de cambio en la promoción de prácticas responsables, alineadas con la agenda 2030.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados de la investigación

Se aplicó cuestionario a profesionistas del área de la contabilidad quienes cuentan con un despacho de servicios contables de los cuales obtuvimos 28 respuestas y los siguientes resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a profesionistas contables, donde se revela la tendencia clara hacia la adopción de tecnología digital, con beneficios tangibles en eficiencia operativa, ahorro de recursos y sostenibilidad ambiental. Este resultado o evidencia se alinea con lo planteado por autores como López y Sánchez (2021), quienes destacan que la digitalización contable mejora la precisión y agilidad en la toma de decisiones.

Asimismo, los resultados confirman lo señalado por Ramírez et al. (2022) respecto al impacto ambiental del papel, ya que los despachos encuestados reportan una disminución significativa, lo que contribuye directamente a la reducción de residuos sólidos y emisiones contaminantes. La percepción positiva sobre la digitalización contable también coincide con lo expuesto por González (2021), quien subraya la eficiencia y seguridad que ofrecen los sistemas contables digitales.

Aún persisten barreras culturales y operativas, como la resistencia al cambio, la preferencia de algunos clientes por documentos impresos, y la exigencia de firmas autógrafas en ciertos trámites. Estas dificultades reflejan lo que Rodríguez (2020) denomina "adaptación profesional", donde el contador debe actualizar sus competencias digitales para responder a las nuevas exigencias del entorno.

La digitalización contable, por lo tanto, no solo representa una evolución tecnológica, sino también un cambio de paradigma que exige una transformación cultural, ética y profesional.

DISCUSIÓN

Nivel de digitalización y reducción de papel

El 94 % de los despachos utiliza software contable o plataformas digitales. Entre el 42 % y el 36 % de los despachos ha digitalizado entre el 51 % y el 100 % de sus procesos contables. Sin embargo, aún se generan documentos en papel, principalmente estados financieros (27 %), contratos (26 %) y cartas de ingresos (18 %). En cuanto al impacto en insumos, el 71 % considera que ha disminuido

considerablemente el consumo de libros y revistas contables. Esto indica que la digitalización está teniendo un efecto tangible sobre la reducción de papel, aunque aún no es total, cumpliendo parcialmente el objetivo de medir el impacto en el uso de papel.

Políticas internas y medición de reducción de papel

Solo el 46 % de los despachos cuenta con políticas formales de reducción de papel, y el 48 % ha cuantificado la disminución mediante indicadores. Asimismo, el 74 % percibe un impacto positivo en los costos de operación por la reducción de papel, principalmente por el menor consumo de insumos (70 %). Esto muestra que los despachos reconocen los beneficios económicos y operativos de la digitalización, alineados con prácticas sostenibles.

ODS 12 y sostenibilidad

El 56 % de los despachos desconoce los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y el 55 % no está informado sobre el ODS 12 “Uso eficiente de los recursos y energía”. Sin embargo, el 49 % considera que sus prácticas digitales contribuyen al ODS 12, y el 52 % está dispuesto a implementar más prácticas sostenibles a corto plazo. Aunque existe conciencia parcial sobre sostenibilidad, hay un área de oportunidad para mejorar la alineación explícita con el ODS 12.

Percepción de beneficios y barreras

Se identifican beneficios directos de la digitalización: reducción de tiempo y costos (40 %), mayor rapidez en procesos (20 %) y disminución del uso de papel (7 %). Entre las barreras para eliminar completamente el papel se encuentran las solicitudes de clientes o instituciones (40 %) y los requisitos de documentos físicos (15 %). Estos resultados permiten evaluar el impacto real de la digitalización en la reducción de papel, aunque las barreras externas limitan la completa eliminación de este.

La digitalización ha contribuido de manera significativa a la reducción del uso de papel en los despachos contables, generando beneficios tanto operativos como económicos, además de favorecer prácticas sostenibles. Sin embargo, la falta de conocimiento integral sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la persistencia de ciertas barreras dificultan un alineamiento pleno con el ODS 12, el cual busca promover el uso eficiente de los recursos y la energía mediante tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de agua, energía y materias primas, incluyendo el papel en los despachos contables, así como lograr su disminución total.

Para impulsar la digitalización y reducir el uso de papel en los despachos contables, se pueden implementar diversas estrategias que integren políticas internas, optimización de procesos, seguimiento de resultados, cultura de sostenibilidad, superación de barreras externas y motivación del personal.

En primer lugar, es esencial fortalecer las políticas internas orientadas a la reducción del papel. Se recomienda establecer lineamientos claros de digitalización y manejo documental en todos los despachos, más allá del 46 % que actualmente los tiene. Estas políticas deben contemplar metas concretas, por ejemplo, disminuir un porcentaje determinado de papel cada trimestre, y asegurarse de que todos los empleados las conozcan y las apliquen mediante capacitaciones continuas.

En segundo lugar, conviene optimizar los procesos digitales. Es importante digitalizar aquellos documentos críticos que aún se generan en papel, como estados financieros, contratos y cartas de ingresos. La automatización mediante software contable especializado y flujos de trabajo digitales permitirá reducir la necesidad de documentos físicos. Además, establecer revisiones periódicas ayudará a detectar nuevas oportunidades para digitalizar procesos.

El seguimiento y la medición de resultados también juegan un papel clave. Se sugiere ampliar el uso de indicadores que midan la reducción de papel, los costos y la eficiencia operativa, ya que actualmente solo el 48 % de los despachos realiza estas mediciones. Las auditorías internas periódicas permitirán evaluar avances y documentar los beneficios concretos de la digitalización.

Promover una cultura de sostenibilidad dentro de los despachos es igualmente fundamental. Esto incluye capacitar al personal sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12: Producción y consumo responsables, y vincular las metas de sostenibilidad con los planes estratégicos de la organización. Asimismo, comunicar a clientes y proveedores los esfuerzos de reducción de papel ayudará a fomentar la aceptación de documentos digitales.

Para superar barreras externas, es importante negociar con clientes e instituciones la aceptación de versiones digitales de documentos, considerando que un 40 % de los despachos identifica la dependencia de formatos físicos como un obstáculo. Cuando los documentos físicos sean obligatorios, se recomienda implementar protocolos que minimicen su uso y combinen, siempre que sea posible, formatos digitales y físicos.

RESULTADOS

Considerando el tamaño de los despachos, el 84 % son pequeños, el 10 % medianos y el 6 % grandes. En cuanto al número de empleados, el 61 % cuenta con entre 1 y 3 personas, el 13 % con 3 a 5 personas y el 26 % con 5 o más empleados.

Respecto al tiempo de operación, el 38 % de los despachos se establecieron entre 2000 y 2009, el 31 % entre 2010 y 2019, el 13 % entre 1990 y 1999, el 9 % entre 2020 y 2024, el 6 % entre 1980 y 1989, y el 3 % desconoce su antigüedad.

Digitalización contable

El 94 % de los encuestados indica que utiliza software contable o plataformas digitales, mientras que el 6 % no lo hace. Entre los programas más utilizados, el 42 % emplea Contpaq, el 16 % Contalink, otro 16 % Office, el 9 % Nómina, el 7 % Aspel, el 3 % SAT, el 3 % SUN, el 2 % Microsip y el 2 % COI.

Respecto al nivel de digitalización de los procesos contables, el 42 % de los participantes indica que entre el 51 % y el 75 % de sus procesos están digitalizados, el 36 % afirma que del 76 % al 100 % de sus procesos son digitales, el 13 % señala que entre el 25 % y el 50 %, y el 10 % que solo del 0 % al 25 %.

En cuanto a los documentos que aún se generan en papel, el 27 % menciona los estados financieros, el 26 % los contratos, el 18 % cartas de ingresos, el 13 % informes, el 9 % avisos y el 7 % otros.

Sobre la reducción en el consumo de libros y revistas contables, el 71 % considera que ha disminuido mucho, mientras que el 29 % indica que ha disminuido poco.

Uso de papel y sostenibilidad

El 46 % de los despachos cuenta con políticas internas para reducir el uso de papel, el 36 % no tiene dichas políticas y el 19 % se encuentra en proceso de implementarlas. En cuanto a la cuantificación de la reducción de papel derivada de la digitalización, el 48 % ha medido esta disminución mediante indicadores como litros de tinta, tóner u otros insumos; el 32 % no lo ha hecho y el 19 % señala que posiblemente lo haya realizado.

Respecto al impacto de la reducción de papel en los costos de operación, el 74 % de los encuestados indica que ha sido positivo, mientras que el 26 % afirma que no ha tenido efecto. Entre quienes reportan un impacto positivo, el 70 % lo atribuye a la disminución en el consumo de insumos, el 12 % aún no lo identifica, el 6 % lo relaciona con prácticas de reciclaje, el 6 % señala que permite optimizar el uso de espacios físicos y otro 6 % indica que agiliza el flujo de información.

Al considerar la digitalización en general, el 97 % considera que esta ha contribuido a una mayor eficiencia en sus despachos, mientras que el 3 % cree que tal vez haya tenido este efecto.

Compromiso con la sostenibilidad y los ODS

El 56% de los despachos desconoce los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mientras que el 36% afirma conocerlos y el 10% indica que tal vez los conoce. En relación con la ODS 12, enfocada en la producción y el consumo responsable, el 55% declara no estar informado, el 29% sí y el 16% responde que tal vez.

Respecto a si sus prácticas contables digitales contribuyen a este objetivo, el 49% considera que sí, el 39% que tal vez y el 13% que no. Sobre la disposición para implementar más prácticas sostenibles en sus despachos, el 52% señala que lo haría a corto plazo, el 36% a mediano plazo y el 13% a largo plazo.

Opinión y proyección

Entre los principales beneficios observados con la digitalización, los despachos mencionaron el 40% una reducción de tiempo y costos, el 20% una mayor rapidez en los procesos, el 13% ahorro de espacios y almacenamiento, el 7% una disminución del uso de papel, el 7 % un mejor control de la información, el 7% eficiencia en los procesos y el 4% una mayor seguridad.

En cuanto a las barreras para eliminar completamente el uso de papel, el 40% señala que se debe a solicitudes de clientes o instituciones públicas y privadas; el 15% por motivos de seguridad; otro 15% indica que algunos trámites aún requieren documentos físicos; el 12% atribuye la dificultad a la costumbre o resistencia al cambio; el 6% menciona errores en los sistemas; otro 6% no respondió y el 6% restante indicó otras razones distintas a las mencionadas.

Respecto a las recomendaciones que hacen los despachos para avanzar hacia la sostenibilidad, el 45% sugiere el manejo digital de la información; el 23% propone la disminución del uso de papel; el 16% enfatiza la actitud para adoptar el cambio; el 13% recomienda mantenerse actualizado en tendencias y el 3% sugiere realizar un análisis de costo-beneficio.

El 90% de los despachos indica que recomienda a sus clientes reducir el consumo de papel, mientras que el 10% restante no lo hace.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que la digitalización ha transformado de manera significativa el trabajo en los despachos contables, reduciendo de forma notable el uso de papel. Hoy, el 94 % utiliza software y plataformas digitales, y entre el 36 % y el 42 % ha digitalizado más de la mitad de sus procesos. Esto se traduce en beneficios concretos: menos consumo de insumos, ahorro de tiempo y reducción de costos operativos.

Sin embargo, el camino hacia un entorno totalmente libre de papel todavía presenta retos. La elaboración de documentos físicos —como estados financieros, contratos o cartas de ingresos— sigue siendo frecuente, ya sea por requisitos legales o por solicitud de los clientes. Además, la falta de políticas internas en más de la mitad de los despachos y la ausencia de una medición constante de resultados impiden aprovechar al máximo las ventajas de la digitalización.

En cuanto a sostenibilidad, el conocimiento sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12, sigue siendo limitado. Esto dificulta que las prácticas digitales se integren plenamente en una estrategia ambiental. Aun así, casi la mitad de los despachos reconoce que sus acciones ya aportan a este objetivo y muestra disposición para hacer más en el futuro.

La digitalización es, sin duda, una herramienta estratégica para reducir por completo el uso de papel y avanzar en el cumplimiento del ODS 12. Para lograrlo, es necesario reforzar las políticas internas, implementar sistemas claros de medición, optimizar procesos digitales, fomentar una cultura organizacional comprometida con la sostenibilidad y establecer acuerdos con clientes e instituciones que validen los formatos electrónicos. Con estos pasos, los despachos contables podrán consolidar un modelo de trabajo más eficiente, rentable y respetuoso con el medioambiente.

Difundir los beneficios de la digitalización y motivar al personal es clave para que el cambio sea real y sostenible. Mostrar resultados tangibles —ahorros de tiempo, reducción de costos y disminución del consumo de papel— facilita la adopción de estas prácticas. Asimismo, compartir casos de éxito dentro de la organización puede inspirar y animar a todos a seguir avanzando hacia una digitalización completa, que no solo mejore el desempeño del despacho, sino que también contribuya al cuidado del planeta.

También es importante destacar que algunos profesionistas no conocen los Objetivos de Desarrollo Sostenible, probablemente los encargados de promoverlo pues tienen que hacer más publicidad o hacer llegar la información con un alcance más grande.

Dentro de nuestras conclusiones están las siguientes:

- 1.- **Reducción significativa del uso de papel:** La implementación de sistemas contables digitales ha permitido disminuir el consumo del papel en los despachos contables, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento del ODS 12.
- 2.- **Mejorar la eficiencia operativa:** Los encuestados reportan ahorros en tiempo, espacio físico, costos de operación y mayor seguridad en el manejo de información.
- 3.- **Transformación cultural en la profesión contable:** Aunque existen resistencias, la mayoría de los profesionales reconoce los beneficios de la digitalización y recomienda su adopción como estrategia de sostenibilidad.
- 4.- **Contribución al desarrollo sostenible:** La contabilidad digital no solo optimiza procesos, sino también promueve prácticas responsables en el uso de recursos, alineándose con los principios de la Agenda 3030.
- 5.- **Necesidad de capacitación y sensibilización:** Para avanzar hacia una “oficina sin papel”, es fundamental capacitar al personal contable, sensibilizar a los clientes y fortalecer la cultura organizacional en torno a la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- De la Cruz, M., & Rivas, J. (2020). Contabilidad ambiental: fundamentos y aplicaciones. Editorial Ecofinanzas.
- García, L. (2019). Gestión documental en despachos contables. *Revista Contaduría Pública*, 45(2), 34–41.
- González, A. (2021). Digitalización contable y sostenibilidad: una mirada desde la práctica profesional. *Revista de Innovación Contable*, 12(1), 22–30.
- Gutiérrez, P. (2019). Oficinas sin papel: hacia una cultura organizacional sostenible. *Revista Gestión Verde*, 8(3), 15–27.
- López, M., & Martínez, R. (2020). Sistemas contables en la nube: eficiencia y transparencia. *Revista Tecnología y Finanzas*, 10(4), 55–63.
- López, S., & Sánchez, D. (2021). Transformación digital en contabilidad: retos y oportunidades. *Revista Contabilidad y Sociedad*, 13(2), 40–52.
- Londoño, C., & Herrera, T. (2021). Indicadores ESG en la práctica contable. *Revista de Sostenibilidad Empresarial*, 9(1), 18–29.
- Navarrete, F., & León, V. (2022). ODS 12 y la gestión contable responsable. *Revista Agenda 2030*, 7(2), 30–38.
- Ochoa, L., & Morales, E. (2022). Educación contable y sostenibilidad: una propuesta formativa. *Revista Pedagogía Financiera*, 6(1), 12–25.
- ONU. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Paz, J., & Ulloa, M. (2020). Prácticas sostenibles en despachos contables. *Revista Ética Profesional*, 11(3), 25–33.
- Pérez, R., & Salgado, N. (2022). Gestión de residuos en oficinas contables. *Revista Medio Ambiente y Empresa*, 5(4), 38–45.
- Ramírez, C., Torres, M., & Vega, S. (2022). Impacto ambiental del papel en la contabilidad. *Revista Eco Contable*, 14(1), 60–72.
- Rodríguez, J. (2020). Competencias digitales en la profesión contable. *Revista Formación Profesional*, 9(2), 44–50.
- Serrano, D., & Acuña, F. (2020). Producción de papel y su huella ecológica. *Revista de Recursos Naturales*, 6(3), 20–29.
- Valencia, H., & Méndez, A. (2019). Contabilidad verde: una herramienta para la sostenibilidad. *Revista Finanzas Éticas*, 3(1), 10–18.

Análisis de condiciones laborales microempresas del noreste de Guanajuato, México

Josué Esaú Avalos Cardona¹
Diana Verónica Medina Jaramillo²
Samuel Hernández Galván³

¹Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato josue.avalos@utng.edu.mx

²Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato diana.medina@utng.edu.mx

³Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato samuel.hernandez@utng.edu.mx

Línea de investigación: Administrativa, Casos, Consultoría

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad analizar las condiciones laborales en las microempresas de los municipios de Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina, en el estado de Guanajuato. Se parte de la premisa de que gran parte de estas microempresas no cumplen correctamente con las disposiciones establecidas en la Ley Federal del Trabajo, lo que repercute negativamente en la calidad de vida de los trabajadores y limita la productividad regional.

El estudio se sustenta en la aplicación de instrumentos de recolección de datos de carácter cuantitativo, diseñados para evaluar aspectos esenciales de la relación laboral: contratación, jornadas de trabajo, salarios, prestaciones, condiciones de seguridad e higiene, capacitación y respeto a los derechos fundamentales. La hipótesis central sostiene que las microempresas de la región presentan un nivel insuficiente de cumplimiento de los estándares laborales, lo que genera precariedad laboral, rezago económico y disminución de la competitividad empresarial.

A partir de los resultados, el proyecto busca formular estrategias que fomenten una cultura de cumplimiento normativo en las microempresas, garantizando condiciones laborales dignas y equitativas. Dichas propuestas pretenden reducir conflictos laborales, fortalecer la relación entre empleadores y trabajadores, y promover prácticas sostenibles que favorezcan tanto la productividad empresarial como el bienestar social.

En conclusión, este proyecto se concibe como un aporte significativo al desarrollo económico y social de la región noreste de Guanajuato. Al identificar las principales problemáticas laborales y proponer soluciones viables, se busca promover empleos dignos, equitativos y sostenibles, contribuyendo al fortalecimiento de la productividad empresarial y al mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores.

Abstract

The purpose of this research project is to analyze the working conditions in microenterprises located in the municipalities of Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca, and Santa Catarina, in the state of Guanajuato. It is based on the premise that a large portion of these microenterprises do not adequately comply with the provisions established by the Federal Labor Law, which negatively affects workers' quality of life and limits regional productivity.

The study is supported by the application of quantitative data collection instruments designed to evaluate essential aspects of the labor relationship: hiring, working hours, wages, benefits, safety and hygiene conditions, training, and respect for fundamental rights. The central hypothesis asserts that microenterprises in the region show an insufficient level of compliance with labor standards, leading to job insecurity, economic stagnation, and decreased business competitiveness.

Based on the results, the project seeks to develop strategies that promote a culture of regulatory compliance among microenterprises, ensuring fair and decent working conditions. These proposals aim to reduce labor conflicts, strengthen employer-employee relations, and foster sustainable practices that benefit both business productivity and social well-being.

In conclusion, this project is conceived as a significant contribution to the economic and social development of the northeastern region of Guanajuato. By identifying the main labor issues and proposing viable solutions, it seeks to promote decent, fair, and sustainable employment, contributing to the strengthening of business productivity and the improvement of workers' quality of life.

Palabras clave:

Ley Federal del Trabajo

Microempresas

Condiciones laborales

INTRODUCCIÓN

El estudio de las condiciones laborales constituye un eje fundamental para comprender la dinámica económica y social de una región. En el estado de Guanajuato, principalmente en la región noreste se identifica un rezago y desconocimiento de condiciones laborales mínimas a garantizar por parte de los microempresarios, el crecimiento económico de los últimos años ha estado acompañado de transformaciones significativas en el mercado laboral. Sin embargo, este desarrollo no siempre ha garantizado mejoras proporcionales en la calidad del empleo, lo que plantea interrogantes sobre los derechos laborales, la seguridad social, los niveles salariales y las condiciones de trabajo en diversos sectores que a pesar de los cambios en la legislación laboral y los diversos mecanismos implementados para el cumplimiento de estas condiciones laborales, se identifica que las pequeñas y medianas empresas en los municipios de Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina no dotan de condiciones laborales consideradas como obligatorias en cualquier relación laboral por la normatividad vigente.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo analizar las condiciones laborales actuales en Guanajuato, considerando factores como el tipo de contratación, jornadas laborales, prestaciones, seguridad en el trabajo, y percepciones de los propios trabajadores. A través de un enfoque multidisciplinario y el uso de métodos cuantitativos, esta investigación pretende contribuir a una comprensión más profunda de los desafíos y oportunidades en el ámbito laboral de la región noreste guanajuatense, con miras a generar propuestas que promuevan empleos dignos, equitativos y con ello contribuir al desarrollo económico regional.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL:

Analizar las condiciones laborales en las microempresas de los municipios de Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina, en el estado de Guanajuato, durante los meses de abril a agosto del año 2025, para desarrollar propuestas orientadas a la mejora, actualización y adecuación de las relaciones laborales conforme al marco normativo laboral vigente en nuestro país, promoviendo prácticas laborales equitativas, sostenibles y alineadas con las necesidades socioeconómicas de la región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar las principales problemáticas y desafíos laborales en las microempresas de los municipios mencionados, mediante el uso de técnicas de recopilación de datos como encuestas.
- Evaluar el cumplimiento actual de las normativas laborales vigentes y su impacto en la calidad de vida de los trabajadores y en la productividad de las microempresas.

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

El presente estudio se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, orientado a medir de forma objetiva y precisa las condiciones laborales en las microempresas de los municipios de Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina, en el estado de Guanajuato. Este enfoque permitirá obtener datos numéricos y comparables sobre el grado de cumplimiento de la Ley Federal del Trabajo, identificando áreas de incumplimiento y oportunidades de mejora para el diseño de propuestas específicas.

Tipo y diseño de la investigación

La investigación es de tipo cuantitativo-descriptivo, ya que busca caracterizar la situación laboral actual en las microempresas sin manipular las variables de estudio.

El diseño es no experimental y transversal, debido a que la información se recopilará en un único periodo temporal (abril a agosto de 2025), observando los fenómenos tal y como se presentan en la realidad.

Población y muestra

La población objetivo está conformada por los trabajadores de microempresas ubicadas en los municipios de Atarjea, Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina.

La entrevista será a aquellos trabajadores que acepten participar de manera voluntaria y que laboren en distintos giros económicos (comercio, servicios y manufactura), con el fin de representar la diversidad productiva de la región.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica principal de recolección será la entrevista estructurada, aplicada de forma presencial a los trabajadores de las microempresas seleccionadas.

El instrumento consistirá en un cuestionario previamente diseñado con preguntas cerradas, elaborado conforme a los indicadores establecidos en la Ley Federal del Trabajo (jornada laboral, salario, prestaciones, seguridad social, capacitación, seguridad e higiene).

El cuestionario será elaborado por el Lic. Josue Esau Avalos Cardona atendiendo a lo mencionado sobre condiciones laborales en la ley federal del trabajo para que la entrevista sea pertinente al objetivo de la investigación.

Procedimiento

1. Diseño y validación del cuestionario para entrevistas estructuradas.
2. Contacto con las microempresas y solicitud de autorización para aplicar las entrevistas.
3. Capacitación a los encuestadores (alumnos que brindan apoyo) para estandarizar la aplicación del instrumento.
4. Gestión de transporte para trasladar a los encuestadores a los municipios que forman parte de la investigación.
5. Realización de entrevistas presenciales a los trabajadores durante el periodo abril–agosto de 2025.
6. Registro y organización de la información obtenida en una base de datos mediante el uso de herramientas de google forms.
7. Procesamiento y análisis estadístico de los resultados.
8. Elaboración de un informe con hallazgos y propuestas de mejora.

Métodos de análisis de datos

La información recolectada se analizará mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de frecuencia, porcentajes y gráficos que permitan visualizar el nivel de cumplimiento de la normativa laboral en las microempresas estudiadas, realizando un análisis por cada uno de los municipios integrados en la investigación.

Confidencialidad de la información

El proyecto garantizará la confidencialidad y anonimato de los participantes. La información obtenida será utilizada únicamente para fines de diagnóstico y elaboración de propuestas de mejora. Antes de iniciar la entrevista, se informará a cada trabajador sobre el propósito del estudio y se solicitará su consentimiento informado, identificándose el encuestador como profesor o alumno de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato se mencionara que dicha información tiene el único objetivo de realizar el proyecto académico.

FASES DEL DESARROLLO

1. **Diseño y validación del cuestionario**
 - Elaboración del instrumento de recolección de datos (encuesta) conforme a los indicadores de la Ley Federal del Trabajo.
2. **Contacto con las microempresas y solicitud de autorización**
 - Se gestionó el permiso de los centros de trabajo para aplicar las encuestas a sus empleados.
3. **Capacitación de los encuestadores**
 - Formación de los alumnos participantes para estandarizar la aplicación del cuestionario y garantizar la calidad de los datos recolectados.
4. **Gestión logística y transporte**
 - Organización del traslado de los encuestadores a los distintos municipios involucrados en la investigación (Xichú, Victoria, Doctor Mora, Tierra Blanca y Santa Catarina).
5. **Aplicación del instrumento**
 - Realización de entrevistas presenciales a los trabajadores durante el periodo abril–agosto de 2025.
6. **Registro y organización de la información**
 - Captura de los datos utilizando Google Forms para su posterior análisis.
7. **Procesamiento y análisis estadístico de los resultados**
 - Aplicación de técnicas de estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes, gráficos) para evaluar el grado de cumplimiento de la Ley Federal del Trabajo en los municipios mencionados.
8. **Elaboración del informe final**
 - Integración de los resultados obtenidos.
 - Selección de los principales hallazgos.
 - Formulación de propuestas de mejora en las condiciones laborales de las microempresas analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a las encuestas aplicadas en los diferentes municipios presentamos algunos de los resultados obtenidos que para nosotros dentro de esta investigación es importante analizar, los cuáles son los siguientes:

Tabla 1
Resultados obtenidos

Aspecto	Victoria	Santa Catarina	Xichú	Tierra Blanca	Dr. Mora
No cuentan con contrato de trabajo	56.7%	73.3%	72%	85.2%	35.9%
Perciben menos del salario mínimo	33.3%	40%	48%	29.6%	23.1%
No tengo vacaciones ni compensación económica	33.3%	53.3%	28%	40.7%	20.5%
No recibo aguinaldo	36.7%	66.7%	24%	51.9%	30.8%
No recibo la prestación del IMSS	86.7%	80%	76%	92.6%	43.6%

Dentro de la tabla anterior podemos observar que en los diferentes municipios carecen de formalidad en algunos aspectos legales, como lo son el contrato de trabajo, el respetar el salario mínimo, otorgamiento de vacaciones, proporcionar a los trabajadores una bonificación por concepto de aguinaldo y mucho menos que puedan tener al alcance un servicio de seguridad social.

Discusión

Para poder atender las áreas de oportunidad identificadas se presenta la propuesta de contrato individual para este tipo de empresas.

MODELO DE CONTRATO INDIVIDUAL DE TRABAJO

CONTRATO INDIVIDUAL DE TRABAJO [Especificar el tipo de contrato atendiendo a la duración de la relación laboral especificando los tiempos de duración de la relación laboral, pudiendo ser estos por tiempo determinado, por tiempo indeterminado, por obra, por temporada, periodo de prueba o capacitación inicial, atendiendo al requisito número dos del artículo 25 de la ley federal del trabajo], **que celebra por una parte** [mencionar nombre del trabajador o trabajadora] **a quien en lo sucesivo se le denominará “EL COLABORADOR”, por otra parte** [en caso de que la parte patronal sea persona física mencionar nombre, en caso de ser persona moral mencionar su denominación o razón social y quien le representa en la celebración del contrato laboral], **a quien en lo sucesivo se le denominará “EL PATRÓN”**, ambas partes se sujetan a las siguientes:

DECLARACIONES:

Declara el colaborador: [Mencionar información solicitada en el artículo 25 de la ley federal del trabajo fracción I mencionando los siguientes datos del trabajador: nacionalidad, edad, sexo, CURP, RFC, domicilio, identificar que los menores de 15 años no pueden estar sujetos a una relación laboral, los mayores de 15 y menores de 16 son considerados menores trabajadores y tienen condiciones laborales diversas atendiendo al capítulo de menores trabajadores]

Declara el patrón: [Mencionar domicilio, objeto social de la negociación, RFC, representante que actúa en el contrato en caso de ser persona moral, en caso de persona física mencionar nacionalidad, domicilio, CURP, RFC].

CLÁUSULAS:

PRIMERA: El colaborador se desempeñará en el puesto de: [mencionar el puesto para el cual se está generando la contratación], **desarrollando las siguientes actividades:** [Detallar las actividades que desarrollará el colaborador en su jornada laboral, describiendo de forma detallada todas las actividades encomendadas, dado que la relación laboral se restringe a las actividades laborales mencionadas en el contrato y que se vinculen al puesto para el cual fue contratado el colaborador, con este punto se cubre el requisito establecido en la fracción III del artículo 25 de la ley federal del trabajo].

SEGUNDA: El colaborador desarrollará las actividades laborales en: [Detallar el domicilio en el cual el trabajador deberá cumplir sus actividades dentro de la jornada de trabajo, si se trata de trabajos itinerantes hacer mención de ello y de las rutas que deberá cubrir el colaborador, con esta información se cubre el requisito de la fracción IV artículo 25 de la ley federal del trabajo]

TERCERA: El trabajador se desempeñará en un horario de _____, los días _____: [mencionar horario de entrada y salida, identificar que tipo de jornada se desarrolla para respetar límites de horarios establecidos en la ley federal del trabajo, 8 horas para jornada diurna (si la jornada de trabajo está comprendida entre las 6:00 a las 20:00 horas) , 7 para jornada nocturna (si la jornada de trabajo está comprendida entre las 20:00 a las 6:00 horas) y 7 y media para jornada mixta (si la jornada comprende periodos de jornada diurna y nocturna siempre y cuando no exceda de 3 y media horas de nocturna)], **teniendo un periodo de reposo o descanso en el siguiente horario _____** [mencionar si el colaborador contará con un periodo de reposo o descanso de por lo menos media hora cuando se trate de jornada continua, si este periodo de reposo le permite salir del centro de trabajo no se computa

como tiempo laborado, si el colaborador no está en posibilidades de salir del centro de trabajo este periodo de reposo se computará como tiempo laborado, con la información de esta cláusula se cumple con el requisito establecido en el art. 25 fracción V de la ley federal del trabajo]

En la siguiente cláusula se incluyen aspectos de la fracción VI y VII del art. 25 de la ley federal del trabajo esto es: forma y monto del salario, día y lugar de pago del salario.

CUARTA: El colaborador recibirá la cantidad de \$ [especificar la cantidad y la periodicidad del pago, de acuerdo a lo establecido en la ley federal del trabajo se pagará de forma semanal cuando se trate de trabajos materiales y de forma quincenal para trabajos intelectuales, identificar que se debe respetar la disposición del salario mínimo vigente en la región, se hará mención que el salario podrá estar sujeto a descuentos contemplados en la ley federal de trabajo como ISR, Cuotas sindicales, etc], **el salario le será depositado / entregado al colaborador los días _____** [Se hará mención de la forma en la cual se pagará el salario, en el caso de ser en efectivo se tendrá que hacer mención del lugar en el cual le será entregada la cantidad, en el caso de que le sea depositado a una tarjeta de debito hacer mención de la cuenta a la cual le será depositada la cantidad].

QUINTA: El colaborador se compromete a acudir a las capacitaciones a las cuales sea convocado por la empresa conforme al plan de capacitación diseñado para el puesto contratado. [Las capacitaciones se procurará sean brindadas en días y horas laborales, con esta cláusula se cumple el requisito de la fracción VIII del art. 25 de la ley federal del trabajo]

SEXTA: El colaborador gozará de un periodo vacacional de 12 días al cumplir el primer año laborado, el cual se incrementará en dos días por año hasta llegar al quinto año, a partir de este periodo se incrementaran dos días de vacaciones por cada 5 años laborados, el colaborador de forma anual será informado del número de días de vacaciones que le corresponden, en consenso con el patrón se definirán los periodos en los cuales se tomarán los periodos vacacionales, durante el periodo vacacional el trabajador percibirá por concepto de prima vacacional el 25%, si por alguna circunstancia la relación laboral culmina sin cumplir el año el trabajador tendrá derecho a las partes proporcionales.

SÉPTIMA: El colaborador recibirá por concepto de aguinaldo el monto correspondiente a 15 días de salario los cuales le serán entregados antes del 15 de diciembre.

OCTAVA: El colaborador tendrá derecho a un día de descanso semanal, el cual será el día _____, el cual se pagará íntegramente dentro del salario semanal, además de los días establecidos en el artículo 74 de la ley federal del trabajo, si por alguna circunstancia el patrón acuerda con el trabajador laborar alguno de los señalados como día de descanso el colaborador recibirá como remuneración por estos días laborados su salario íntegro más un pago doble.

NOVENA: En caso de que el colaborador acuerde con el patrón laborar en día domingo además de los pagos correspondientes, este recibirá un 25% extra por concepto de prima dominical.

DÉCIMA: En el supuesto de que el colaborador acuerde con el patrón extender la jornada de trabajo, esta se considerará jornada extraordinaria y se pagará conforme a lo establecido en la ley federal del trabajo.

La información de las cláusulas sexta, séptima, octava, novena y décima cumplen con el requisito establecido en el artículo 25 fracción IX, estableciendo condiciones de trabajo, prestaciones, en este apartado se pueden incluir todas aquellas disposiciones que se consideren pertinentes para brindar certeza jurídica a las partes.

DÉCIMA PRIMERA: El trabajador designa como beneficiario a _____ para efectos del artículo 25 fracción X de la ley federal del trabajo. [En este apartado el trabajador hará mención de su beneficiario, de manera que ante una eventualidad que imposibilite al trabajador para cobrar su sueldo o bien prestaciones que se le adeuden al trabajador, el patrón se liberará de la obligación entregando las cantidades a su beneficiario, situación que brinda certeza jurídica al patrón]

FIRMA DEL PATRÓN

FIRMA DEL TRABAJADOR

2. Difusión de derechos laborales de los patrones y trabajadores así como condiciones laborales de la ley federal del trabajo mediante el diseño de trípticos, folletos en formatos físicos y electrónicos elaborados por alumnos y cuerpo docente de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato campus Victoria, los alumnos de los diversos municipios incluyendo los que son objeto de estudio en esta investigación se encargan de la difusión del material elaborado.

3. Capacitación sobre Condiciones Laborales de la ley federal del trabajo dirigida a patrones y trabajadores, impartida por alumnos y docentes de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato campus Victoria, donde se abordarán las siguientes temáticas:

- a. Condiciones de trabajo conforme a la ley federal del trabajo.
- b. Riesgos y accidentes de trabajo.
- c. Contratos laborales de trabajo
- d. Seguridad Social
- e. Taller impartido por docentes y alumnos de la Universidad tecnológica del Norte de Guanajuato dirigido a microempresarios sobre elaboración de expedientes laborales, contratos laborales y avisos de rescisión.

4. Taller impartido por docentes y alumnos de la Universidad tecnológica del Norte de Guanajuato dirigido a trabajadores sobre seguridad social, en el cual se menciona la relevancia de la seguridad social, integración de cuentas de afore, subcuenta de vivienda, apertura de expedientes electrónicos de afore e infonavit.
5. Elaboración de lista de verificación (check list) de cumplimiento a condiciones laborales para patrones, de manera que puedan llevar control de cómo integrar los expedientes laborales, contratos laborales y dar cumplimiento a las condiciones laborales establecidas en la ley federal del trabajo.

Mencionar que las diversas estrategias presentadas se centran en actividades que puedan realizarse de forma colaborativa docentes y alumnos de la UTNG campus Victoria, les permitirá a los alumnos poner en práctica conocimientos e influir en su entorno de forma positiva.

CONCLUSIÓN

El trabajo de investigación surgió como una inquietud y necesidad por contribuir al desarrollo económico regional desde la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato Campus Victoria, la investigación resultó un poco compleja por cuestiones de acceso a los diversos municipios objeto de estudio además de problemas de conectividad, con la colaboración de alumnos de la institución se logró recabar la información necesaria para desarrollar el análisis de condiciones laborales en los diversos municipios objeto de estudio, a partir de los datos recabados se logró identificar que en términos generales los microempresarios de los municipios encuestados no dan cumplimiento a los diversos rubros de condiciones de trabajo que la ley federal del trabajo marca como indispensables y obligatorios en todas las relaciones laborales lo cual representa una barrera para el desarrollo económico regional y que se configura como un área de oportunidad, a partir de ello se generan propuestas factibles y viables en las cuales se puede colaborar en la procuración de cumplimiento a la ley federal del trabajo en las relaciones laborales de los municipios de la región noreste del estado de Guanajuato, a manera de resumen en el presente trabajo de investigación se desarrolló un cuestionario pertinente para lograr identificar el grado de cumplimiento de las condiciones laborales en las microempresas de municipios de la zona noreste del Estado de Guanajuato, se determinó el número de encuestados de acuerdo a la fórmula, con apoyo de los alumnos de la Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato se realizó la aplicación de encuestas, se desarrolló una base de datos por municipio para posteriormente generar el análisis de las condiciones laborales, de forma colegiada por los participantes del proyecto se realizó el análisis e interpretación de los datos para identificar áreas de oportunidad y generar estrategias tendientes a atenderlas y procurar el cumplimiento de la normatividad laboral en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2024). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2024). *Ley Federal del Trabajo*. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFT.pdf>
- de la Cueva, M. (2007). *Derecho mexicano del trabajo* (6.^a ed.). Editorial Porrúa.
- Castillo, G. (2018). *Derecho del trabajo y de la seguridad social en México*. Oxford University Press.
- García Ramírez, S. (2016). *Derecho laboral mexicano*. Editorial Porrúa.
- Valencia Carmona, J. (2019). *Derecho individual del trabajo*. Editorial Tirant lo Blanch.
- Rojas, A. (2021). *Derecho colectivo del trabajo en México*. Editorial UNAM.
- De la Cueva, M. (2011). *El nuevo derecho mexicano del trabajo* (Tomo II). Porrúa.
- De la Cueva, M. (1949). *Derecho mexicano del trabajo* (Tomo II). Porrúa.
- De Buen Lozano, N. (1996). *Derecho del trabajo* (Tomo II). Porrúa.
- Pardío, A. (2021). *Derecho del trabajo*. Porrúa.
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2017). *Los derechos humanos laborales*. CNDH.
- González Chávez, G. (Coord.). (2020). *Importancia de las MIPYMES en el desarrollo económico de México*. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2025). *Temas y políticas clave sobre PYMEs y emprendimiento en México*.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social [STPS]. (2024). *Marco normativo de Seguridad y Salud en el Trabajo*.

Diseño de inversores para su uso en paneles solares.

Alvaro Hernández Sandoval¹, Juana Martha Hernández Sandoval², Eduardo Salinas Rodríguez³, Antonio García Narvaez⁴

¹Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: alvarohernandez@utng.edu.mx

²Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: juana.hernandez@utng.edu.mx

³Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: eduardosalinas@utng.edu.mx

⁴Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato, e-mail: antonioagarcia@utng.edu.mx

Línea de investigación: Calidad de la Energía (Mecatrónica)

Resumen

Este proyecto presenta el diseño y simulación de un inversor para paneles solares, con el objetivo de conocer las topologías actuales y confiabilidad en la conversión de energía CD-CA. Se analizan primero los inversores tradicionales y sus limitaciones, para luego estudiar distintas topologías (medio puente, puente completo y multinivel) y seleccionar un diseño de un inversor multinivel (3 niveles) con sus simulaciones correspondientes. A lo largo del trabajo se muestran fundamentos teóricos y simulaciones que validan su funcionamiento, destacando que este tipo de inversor genera una onda de salida más cercana a la senoidal, reduce armónicos y cumple con la NOM-001-SEDE-2012, resultando una alternativa confiable, escalable y segura para aplicaciones en sistemas fotovoltaicos modernos.

Palabras clave: Inversor, forma de onda senoidal, sistema fotovoltaico, multinivel CD-CA.

Abstract

This project presents the design and development of an inverter for solar panels, with the objective of understanding current topologies and reliability in DC-AC energy conversion. Traditional inverters and their limitations are analyzed first, followed by a study of different topologies (half-bridge, full-bridge, and multilevel) and the selection of a multilevel inverter design (3 levels) with its corresponding simulations. Throughout the work, theoretical foundations and simulations that validate its operation are presented, highlighting that this type of inverter generates an output waveform closer to a sinusoidal waveform, reduces harmonics, and complies with NOM-001-SEDE-2012, resulting in a reliable, scalable, and safe alternative for applications in modern photovoltaic systems.

Keywords: Inverter, sinusoidal waveform, photovoltaic system, multilevel DC-AC.

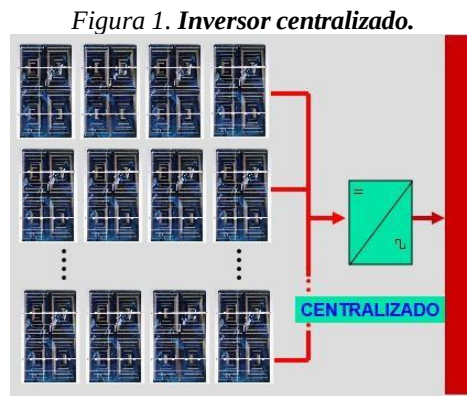
INTRODUCCIÓN

Actualmente existen en el mercado varias topologías de inversores que se aplican a sistemas aislados. No todas las topologías actuales generan una señal senoidal adecuada para alimentar los equipos que se puedan conectar a ellos en una zona rural (TV, Refrigerador, horno de microondas, lámparas). Por lo que analizaremos algunas topologías y diseñaremos un inversor que cumpla de acuerdo con la normativa vigente para ser empleado en sitios aislados.

DESARROLLO

Las nuevas topologías actuales de inversores surgieron para resolver varios problemas asociados con los inversores convencionales (también llamados inversores centralizados) en sistemas de paneles solares.

La figura 1 nos presenta un ejemplo simple de un inversor centralizado.



Estos son los principales problemas que se presentan con los sistemas que tienen un inversor centralizado:

- Si un panel en un sistema conectado en serie está sombreado o sucio, afecta el rendimiento de toda la cadena, reduciendo significativamente la producción de energía.
- Solo se monitorea el rendimiento de toda la cadena, lo que dificulta identificar fallos en paneles individuales.
- Si el inversor central falla, todo el sistema deja de producir energía.
- Suelen durar entre 10-15 años, menos que los paneles solares (25-30 años), requiriendo reemplazo.
- Requieren cadenas de paneles con configuraciones específicas (misma orientación e inclinación).

A continuación, se presentan algunas de las ventajas de las nuevas topologías:

- Cada panel tiene su propio inversor, por lo que, si uno está sombreado, solo ese panel se ve afectado, manteniendo el resto al máximo rendimiento.
- Proporcionan monitoreo panel por panel, facilitando la detección de problemas (suciedad, fallos, robos, etc.).
- Al ser independientes, si uno falla, los demás siguen funcionando, aumentando la confiabilidad del sistema.
- Tienen una vida útil más larga (hasta 25 años) y, al estar distribuidos, su fallo no paraliza todo el sistema.
- Permiten diseños más flexibles, con paneles en diferentes orientaciones (ej.: este y oeste) sin pérdidas significativas.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular un inversor multinivel de alta eficiencia, compacto y escalable, capaz de convertir la energía de paneles solares individuales en CA para sistemas aislados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diseño del inversor multinivel (3 niveles)
- ✓ Mejora del diseño del inversor multinivel para su implementación física.

OBJETO DE ESTUDIO

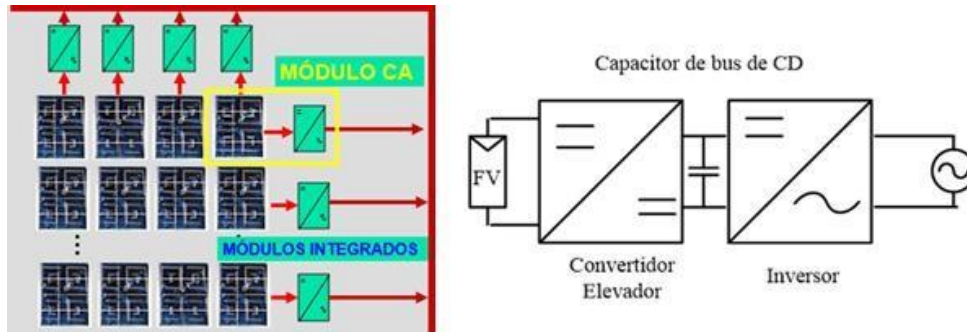
Los inversores se utilizan en una gran cantidad de operaciones que van desde la alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la energía generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o para poder ser utilizados en instalaciones eléctricas aisladas.

METODOLOGÍA

Diseño del inversor

Inicialmente se propuso que se diseñara un inversor multinivel para cada panel solar como se ilustra en la figura 2. Pero se tenía que agregar una etapa previa de elevación de voltaje por lo que implica más componentes debido al convertidor CD CD elevador.

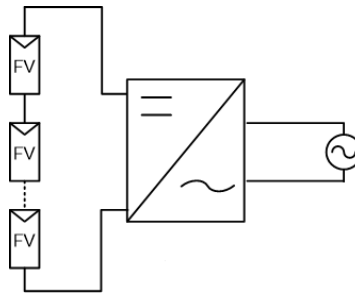
Figura 2. *Propuesta inicial del inversor.*



Mapeo del Proceso

El diseño del inversor será un inversor multinivel de 3 niveles, mediante el uso de 4 paneles solares de 30.12 volts de CD conectados en serie para obtener 120 V de CD con una salida de 127 volts rms de CA. En la figura 3 se observa el esquema básico empleado para nuestro diseño.

Figura 3. *Esquema básico de la propuesta final.*



Para comenzar hay que entender el funcionamiento de un inversor o convertidor de CD/CA. Un inversor sirve para poder convertir el voltaje de corriente directa en voltaje de corriente alterna. Esto se logra de la siguiente manera:

1. **Fuente de entrada:** La energía de corriente directa puede ser producida de fuentes renovables, baterías y de motores de corriente directa. Este tipo de energía tiene la característica de que su voltaje en la mayor parte del tiempo es lineal y no se ve afectado bruscamente con el paso del tiempo.
2. **Etapa de conmutación:** Esta es por decirlo de la siguiente manera, la parte más importante del inversor ya que es en donde por medio de la ayuda de transistores MOSFET o IGBT podemos hacer que la fuente de entrada de corriente directa cambie de una forma a la cual se parezca al voltaje que es de corriente alterna ya que estos simulan a estar activando o desactivando interruptores pero con voltajes en vez de hacerlo manual, ya que los inversores deben de trabajar con altas frecuencias para hacer el tipo de conmutación deseada.
3. **Etapa de control:** En esta parte los transistores del inversor pueden ser controlados mediante un microcontrolador o de forma analógica (mediante la comparación de señales de voltaje como PWM o sinodales).
4. **Etapa de filtrado:** En esta etapa es en donde por medio de arreglos de inductores y capacitores (Filtro LC) se logra una mejora en la salida de la forma de onda de la tensión para la cual se diseña el inversor.

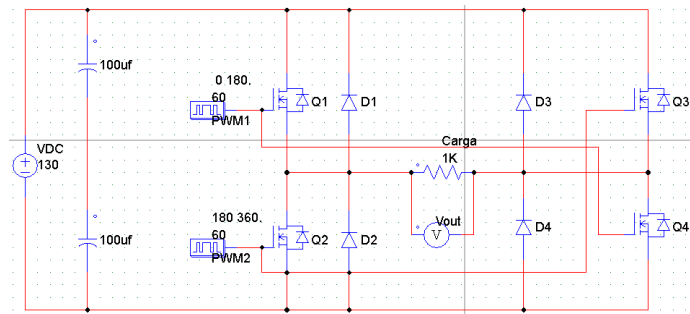
FASES DEL DESARROLLO

El estado del arte

Inversor monofásico de puente completo

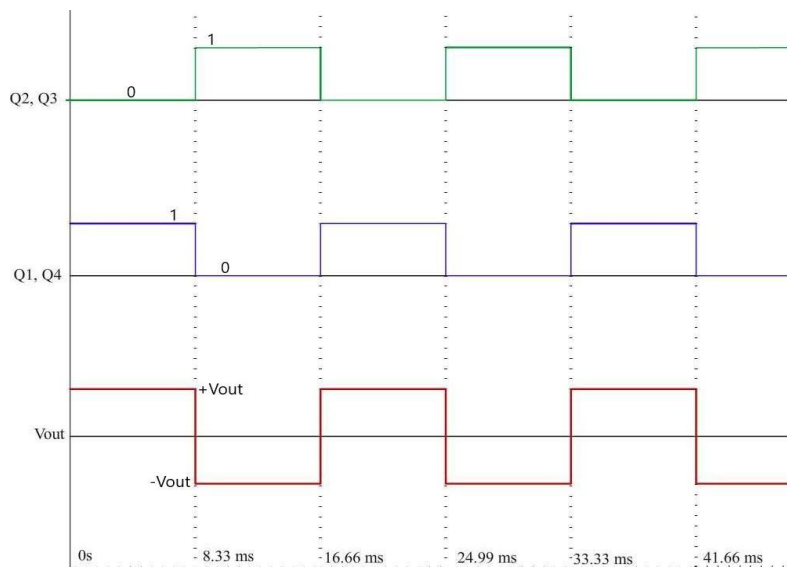
La figura 4 presenta un inversor monofásico de puente completo, también llamado inversor en puente H, es un circuito electrónico de potencia que transforma corriente directa CD en corriente alterna CA utilizando cuatro interruptores electrónicos típicamente transistores IGBT o MOSFET ordenados como un puente en forma de "H".

Figura 4. Inversor Puente H.



Dos interruptores opuestos se activan a la vez, inyectando el voltaje positivo de la fuente CD a la carga. Luego, los otros dos interruptores opuestos se encienden invirtiendo la polaridad del voltaje aplicado, así creando la porción negativa de la onda. Repitiendo este ciclo constantemente genera una señal alterna a la salida como se observa en la figura 5.

Figura 5. Gráficas de conmutación del inversor de puente completo.



Dentro de sus características más relevantes es que produce un voltaje de salida de $\pm V_{dc}$ tanto positivo como negativo refiriéndose a la fuente. Emite una onda cuadrada, la cual se puede afinar con técnicas de modulación PWM para asimilarse a una onda senoidal o agregando filtros LC a la salida (carga).

El esquemático de la figura 4 representa el circuito de un inversor monofásico en su configuración de puente completo. La fuente de alimentación "VCD", es una fuente de corriente directa que nos proporciona un voltaje de 130 volts y la resistencia de salida "Carga" representa la salida del voltaje en corriente alterna del inversor aplicado a la carga. Para ello emplea 4 conmutadores (para este caso son transistores MOSFET) que actúan como switch. Dos de ellos, los cuales son Q1 y Q4, se activan mediante el empleo de una señal de control PWM1 mientras que los otros dos Q2 y Q3, se activan mediante la señal de control PWM2. La idea en la que se basa esta configuración es la de activar y desactivar continuamente los conmutadores para generar la señal de corriente alterna.

Si se tiene en cuenta que las señales de control nunca van a permanecer activas al mismo tiempo, tendremos que:

- Mientras permanezca activa la señal PWM1, la corriente en el circuito pasara a través de los conmutadores Q1 y Q4. Para este caso, la tensión en la carga será aproximadamente el voltaje de VCD de +130 Volts.
- Cuando se desactive la señal PWM1 y se active la señal PWM 2, la corriente pasará a través de los conmutadores Q2 y Q3. Para este caso, la tensión en la carga será aproximadamente el voltaje de VCD de -130 Volts debido a que prácticamente se invierten las líneas de la fuente de VCD.

De esta manera, el proceso de conmutación estará variando entre encendido y apagado, pero sin tener las señales PWM encendidas al mismo tiempo ya que se pueden producir cortocircuitos. Para poder observar de una mejor manera el proceso de conmutación de los transistores, observe la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Activación de transistores

Conmutación básica de los transistores del puente H			
	0	180	360
Transistor Q1	1	0	1
Transistor Q2	0	1	0
Transistor Q3	0	1	0
Transistor Q4	1	0	1

En la tabla anterior, podemos observar el tiempo en el cual, cada transistor conmuta. El 0, 180 y 360 son representaciones en grados de la forma de onda senoidal que se desea obtener. Dado que la frecuencia del inversor será de 60 Hz para la obtención de la forma de onda; durante cada ciclo de frecuencia tenemos 360 grados en los cuales el voltaje de corriente alterna varía a través del tiempo. Los ceros en la tabla representan que los transistores se encuentran apagados y los unos representan que un transistor se encuentra encendido dejando así el paso de la corriente a través de él.

Este proceso de conmutación se observa mejor en la figura 5, en la cual tenemos que Vout que representa el voltaje de salida que se desea obtener. Q1 y Q4 representa el encendido y apagado de estos transistores. Q2 y Q3 representa el encendido y apagado de los otros dos transistores restantes. Nótese que en ningún momento los pares de transistores Q1, Q4 y Q2, Q3 se encuentran encendidos simultáneamente, debido a que como se mencionó anteriormente, se puede producir un cortocircuito.

El resultado del proceso de conmutación de los transistores debe de dar como resultado una forma de onda cuadrada alternante con una frecuencia de 60 Hz haciendo que el voltaje de CD de entrada sea prácticamente uno ya más parecido al de corriente alterna.

Inversor monofásico de puente completo mejorado

Para mejorar la forma de onda con este sistema de puente completo del micro-inversor, tenemos que hacer que el proceso de conmutación de los transistores pase también por cero volts para que pueda entregar una forma de onda más parecida al de la corriente alterna que se necesita para esta operación. Por lo que el proceso de conmutación debe de ser de positivo, pasar por cero, después ir a negativo, de nuevo al cero y para repetir; que pase otra vez a positivo y así consecutivamente partiendo del mismo circuito que se muestra en la ilustración 1.

Para lograr esto solo se tiene que modificar de otra forma el ancho de pulso de las señales PWM. La forma en la que se debe de hacer la conmutación se muestra en la siguiente tabla 2:

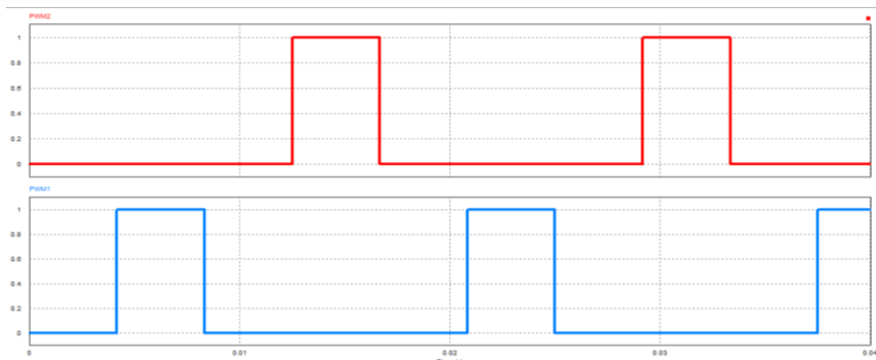
Tabla 2. Activación de transistores (H mejorado)

Tabla de conmutación de los transistores del puente H mejorado					
	0	90	180	270	360
Transistor Q1	0	1	0	0	0
Transistor Q2	0	0	0	1	0
Transistor Q3	0	0	0	1	0
Transistor Q4	0	1	0	0	0

En la tabla anterior se puede observar en que instantes del ciclo de la onda senoidal debe de cambiar el estado de los transistores. Igual que como se mencionó anteriormente; el 0, 90, 180, 270 y 360 son representaciones en grados de la forma de onda senoidal que se desea obtener. Dado que la frecuencia del inversor será de 60 Hz por segundo para la obtención de la forma de onda; durante cada ciclo de frecuencia tenemos 360 grados en los cuales el voltaje de corriente alterna varía a través del tiempo. En milisegundos la variación del tiempo se obtiene mediante el inverso de la frecuencia; la cual equivale aproximadamente a 16.66 ms; este tiempo es el total que dura un ciclo de la frecuencia por lo que 0 grados es el momento en el que inicia el periodo de frecuencia en 0 volts; 90 es el tiempo de 4.16 ms en el cual el voltaje será el voltaje máximo positivo de la fuente de alimentación de CD, 180 es el tiempo de 8.66 ms en el cual el

voltaje será de cero, 270 es el tiempo de 12.5 ms en el cual el voltaje será el voltaje máximo negativo de la fuente de alimentación de CD y 360 es el tiempo de 16.66 ms completando así un solo ciclo de frecuencia. Los ceros en la tabla representan que los transistores se encuentran apagados y los unos representan que un transistor se encuentra encendido dejando así el paso de la corriente a través de él. En la figura 6 se puede observar gráficamente el proceso de conmutación de las señales PWM para la activación de los transistores.

Figura 6. Conmutación de los transistores del puente completo mejorado.



El resultado del proceso de conmutación de los transistores debe de dar como resultado una forma de onda cuadrada alternante de cero a positivo, de positivo a cero, de cero a negativo y de negativo a positivo con una frecuencia de 60 Hz haciendo que el voltaje de CD de entrada sea prácticamente uno ya más parecido al de corriente alterna. El diseño de este tipo de inversor hace que este sea el límite máximo permitido de escalones de la onda alterna final por lo que, para poder obtener una forma de onda alterna con mayor cantidad de escalones, se debe de cambiar por completo el diseño del circuito ya que en este sistema si le agregamos más puntos de conmutación al sistema, solo hará que este cambiando entre 3 posibles puntos los cuales son solo positivo, el cero y el negativo de la fuente de CD.

Inversor multinivel

El desarrollo de un inversor multinivel es un poco más complejo de comprender en comparación con los sistemas anteriores; por lo que este diseño requiere un poco más de componentes y fórmulas para entender el concepto de cómo es que funciona un convertidor de cierto número de niveles. Para poder comenzar a entender este tipo de inversores multinivel, se debe partir desde su diseño más básico de 3 niveles; el cual es que se pretende realizar para este proyecto.

Los convertidores (inversores) multinivel son considerados como una mejora de los convertidores convencionales (como el que se mostró anteriormente). Estos sistemas pueden manejar frecuencias y potencias más altas que las habituales por su configuración y la manera en la cual estos trabajan. Las ventajas a comparación de los convertidores convencionales son que la producción de armónicos es mucho menor y los esfuerzos eléctricos en los dispositivos de conmutación tiene menor afectación siempre y cuando el diseño se realice de manera adecuada para este tipo de circuitos. Existen alrededor de 3 topologías para la creación de convertidores multinivel; para este caso se utilizará la más sencilla y eficiente la cual es llamada convertidor multinivel con diodos anclados o por sus siglas en inglés “DCMLI”, diode clamped multinivel invertir. La simplicidad de este diseño, ayuda a entender de la mejor manera el concepto multinivel de una forma muy simple. El voltaje de salida de los convertidores debe de tener una forma escalonada y que siga la forma y frecuencia muy parecidos al de una onda senoidal que se desea obtener.

Lo primero que se debe de tener en cuenta para este tipo de convertidores multinivel es tener en cuenta el número de niveles que se desea obtener en el diseño final ya que de esta información se deriva todo el sistema del circuito.

Para un convertidor de “m” niveles se deberá de tener en cuenta los siguientes pasos para saber el diseño del circuito.

- Para saber el número de total de capacitores del circuito, se debe de emplear la siguiente formula:

$$m - 1 = \text{Número de capacitores}$$

Siendo m el número de niveles que se requiere para cualquier diseño.

Se le llama rama a cada par de transistores y diodos del diseño del convertidor el cual en todos los casos de “m” niveles, siempre deberá de contar con dos ramas. Por lo que de los pasos siguientes se debe de emplear el doble componentes que se obtiene de las siguientes fórmulas:

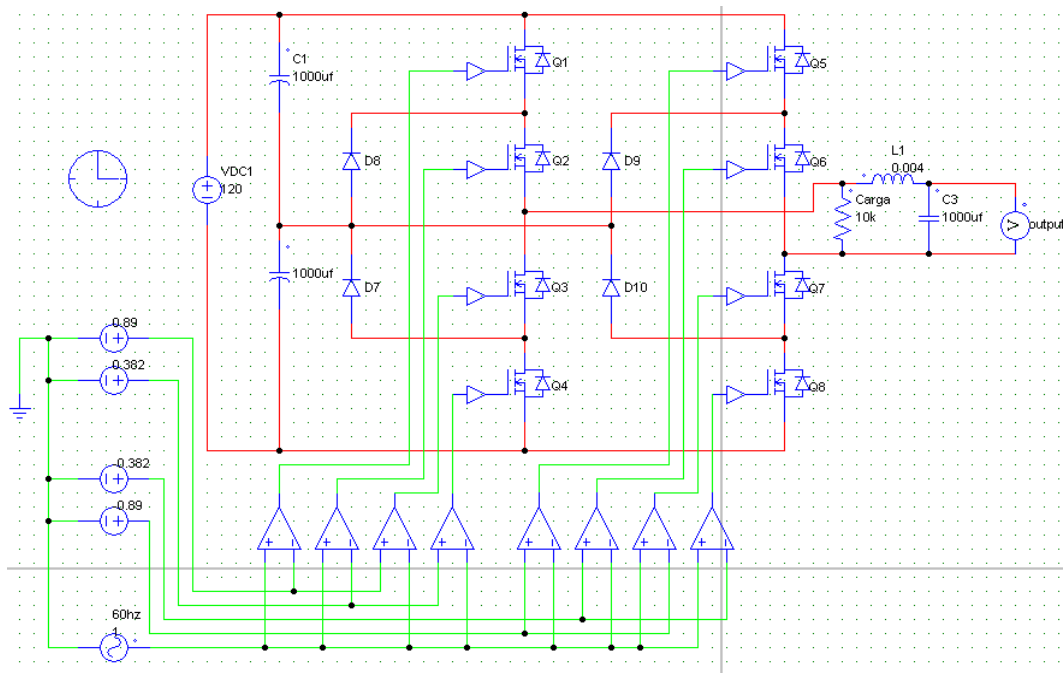
- Para saber el número total de dispositivos de conmutación, se debe de emplear la siguiente formula:

$$2 (m - 1) = \text{Número de dispositivos de conmutación}$$

La implementación de este diseño básicamente consiste en una fuente de CD que se encarga de suministrar la tensión, mediante dos capacitores C1 y C2 (obtenidos de las fórmulas anteriores) se encargan de dividir el voltaje en 2 niveles diferentes: el voltaje el capacitor C1 o C2 será de “VCD / 2” del voltaje de la fuente y entre el capacitor C2 y C1, será el voltaje “VCD” total del sistema.

La implementación de los diodos y dispositivos de conmutación obtenidos de las fórmulas anteriores, se debe de realizar a como se muestra en la ilustración 5, que sería la rama de los transistores Q1 a Q4. Debido a que un inversor multinivel de “m” niveles; este debe siempre de llevar 2 ramas en total por lo que el circuito final del inversor que se desea diseñar se muestra en la figura 7.

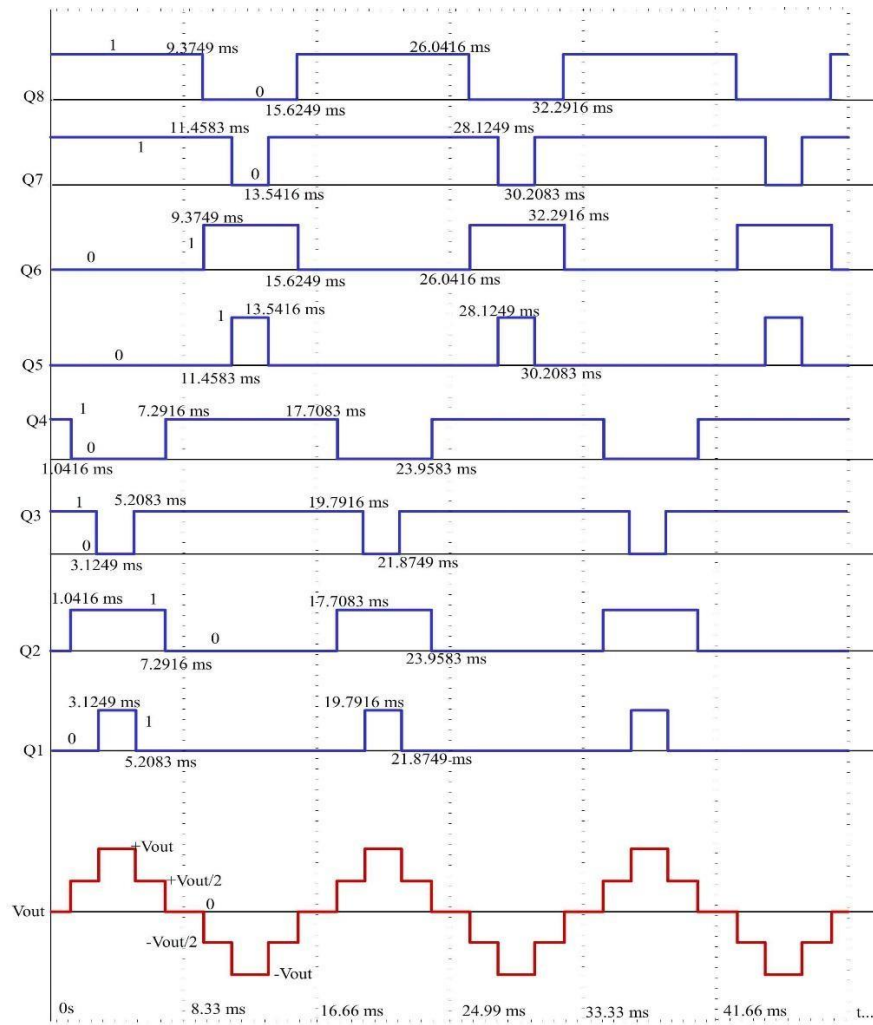
Figura 7. Circuito del inversor multinivel.



La salida (output) de voltaje, debe de ser una forma de onda de 3 niveles en los cuales los voltajes de los niveles van alternando a través del tiempo para que pueda seguir la forma de onda senoidal que se desea obtener.

La gráfica de conmutación final y sus respectivos tiempos de encendido y apagado de cada transistor, se muestra a continuación en la figura 8.

Figura 8. Gráfica de conmutación de los transistores del inversor de 3 niveles.



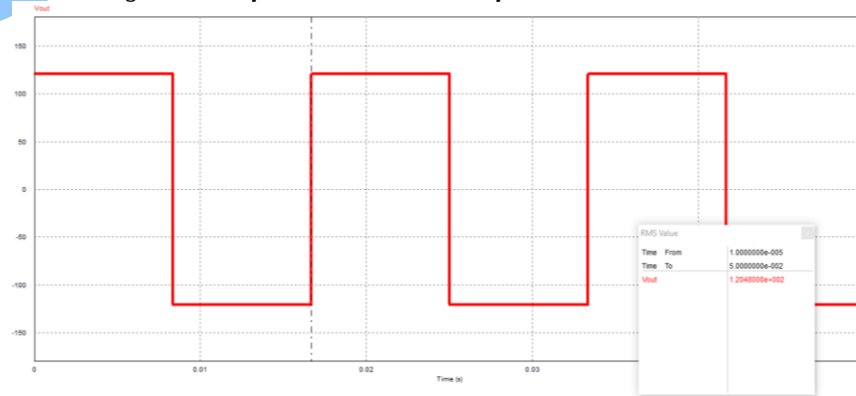
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como consideraciones finales del diseño y simulación, el inversor deberá trabajar mediante el uso de paneles solares de las siguientes características: Cada panel solar individual tiene una salida de voltaje de operación de 30.12 V de CD y una potencia máxima de salida de 250 watts, con una intensidad de corriente de 8.3A.

Por tanto, la entrada de CD para el correcto funcionamiento del micro inversor monofásico de onda cuadrada será con una conexión de 4 paneles solares conectados en serie para así obtener alrededor de 120.48 V de CD.

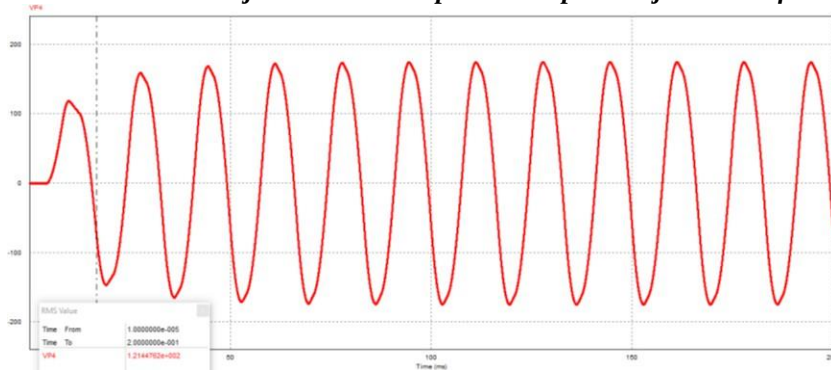
Del circuito de la figura 5 se tiene el diseño terminado del inversor monofásico de forma de onda cuadrada que se desea obtener mediante este prototipo. El resultado de la simulación se presenta en la figura 9.

Figura 9. Gráfica del inversor monofásico de onda cuadrada.



El resultado final de la forma de onda fue el esperado, su voltaje rms V_{out} tiene una salida de alrededor de 120.48 V rms a una frecuencia de 60 Hz. Pero el resultado de la onda senoidal con este formato de diseño no es el adecuado por lo que para ello debe de agregarse en la salida del voltaje un filtro LC conectado en paralelo y serie a la carga que se va a conectar al circuito. La gráfica de voltaje de salida de este inversor mejorado con filtro LC es la presentada en la figura 10.

Figura 10. Salida de voltaje del inversor de puente completo mejorado con filtro LC.

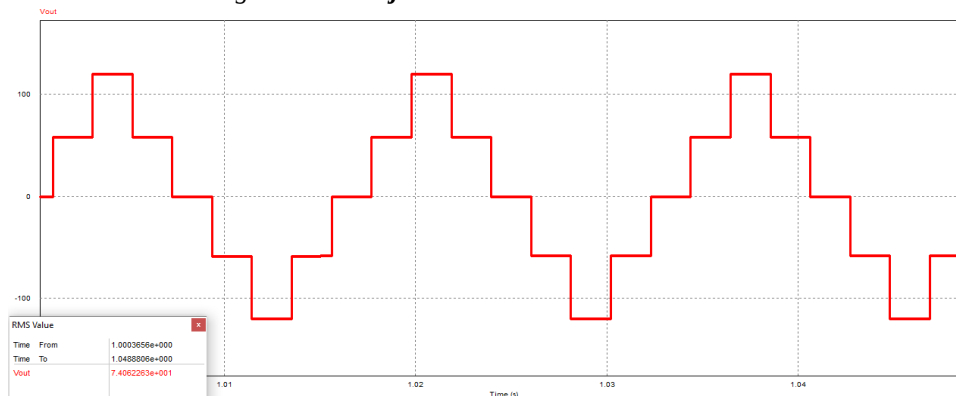


Ahora observemos que la salida de voltaje rms de este nuevo diseño obtiene un valor de 121.44 V rms de CA a una frecuencia de 60 Hz; lo cual está muy cercano al valor final de 127 V rms que se desea obtener.

Inversor multinivel (3 niveles)

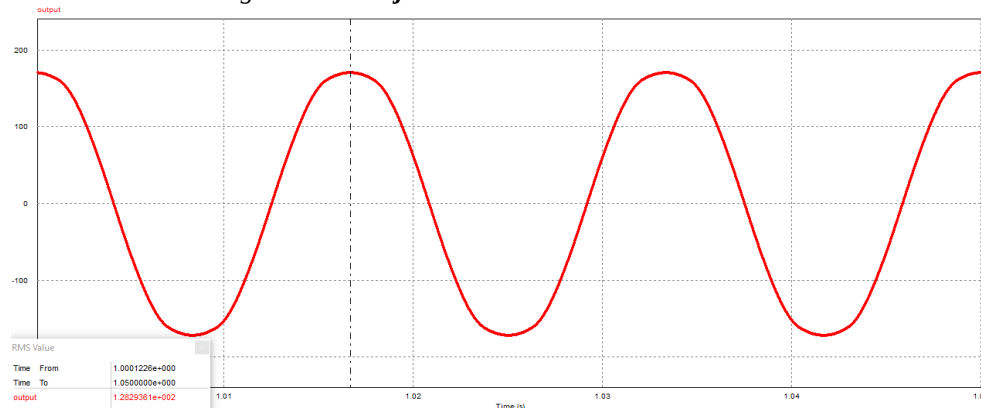
En la figura 11 tenemos el diseño final del circuito sin filtro a un voltaje de entrada de 120 V de CD, esto se logró mediante el uso de 4 paneles solares conectados en serie con un voltaje de 120.48 V de CD y una corriente de 8.3A. En la figura 11, tenemos la gráfica de conmutación de los transistores del inversor multinivel sin filtro LC, muestra el periodo de tiempo en el cual, cada transistor debe de conmutar para poder producir la forma de onda escalonada del inversor multinivel de 3 niveles. El resultado de la simulación del circuito de la figura 11 sin filtro, arroja la siguiente gráfica de voltaje.

Figura 11. Voltaje de salida del inversor de 3 niveles.



La gráfica de voltaje, tuvo el comportamiento esperado del inversor multinivel teniendo así la cantidad de niveles necesarios para los 3 niveles que se tenían como objetivo obtener. El voltaje rms es de 74.06V, pero si tiene una frecuencia fundamental de 60 Hz. Para poder hacer que la salida del voltaje sea una señal similar a la onda senoidal, a la carga del voltaje se conecta un filtro LC en paralelo a la carga para hacer más eficiente al voltaje de salida, para así disminuir lo más que se pueda la generación de armónicos. La figura 12 presenta la salida del voltaje del inversor multinivel con filtro LC.

Figura 12. Voltaje de salida del inversor de 3 niveles.



En el diseño del inversor multinivel, el valor del inductor se redujo de una manera considerable. En los dos diseños anteriores, el valor del inductor era demasiado grande para lo que se considera el tamaño del inversor, recuerde que la mayoría de los inductores usados en circuitos electrónicos, tienden a tener valores desde los pico-henrios hasta los mili-henrios. El tamaño del inductor de este nuevo y último diseño es de 4 mH por lo que su implementación en el micro inversor ahora si es factible y el tamaño del capacitor es de 1000 μ F haciendo que el filtro no sea tan voluminoso y que aparte pueda reducir los armónicos que se generan durante el proceso de conmutación de los transistores.

Del resultado de la ilustración 12, se obtiene un valor de voltaje rms de CA de 128.29 V con una frecuencia de 60 Hz, el tiempo graficado es de 1 segundo debido a que al inicio (como en los diseños anteriores), existe un periodo de oscilación de la salida del voltaje, el cual después de un tiempo tiende a estabilizarse y a funcionar de la manera para la que fue construido. Dando, así como resultado el valor que se desea obtener de un inversor de 127 V rms de CA de salida a una frecuencia de 60 Hz.

Características de los inversores conforme a la NOM-001-SEDE-2012

Un inversor debe necesariamente cumplir con los requisitos que se establecen en la normativa de la NOM-001-SEDE-2012 para poder tener un funcionamiento adecuado y eficiente para el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos que alimentará dicho convertidor. Los artículos de los cuales se basa este diseño de inversor son los siguientes:

Del **artículo 705 Fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas:** las fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas (inversores, generadores, sistemas solares fotovoltaicos, sistemas de celdas de combustible).

Del artículo **705-14. Características de la salida.** La salida de un generador u otra fuente de generación de energía eléctrica que opere en paralelo con un sistema de suministro de energía eléctrica, debe ser compatible con la tensión eléctrica, la forma de la onda y la frecuencia del sistema al cual esté conectado.

Del artículo **690-9 (C). Una sola alimentación de 120 volts.** Se permitirá que la salida del inversor de un sistema solar fotovoltaico autónomo suministre 120 volts a un equipo de acometida monofásico.

CONCLUSIÓN

El uso de los inversores de puente completo tiene la ventaja de tener pocos componentes eléctricos en su diseño y su lógica de funcionamiento es sencilla de comprender, el problema principal es que, debido a su construcción, tienden a producir gran cantidad de armónicos al valor del voltaje de salida que se desea obtener.

El uso de inversores multinivel representa un avance significativo en la conversión de energía eléctrica, especialmente en sistemas fotovoltaicos y de generación distribuida. Estos dispositivos permiten transformar la corriente continua de los paneles solares en corriente alterna de manera más eficiente y con menor distorsión armónica que los inversores tradicionales de un solo nivel. Al dividir el voltaje de salida en varios niveles discretos, los inversores multinivel reducen las pérdidas de conmutación y mejoran la calidad de la señal entregada a la carga, lo que se traduce en una operación más estable y segura.

La implementación de este tipo de inversores también contribuye al aprovechamiento máximo de la energía generada, ya que su control preciso de la conmutación y la facilidad de la modulación de señales permite ajustar la forma de onda de salida a los requerimientos específicos de la carga o de la red eléctrica.

Los inversores multinivel combinan eficiencia, flexibilidad y calidad de energía, siendo una solución moderna y confiable para sistemas eléctricos y renovables, potenciando la integración de energías limpias, sitios aislados y optimizando el rendimiento de los sistemas de generación distribuida.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enphase Energy. (2023). *History of Microinverters*.
2. Wood Mackenzie. (2023). *Global Solar Market Report*.
3. IEEE. (2021). *Evolution of PV Inverter Technologies*.
4. Muhammad H. Rashid. *Electrónica de potencia (3ra Edición)*. Pearson, Prentice Hall
5. *Topologies of single-phase inverters for small distributed power generator: an Overview*
6. Yaow-Ming Chen, Yuan-Chuan Liu, and Feng-Yu Wu, "Multi-input Converter with Power Factor Correction, Maximum Power.
7. D. B. Snyman and Johan Enslin, "Analysis and Experimental Evaluation of a New MPPT Converter Topology for PV Installations", *IEEE PESC*.

Firman y Cáceres. (2016) *Micro-inversores: principales topologías*. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/301689>

Diseño y Análisis de Actuadores Electrohidráulicos Para Dispositivo de Rehabilitación

Mtro. José Luis Manzo Reyes¹, Ing. Jonathan Vargas Ramírez²,
Ing. Guadalupe Belem Gutiérrez Mayer³, Ing. Adriana Cázares Bobadilla⁴

¹Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: jose Luis.manzo@utxicotepec.edu.mx ,

²Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: jonathan.vargas@utxicotepec.edu.mx ,

³Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: guadalupe.gutierrez@utxicotepec.edu.mx ,

⁴Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: adriana.cazarez@utxicotepec.edu.mx

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MECATRÓNICA

RESUMEN

Esta investigación muestra la metodología aplicada en el diseño y el análisis de actuadores electrohidráulicos para ser utilizados en dispositivos de rehabilitación y generar una movilidad lenta y controlada en la muñeca de la mano de personas diestras del sexo masculino en un rango de edades de los 18 a 35 años a través del Diseño Asistido por Computadora (CAD) con el software SolidWorks, los análisis de presión en las regiones internas más críticas en los actuadores, así como la comparación de dichas presiones entre los materiales PLA, Nilón y Aluminio 6063 empleando Análisis de Elementos Finitos (FEA) que son ejecutados por SolidWorks Simulation; el análisis realizado con la finalidad de conocer la velocidad máxima y la velocidad mínima generadas al momento del empuje de un fluido líquido como es el aceite mecánico biodegradable empleando Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) a través de SolidWorks Flow Simulation y el control de los movimientos para tres motores eléctricos de corriente directa tipo N20 generados por controladores que invierten el giro de los motores por medio de una tarjeta Arduino Mega con el software LabVIEW utilizando Modulación por Ancho de Pulsos (PWM). La propuesta de construcción física del dispositivo de rehabilitación se realiza por medio de tres actuadores electrohidráulicos colocados en una estructura base y una estructura de empuje empleando Ácido Poliláctico (PLA).

Palabras Clave: Aceite, Dispositivo, Metodología, SolidWorks, Rehabilitación.

ABSTRACT

This research presents the methodology applied in the design and analysis of hydraulic actuators intended for use in rehabilitation devices, aimed at generating slow and controlled wrist mobility in right-handed male individuals between the ages of 18 and 35. The process was carried out through Computer-Aided Design (CAD) using SolidWorks software, including pressure analyses in the most critical internal regions of the actuators, as well as the comparison of such pressures among PLA, Nylon, and Aluminum 6063 materials by means of Finite Element Analysis (FEA) executed with SolidWorks Simulation; the analysis was conducted to determine the maximum and minimum velocities generated during the pushing of a liquid fluid, specifically biodegradable mechanical oil, using Computational Fluid Dynamics (CFD) through SolidWorks Flow Simulation and motion control was implemented for three N20-type direct current electric motors, managed by controllers that reverse motor rotation via an Arduino Mega board with LabVIEW software, employing Pulse Width Modulation (PWM). The proposed physical construction of the rehabilitation device consists of three hydraulic actuators mounted on a base structure and a pushing structure, manufactured with Polylactic Acid (PLA).

Keywords: Oil, Device, Methodology, Simulation, SolidWorks, Rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de rehabilitación en el mercado suelen ser no siempre accesibles para clínicas o profesionales de rehabilitación debido a los materiales de construcción, a la tecnología de programación secuencial empleada o por los altos costos para su adquisición, por tales motivos, se busca realizar un dispositivo que minimice los costos de producción con remplazo de piezas fáciles de adquirir y que presenten técnicas de manipulación claras de entender (Araujo, Silva, Netto, Morya y Brasil 2021).

Los actuadores hidráulicos generan mayor potencia en los movimientos comparados con motores eléctricos y son económicos. Sin embargo, emplear componentes hidráulicos en ocasiones presentan algunas complejidades en el uso de sus partes y si no se tienen las consideraciones adecuadas son difíciles de mantener, sin embargo, para mejorar sus desventajas de operación, se integran sistemas electrohidráulicos reduciendo los costos de producción por la disminución de partes como son las válvulas de control (Song, Park y Baek, Y 2019).

Adquiriendo de manera presencial un archivo de escaneo 3D de la mano y el antebrazo derechos para ser empleado como molde digital, se obtienen los diseños en software CAD de los componentes mecánicos y electrohidráulicos en la creación de un dispositivo de asistencia para la rehabilitación de la mano derecha enfocado en pacientes masculinos de 18 a 35 años con la finalidad de ejecutar movimientos de flexión y extensión integrando disciplinas de la mecatrónica como es el Diseño Asistido por Computadora (CAD), el análisis de distintos materiales por medio de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) en el proceso de manufactura de componentes mecánicos y electrohidráulicos para soportar fuerzas de hasta 529 N y presiones por abajo de los 4MPa generadas por la mano en la posición de pinza gruesa.

Por medio del Software SolidWorks y sus componentes Surface, Ensamblajes Avanzados, Simulation y Flow Simulation se realizaron diseños, análisis de datos en materiales, pruebas de ensamblaje de componentes y prueba de fluidos líquidos en la manufactura de componentes mecánicos y electrohidráulicos; en la programación se emplea instrumentación virtual diseñada en el software LabVIEW con la intención de controlar motores de corriente directa.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Diseñar, analizar y desarrollar actuadores electrohidráulicos aplicados en dispositivo de rehabilitación en muñeca de la mano de personas diestras del sexo masculino de 18 a 35 años empleando técnicas de Diseño Asistido por Computadora (CAD), Análisis de Elementos Finitos (FEA) y Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) mediante el software SolidWorks comparando distintos materiales de construcción y generando movimientos a través de motores de corriente directa controlados con el software LabVIEW.

- Diseñar y ensamblar componentes estructurales, mecánicos y electrohidráulicos empleando SolidWorks Surface y Relaciones de Posición Avanzadas.
- Realizar pruebas y análisis de comparación en los distintos tipos de materiales a emplear a través de SolidWorks Simulation y Flow Simulation.
- Obtener piezas físicas por medio de manufactura aditiva.
- Desarrollar programación mediante el software LabVIEW para generar el posicionamiento de motores de corriente directa en los actuadores electrohidráulicos.

OBJETO DE ESTUDIO

El objetivo de esta investigación se basa en la generación de técnicas basadas en el diseño y el análisis de actuadores electrohidráulicos para ser utilizados en la manufactura de dispositivos de rehabilitación empleando software cad especializado permitiendo conocer el comportamiento de las variables internas dentro de los actuadores cuando interactúan con un fluido líquido biodegradables al momento del desplazamiento de los componentes que tienden a potenciar movimientos de precisión empleando programación con software de instrumentación virtual en el posicionamiento angular de motores de corriente directa de manera que sea fácil su interpretación, así como su operación.

METODOLOGÍA

Por medio del archivo obtenido de un escaneo 3D del antebrazo derecho de una persona diestra del sexo masculino de 38 años se realiza una separación de mano y antebrazo para obtener moldes digitales que son creados en el Software SolidWorks que sirven de soporte para montar tres actuadores electrohidráulicos que igual son diseñados mediante software CAD y validados a través de técnicas de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE) donde se emplean Análisis de Elementos Finitos (FEA) y Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) en distintos materiales de construcción y tomar decisiones entre rendimiento, así como el costo; los movimientos de los actuadores electrohidráulicos se realizan empleando software de instrumentación virtual que genere un entorno de manipulación intuitivo al momento de posicionar a los motores eléctricos que realizan el empuje de aceite mecánico biodegradable

FASES DEL DESARROLLO

Diseño de Componentes Electrohidráulicos

En dispositivos para realizar tareas asistidas de rehabilitación, según su composición activa para ser potenciados por algún tipo de fuente de energía, pueden emplearse actuadores neumáticos, hidráulicos, impulsados por cables Bouden, motores eléctricos y con memoria (Supriyono, Dragusanu y Malvezzi 2025). En este caso se han seleccionado actuadores electrohidráulicos impulsados por medio de un aceite biodegradable.

Con base a datos publicados de mexicanos del sexo masculino con un rango de edad que va desde los 18 a 35 años, se pudo encontrar que la fuerza aplicada por la mano dominante (derecha) alcanzó un valor máximo de 53.38 Kgf (Vázquez, Díaz, Lázaro y Guamán 2021), por lo cual, se considera un valor inicial de cálculo de 54 Kgf que se distribuye en tres actuadores electrohidráulicos contemplando un factor de seguridad 5, en (1) se determina la carga máxima que puede soportar el cilindro con un valor de 270 Kgf.

$$\text{Carga máxima} = \text{F.S.} \times \text{Carga aplicada} \quad (1)$$

Para determinar el área del cilindro del actuador hidráulico se utiliza (2) en donde el valor de 270 Kgf se divide entre los tres actuadores propuestos obteniendo un valor de 90 Kgf empleando el mismo factor de seguridad de 5 y ajustando el valor de esfuerzo de fluencia del material, el cual se utilizó contemplando parámetros muy por debajo de los valores de los presentados por los fabricantes de filamentos PLA debido a que los plásticos pueden tener un valor muy por debajo a los reales, el valor que se obtiene es de 1470.5 mm².

$$\text{Área} = \frac{\text{Carga} \times \text{F.S.}}{\text{Esfuerzo de fluencia}} \quad (2)$$

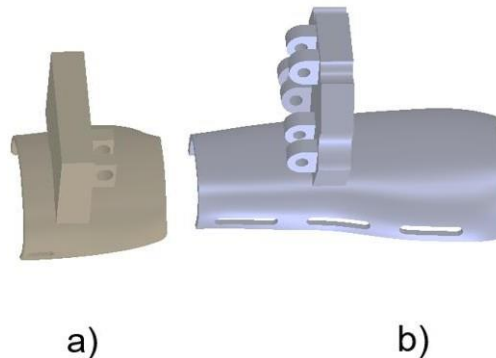
Empelando el área obtenida en (2) se determina la presión de salida o de empuje que se ejecuta por medio del principio de Pascal que puede verse en (3) teniendo en cuenta que las recamaras que se diseñan deben tener una diferencia para realizar transferencia de aceite de un cilindro a otro, el valor del área dos se obtiene a través del menos 10% respecto al área del cilindro uno de 1470.5 mm², la fuerza de salida necesaria para realizar el empuje es de 81 Kgf.

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2 \quad (3)$$

De acuerdo a la toma de dimensiones que se realiza de las piezas correspondientes a la estructura empleada para montar a la base de los actuadores electrohidráulicos ubicada en el antebrazo y el empuje de los émbolos de los mismos que es la empleada en la mano con un valor de 114 mm se generan los cálculos para determinar las longitudes de las piezas que integran al sistema hidráulico, en la Figura 1 se observan las estructuras alineadas para dar soporte a los componentes electrohidráulicos al igual que son funcionales para estabilizar el sistema de movimiento de la mano, estas estructuras se logran a partir de un archivo 3D escaneado del brazo de una persona diestra del sexo masculino con una edad de 35 años empleando técnicas de diseño por superficies donde se utilizan marcadores de distancia para generar coordenadas por capas y ejecutar un barrido por curva guiada dando como resultado una pieza sólida que debe qued ar hueca y con un valor de masa, para ello se le da un espesor de capa por cocido de pieza de 7 cm de ancho empleando el software SolidWorks con método de superficies (SolidWorks 2025).

Figura 1

Diseño de la Estructura Base y de Empuje Correspondientes al Brazo Derecho.



Nota: Se observa el diseño de la estructura base a) y de la estructura de empuje b) empleando el software SolidWorks con el módulo Superficies. Fuente: Autor Propio.

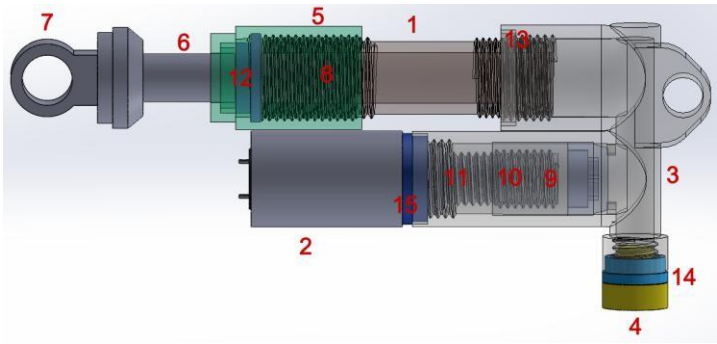
En la Tabla 1 puede observarse el número de las piezas que se han generado, el nombre correspondiente de cada una y la masa de las piezas en gramos para generar un actuador electrohidráulico cabe mencionar que el nombre y la cantidad de piezas es el mismo para el actuador hidráulico dos y tres sin diferencias de dimensionamientos. En la Figura 2 puede observarse la representación de los componentes diseñados a través del software CAD SolidWorks que son unidos a través de ensamblajes avanzados donde se emplearon relaciones de posición mecánicas de tornillo para dar movimiento a las secciones donde se colocan roscas para atornillar de forma directamente, relaciones de posición concéntricas y de coincidencia en las piezas con formas cilíndricas y relación avanzadas de acoplamiento lineal/lineal (SolidWorks 2025) quien controla el movimiento del émbolo de empuje respecto del vástago, todas las piezas integradas en el actuador hidráulico son representadas con números en color rojo correspondiente a su representación en la

Tabla 1.
Piezas Integrantes del Actuador Electrohidráulico.

No.	Número de la pieza	Descripción	Masa de las piezas en gramos
1	1	Contenedor principal	5.60
2	2	Base del motor	5.36
3	3	Depósito de aceite monotubo	11.57
4	4	Tapón de recarga	0.94
5	5	Tapón de recamara de aceite	3.84
6	6	Vástago	3.20
7	7	Conector de vástago	2.77
8	8	Émbolo	0.38
9	9	Émbolo de empuje	0.73
10	10	Base de émbolo	1.73
11	11	Eje roscado de émbolo	1.17
12	12	Sello 1	0.31
13	13	Sello 2	0.48
14	14	Sello 3	0.21
15	15	Sello 4	0.46

Nota: Se muestran las piezas que integran al actuador hidráulico diseñado en SolidWorks. Fuente: Autor Propio.

Figura 2
Diseño del Actuador Hidráulico con su Número de Piezas.



Nota: Se observa el diseño de las estructuras base y de empuje empleando el software SolidWorks de superficies. Fuente: Autor Propio.

Análisis de Componentes Electrohidráulicos Mediante Software CAE

Una vez que se han creados todas las piezas y se han ensamblado empleando las relaciones de posición adecuadas, se procede a realizar un Análisis de Elementos Finitos (FEA) con la intención de verificar el comportamiento del actuador hidráulico empleando el complemento Simulation de SolidWorks en el cual se han seleccionado materiales iniciales al Ácido Poliláctico (PLA) y al Poliuretano Termoplástico de grado industrial (TPU) que son adicionados a la biblioteca de materiales por medio de algunos datos solicitados como es el módulo de elástico o el límite elástico entre otros los cuales son compartidos por los fabricantes de los materiales a emplear. Debido a las características de ensamblaje del actuador hidráulico se aplican interacciones de componentes de contacto con la intención de evitar un análisis del actuador como una sola pieza rígida, se le aplican sujeciones en las piezas conector del vástago y depósito de aceite monotubo en los puntos de movilidad de conexión (SolidWorks 2025). Se aplica una presión interna de 2 MPa en la

parte interna del actuador donde circula el aceite biodegradable de compresión, alcanzando los valores representados en la Tabla 2 con materiales de comparación como es el Nilón y aluminio 6063.

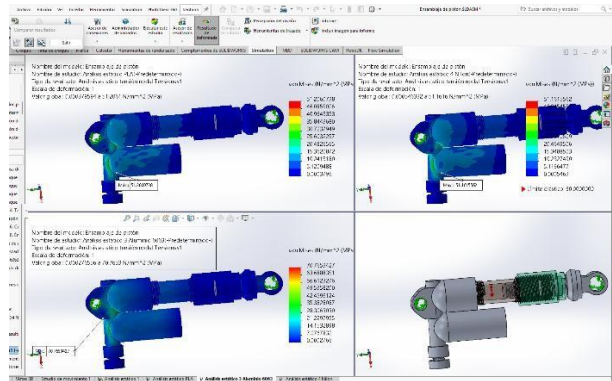
Tabla 2
Datos de las Tensión Para Distintos Materiales de Simulación del Actuador Electrohidráulico.

No	Materiales analizados	Valor de la tensión máxima encontrada en el actuador	Límite elástico
1	PLA	51.2 MPa	55 MPa
2	Nilón	51.16 MPa	60 MPa
3	Aluminio 6063	70.76 MPa	90 MPa

Nota: Se obtiene una comparación de tres materiales distintos obteniendo sus tensiones máximas a través del software SolidWorks y su complemento Simulation. Fuente: Autor Propio.

En la Figura 3 puede observarse la comparación realizada con el PLA, Nilón y el Aluminio 6063 con la intención de determinar cuáles son las regiones más críticas de las piezas en donde se identifican las tensiones máximas, cabe mencionar que la zona más crítica es donde se realiza el intercambio de aceite de recámara a recámara, sin embargo, el material PLA el cual presenta el valore más cercano al límite elástico donde la pieza puede sufrir daños no lo sobrepasa y se le considera un valor aceptable, el Nilón es una mejor opción por tener un límite aún mayor y por sus características físicas y mecánicas antes los fluidos líquidos y el Aluminio 6063 es la mejor opción al tener la diferencia más alta respecto a su valor de 70.76 MPa y su límite elástico de 90 MPa.

Figura 3
Comparación de Materiales en el Estudio Estático al Actuador Electrohidráulico Mediante el Software SolidWorks.



Nota: Los datos muestran los valores máximos de tensión encontrados en el actuador y el comportamiento de cada material empleando el software SolidWorks y su complemento Simulation. Fuente: Autor Propio.

Análisis de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) en Componentes Electrohidráulicos

Una vez que se ha determinado la presión máxima alcanzada en la parte interna del actuador hidráulico de 51.2 MPa, se realiza un estudio de fluidos en SolidWorks con el complemento Flow Simulation el cual por medio de Dinámica de Fluidos Computacionales (CFD) va a realizar la simulación interna del actuador, para esto, primero se debe de contar con los materiales de construcción definidos y asignar a la base de datos el aceite biodegradable a emplear el cual requiere los siguientes datos que pueden observarse en la Tabla 3 con la finalidad de realizar la simulación, se determina el dominio computacional del componente a analizar contemplando a todo el actuador, se actualizan los datos del aceite a emplear en el subdominio del fluido, las condiciones de contorno encargadas de interactuar con la velocidad de entrada y los valores de presión en los puntos de análisis, así como los objetivos quienes permiten seleccionar valores que van a interactuar en los resultados de simulación (SolidWorks 2024).

Tabla 3
Datos Para la Asignar al Aceite Biodegradable en Materiales Líquidos de SolidWorks Flow Simulation.

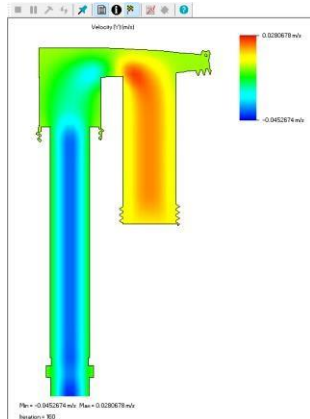
Material	Densidad	Viscosidad dinámica	Calor específico	Conductividad térmica
Aceite Biodegradable	920 kg/m3	0.1 Pa*s	2000 J/(kg*K)	0.14 W/(m*K)

Nota: Se obtuvieron valores del aceite para crearlo en la base de datos del software SolidWorks Flow Simulation. Fuente: Autor Propio.

Al realizar la simulación se llega a un valor concluyente con 160 iteraciones indicando como la velocidad dentro del actuador con un valor de 0.028 m/s al momento de realizar el empuje del aceite y a los -0.045 m/s cuando está llegando al extremo del vástago, esto se debe a que el software toma como referencia los valores de coordenadas positivos y negativos en el eje Y donde se desplaza el aceite como se muestra en la Figura 4, sin embargo, en la Figura 5 puede verse la interpretación de la dirección siguiendo el sentido de flujo por medio de líneas con flechas indicando en el cambio de color de las mismas los cambios de velocidad en las paredes internas del actuador.

Figura 4

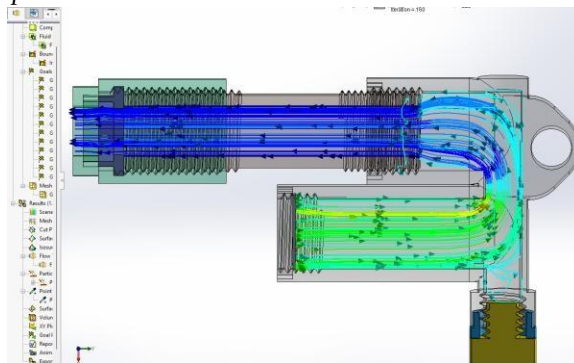
Resultados de Velocidad Obtenidos Dentro del Actuador Electrohidráulico a Través de la Simulación de SolidWorks Flow Simulation.



Nota: Se interpreta como la velocidad incrementa en las zonas que van de color amarillo a rojo y decrementa en las zonas que van de color verde a azul. Fuente: Autor Propio.

Figura 5

Simulación de Dinámica de Fluidos Computacionales en el Actuador Electrohidráulico Mediante SolidWorks Flow Simulation.

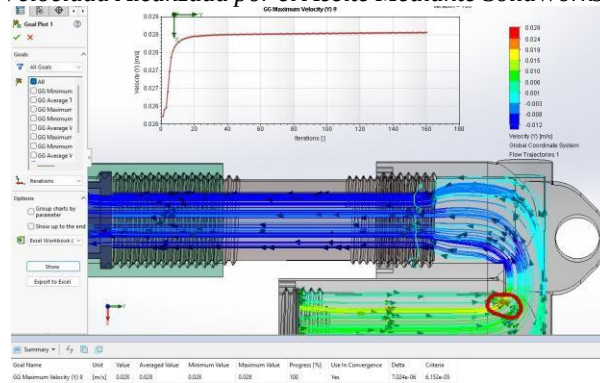


Nota: Se observa como viaja el aceite desde la recámara de empuje a la recámara del vástago con el sentido de las puntas de flechas. Fuente: Autor Propio.

Empleando una gráfica de objetivos por medio de la velocidad en el eje Y se observa la velocidad máxima alcanzada de 0.028 m/s en su forma de curva contra el número de iteraciones en donde se encontró la estabilidad de la respuesta, es identificada dicha velocidad en la zona marcada en color rojo como se observa en la Figura 6 en donde se genera una curva geométrica interna del diseño en la pieza 3 depósito de aceite monotubo, puede notarse como el flujo del aceite se va tornando en color amarillo hasta llegar a rojo donde la velocidad máxima se alcanza, el valor puede corroborarse en el tabulador de la gráfica. Para facilitar el análisis computacional al momento de obtener resultados, algunas de las piezas son omitidas y otras son sustituidas mediante el software.

Figura 6

Identificación de Zona con la Máxima Velocidad Alcanzada por el Aceite Mediante SolidWorks Flow Simulation.



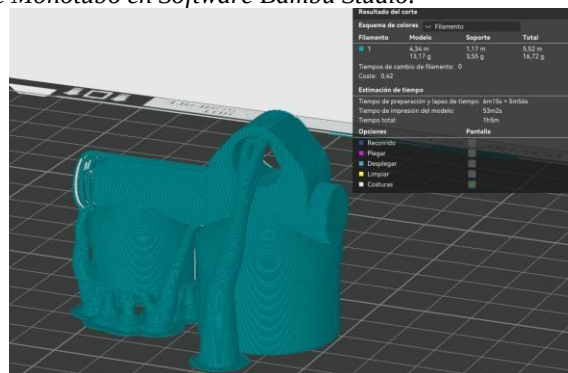
Nota: En la marca de color rojo se alcanza la máxima velocidad, se representa por medio de su gráfica como resultado de las operaciones computacionales del software. Fuente: Autor Propio.

Manufactura Aditiva de Piezas

Comprobando los resultados de las condiciones máximas tanto de la presión interna que puede soportar el actuador hidráulico como de la velocidad generada al momento del empuje del émbolo y obteniendo un análisis de los valores dentro los rangos establecidos indicando que las velocidades calculadas entregan una salida de 4.00027 MPa, siendo valores que no afectan al actuador se procede a la construcción de las piezas por medio de manufactura aditiva tomando en cuenta los valores de ajustes y tolerancias que están dentro del 10% del valor real esperado y posicionando a las piezas dentro del software laminador Bambu Studio para consumir la menor cantidad de material y de tiempo posibles se muestra a la pieza 3 depósito de aceite monotubo en la Figura 7.

Figura 7

Laminado de Pieza 3 Depósito de Aceite Monotubo en Software Bambu Studio.

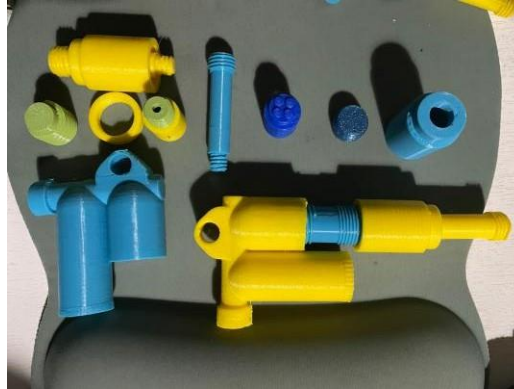


Nota: Se muestra el laminado de la pieza mediante el software Bambu Studio para ser manufacturada por método de adición de material empleando Ácido Poliláctico. Fuente: Autor Propio.

Al obtener todas las piezas del primer actuador se procede a realizar mediciones estableciendo las tolerancias necesarias que se ajustan mediante software en los ensamblajes físicos, todas las piezas son ajustadas en más de una ocasión debido a que tienen zonas en donde sus dimensiones se van estrechando como puede observarse en la Figura 8 y se deben realizar nuevos valores de ajustes en las tolerancias siempre estando por debajo del 10% del valor original para no alterar de manera significativa a los resultados obtenidos en las simulaciones.

Figura 8

Identificación de Piezas Para Verificar Ajustes de las Tolerancias Permitidas.



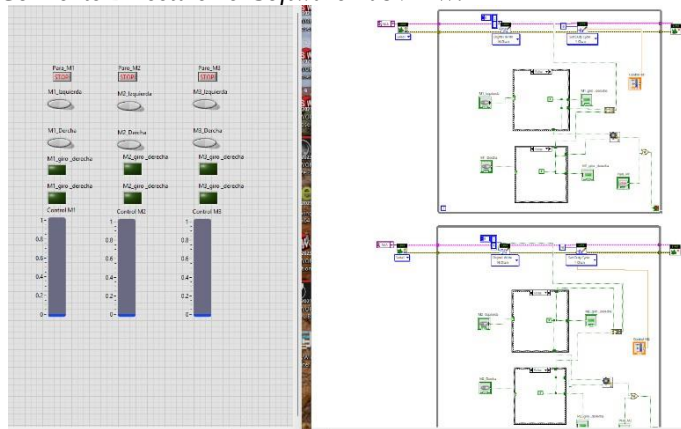
Nota: Se observan piezas que no pudieron ensamblarse en la primera ocasión, modificaron las piezas hasta llegar a la obtención correcta del actuador hidráulico. Fuente: Autor Propio.

Programación y Control de Motores de Corriente Continua Mediante LabVIEW

Debido a que los actuadores electrohidráulicos que se han diseñado no poseen racores de conexión para ser conectados a mangueras que llevan al aceite a un grupo motriz, en este caso, los actuadores están sellados y la forma de impulsar aceite es por medio de motores de corriente directa tipo N20 que transfieren aceite desde la recámara de impulsora hasta la recámara del vástago empleando el principio de Pascal, los cuales son controlados por medio del software LabVIEW en donde se han empleado herramientas que permite la compatibilidad con la tarjeta Arduino Mega, los controladores empleados en la inversión de giro de tres motores de corriente directa y la Modulación por Ancho de Pulsos en el control de estos, en la Figura 9 puede observarse la programación empleada para los tres motores.

Figura 9

Programación de Tres Motores de Corriente Directa en el Software LabVIEW.



Nota: Se observa el diagrama de bloques y el diagrama de flujo para el control de tres motores de corriente directa empleando el software LabVIEW. Fuente: Autor Propio.

Empleando tres estructuras while loop donde se representa el control de cada motor, se condicionan de manera interna por estructuras de tipo case para indicar los dos sentidos de giro en cada motor, utilizando un arreglo de ambas estructuras case que envían una señal a un bloque de lectura digital el cual complementando con una barra de posición variable de tipo control, asignan un valor de desplazamiento de tipo PWM al motor de tipo N20 de tal forma que aprovechando el arreglo de reducción de velocidad que poseen y el tiempo de la señal en estado alto se controla de manera muy estable el empuje de aceite dirigido al émbolo. Se han creado subrutinas que se insertan en la inversión de giro de cada motor como un sistema de protección el cual tiene la función de detener a cada motor cuando el sentido de giro izquierdo y giro derecho intentan activarse al mismo tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Realizados los ajustes necesarios en las piezas, también se realizaron pruebas para determinar las fugas posibles de aceite, sin embargo, éstas no se presentaron en los puntos de unión en donde se diseñaron empaques de Poliuretano Termoplástico de grado industrial (TPU), se presentaron en partes donde el espesor de las paredes no era el adecuado, se realizaron las modificaciones necesarias en algunas piezas como el cambio de boquillas con valores más pequeños para obtener mejores resultados. Se ensamblaron los tres actuadores electrohidráulicos comprobando partes ensambladas y fugas, al tener las piezas finalizadas se ensamblaron en las piezas del antebrazo y la mano por medio de pernos roscados para dar movilidad suficiente, se comprobaron los movimientos de la mano teniendo desplazamientos lentos y suaves respecto a métodos mecánicos o con inestabilidad al momento de operar como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Ensamble Final del Dispositivo de Rehabilitación Emprando Actuadores Electrohidráulicos.



Nota: El dispositivo de rehabilitación se construye con materiales de bajo costo que pueden mejorarse bajo las necesidades solicitadas respecto a los actuadores electrohidráulicos. Fuente: Autor Propio.

CONCLUSIÓN

Para desarrollar un dispositivo de asistencia en la rehabilitación de la mano derecha se emplearon distintas técnicas de diseño en entorno CAD, así como de control en motores empleando software de instrumentación virtual, sin embargo, se observó que existen algunos puntos a considerar como en el caso de los materiales empleados que deberían de ser más resistentes a los aceites como es el caso del Nylon debido al manejo de fluidos líquidos, diseñar actuadores electrohidráulicos más pequeños que sean controlados por un solo sistema hidráulico de bombeo para mejorar el peso del dispositivo o mejorar el posicionamiento angular de los motores de corriente directa mejorando el paso de rosca de la sección de impulso del aceite biodegradable.

Las ventajas que se obtiene con el dispositivo son que las piezas tienen refacciones fáciles de obtener en el caso de alguna falla en el dispositivo a un bajo costo, el tipo de aceite mecánico utilizado es biodegradable por lo cual no contamina en caso de presentarse alguna fuga o desgaste del mismo, con los estudios realizados además de los diseños CAD pueden manufacturarse las piezas en distintos materiales dependiendo del presupuesto o de la duración del dispositivo que se requieran y la programación de la instrumentación virtual puede seguir mejorándose respecto a las necesidades de los usuarios, en esta propuesta se considera que los usuarios tengan la capacidad de controlar a cada actuador hidráulico por medio de un motor.

BIBLIOGRAFÍA

- Araujo RS, Silva CR, Netto SPN, Morya E and Brasil FL (2021) Development of a Low-Cost EEG-Controlled Hand Exoskeleton 3D Printed on Textiles. *Front. Neurosci.* 15:661569. doi: 10.3389/fnins.2021.661569
- Dassaults Systemes, SolidWorks. (2025). *Manual de Modelado Avanzado de Ensamblajes*. (pp. 7-73).
- Dassaults Systemes, SolidWorks. (2025). *Simulation*. (pp. 8-125).
- Lee, D., Song, B., Park, S. Y., & Baek, Y. S. (2019). Desarrollo y control de un sistema de actuación electrohidráulico para un robot exoesqueleto. *Ciencias Aplicadas*, 9(20), 4295. <https://doi.org/10.3390/app9204295>
- SolidWorks. (2024). *SolidWorks Flow Simulation*. (pp. 50-160).
- SolidWorks. (2025). *SolidWorks Superficies*. (pp. 70-203).
- Vázquez-Alonso MF, Díaz-López JJ, Lázaro-Huerta M, Guamán-González MO. Medición de la fuerza de prensión y de las pinzas de la mano en pacientes sanos. *Acta Ortop Mex.* 2021; 35(1): 56-60. <https://dx.doi.org/10.35366/100932>
- Supriyono CSA, Dragusanu M, Malvezzi M. Revisión exhaustiva de los exoesqueletos de codo: clasificación por estructura, actuación y tecnologías de sensores. *Sensores (Basilea)*. 9 de julio de 2025; 25(14):4263. doi: 10.3390/s25144263. PMID: 40732391; PMCID: PMC12299220.

Un análisis documental sobre la gestión tecnológica en restaurantes, la satisfacción del cliente y competitividad.

Crecencio de Jesús Carranza González¹, Gerardo Arceo Moheno², Eric Ramos Mendez³

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / carranza121996@hotmail.com.

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / ericarceo@hotmail.com.

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco / ericramos@hotmail.com.

Línea de investigación: Gestión tecnológica e innovación en servicios

Resumen

La transformación digital ha modificado de manera profunda el sector restaurantero, convirtiendo la gestión tecnológica en un factor estratégico para garantizar la competitividad y la satisfacción del cliente. En este artículo se presenta un análisis documental que examina cómo la adopción de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los restaurantes impacta en la calidad del servicio, la experiencia del consumidor y el desempeño organizacional. El propósito es simplificar el conocimiento disponible en la literatura académica y profesional, con el fin de identificar tendencias, desafíos y oportunidades que guían la modernización del sector gastronómico. El estudio se desarrolló mediante una revisión de fuentes académicas y técnicas, priorizando investigaciones publicadas en los últimos diez años y documentos de referencia tradicional. Entre los hallazgos más relevantes se encontró que la digitalización de menús, la automatización de pedidos, los sistemas de pago sin contacto y las aplicaciones móviles de reservación y fidelización han mejorado de manera significativa la rapidez, la seguridad y la personalización del servicio. Asimismo, se identificó que la resistencia al cambio, las limitaciones financieras y la falta de capacitación del personal constituyen barreras recurrentes en la adopción tecnológica, particularmente en restaurantes pequeños y medianos. El análisis evidencia que la gestión tecnológica no debe entenderse como un proceso exclusivamente instrumental, sino como una estrategia que enuncia innovación, capacitación y cultura organizacional. En conclusión, la literatura consultada demuestra que la implementación de TIC en restaurantes tiene un efecto positivo en la satisfacción del cliente y en la eficiencia operativa, aunque persisten desafíos que requieren mayor investigación empírica.

Palabras clave: Gestión tecnológica, restaurantes, satisfacción del cliente, innovación de servicios.

Abstract

Digital transformation has profoundly reshaped the restaurant sector, turning technology management into a strategic factor for ensuring competitiveness and customer satisfaction. This article presents a documentary analysis that examines how the adoption of information and communication technologies (ICT) in restaurants impacts service quality, consumer experience, and organizational performance. The purpose is to simplify and systematize the knowledge available in academic and professional literature in order to identify trends, challenges, and opportunities that guide the modernization of the gastronomic sector. The study was carried out through a review of academic and technical sources, prioritizing research published in the last ten years as well as traditional reference documents. Among the most relevant findings, it was observed that menu digitalization, order automation, contactless payment systems, and mobile applications for reservations and customer loyalty have significantly improved service speed, security, and personalization. Likewise, resistance to change, financial limitations, and lack of staff training were identified as recurring barriers to technological adoption, particularly in small and medium-sized restaurants. The analysis shows that technology management should not be understood solely as an instrumental process, but rather as a strategy that encompasses innovation, staff training, and organizational culture. In conclusion, the reviewed literature demonstrates that the implementation of ICT in restaurants has a positive effect on customer satisfaction and operational efficiency, although challenges remain that require further empirical research.

Keywords: Technology management, restaurants, customer satisfaction, service innovation.

INTRODUCCIÓN

La industria restaurantera se ha consolidado como un sector estratégico en la economía global, no solo por su impacto en la generación de empleo y riqueza, sino también por su papel en la construcción de experiencias culturales y sociales. En los últimos años, este sector ha enfrentado una transformación impulsada por la digitalización y el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales han modificado la manera en que los clientes interactúan con los restaurantes y la forma en que estos gestionan sus procesos internos (Bresciani et al., 2021).

La llamada gestión tecnológica en restaurantes se refiere a la planeación, adopción y evaluación de herramientas digitales que optimicen el servicio y mejoren la experiencia del cliente. Su alcance incluye desde la digitalización de menús y la automatización de pedidos, hasta la implementación de plataformas de reservación, sistemas de pago sin contacto y aplicaciones móviles para fidelizar clientes (González et al., 2022). Este proceso no solo implica la adquisición de dispositivos o software, sino también la adaptación cultural, la capacitación del personal y la integración de las tecnologías en la estrategia empresarial (Abdul et al., 2024).

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de tecnología en los restaurantes genera beneficios directos en la satisfacción del cliente, al ofrecer servicios más rápidos, seguros y personalizados (Pantano & Priporas, 2016; Harrington et al., 2019). Sin embargo, la literatura también señala que la adopción tecnológica en este sector es diversa: mientras que las cadenas internacionales muestran procesos más avanzados, muchos restaurantes locales enfrentan limitaciones relacionadas con los costos, la resistencia al cambio y las brechas de conocimiento digital (Bresciani et al., 2021; Mariani & Borghi, 2021).

La importancia de este estudio documental radica en sistematizar el conocimiento existente sobre el tema, pues, aunque la digitalización en turismo y hotelería ha sido ampliamente analizada, el ámbito restaurantera sigue siendo menos explorado en comparación (Del Do et al., 2023). Al revisar los aportes académicos y profesionales, se busca identificar tendencias, retos y oportunidades que puedan servir tanto a investigadores como a empresarios interesados en modernizar sus establecimientos.

En este sentido, el artículo se estructura de la siguiente manera: primero se presentan los conceptos clave relacionados con gestión tecnológica y satisfacción del cliente; posteriormente se abordan los modelos teóricos de adopción tecnológica aplicables al sector; más adelante se identifican los retos y tendencias documentados en la literatura; y finalmente se ofrecen conclusiones orientadas a destacar la relevancia de la gestión tecnológica como estrategia de innovación en la industria gastronómica.

DESARROLLO

La innovación abordada en esta investigación se centra en el análisis de la gestión tecnológica como un factor estratégico de modernización en los restaurantes, destacando su impacto en la mejora de los procesos de servicio, la experiencia del cliente y la competitividad organizacional. Desde un enfoque documental, la innovación no se plantea como la creación de una herramienta específica, sino como la sistematización y comprensión del conocimiento existente sobre cómo la adopción de tecnologías digitales contribuye a transformar la dinámica operativa y relacional del sector restaurantera. Este análisis permite identificar tendencias y retos que orientan la toma de decisiones y el diseño de estrategias innovadoras en el ámbito gastronómico.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO

Objetivo general

Analizar, a partir de la revisión documental, la relación entre gestión tecnológica, satisfacción del cliente y desempeño organizacional en restaurantes.

Objetivos específicos

- Revisar los principales enfoques teóricos sobre gestión tecnológica en el sector restaurantera.
- Identificar modelos de calidad del servicio y adopción tecnológica aplicables a la industria gastronómica.
- Sistematizar los retos y oportunidades documentados en la literatura.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es la gestión tecnológica en los restaurantes, entendida como el sistema mediante el cual se incorporan y gestionan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar la calidad del servicio, la satisfacción del cliente y la competitividad.

Desde un enfoque documental, el análisis se centra en el sistema de interacción entre tecnología, procesos de servicio y experiencia del cliente dentro del sector restaurantera. La relevancia de este objeto de estudio radica en que la adecuada gestión tecnológica se ha convertido en un elemento clave para responder a las nuevas exigencias del mercado y fortalecer el desempeño organizacional de los restaurantes.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y descriptivo de tipo documental. El procedimiento metodológico incluyó:

- Búsqueda y recopilación de información
- Selección y clasificación de las fuentes
- Análisis de contenido.
- Sistematización e interpretación de los resultados

Conceptualización de la gestión tecnológica y su aplicación en restaurantes

- Gestión tecnológica se define como el proceso sistemático de planificar, adoptar, implementar y evaluar tecnologías dentro de una organización con el fin de mejorar su eficiencia, adaptabilidad y competitividad. En restaurantes, esto abarca no solo hardware o software, sino prácticas de asimilación, inversión en innovación, alineación estratégica, capacitación del personal y transformación cultural.
- Según Delgado-Cruz et al. (2017), en su artículo “Gestión Tecnológica en Restaurantes: Desarrollo y Validación de un Instrumento de Medición”, se identifican tres dimensiones importantes de la gestión tecnológica aplicada al sector restaurantero: estrategia tecnológica, prácticas de I+D, y asimilación tecnológica.
- La implementación tecnológica consiste en introducir nuevas herramientas digitales, sistemas o procesos en la operación diaria del restaurante (por ejemplo: sistemas de punto de venta modernos, menús digitales, reservaciones online, pagos sin contacto), asegurando que las mismas sean operativas, aceptadas por el personal y los clientes, y que su uso aporte valor real.

Satisfacción del cliente y calidad del servicio

- Calidad del servicio es la medida en que un servicio ofrecido cumple o supera las expectativas del cliente. El modelo SERVQUAL (Bustamante et al., 2019) identifican cinco dimensiones básicas: tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía. Este modelo se usa mucho en estudios de restaurantes para medir qué tan bien percibe el cliente esos aspectos.
- Por ejemplo, el estudio “Mejora Continua del Servicio al Cliente Mediante ServQual” en Santa Marta, Colombia muestra que los clientes perciben fallas en capacidad de respuesta y en los tangibles, lo que impacta directamente en su satisfacción con el restaurante.
- Otro ejemplo: “Calidad del servicio y satisfacción del cliente en restaurantes de Sullana (Perú)” donde se encontró que hay una correlación significativa entre calidad del servicio (incluyendo instalaciones, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad) y satisfacción del cliente.

Retos de la adopción tecnológica en restaurantes

Con base en la literatura consultada, estos son los principales obstáculos:

- **Costos financieros:** la inversión en tecnología no es solo comprar equipos, sino mantenerlos, actualizarlos, entrenar al personal, etc. Estudios como el de Delgado-Cruz et al. (2017) reconocen que muchas PYMEs restauranteras tienen capacidades limitadas para ese tipo de inversión.
- **Capacitación y resistencia al cambio:** el personal puede sentirse desconcertado ante nuevas tecnologías; los clientes también pueden mostrar rechazo si perciben que las interacciones pierden calidez.
- **Infraestructura y recursos:** conectividad, disponibilidad de acceso a tecnología, herramientas adecuadas. En ciudades intermedias o localidades fuera de los centros urbanos estos factores pesan mucho.
- **Percepción del cliente sobre lo digital:** la tecnología debe aportar valor claro para el cliente (rapidez, seguridad, comodidad), de lo contrario puede generar frustración.

Tendencias documentadas en los artículos

Algunas de las tendencias más señaladas en los documentos que revise:

- Uso creciente de instrumentos de medición de gestión tecnológica como el instrumento validado por Delgado-Cruz et al. (2017), que permite evaluar estrategia tecnológica, I+D y asimilación tecnológica.
- Desarrollo de estudios que combinan la calidad del servicio con satisfacción del cliente en restaurantes, como los de Sullana (Perú) y Santa Marta (Colombia).
- Interés creciente en digitalización, marketing digital, branding digital y fidelización vía medios digitales, como aparece en el informe Gastronomía. Tendencias y estrategias digitales del BID para América Latina y el Caribe.

FASES DEL DESARROLLO

1. Búsqueda y recopilación de información

En esta fase se realizó la localización y recopilación de fuentes académicas y técnicas relacionadas con la gestión tecnológica, la satisfacción del cliente y la innovación en restaurantes. Se consultaron bases de datos científicas y repositorios digitales como Scielo, Redalyc, ResearchGate y publicaciones institucionales, priorizando artículos en español y documentos publicados en los últimos diez años.

2. Selección y clasificación de fuentes

Posteriormente, las fuentes recopiladas fueron evaluadas y clasificadas con base en criterios de relevancia temática, rigor académico y relación directa con el objeto de estudio. Los documentos seleccionados se organizaron en categorías como: gestión tecnológica, calidad del servicio, satisfacción del cliente e innovación en el sector restaurantero.

3. Análisis de contenido

En esta fase se aplicó la técnica de análisis de contenido, identificando conceptos clave, enfoques teóricos, coincidencias y divergencias entre los estudios revisados. El análisis permitió extraer patrones comunes, retos recurrentes y tendencias documentadas en la literatura.

4. Sistematización e interpretación de resultados

Finalmente, la información analizada fue sintetizada e interpretada de manera crítica, integrando los aportes teóricos y conceptuales más relevantes. Esta fase permitió estructurar los resultados y conclusiones del estudio, resaltando la importancia de la gestión tecnológica como estrategia de innovación en los restaurantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coincidencias en la literatura

Los estudios revisados coinciden en que la gestión tecnológica es un factor decisivo para mejorar la competitividad de los restaurantes, siempre que se acompañe de una estrategia de capacitación y alineación organizacional. Delgado-Cruz et al. (2017) señalan que la asimilación tecnológica y la capacidad de innovación correlacionan directamente con un mejor desempeño operativo y financiero en restaurantes.

En el ámbito de la satisfacción del cliente, múltiples investigaciones reafirman que la calidad del servicio medida mediante modelos como SERVQUAL tiene un efecto directo en la fidelización y en la percepción de valor. En el estudio de Monroy Ceseña (2019) en México, se confirma que la satisfacción depende principalmente de la fiabilidad y la capacidad de respuesta del personal, pero que estas dimensiones pueden potenciarse con tecnologías que hagan más eficiente el servicio.

Asimismo, estudios realizados en Perú (Galavíz, 2024) y Colombia (Causado-Rodríguez, 2019) coinciden en que la calidad del servicio en restaurantes se ve fortalecida por herramientas digitales que reducen tiempos de espera y mejoran la interacción cliente-empresa.

Divergencias encontradas

Aunque existe consenso sobre los beneficios de la digitalización, no todos los estudios reportan los mismos resultados en cuanto a la rentabilidad de la inversión tecnológica. Mientras que las cadenas grandes logran un retorno más claro en ventas y eficiencia (Delgado-Cruz et al., 2017), en restaurantes pequeños los resultados son más variables debido a limitaciones financieras y a la resistencia del personal y de ciertos clientes (Causado-Rodríguez, 2019).

Otra divergencia relevante está en la aceptación de los clientes: los segmentos jóvenes suelen mostrar mayor satisfacción con tecnologías como menús digitales y pagos electrónicos, mientras que clientes de mayor edad manifiestan preferencia por el servicio tradicional y pueden experimentar barreras en la adopción (Galavíz, 2024).

Retos recurrentes

En la revisión de literatura, cuatro retos aparecen de manera constante:

- Económicos: altos costos de adquisición y mantenimiento tecnológico, sobre todo en restaurantes pequeños y medianos (Delgado-Cruz et al., 2017).
- Formativos: falta de programas de capacitación que permitan al personal aprovechar al máximo las TIC (Causado-Rodríguez, 2019).
- Culturales: resistencia al cambio tanto en clientes como en empleados (Monroy Ceseña, 2019).
- Tecnológicos: deficiencias en conectividad y en acceso a infraestructura digital en ciudades intermedias (BID, 2022).

Tendencias emergentes

La revisión documental identifica varias tendencias clave en la digitalización del sector:

1. Menús digitales y códigos QR, cada vez más comunes por razones de higiene, sostenibilidad y eficiencia.
2. Pagos sin contacto, que se consolidaron tras la pandemia y mejoran la percepción de seguridad.

3. Plataformas digitales de reservación y fidelización, que permiten segmentar clientes y gestionar promociones personalizadas (BID, 2022).
4. Instrumentos de medición de gestión tecnológica, como el validado por Delgado-Cruz et al. (2017), que ayudan a evaluar la madurez tecnológica de los restaurantes.

CONCLUSIÓN

La revisión documental permite afirmar que la gestión tecnológica en restaurantes se configura como un factor estratégico para mejorar tanto la satisfacción del cliente como la eficiencia organizacional. Los estudios revisados coinciden en que la incorporación de tecnologías como menús digitales, sistemas de reservación en línea, pagos sin contacto y aplicaciones de fidelización contribuyen a optimizar tiempos de atención, fortalecer la seguridad en los procesos y ofrecer experiencias más personalizadas al consumidor (Delgado-Cruz et al., 2017; Monroy Ceseña, 2019; Causado-Rodríguez, 2019).

No obstante, la literatura también evidencia que estos beneficios no se presentan de manera uniforme en todos los contextos. Mientras que en cadenas y restaurantes con mayor capacidad de inversión los resultados son positivos y medibles, en los establecimientos pequeños y medianos persisten barreras económicas, culturales y formativas que dificultan la implementación efectiva de las tecnologías. Asimismo, la aceptación de los clientes no es homogénea: las generaciones jóvenes tienden a valorar más la digitalización, mientras que segmentos de mayor edad suelen preferir esquemas de atención tradicionales (Galavíz, 2024).

La gestión tecnológica, por lo tanto, no debe concebirse únicamente como un proceso instrumental, sino como una estrategia integral que articule innovación, capacitación del personal y adaptación cultural. De esta manera, los restaurantes podrán reducir resistencias, aprovechar mejor las herramientas digitales y asegurar un impacto positivo en la calidad del servicio y la competitividad.

Finalmente, se identifican vacíos de investigación que ofrecen oportunidades para futuros estudios: analizar el impacto de la digitalización en ciudades intermedias, para profundizar en la relación entre gestión tecnológica y desempeño organizacional (ventas, productividad, satisfacción laboral) y realizar comparativas regionales que permitan comprender mejor las particularidades de América Latina frente a otros contextos internacionales. Estos aportes serían fundamentales para orientar tanto la práctica empresarial como la construcción de políticas públicas que impulsen la innovación en el sector gastronómico.

REFERENCIAS

- Abdul Majid, M. A., Azman, A. B., Usman, S. B., Zahari, H., & Abdul Raji, M. N. (2024). Leveraging technology for the survival of the restaurant business: a systematic literature review. *Journal of Tourism, Hospitality and Culinary Arts*, 16(1), 619-639. <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/97796/>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2022). *Gastronomía: tendencias y estrategias digitales. Arte, cultura y nuevas tecnologías en América Latina y el Caribe*. BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gastronomia-tendencias-y-estrategias-digitales-arte-cultura-y-nuevas-tecnologias-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Bresciani, S., Ferraris, A., & Del Giudice, M. (2021). The management of organizational ambidexterity through alliances in a new context of analysis: Internet of Things (IoT) smart city projects. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120607. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120607>
- Causado-Rodríguez, E. (2019). Mejora continua del servicio al cliente mediante SERVQUAL en un restaurante de Santa Marta, Colombia. *Información Tecnológica*, 30(2), 173–182. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200073>
- Delgado-Cruz, A., García-Mendoza, A., & Ramírez-Ruiz, J. (2017). Gestión tecnológica en restaurantes: desarrollo y validación de un instrumento de medición. *Revista Global de Negocios*, 5(5), 1–15. https://www.researchgate.net/publication/320607023_Gestion_tecnologica_en_restaurantes_Development_and_validation_of_an_instrument_for_measurement
- Galavíz, Á. C. (2024). Estudio de la calidad en el servicio en restaurantes del pueblo mágico de Coscomatepec. *Revista Latinoamericana de Investigación en Administración y Negocios*, 13(1), 45–62. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/2854>
- Gonzalez, R., Gasco, J., y Llopis, J. (2022). Tecnologías de la información y la comunicación en servicios de alimentación y restaurantes: una revisión sistemática. *Revista Internacional de Gestión Hotelera Contemporánea*, 34 (4), 1423-1447. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-05-2021-0624>
- Monroy Ceseña, M. A. (2019). Calidad en el servicio y su incidencia en la satisfacción del cliente: Un estudio en restaurantes mexicanos. *Contaduría y Administración*, 64(1), 1–18. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782019000100006
- Bustamante, M., Zerda-Barreno, E., Obando, F., y Tello-Sánchez, M. (2019). Fundamentos de calidad de servicio, el modelo Servqual. *Empresarial*, 13(2), 1-15. <https://doi.org/10.23878/empr.v13i2.159>
- Del Do, A., Villagra, N., y Pandolfi, D. (2023). Desafíos de la Transformación Digital en las PYMES. *Informe Científico Técnico UNPA*, 15(1), 200-229. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8901467>
- Mariani, M., & Borghi, M. (2021). Customers' evaluation of digitalized frontline service encounters in restaurants: A cross-national study. *International Journal of Hospitality Management*, 92, 102706. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102706>
- Vera, J. y Trujillo, A. (2017). Escala mexicana de calidad en el servicio en restaurantes (EMCASER). *Innovar*, 27 (63), 43-60. <https://doi.org/10.15446/innovar.v26n63.60665>

Automatización de Fuentes de Abastecimiento, Tanques y Rebombes con Tecnología Raspberry PI

Luis Iván García González ¹, Jorge Antonio Muñoz Gandarilla ², Víctor Manuel Valenzuela Alcaraz ³, Graciela Domínguez Carrera ⁴, Zulma Edith Flores Sánchez ⁵ Jorge Luis García Cantón ⁶

¹ Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo Chihuahua: luis.gg@crodechihuahua.tecnm.mx

² Universidad Tecnológica de Parral: jorgemzz79@gmail.com

³ Instituto Tecnológico de Agua Prieta: v.valenzuela@aguaprieta.tecnm.mx

⁴ Instituto Tecnológico de Parral: graciela34@gmail.com

⁵ Instituto Tecnológico de Agua Prieta: z.flores@aguaprieta.tecnm.mx

⁶ Instituto Tecnológico de Agua Prieta: j.garcia@aguaprieta.tecnm.mx

Línea de investigación: Mecatrónica o Informática.

Resumen

El presente trabajo de investigación se centra en el desarrollo e implementación de un sistema Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) para la extracción de agua en los pozos pertenecientes al Organismo Operador de Agua en la Ciudad de Hidalgo del Parral, dicha dependencia es la encargada del suministro y abastecimiento del vital líquido en dicho municipio. El objetivo primordial es contar con un sistema de monitoreo y control de bombas mediante la plataforma web y App web para la automatización de procesos de bombeo y transporte de agua en la ciudad de Hidalgo del Parral.

La principal problemática que se presenta en la dependencia es la escasez de agua en la región, por lo cual es indispensable establecer mecanismos de control y supervisión adecuados en el área de bombeo. Otro aspecto para considerar es la ubicación geográfica de estas áreas, ya que si alguna de estas presenta un fallo o requiere alguna modificación del estado en que se encuentra, el tiempo de respuesta requerido es demasiado impreciso, provocando pérdidas monetarias debido al daño que sufre el equipo al no ser intervenido rápidamente y de forma adecuada, afectando de manera considerable el flujo de agua que abastece diferentes sectores de la ciudad.

La solución planteada al área de mecatrónica consiste en el desarrollo de un software SCADA llamada Unidad de Transmisión Remota de Bombeo (UTRB) empleando tecnologías ethernet, python y raspberry PI que permita el monitoreo en tiempo real, así como el control remoto de las bombas utilizadas por el Organismo Operador de Agua, contribuyendo a agilizar el control, supervisión de procesos y retroalimentación en tiempo real.

Además, las UTRB cuentan con un software que permite tener una supervisión remota proporcionando la información de sensores que se encuentra colocados estratégicamente para recolectar datos en tiempo real, permitiendo manipular de manera más eficiente la información obtenida, se considera manipular, las acciones de eliminar, guardar o modificación de los datos obtenidos o solicitados del equipo. La información que recaba el software sobre las bombas se almacena y muestra mediante una base de datos, también incluye un control manual y remoto el cual se accede por medio de app web la cual nos permite encender, apagar o reiniciar las bombas cuando sea necesario o requerido, se considera app web a un software que se codifica para ser usado con o como un navegador web en internet o intranet.

En temas de seguridad de la app web se incluye funciones mediante la verificación de certificados de usuario y contraseña para evitar el uso del personal no autorizado, también funciones de búsqueda personalizada y la capacidad de visualizar la información de los sensores en tiempo real para su monitoreo.

Palabras clave: App Web, Python, Raspberry , SCADA ,UTRB

Abstract

This research work focuses on the development and implementation of a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system for water extraction in the wells operated by the Water Utility Agency of Hidalgo del Parral, the entity responsible for the supply and distribution of potable water in the municipality. The primary objective is to establish a monitoring and pump-control system through a web platform and web app to support the automation of water pumping and transportation processes throughout the city of Hidalgo del Parral.

The main challenge faced by the agency is the regional water scarcity, which makes it essential to implement adequate control and supervision mechanisms in the pumping area. Another critical factor is the geographic location of these sites; when a failure occurs or operational adjustments are required, response times tend to be highly imprecise. This often results in financial losses due to equipment damage caused by delays in proper intervention, significantly affecting the water flow that supplies different sectors of the city.

The proposed solution, developed by the mechatronics area, consists of a SCADA software system called Remote Pumping Transmission Unit (UTRB), built using Python, Ethernet, and Raspberry Pi technologies. This system enables real-time monitoring as

well as remote control of the pumps operated by the Water Utility Agency, contributing to faster process control, supervision, and real-time feedback.

Additionally, the UTRB units incorporate software that provides remote supervision capability, collecting sensor data from strategically placed devices to obtain real-time information. The system manages the acquired data efficiently, allowing actions such as deleting, storing, or modifying information as needed. Pump-related data collected by the software is stored and displayed through a database and includes both manual and remote control options, accessible through a web app that allows operators to turn pumps on, off, or restart them when required. A web app is understood as software designed to be used through a web browser via the Internet or an intranet.

Regarding security, the web app incorporates user and password certificate verification mechanisms to prevent unauthorized access. It also offers customized search functions and real-time visualization of sensor information for monitoring purposes.

Keywords: App Web, Python, Raspberry , SCADA, ,UTRB

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua es uno de los desafíos ambientales y sociales más críticos del siglo XXI. Aunque el planeta está cubierto en su mayoría por agua, solo una pequeña fracción —aproximadamente el 2.5%— es dulce, y de esta, gran parte no es accesible para el consumo humano al encontrarse en glaciares o acuíferos profundos. El aumento de la población mundial, el crecimiento urbano, la agricultura intensiva y la contaminación han incrementado la demanda de este recurso, al mismo tiempo que disminuye su disponibilidad.

En muchas regiones, especialmente en zonas áridas o con una gestión hídrica deficiente, la escasez de agua compromete la salud, la seguridad alimentaria, la producción económica y la estabilidad social. El cambio climático intensifica este problema al alterar los patrones de lluvia, aumentar la frecuencia de sequías y reducir la disponibilidad de fuentes de agua renovables.

Frente a este panorama, la gestión sostenible del agua se ha convertido en una prioridad global. Se requieren acciones coordinadas que incluyan el uso eficiente del recurso, la protección de cuerpos de agua, la modernización de infraestructuras y la educación ambiental para garantizar que las generaciones actuales y futuras puedan acceder a este elemento vital.

El presente proyecto da solución a la problemática de control y supervisión de las bombas de extracción de agua en pozos pertenecientes al municipio de Hidalgo del Parral, mediante el desarrollo de un nuevo software SCADA que sustituye un prototipo de UTR (Unidad de transmisión remota), que realizaba una conexión con el estándar de desarrollo IE2, utilizada para pruebas que perdían datos por la causa de fallas en el tiempo de conexión.

Mediante este desarrollo de software SCADA llamada Unidad de Transmisión Remota de Bombas (UTRB) es posible realizar el monitoreo en tiempo real, así como el control remoto de las bombas utilizadas por la empresa, contribuyendo a agilizar el control, supervisión de procesos y retroalimentación en tiempo real.

Con la puesta en marcha de una nueva UTRB (Unidad de Trasmisión Remota de Bombas), se proporciona mayor estabilidad ya que es posible tener el control y monitoreo total de todos los pozos con los que cuenta la dependencia, a través de un sistemas remoto que permite controlar las bombas desde cualquier lugar en el que se encuentre solo utilizando una aplicación que permite visualizar el estado de cada uno de los puntos de extracción y rebombeo evitando así la pérdida de recursos y generando mayor eficacia a la hora de trabajar y de brindar el servicio de vital líquido a la población.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabajo de investigación implementó un sistema SCADA de monitoreo y control de bombas mediante el uso de una plataforma web y App web para la automatización de procesos de bombeo y transporte de agua. Para lograr este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

- Se investigó el estado del arte de los sistemas SCADA y su funcionamiento para el desarrollo del sistema y UTRB.
- Se diseñó e implementó el sistema UTRB con base a la información previamente obtenida y analizada.
- Se comprobó el funcionamiento de la programación del software, haciendo pruebas y depuración del código fuente.
- Se Verificaron los resultados obtenidos en base al funcionamiento de cada una de las pruebas.

OBJETO DE ESTUDIO

Los avances tecnológicos, la innovación de dispositivos rápidos y pequeños, junto con la necesidad de acceso a la información en todo momento, son las causas de nuevas tecnologías de acceso a internet desde diferentes dispositivos, empresas y diferentes instituciones ejecutan procesos de negocios que requieren sistemas eficientes y de alta disponibilidad.

El presente sistema se implementó en la mina “Veta Colorada”, instalando un controlador (PLC), el cual permitió el encendido y apagado de las bombas de agua, sin la necesidad de realizar esta acción de forma manual, teniendo el control total del suministro de agua de la ciudad, dicho sistema fue realizado y desarrollado para comunicarse por medio del protocolo Ethernet, Tecnología utilizada para conectar diferentes redes de área local y que además permiten que el dispositivo se comuniquen entre sí a través de un protocolo que es el lenguaje de red común.

Se utilizó esta tecnología ya que es un protocolo robusto y fiable aprobado e implementado por grandes empresas de telecomunicaciones como CISCO, STARLINK y avalada por IEEE, la red implementó protocolos como TCP/IP que es un protocolo de transporte orientado por conexión que envía datos como un flujo de bytes sin estructura, usando los números de secuencia y los mensajes de reconocimiento, TCP proporcionó un nodo de envió con la información de entrega sobre los paquetes transmitidos al nodo de destino.

METODOLOGÍA

Para realizar el presente estudio de investigación, se seguirá una metodología orientada a la Investigación Aplicada, basada en las etapas que se detallan en la Figura 2.

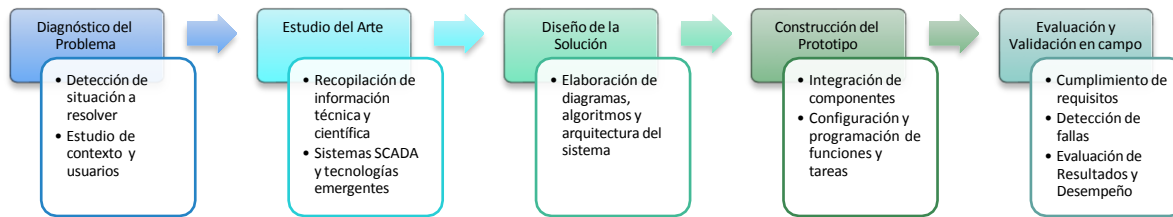


Figura 2 Metodología de Investigación

A continuación, se describe las actividades que dan sustento a las fases antes descritas.

FASES DEL DESARROLLO

En la primera fase se detectó la obsolescencia de los sistemas de bombeo, ocasionando un suministro de agua deficiente ya que el encendido y apagado de las mismas se ejecutaba de forma manual, trayendo consigo el traslado del personal a la ubicación física de las bombas, derivando esto en la pérdida de diversos recursos económicos, humanos, de tiempo, entre otros que en suma generan un descontento generalizado de los usuarios del servicio de agua. Lo anteriormente mencionado fue posible identificarlo mediante una herramienta que permite representar un problema o enfoque central y sus causas de una forma visual, donde el problema representa la «cabeza del pescado», de la que emerge una espina central. Betancourt, D. F. (2016) Desde allí se derivan las causas mayores o espinas grandes. Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa), mostrado en la Figura 3.

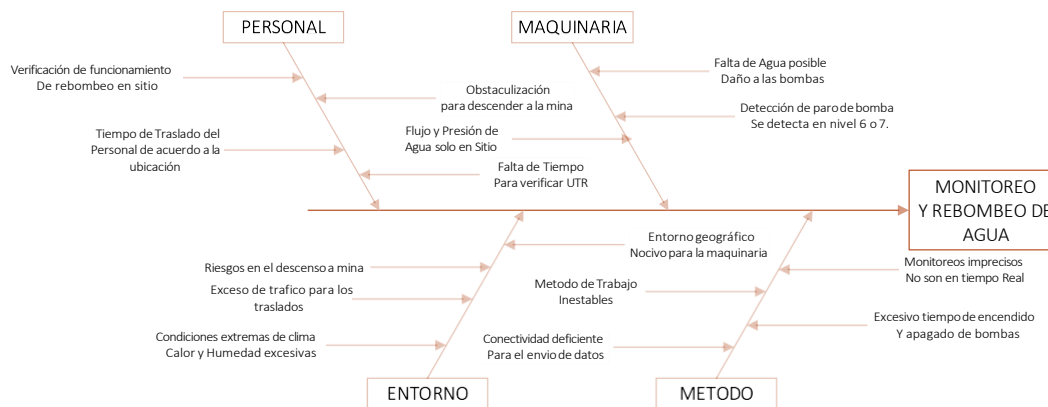


Figura 3 Diagrama Causa Efecto Ishikawa

Se analizaron diversas alternativas para la realización del sistema que cumplieran con un alto nivel de calidad y profesionalismo, mediante la recolección de información se optó por usar software como: Netbeans, Visual Studio Code, Rasperry, IDE Arduino, además de lenguajes de programación como Java, Python y PHP. En lo referente a la programación de la aplicación móvil se utilizó el software Android Studio, ya que una de sus más notables ventajas es que permite ver el desarrollo en tiempo real de las aplicaciones y las pantallas en las que será usada la aplicación.

Posteriormente se utilizó un software s para dibujo en 2D y 3D de reconocido nombre internacional, AUTOCAD. El objetivo final de este software es crear diseños más reales.” (Martin Sanches, Marin Lazaro, Leon Sanchez, & Costafreda Musteliet, 2017) logrando el modelado 3D de las UTRB, dicho modelo consiste en una carcasa en la que se almacenaría los 2 microcontroladores junto a sus conexiones con los relevadores, además de integrar el aparato de transmisión, asegurando la protección de todos los componentes de la UTRB como se muestra en la figura 4.



Figura 4 Protección UTRB

Para concluir la etapa de diseño y modelado, se procede a la impresión del modelo en una impresora 3D como se puede observar en la figura 5, misma que emplea filamento de plástico dieléctrico de 1.75 mm, el cual tiene como propiedad no producir estática y no ser un material conductor lo que lo hace ideal para imprimir las carcasas donde se colocaron los microcontroladores.

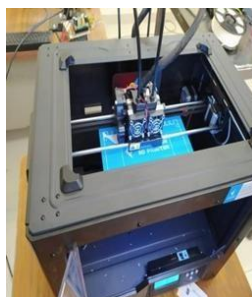


Figura 5 Proceso Impresión 3D

En el proceso de integración de componentes se realizó la canalización de cableado para los microcontroladores, relevadores que van inmersos en la UTRB, cuidando en todo momento que las placas y componentes puedan sufrir algún daño, ya que de cada dispositivo se derivan todos los puertos de conexión tanto digitales como analógicos. Así mismo fue necesario integrar la UTRB al gabinete de conexión principal el cual concentra los sensores, relevadores, bombas y fuentes de energía como se observa en la figura 6.



Figura 6 Integración UTRB

Para dar solución al tema de conectividad y ante las complejidad geográfica que se presenta en la estaciones de bombeo, fue necesario implementar un enlace de comunicación inalámbrico, para ello se utilizaron antenas con Tecnologías MIMO Masivo (Massive MIMO) se refiere al uso de una gran cantidad de antenas (decenas a centenas) en la estación base para atender a múltiples equipos de usuario con una sola antena (es lo usual, para no incrementar complejidad) en el mismo intervalo de tiempo-frecuencia, pensado para funcionar con Duplexación por División de Tiempo (TDD, Time-Division Duplex) combinado con pilotos en el uplink que permitan realizar la estimación del estado del canal (CSI, Channel State Estimation) teniendo en cuenta la interferencia entre celdas, la sobrecarga y los errores relacionados con la información del estado del canal; soportándose sobre una base asintótica en el límite de un número infinito de antenas se llega a una serie de conclusiones matemáticamente exactas, que apuntan a dar solución a las expectativas de los sistemas 5G (Marzetta T. , 2015).

Para la fase de desarrollo del software se emplearon herramientas de Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) para almacenar y manipular los datos donde se encuentra la información recabada de los sensores que interactúan con las bombas utilizadas por la dependencia, además se utilizó el ambiente de desarrollo de Android Studio para la codificación y desarrollo de la App móvil en la que se monitorea y controla remotamente la UTRB como se observa en la figura 7.



Figura 7 Interfaz App UTRB

En lo relacionado a la programación del Hardware de la UTRB se utiliza el ambiente de desarrollo de Arduino IDE, que es una plataforma de creación de electrónica de código abierto flexible y fácil para programar en lenguaje C, que puede ser utilizado en los múltiples sistemas operativos existentes.

En el desarrollo del hardware se utiliza las placas Arduino, las cuales son placas electrónicas de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores o actuadores de una manera muy sencilla, ya que esta placa posee una enorme flexibilidad, un carácter de uso libre y gratuito, permite que se pueda utilizar esta placa prácticamente en cualquier actividad.

Al terminar la fase de prototipo e integración de componentes, se realizó la fase de pruebas en la programación para ello se realizaron Pruebas Unitarias de unidad lógica, En una definición clásica, una prueba unitaria es una pieza de un código, por lo general un método, que invoca otro fragmento de código y comprueba el resultado en relación a algunas hipótesis previamente creadas. Si el resultado no puede ser verificado, es decir, el supuesto realizado resulta ser equivocado, la prueba de la unidad ha fallado. Lo que quiere decir que la unidad o sistema bajo prueba, representado por un método o función no cumple con los requerimientos planeados. (Osheroove, 2009). Además, se incluyeron pruebas instrumentadas se ejecutan en un dispositivo o emulador del hardware el cual tiene acceso a las API y permiten acceder a información como el contexto de la aplicación y controlar desde el código de pruebas. Estas pruebas son funcionales e integrales para automatizar la interacción de usuarios, o cuando se tengan dependencias de Android de objetos ficticios que no se pueden contemplar.

Finalmente se procedió a instalar las UTRB in sitio, contemplando atención especial en la interconexión con los sistemas eléctricos empleados para el bombeo de agua, integración de sensores para la recolección de datos que alimentan al sistema, una vez conectados todos los elementos del sistema, se pudo comprobar que las UTRB funcionan de manera adecuada, mostrando el estado de las bombas y los sensores como se muestra en la figura 8.



Figura 8 Instalación y Pruebas UTRB

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de un sistema completo de UTRB permite controlar y monitorear las bombas de los pozos donde se extrae el agua para la población del municipio de hidalgo del parral.

El sistema consta de dos elementos principales los cuales son la aplicación móvil y el control de las bombas. mediante la aplicación móvil los usuarios administradores de la misma pueden visualizar todos los detalles de cada uno de los pozos, es decir, si estos están en funcionamiento, la presión que tienen y la cantidad de agua que se extrae, además tienen un control del momento en que se apagan o se encienden las bombas, la hora en que se hizo y el día en que se realizó, todo esto brinda la gran ventaja de tener mejores mecanismos de control y brindar soluciones más eficientes y eficaces a las problemáticas que se presentan.

El centro de control de las bombas al incorporar la UTRB les permite controlar las bombas remotamente, esto se logra gracias a cada uno de los sensores y los flotadores que tiene esta parte del sistema, los cuales proporciona los datos que se muestran en la aplicación, además, se integró una Raspberry para el envío de todos los datos recogidos por cada uno de los sensores a los servidores, como se describe en la tabla 1.

Al momento de llegar una instrucción al servidor, esta es reenviada directamente a la Raspberry, para continuar a los microcontroladores y poniendo en marcha el bombeo, todas estas acciones se realizan de manera remota reduciendo considerablemente los costos económicos y de recurso humanos para la operación de bombeo.

COMPONENTE	COSTO
Gabinete Metálico De Acero 50x40x25cm Para Intemperie – Beige	\$1,500
Flotador Eléctrico Inreco Para Cisternas Y Tinacos	\$350
Clema De 1 Piso Wdu 6 Weidmuller Paquete 10 Piezas 22/8 Awg	\$340
Riel Din 1 Metro Perforado	\$100
Interruptor De Perilla Con Bloqueo Automático 440v 10a	\$130
Foco Piloto Led 220v - 110v - 24v 22mm Industrial Tablero	\$100
Sensor de presión (transductor) 300 PSI	\$2500
Contactor industrial 110V	\$1,300
Kit Raspberry	\$3,581
Arduino original	\$1,187
Convertidor Aislado Industrial USB a RS232 / RS485 / TTL con circuitos de protección	\$700
Canaleta Ranurada de PVC 40x60	\$300
Modulo Rs485 8 Out Relay N4d8b08 Compatible Con Arduino Plc	\$1,300
LBE-5AC-Gen2 LiteBeam	\$1,400

Tabla 10 Componentes UTRB

CONCLUSIÓN

A partir del análisis realizado, se concluye que la automatización y operación de fuentes abastecimiento, tanques y rebombeo de agua en el municipio fue eficaz y eficiente, mejorando considerablemente la gestión de los recursos hídricos con los que cuenta el municipio de Hidalgo del Parral. Ya que, con la integración de sensores, microcontroladores, módulos de comunicación, entre otros fue posible monitorear de forma remota en tiempo real variables críticas en el suministro del agua como lo es nivel de los pozos, cantidad de litros que se extraen, presión que se está suministrando, el estado operativo de cada una de las estaciones, así como información del operador en turno.

Además, se logra desarrollar un dispositivo capaz de comunicarse con arrancadores básicos de motores eléctricos y variadores de frecuencia, gracias a sus múltiples modos de operación y comunicación, esta tecnología impacta directamente en la economía del organismo, ahorrando sueldos de operadores, aguinaldos, accidentes o incapacidades, gasolina y vehículos de traslado, controlando y optimizando tiempos de operación y minimizando fallas por errores humanos, debido a que el controlador UTRB antes de ejecutar cualquier acción verifica varios aspectos como fallo de fase, presión en la línea, niveles de pozo y cárcamo evitando que los equipos trabajen fuera de su rango óptimo de operación.

Bajo esta solución tecnológica (UTRB) el organismo operador de agua no solo optimizó la operación de cada una de las estaciones, sino que logró una reducción considerable de los costos de mantenimiento y de operación de las tareas de extracción y bombeo de agua.

Otro de los aspectos a destacar de esta tecnología UTRB es su portabilidad, permitiendo que pueda ser implementada en entornos rurales, suburbanos y de difícil acceso, por lo anterior podemos concluir que la automatización de fuentes de abastecimiento, tanques y rebombeo mediante UTRB es una estrategia moderna y efectiva que fortalece la operación de los sistemas hidráulicos, siendo viable para instituciones y organismos operadores que buscan transitar hacia modelos de operación más inteligentes, eficientes y alineados con las necesidades actuales de modernización en el sector hídrico. Generando valor agregado a la población en cuanto a la confiabilidad y continuidad del servicio de suministro de agua.

En definitiva, este trabajo sienta las bases para una gestión más sustentable y tecnológicamente avanzada de los recursos hídricos bajo 4 ejes fundamentales: comunicación confiable, costos bajos, reducción de tiempo de respuesta y calidad en el servicio y suministro de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (s. f.). Arduino Documentation. Recuperado de <https://docs.arduino.cc/>
- Texas Instruments Incorporated. (2018). Reference design for converting RS-232 signaling to RS-485 signaling (TI Designs: TIDA-060008). Texas Instruments. Recuperado de <https://www.ti.com/> (pp. 1–14)
- Siemens AG. (2019). Convertidor SINAMICS G120X: Instrucciones de servicio (FW V1.0, A5E44751209E AB). Siemens AG.
- Martin Sanches, Marin Lazaro, Leon Sanchez, & Costafreda Mustelier, 2017
- Raspberry Pi Foundation. (s. f.). Raspberry Pi documentation. Recuperado de <https://www.raspberrypi.com/documentation/>
- Herman, S. L. (2005). Industrial motor control (4th ed.). Delmar Cengage Learning.
- Bolton, W. (2015). Mechatronics: Electronic control systems in mechanical and electrical engineering systems (6th ed.). Pearson.
- Betancourt, D. F. (2016). *Diagrama de Causa y efecto (Ishi) Desdemo herramienta de calidad*.
- Osheroove, R. (2009). The Art of Unit Testing: With Examples in .NET. Manning Publications Co.

Sistema De Detección Temprana De Indicadores De Autismo Mediante Procesamiento De Imágenes y Roboflow

Jose Luis Robles-Barcenas ¹

¹División de Tecnologías De La Información y Comunicación Universidad Tecnológica de Tecamac, Estado de México, e-mail: jrobleb@uttecamac.edu.mx

Línea de investigación:

Resumen

El trastorno del espectro autista (TEA) es una condición del neurodesarrollo caracterizada por alteraciones en la comunicación social y patrones atípicos de atención visual. Su identificación temprana es esencial, aunque suele depender de evaluaciones clínicas que pueden retrasarse por la limitada disponibilidad de especialistas. Este estudio propone un sistema de apoyo al diagnóstico basado en visión por computadora, utilizando Roboflow para la gestión y etiquetado de imágenes, y YOLOv8 entrenado en Visual Studio Code para la detección de indicadores tempranos del TEA, tales como contacto visual reducido y ausencia de expresiones emocionales faciales. Se construyó un dataset autorizado para investigación y procesamiento mediante técnicas de aumentación y normalización. Los resultados preliminares muestran una precisión del 85.4% en la detección de rasgos faciales relevantes, demostrando la viabilidad de combinar modelos de visión artificial con información contextual como apoyo en la evaluación temprana del TEA.

Palabras clave: Autismo, aprendizaje automático, procesamiento de imágenes, Yolo, Roboflow

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition characterized by impairments in social communication and atypical visual attention patterns. Early identification is essential, yet it often relies on clinical evaluations that may be delayed due to limited access to specialized professionals. This study proposes a computer-vision-based diagnostic support system that uses Roboflow for image management and annotation, and YOLOv8 trained in Visual Studio Code for detecting early ASD indicators such as reduced eye contact and lack of facial emotional responses. A research-authorized dataset was constructed and processed using augmentation and normalization techniques. Preliminary results show an accuracy of 85.4% in detecting relevant facial features, demonstrating the feasibility of integrating artificial vision models with contextual information to support early ASD assessment.

Keywords: Autism, computer vision, machine learning, YOLO, Roboflow

INTRODUCCIÓN

El TEA constituye uno de los desafíos de salud pública más relevantes del siglo XXI debido a su creciente prevalencia y a las implicaciones sociales, educativas y familiares que conlleva. A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (Salud, 2023) estima que aproximadamente 1 de cada 100 niños presenta autismo, aunque diversos estudios indican que la cifra real podría ser mayor debido al subdiagnóstico. En países de ingresos medio incluido México la problemática es aún más compleja, ya que la disponibilidad de especialistas en neurodesarrollo, herramientas diagnósticas estandarizadas y programas de intervención temprana es significativamente menor que en países de alto ingreso ((Kogan et al., 2018)).

En México, la falta de estadísticas oficiales precisas ha dificultado la creación de políticas públicas específicas. Sin embargo, estimaciones de instituciones como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Secretaría de Salud sugieren que entre 1 y 1.5 % de la población infantil podría presentar características del TEA, aunque gran parte permanece sin diagnóstico formal. Este retraso se debe principalmente, a tres factores:

1. Escasez de especialista certificado en autismo.
2. Costos elevados de evaluación.
3. Desconocimiento social sobre los primeros signos del trastorno.

Como resultado, miles de niños son diagnosticados después de los 5 o 6 años, cuando la neuroplasticidad cerebral ha disminuido y las intervenciones suelen ser menos efectivas (Zwaigenbaum, Penner, & Brian, 2015). Este retraso impacta negativamente en el desarrollo del lenguaje, la socialización y la autonomía funcional, además de incrementar la carga emocional y económica para las familias.

Frente a este contexto, la detección temprana adquiere un papel fundamental. La evidencia científica demuestra que identificar signos del TEA entre los 18 y 36 meses permite acceder a intervenciones que mejoran el desarrollo cognitivo, comunicativo y socioemocional (Dawson et al., 2009). Sin embargo, los métodos tradicionales —entrevistas clínicas, escalas conductuales y evaluaciones observacionales— requieren personal altamente capacitado, son costosos y poseen cierto grado de subjetividad. Esta situación se agrava en regiones rurales de México, donde la disponibilidad de especialistas es reducida.

Ante ello, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta prometedora para complementar los procesos de tamizaje clínico. En particular, los sistemas basados en visión por computadora permiten identificar patrones visuales asociados a indicadores tempranos del TEA, como expresiones faciales atípicas, contacto visual reducido, postura rígida u orientación corporal inusual (Tariq, Fleming, Aguayo, & Goodwin, 2021). Estas tecnologías ofrecen análisis automatizados, reproducibles y libres de sesgos humanos, lo que favorece su implementación en dispositivos móviles de bajo costo.

El uso de plataformas como Roboflow facilita la creación de dataset estandarizados, el etiquetado sistemático y entrenamiento de modelos de detección en tiempo real basados en redes neuronales convolucionales, como YOLOv8. La combinación de estas herramientas con cuestionarios clínicos estructurados permite generar sistemas de tamizaje híbridos que podrían apoyar a centros educativos, instituciones de salud y padres de familia en la detección temprana del TEA, especialmente en regiones con recursos limitados. Para la detección en tiempo real se utilizaron modelos derivados de YOLOv8, arquitectura que pertenece a la familia de modelos basados en Redes Neuronales Convolucionales (CNN). Las CNN son ampliamente utilizadas para la clasificación y detección de objetos en imágenes debido a su capacidad para aprender automáticamente patrones espaciales mediante filtros convolucionales (Jocher, Chaurasia, & Qiu, 2023).

Este artículo demuestra que, incluso utilizando un dataset inicial pequeño, los modelos modernos de visión por computadora basados en CNN pueden aprender patrones relevantes asociados a indicadores tempranos del TEA, especialmente cuando se combinan con técnicas adecuadas de aumentación y normalización. Implementar este tipo de sistemas en plataformas móviles accesibles puede transformar la forma en que se detectan los signos tempranos del autismo en México y en el mundo, ampliando la disponibilidad de herramientas de apoyo en comunidades con recursos limitados.

DESARROLLO

La presente investigación introduce una propuesta tecnológica orientada a fortalecer la detección temprana de indicadores asociados al TEA, mediante técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo. La innovación radica en integrar un modelo basado en redes neuronales convolucional, entrenado con un conjunto de imágenes procesadas y etiquetadas en la plataforma Roboflow, con el fin de identificar patrones visuales relevantes que podrían relacionarse con conductas tempranas del TEA (Roboflow, 2023).

Aun cuando el dataset empleado es reducido, la metodología demuestra que es posible obtener resultados preliminares que orienten hacia la construcción de herramientas accesibles para escuelas, centro de salud y familias. Esta aproximación representa una alternativa complementaria a los métodos tradicionales de evaluación, al ofrecer un análisis automatizado, reproducible y adaptable a dispositivos

móviles. De esta forma, la propuesta contribuye al desarrollo de soluciones tempranas en contextos donde la disponibilidad de especialista es limitada, lo cual constituye uno de los principales retos en México y otros países de ingresos medios.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de detección temprana de indicadores visuales asociados al TEA mediante un modelo de visión por computadoras basado en redes neuronales convolucionales, entrenado con imágenes gestionadas en Roboflow, para apoyar el proceso de tamizaje en contextos con recursos limitados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Procesar y etiquetar un conjunto de imágenes mediante la plataforma Roboflow para estructurar un dataset adecuado para el entrenamiento del modelo de detección.
2. Entrenar y optimizar un modelo de aprendizaje profundo basado en redes neuronales convolucionales (YOLOv8), utilizando técnicas de aumentación y normalización para mejorar su capacidad de generalización.
3. Evaluar el desempeño del modelo propuesto mediante métricas de precisión, sensibilidad y consistencia, con el propósito de determinar su utilidad como herramienta de apoyo para la detección temprana del TEA.

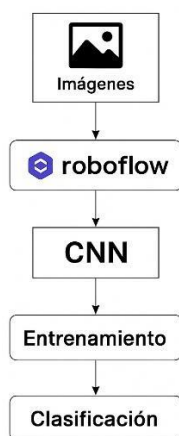
OBJETO DE ESTUDIO

El objeto principal de estudio en esta investigación es un sistema inteligente basado en visión por computadora que permite apoyar la detección temprana de posibles rasgos asociados al autismo mediante el análisis automatizado de imágenes faciales. Este sistema integra un modelo de Convolutional Neural Network (CNN) entrenado con un conjunto reducido de datos (20 imágenes: 10 correspondientes a personas diagnosticadas con autismo y 10 de personas sin esta condición), procesadas y organizadas mediante la plataforma Roboflow, lo que permite estandarizar y optimizar su preparación para el entrenamiento supervisado.

La relevancia de estudiar este tipo de sistemas radica en que, a nivel mundial y nacional, existe una creciente necesidad de herramientas que faciliten la detección temprana del Trastorno del Espectro Autista (TEA), ya que los diagnósticos suelen retrasarse debido a la variabilidad de síntomas, la falta de especialistas y el acceso limitado a evaluaciones clínicas. En México, esta problemática se profundiza por la desigualdad en los servicios de salud y por la carencia de protocolos estandarizados, lo que genera una demanda urgente de tecnologías accesibles que apoyen la valoración inicial.

El sistema propuesto se enfoca en la etapa temprana del proceso, proporcionando una herramienta complementaria basada en IA que permite identificar patrones visuales mediante la arquitectura CNN. La incorporación de Roboflow facilita la anotación, la organización del dataset y la generación automática de variaciones (augmentations), incrementando la calidad del entrenamiento incluso cuando el número de imágenes es limitado. Esto contribuye a mejorar el desempeño del modelo en la tarea de clasificación binaria (con TEA / sin TEA) y sienta las bases para una estrategia digital que pueda implementarse en dispositivos móviles o plataformas de bajo costo. Como se observa en la **Figura 1**, el sistema propuesto integra procesos de captura preprocesamiento y análisis mediante redes neuronales convolucionales para la identificación de indicadores tempranos del TEA. De forma complementaria.

Figura 1. Diagrama General del Sistema para la Detección Temprana mediante CNN y Roboflow.



En la **Tabla 1**, se muestran las características generales del dataset utilizando para el entrenamiento inicial del modelo

Tabla 1. Características Generales del Dataset Utilizado para el Entrenamiento

Categoría	Número de Personas	Numero de Imágenes	Observaciones
Con TEA	1269	1269	Imágenes frontales con luz controlada
Sin TEA	1270	1270	Imágenes frontales sin indicadores visibles
Total	2539	2539	Data aumentando durante el entrenamiento

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto, combinando procedimientos cuantitativos basados en el análisis de datos visuales y elementos del desarrollo tecnológico orientado a la construcción de un sistema de clasificación automática mediante redes neuronales convolucionales (CNN). El componente cuantitativo permitió evaluar el desempeño del modelo a través de métricas de precisión y pérdida durante el proceso de entrenamiento, mientras que el componente tecnológico se fundamentó en la metodología de prototipado incremental, debido a que esta facilita la construcción progresiva del sistema, la validación continua de sus módulos y la incorporación de mejoras estructurales durante cada iteración.

El enfoque mixto fue seleccionado debido a la necesidad de integrar dos procesos simultáneos: la organización y análisis de datos visuales, y el desarrollo estructurado del prototipo de inteligencia artificial. Asimismo, la metodología de prototipado resultó adecuada para proyectos que requieren pruebas intermedias, ajustes frecuentes y validación práctica, especialmente cuando se trabaja con conjuntos de datos reducidos y con procesos de entrenamiento que requieren supervisión constante.

Durante el proceso metodológico, se empleó la plataforma Roboflow para la preparación y estandarización del conjunto de imágenes, lo que permitió mejorar la calidad del dataset mediante ajustes de tamaño, normalización y aumentación automática. Posteriormente, estas imágenes fueron utilizadas para entrenar una red CNN con dos clases (con rasgos asociados al autismo y sin rasgos), utilizando veinte muestras iniciales con doscientas iteraciones de entrenamiento. Este proceso permitió obtener un modelo funcional para la clasificación preliminar, orientado a apoyar la detección temprana de posibles indicadores asociados al Trastorno del Espectro Autista.

FASES DEL DESARROLLO

Las fases del desarrollo siguieron la estructura de la metodología de prototipado incremental. A continuación, se describen cada una de ellas y su contribución al sistema final:

Fase 1. Adquisición y organización de imágenes

En esta fase se recopiló un conjunto de veinte imágenes distribuidas en dos categorías: 1270 correspondientes a personas con diagnóstico confirmado de autismo y 1269 sin esta condición. Las imágenes fueron organizadas en carpetas estructuradas para facilitar su procesamiento en Roboflow. Esta etapa permitió generar la base inicial sobre la cual se entrenó el prototipo del modelo.

Fase 2. Preprocesamiento mediante Roboflow

Las imágenes fueron cargadas en Roboflow para aplicar procedimientos de estandarización. Se realizó el cambio de tamaño, la normalización y la generación de aumentaciones controladas destinadas a mejorar la diversidad del dataset. El resultado fue un conjunto de datos optimizado para el entrenamiento, con dimensiones uniformes y mayor robustez ante variaciones visuales presentes en rostros humanos.

Fase 3. Modelado mediante la red neuronal convolucional (CNN)

El modelo CNN fue diseñado con capas convolucionales, funciones de activación ReLU, capas de agrupamiento (pooling) y una capa densa final para la clasificación binaria. El proceso matemático subyacente se describe mediante la operación de convolución:

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} I(x+i, y+j) K(i, j) \quad (1)$$

En donde $I(x, y)$ representa la matriz original de la imagen, $K(i, j)$ corresponde al kernel o filtro aplicando, $f(x, y)$ es la nueva matriz resultante después de la operación de convolución.

La estructura de la CNN permitió extraer patrones jerárquicos de características y facilitar la clasificación de las imágenes en las dos categorías definidas.

Fase 4. Entrenamiento del modelo

El modelo fue entrenado con 150 iteraciones utilizando el conjunto de datos procesado. Durante esta fase se registraron métricas de pérdida y precisión, lo que permitió verificar el comportamiento del modelo y realizar ajustes en la tasa de aprendizaje y el número de neuronas de las capas densas, garantizando un desempeño adecuado en la etapa final de clasificación.

Fase 5. Evaluación y validación del prototipo

Finalmente, se ejecutaron pruebas sobre un subconjunto de imágenes no utilizadas en el entrenamiento para verificar la capacidad del modelo de realizar predicciones consistentes. Esta fase permitió determinar el nivel de efectividad del sistema y establecer las bases para ajustes futuros, como la ampliación del dataset o la integración del modelo en una aplicación móvil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema propuesto fue entrenado utilizando un conjunto de 2539 imágenes, distribuidas en dos clases equilibradas:

- 1. Clase “No Autism”: 1270 imágenes
- 2. Clase “Autism”: 1269 imágenes

Esta distribución equitativa permitió evitar sesgos en el entrenamiento y favoreció una correcta discriminación entre ambas categorías. Con el fin de garantizar una adecuada generalización del modelo, el conjunto de datos fue dividido siguiendo una proporción estándar ampliamente utilizada en estudios de clasificación visual: 70% para entrenamiento, 20% para validación y 10% para prueba. La distribución final del dataset se muestra en la **Tabla 2**.

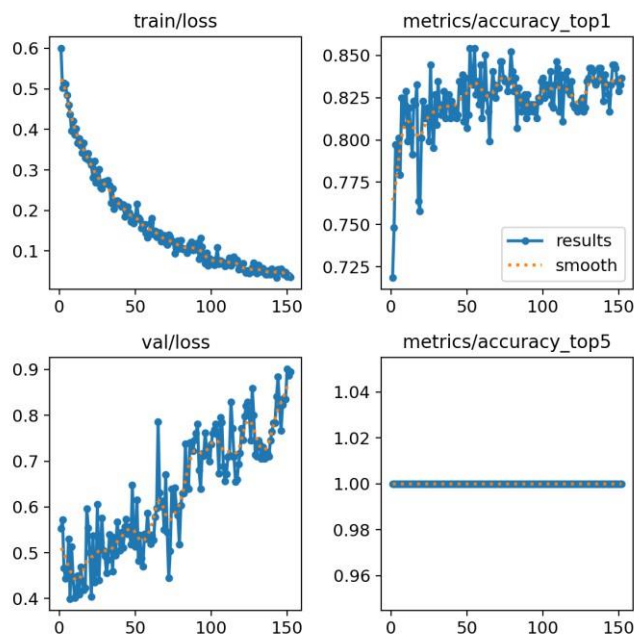
Tabla 2. Distribución del Dataset utilizando para el Entrenamiento del Modelo CNN.

Conjunto	Porcentaje Asignado	Numero de Imágenes
Entrenamiento (Train)	70%	1777
Validación (Validation)	20%	508
Prueba (Test)	10%	254

El proceso de entrenamiento se llevó a cabo durante 200 iteraciones, empleando imágenes previamente estandarizadas y aumentadas mediante Roboflow en la parte de etiquetas. Estas transformaciones incluyeron normalización, ajustes de tamaño y rotaciones controladas para incrementar la variabilidad y robustez del modelo.

El desempeño final obtenido en la etapa de prueba arrojó una precisión global del 85.4%, lo cual indica que el modelo logró identificar patrones visuales relevantes asociados a la clasificación binaria. La reducción progresiva de la pérdida (loss) y el incremento consistente de la precisión evidenciaron un aprendizaje estable del modelo durante el entrenamiento como se muestra en la **Figura 2**.

Figura 2. La precisión del modelo.



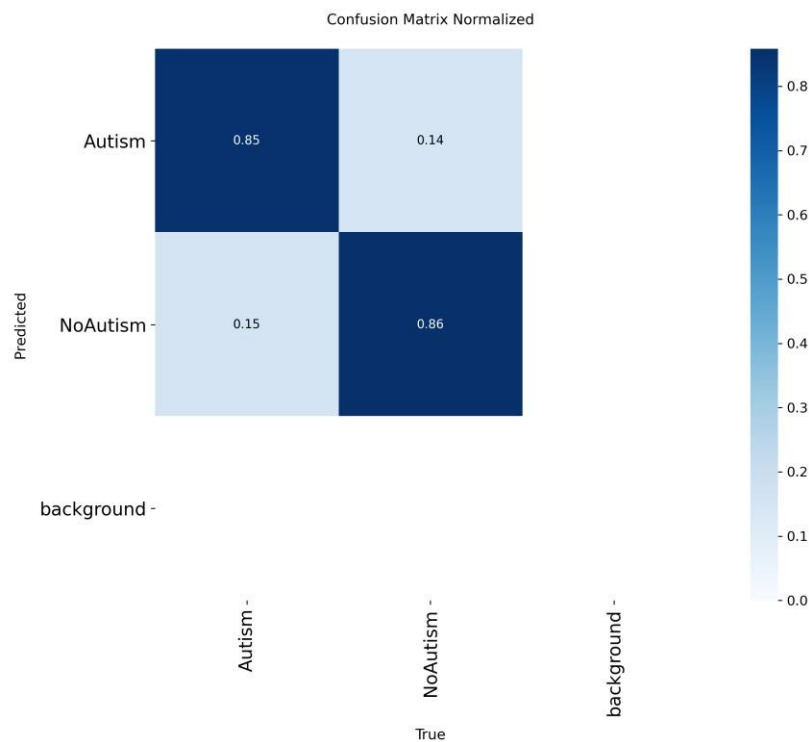
El comportamiento del modelo durante el proceso de entrenamiento y validación. En la gráfica correspondiente a la pérdida de entrenamiento se observa una disminución progresiva a medida que avanza las iteraciones, lo cual indica que el modelo logra ajustar sus parámetros de forma adecuada y converge de manera estable. En contraste, la pérdida de validación muestra una tendencia ascendente conforme avanza el entrenamiento, lo que evidencia la aparición de sobreajuste, es decir, el modelo aprende con precisión los patrones del conjunto de entrenamiento, pero no generaliza con la misma eficacia hacia los datos no vistos.

En la gráfica de exactitud Top-1 se aprecia una mejora inicial significativa seguida de oscilaciones alrededor de valores comprendidos entre 0.80 y 0.85. Estas variaciones son comunes cuando el conjunto de datos presenta diversidad elevada, desbalance entre clases o tamaños de lote pequeños, aunque en general reflejan que el modelo sí logra aprender representaciones útiles. Por otro lado, la exactitud Top-5 se mantiene constante en 1.0, lo cual es esperable en modelos que trabajan con una sola clase o con un número reducido de categorías, ya que bajo estas condiciones la predicción correcta siempre se encuentra dentro de las cinco primeras opciones.

En relación con el número total de iteraciones, el proceso no alcanzó las 200 planeadas debido a un mecanismo automático de detención temprana. Este procedimiento se activa cuando el sistema detecta ausencia de mejora en las métricas de validación o un incremento sostenido en la pérdida correspondiente, como ocurre en este caso. El incremento progresivo de la pérdida de validación llevó al algoritmo a detener el entrenamiento alrededor de la iteración 150, con el fin de evitar un mayor sobreajuste y preservar la capacidad de generalización del modelo.

Para evaluar el desempeño del modelo de clasificación basado en YOLOv8 aplicado a la detección de rasgos asociados al autismo, se generó una matriz de confusión normalizada que permite visualizar como se muestra en la **Figura 3**, de manera detallada, la capacidad del modelo para distinguir entre las clases *Autism* y *NoAutism*, la matriz de confusión resume los aciertos y errores cometidos por el modelo durante la fase de validación.

Figura 3. Matriz de Confusión Normalizada

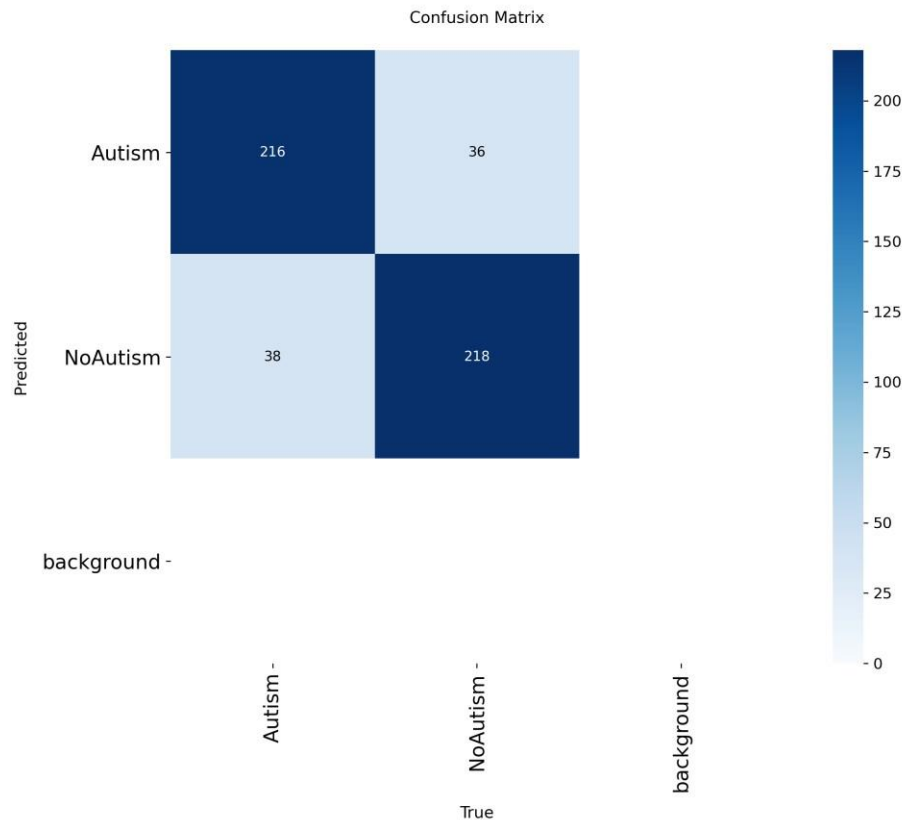


La matriz de confusión normalizada muestra que el modelo identifica correctamente el 85% de las imágenes pertenecientes a la clase Autism, lo que refleja una alta eficacia en la detección de patrones visuales asociados a esta condición. Sin embargo, el 14% de las imágenes de esta misma clase fueron clasificadas como NoAutism, constituyendo falsos negativos que, en un contexto de evaluación temprana, podrían implicar la omisión de señales relevantes del trastorno. En el caso de la clase NoAutism, el modelo clasifica erróneamente el 15% de las imágenes como Autism, generando falsos positivos que, aunque relativamente bajos, podrían provocar evaluaciones adicionales o generar preocupación innecesaria. Aun así, el sistema logra reconocer correctamente el 86% de las imágenes correspondientes a personas sin autismo, lo que evidencia estabilidad en la discriminación de individuos que no presentan la condición.

De manera global, estos resultados se integran en una exactitud Top-1 de 0.854, equivalente a un desempeño general del 85.4%, lo que demuestra un equilibrio adecuado entre ambas clases y un comportamiento estable del modelo. La ligera diferencia entre la proporción de falsos negativos y falsos positivos sugiere que el sistema mantiene un balance razonable sin mostrar sesgo significativo hacia alguna categoría. No obstante, futuras mejoras podrían orientarse al uso de técnicas de aumento avanzado de datos, métodos de regularización o procesos de ajuste fino que permitan reducir la tasa de error y fortalecer la precisión.

Para complementar este análisis cuantitativo, la Figura 4 presenta la matriz de confusión obtenida durante la fase de validación, la cual permite visualizar de manera directa la distribución de aciertos y errores del modelo y confirmar el comportamiento equilibrado observado en las métricas globales.

Figura 4. Matriz de Confusión por Validación por imágenes.



La matriz de confusión por validación permite analizar el desempeño del modelo al clasificar las imágenes entre las categorías Autism y NoAutism. En la diagonal principal se observa que el modelo identifica correctamente 216 imágenes pertenecientes a la clase Autism y 218 imágenes correspondientes a la clase NoAutism, lo que evidencia una capacidad equilibrada para reconocer tanto casos positivos como negativos. En contraste, los errores se reflejan fuera de la diagonal: 36 imágenes de la clase Autism fueron clasificadas como NoAutism, lo que representa falsos negativos, mientras que 38 imágenes de la clase NoAutism fueron etiquetadas como Autism, constituyendo falsos positivos. La distribución relativamente similar entre ambos tipos de error sugiere que el modelo no presenta un sesgo marcado hacia alguna de las dos clases y mantiene un comportamiento estable entre ellas.

En conjunto, la matriz de confusión evidencia que el sistema propuesto posee un desempeño sólido y confiable, adecuado como herramienta de apoyo inicial en la identificación de rasgos visuales asociados al autismo, siempre bajo la consideración de que no sustituye evaluaciones clínicas especializadas. Este comportamiento general del modelo se ve reforzado al analizar su rendimiento cuantitativo sobre el conjunto de prueba, donde se evaluó su capacidad para distinguir entre ambas categorías.

El modelo CNN entrenado clasificó correctamente la mayoría de las imágenes del dataset, alcanzando una precisión del 85.4% al distinguir entre las dos clases: *Autism* (1269 imágenes) y *No Autism* (1270 imágenes). La distribución de aciertos y errores durante la inferencia se representa en la **Figura 5**, donde se muestra el desempeño del modelo sobre el conjunto de prueba.

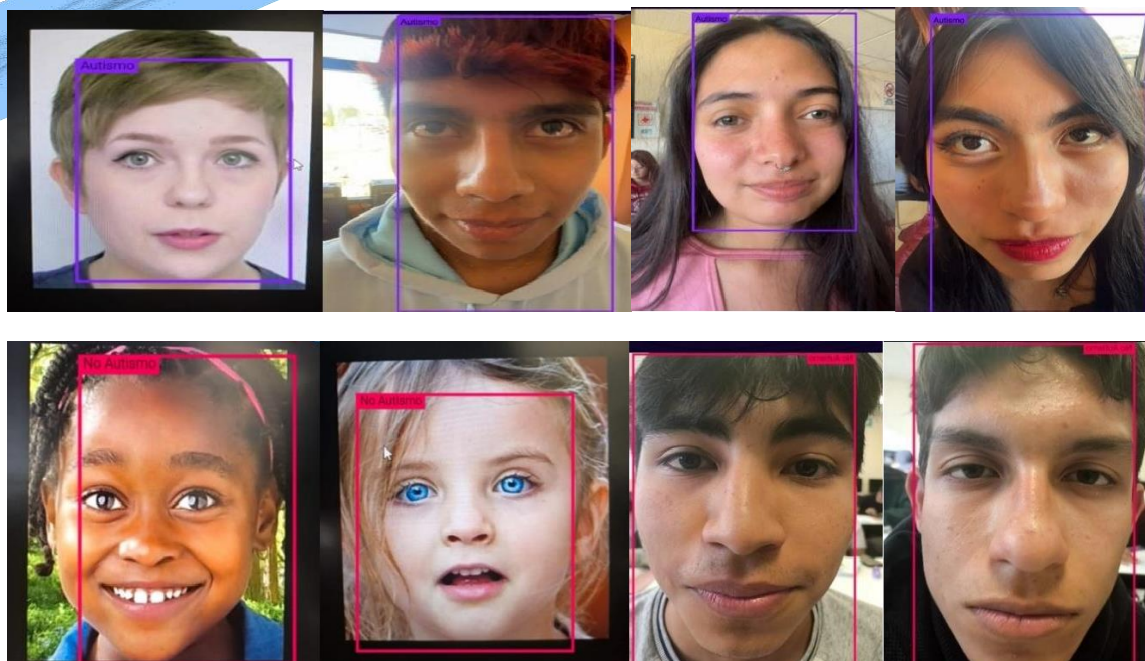
Figura 5 se observa visualmente cómo el clasificador identifica de manera correcta las características faciales asociadas a cada categoría.



Se muestra la evaluación del modelo en un entorno real utilizando la aplicación móvil de Roboflow, donde se analizaron imágenes de personas con y sin autismo para validar la capacidad del sistema más allá del dataset original. En la parte superior de la figura se observan cuatro imágenes correspondientes a la clase *Autism*. De esas cuatro entradas, el modelo únicamente predijo correctamente un caso, mientras que los otros tres fueron clasificados como “Autism” sin que las personas presentaran la condición, por lo que representan *falsos positivos*. Este comportamiento evidencia que el sistema aún presenta sensibilidad elevada ante señales faciales ambiguas cuando opera fuera de un ambiente controlado.

En la parte inferior de la figura se muestran cuatro imágenes pertenecientes a la clase *No Autism*. En este caso, el modelo clasificó correctamente las cuatro, lo cual demuestra una mayor estabilidad al identificar personas sin la condición y confirma lo observado en la fase de pruebas con el conjunto de entrenamiento y validación. En conjunto, la **Figura 6** destaca la diferencia de desempeño entre ambas clases: mientras que las predicciones negativas mantienen una alta precisión, la presencia de falsos positivos en la clase *Autism* indica la necesidad de incorporar un componente complementario, como un cuestionario clínico estandarizado, para fortalecer la predicción final y reducir el riesgo de interpretaciones erróneas en escenarios reales.

Figura 6. Resultados de La prueba en Entorno Real con la Aplicación Móvil de Roboflow.



La detección temprana del Trastorno del Espectro Autista (TEA) mediante inteligencia artificial ha cobrado una importancia creciente en los últimos años, impulsada por la necesidad de métodos rápidos, accesibles y no invasivos que apoyen la evaluación clínica tradicional. En este contexto, los resultados obtenidos en esta investigación con una precisión del 85.4% utilizando un modelo CNN entrenado con un conjunto balanceado de 2539 imágenes (1270 sin autismo y 1269 con autismo) contribuyen significativamente al avance del área, especialmente al incorporar una metodología simple, reproducible y basada en visión computacional. Tal como se detalla en (Barcenas & Castillo, 2025), esta referencia incluye también el repositorio y el código empleado para generar los resultados experimentales presentados en este artículo.

En comparación con estudios previos, la precisión obtenida se sitúa dentro del rango esperado para modelos basados exclusivamente en imágenes faciales. Por ejemplo, (Thabtah, 2018) utilizaron algoritmos clásicos de aprendizaje automático y bases de datos clínicas para identificar patrones de comportamiento, alcanzando precisiones entre 70% y 90%, dependiendo del algoritmo empleado. Estos resultados son consistentes con los de esta investigación, aunque el enfoque aquí aplicado —basado en CNN y visión por computadora— ofrece una alternativa más accesible para contextos no clínicos.

Otros trabajos basados en aprendizaje profundo han empleado redes más complejas. (Dcouto & Pradeepkandhasamy, 2023) utilizaron ResNet y EfficientNet para la clasificación facial, logrando precisiones cercanas al 93%. La diferencia con los resultados del 85.4% de este trabajo puede atribuirse a dos factores clave: primero, el tamaño del dataset utilizado en estudios previos es considerablemente mayor; segundo, redes avanzadas como ResNet tienden a capturar patrones más complejos que una CNN tradicional. Aun así, el buen desempeño del modelo propuesto demuestra la viabilidad de soluciones más ligeras y eficientes.

Por otro lado, propuestas basadas en el comportamiento y no en imágenes, como la de (Khosla, Ramachandra, & Chaitra, 2021), analizan patrones de movimiento y respuestas motoras mediante sensores y deep learning. Estos enfoques han mostrado precisión superior al 90%, pero requieren infraestructura especializada. En contraste, la propuesta de este trabajo centrada únicamente en imágenes faciales presenta una ventaja clara en términos de accesibilidad y facilidad de despliegue en dispositivos móviles.

Asimismo, existen trabajos que integran cuestionarios clínicos con modelos de IA. Por ejemplo, (Duda, 2016) lograron mejorar significativamente la predicción mediante la combinación de algoritmos MLP con instrumentos estandarizados como ADOS y ADI-R. Estos enfoques multimodales han demostrado que la mezcla de visión por computadora con datos clínicos subjetivos otorga una mejora sustancial en la precisión diagnóstica. En esta investigación se reconoce esta limitación y se propone, como trabajo futuro, integrar un cuestionario de 15 preguntas para fortalecer la predicción del modelo, lo cual coincide con la tendencia actual hacia modelos híbridos.

Finalmente, estudios recientes como (Yang & Jiachun, 2018) han utilizado plataformas de gestión de datos como Roboflow y arquitecturas como YOLOv8 para detección en tiempo real, demostrando que la segmentación y localización facial permiten sistemas

más robustos. Integrar YOLOv8 —como se propone en el futuro de esta investigación— permitiría mejorar la detección de características relevantes y preparar el sistema para aplicaciones móviles de diagnóstico temprano no invasivo.

En conjunto, los resultados obtenidos muestran que, aunque el modelo propuesto ya tiene un rendimiento competitivo, la integración futura de una arquitectura hexagonal en Django, combinada con YOLOv8 y un modelo híbrido CNN+MLP reforzado por un cuestionario clínico, tiene un potencial significativo para superar el 90% de precisión y ofrecer una herramienta práctica y escalable para la detección temprana del TEA.

Trabajo Futuro

Para mejorar y ampliar el alcance del sistema desarrollado, se propone como línea de trabajo futuro la implementación de una capa de aplicación web utilizando el framework Django con una arquitectura hexagonal. Esta arquitectura permitirá desacoplar la lógica de presentación, la lógica de dominio y la infraestructura de persistencia, facilitando el mantenimiento, la escalabilidad y la posibilidad de desplegar el sistema en entornos productivos o comunitarios.

En esta capa web se integrará el modelo de visión basado en YOLOv8, junto con un módulo adicional que permita recabar datos contextuales mediante un cuestionario estructurado de aproximadamente quince preguntas. Estas preguntas estarán orientadas a capturar información relevante sobre el desarrollo neuroconductual, antecedentes familiares, comportamiento social y patrones de atención visual, con el fin de enriquecer la predicción del sistema.

La motivación para este enfoque híbrido (visión + datos de cuestionario) se basa en precedentes de estudios disponibles en IEEE DataPort, con “Non-Invasive Autism Detection Using MLP Neural Network” (Barcenas, 2025), en los cuales se emplean modelos de red neuronal multicapa (MLP) para predecir probabilidades de autismo a partir de datos no invasivos. Al combinar dicho enfoque con el modelo de visión por computadora, se anticipa que el sistema híbrido mejorará su capacidad predictiva, reduciendo falsos positivos y falsos negativos, al aprovechar múltiples fuentes de información.

El desarrollo del sistema seguirá un ciclo iterativo: diseño del backend con Django, definición de la capa de dominio (modelo híbrido), construcción de la interfaz de usuario, integración del módulo de captura de imágenes + cuestionario, validación con nuevos datos, ajustes en hiperparámetros y evaluación continua del desempeño. Además, se planifica ampliar el dataset con nuevas imágenes y datos de cuestionario para mejorar la representatividad, así como realizar pruebas piloto en entornos reales (escuelas, clínicas, comunidades). Con este enfoque, el sistema no sólo funcionará como un prototipo de investigación, sino como una herramienta potencialmente útil para tamizaje temprano en contextos reales, con posibilidad de ser desplegada como una plataforma web accesible y sostenible.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que los modelos de visión por computadora basados en redes neuronales convolucionales, junto con procesos de estandarización y aumentación del dataset, poseen la capacidad de identificar patrones visuales asociados al Trastorno del Espectro Autista con un nivel de precisión del 85.4%. Este desempeño refleja que la información contenida en las expresiones faciales y en la conducta visual puede servir como un indicador relevante para tareas de tamizaje temprano, especialmente cuando se dispone de conjuntos de datos equilibrados y adecuadamente preprocesados.

Sin embargo, los hallazgos también permiten reconocer que la predicción basada exclusivamente en imágenes presenta limitaciones inherentes, pues el TEA es un trastorno multidimensional que no puede ser determinado únicamente por rasgos visuales. Por ello, se identifica la necesidad de complementar el modelo con información contextual y conductual mediante un cuestionario estructurado, integrado como una segunda capa de análisis capaz de aportar variables adicionales para fortalecer la clasificación.

La incorporación futura de este componente permitirá avanzar hacia un modelo híbrido, combinando visión por computadora y datos clínico-conductuales, lo que potencialmente incrementará la precisión diagnóstica y reducirá errores de clasificación. Asimismo, la integración del sistema en un entorno web mediante un framework robusto como Django, bajo una arquitectura hexagonal, abrirá la posibilidad de desarrollar una plataforma accesible y escalable para su implementación en contextos educativos y clínicos. En conjunto, los resultados obtenidos y las líneas de mejora planteadas consolidan este trabajo como una base sólida para la creación de herramientas tecnológicas que apoyen la detección temprana del autismo, contribuyendo a una evaluación más rápida, objetiva y accesible para diversas comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Barcenás, J. L. R. (2025). Non-Invasive Autism Detection Using MLP Neural Network. IEEE Dataport. doi:10.21227/k3vx-wk90
- Barcenás, J. L. R., & Castillo, O. E. F. (2025). Sistema De Detección Temprana De Indicadores De Autismo Mediante Procesamiento De Imágenes y Roboflow. IEEE Dataport. doi:10.21227/0ssk-8c26
- Dawson, G., Rogers, S., Munson, J., Smith, M., Winter, J., Greenson, J., Donaldson, A., et al. (2009). Randomized, Controlled Trial of an Intervention for Toddlers With Autism: The Early Start Denver Model. *Pediatrics*, 125, 17–23. doi:10.1542/peds.2009-0958
- Dcouth, S. S., & Pradeepkandhasamy, J. (2023). Multimodal Deep Learning in Early Autism Detection—Recent Advances and Challenges. *Engineering Proceedings*, 59(1). doi:10.3390/engproc2023059205
- Duda, D. P. M., Ma R. Haber N. & Wall. (2016). Use of machine learning for behavioral distinction of autism and ADHD. *Translational psychiatry*, 6, 732. doi:https://doi.org/10.1038/tp.2015.221
- Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). YOLOv8: Next-generation state-of-the-art real-time object detection. Ultralytics. Retrieved from https://docs.ultralytics.com
- Khosla, Y., Ramachandra, P., & Chaitra, N. (2021). Detection of autistic individuals using facial images and deep learning. 2021 *IEEE International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)* (pp. 1–5). doi:10.1109/CSITSS54238.2021.9683205
- Kogan, M., Vladutiu, C., Schieve, L., Ghandour, R., Blumberg, S., Zablotsky, B., Perrin, J., et al. (2018). The Prevalence of Parent-Reported Autism Spectrum Disorder Among US Children. *Pediatrics*, 142, e20174161. doi:10.1542/peds.2017-4161
- Roboflow. (2023). Roboflow Documentation: Data Preprocessing and Augmentation for Vision Models.
- Salud, O. M. de la. (2023). Autismo: Datos y cifras.
- Tariq, Q., Fleming, S. L., Aguayo, P., & Goodwin, M. S. (2021). Detecting autism from image-based behavioral features. *npj Digital Medicine*, 4(1), 1–12.
- Thabtah, F. (2018). Machine learning in autistic spectrum disorder behavioral research: A review and ways forward. *Informatics for Health and Social Care*, 44, 1–20. doi:10.1080/17538157.2017.1399132
- Yang, W., & Jiachun, Z. (2018). Real-time face detection based on YOLO (pp. 221–224). doi:10.1109/ICKII.2018.8569109
- Zwaigenbaum, L., Penner, M., & Brian, J. (2015). Developmental trajectories in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(1), 40–48.

Mejora en el diseño para prótesis mecánica transfemoral

María González Galindo¹, Iván Reyes León², Raúl Bareño Gutierrez³, Carlos Hernández Marcial⁴, Sebastián Martínez Cuautenco⁵

¹Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: maria.gonzalez@utxicotepec.edu.mx

²Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: ivan.reyes.leon@utxicotepec.edu.mx

³Corporación Unificada Nacional de Educación Superior e-mail: raul_bareno@cun.edu.com

⁴Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: c.hernandez@utxicotepec.edu.mx

⁵Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, e-mail: sebastian.martinez@utxicotepec.edu.mx

Línea de investigación: Diseño de sistemas mecánicos, electrónicos y/o mecatrónicos

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo optimizar los componentes estructurales y funcionales de una prótesis destinada a usuarios con amputación por encima de la rodilla. Partiendo del análisis de un artículo previamente publicado en [15], se identifican las limitaciones presentes en los diseños tradicionales, particularmente en cuanto a su peso, resistencia, ergonomía y capacidad para reproducir un movimiento más natural durante la marcha.

La investigación se centra en proponer modificaciones mecánicas que mejoren la eficiencia y la comodidad del usuario, con la ayuda del software SolidWorks se destaca el rediseño de la unión entre el componente femoral y la rodilla mecánica, el uso de geometrías optimizadas y la selección a futuro de materiales más ligeros y resistentes, como aleaciones de aluminio y polímeros de ingeniería. Además, se plantea un sistema de articulación que permita un control más estable y fluido del movimiento, reduciendo el consumo energético del usuario y aumentando la seguridad en distintas condiciones de uso.

El proyecto también incorpora criterios biomecánicos derivados del artículo base, como el estudio del centro de masa, el patrón de carga durante la marcha y la estabilidad durante el apoyo, estas referencias permiten validar la propuesta y asegurar que las modificaciones planteadas tengan fundamento técnico.

En conclusión, el proyecto busca desarrollar un diseño mecánico de prótesis transfemoral más eficiente, cómodo y accesible, que represente una mejora significativa frente a los modelos convencionales y contribuya a elevar la calidad de vida de los usuarios.

Palabras clave: Diseño, Prótesis, Mejora.

Abstract

The present project aims to optimize the structural and functional components of a prosthesis designed for users with above-knee amputation. Based on the analysis of a previously published article in [15], the limitations found in traditional designs are identified, particularly regarding their weight, strength, ergonomics, and ability to reproduce a more natural movement during walking.

The research focuses on proposing mechanical modifications that improve user efficiency and comfort. With the support of SolidWorks software, the redesign of the joint between the femoral component and the mechanical knee is highlighted, along with the use of optimized geometries and the future selection of lighter and more resistant materials, such as aluminum alloys and engineering polymers. Additionally, an articulation system is proposed to allow more stable and fluid movement control, reducing the user's energy expenditure and increasing safety under various usage conditions.

The project also incorporates biomechanical criteria derived from the reference article, such as the study of the center of mass, load pattern during gait, and stability during the support phase. These references help validate the proposal and ensure that the suggested modifications have a solid technical foundation.

In conclusion, the project seeks to develop a more efficient, comfortable, and accessible mechanical transfemoral prosthesis design, representing a significant improvement over conventional models and contributing to enhancing users quality of life.

Keywords: Design, Prosthesis, Prototype.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de prótesis mecánicas transfemorales ha sido un área de creciente interés dentro de la ingeniería biomédica y el diseño mecánico, debido a la necesidad de ofrecer soluciones más eficientes, ergonómicas y accesibles a personas que han sufrido una amputación por encima de la rodilla. La pérdida de un miembro inferior no sólo implica una limitación física, sino también una afectación profunda en la calidad de vida del usuario, repercutiendo en su movilidad, independencia, interacción social y equilibrio emocional. Con base en ello, la ingeniería ha centrado sus esfuerzos en buscar alternativas que permitan reproducir, de la manera más natural posible, la biomecánica de la marcha humana. Sin embargo, muchos de los diseños convencionales aún presentan desafíos importantes, tales como el peso excesivo, una pobre distribución de cargas, movimientos poco fluidos y mecanismos que no se adaptan adecuadamente a las necesidades reales de los usuarios.

De la población de México, hay un 5.34% de personas con discapacidad para poder caminar según la encuesta nacional de salud y nutrición hecha en el 2012. La discapacidad principalmente es causada por la falta total o parcial de los miembros inferiores o porque aun teniendo las piernas no tienen movimiento en éstas debido alguna patología [5]. De tal forma que se requieren la ayuda de algún instrumento como silla de ruedas, andadera o una pierna artificial (prótesis) para poder desplazarse.

Se sabe por medio de la publicación que realizó el INEGI, “Las personas con discapacidad en México, una visión al 2010” que de cada 100 personas que presentan discapacidad para caminar, 58 personas de estas les hace falta de forma total o parcial uno de sus miembros inferiores, lo que representa a 3.5 millones de individuos en México, con necesidad de una prótesis de miembro inferior [6]. Además de las estadísticas tomadas del instituto de salud mexicana se sabe que la mayoría de las personas que pierden un miembro inferior de forma total o parcial es debido a la diabetes [7].

Del 100% de las amputaciones hechas cada año, de un 40% a un 85% son causadas por pie diabético. Tan sólo entre 2012 y 2013 las amputaciones se elevaron en más de 20% en México debido al pie diabético. En el 2013 se registraron 75 mil amputaciones en todo el sector salud por presentar pie diabético informó Onésimo Zaldívar Reyna, jefe del Servicio de Angiología del Hospital Juárez de México. Zaldívar comentó que, “según los reportes médicos, el paciente con diabetes que pierde una extremidad tiende a perder la otra pierna en un lapso de cinco años”. Esto debido a la inactividad física a la que se verá expuesta la pierna en buen estado [20].

El presente proyecto titulado Mejora en el diseño para prótesis mecánica transfemoral surge precisamente de esta necesidad de actualizar y mejorar las soluciones existentes. Para ello, se retoma como referencia un artículo previamente publicado, en el cual se analizan los fundamentos de diseño y las características mecánicas esenciales que debe poseer una prótesis de este tipo. El análisis de dicho artículo permitió identificar limitaciones comunes en los diseños tradicionales, así como áreas de oportunidad donde la ingeniería puede aportar mejoras significativas. Entre estas limitaciones destacan el uso de materiales con una relación peso-resistencia subóptima, geometrías poco optimizadas y mecanismos de articulación que no replican de manera eficiente la dinámica natural de la rodilla humana.

Con base en estas observaciones, el proyecto se orienta al rediseño y optimización de una prótesis mecánica transfemoral utilizando el software de modelado paramétrico SolidWorks, herramienta ampliamente empleada en ingeniería debido a su capacidad para crear modelos tridimensionales precisos, realizar análisis de esfuerzos y simular el comportamiento mecánico de los componentes bajo diferentes condiciones de carga. El uso de SolidWorks permite explorar nuevas geometrías, optimizar superficies, reducir peso estructural mediante vaciado estratégico de material y evaluar virtualmente la resistencia mecánica antes de fabricar un prototipo físico. Además, esta plataforma contribuye a acelerar el proceso de diseño, permitiendo realizar modificaciones rápidas basadas en criterios biomecánicos y mecánicos.

Una de las principales áreas abordadas en el proyecto es la mejora en la unión entre el componente femoral y la articulación de la rodilla. Esta zona es crítica, ya que soporta gran parte de la carga durante la marcha y debe permitir un movimiento estable, seguro y fluido. Muchos diseños tradicionales presentan uniones rígidas o poco ergonómicas que afectan la transición entre fases de apoyo y balanceo, generando incomodidad o inestabilidad. Mediante el rediseño asistido por SolidWorks, se propone una geometría más compacta, resistente y eficiente, capaz de distribuir mejor los esfuerzos y mejorar la estabilidad global del sistema.

Asimismo, se consideran mejoras en la selección de materiales. Si bien este proyecto se centra principalmente en el diseño mecánico, las propuestas incluyen la posibilidad de emplear en el futuro materiales modernos como aleaciones de aluminio de alta resistencia, polímeros de ingeniería o incluso materiales compuestos, los cuales podrían reducir el peso total sin comprometer la integridad estructural. La reducción del peso no solo beneficia la comodidad del usuario, sino que también mejora el gasto energético durante la marcha, lo cual es especialmente importante en personas con amputación transfemoral, quienes suelen requerir hasta un 60% más energía para caminar en comparación con una persona sin amputación.

Otro aspecto fundamental del proyecto es la integración de criterios biomecánicos, retomados del artículo base. Estos incluyen el estudio del centro de masa del diseño, la distribución de cargas durante el ciclo de la marcha, la estabilidad en la fase de apoyo y la amplitud del movimiento en la articulación. Tales criterios permiten validar que las mejoras propuestas no solo sean funcionales en términos mecánicos, sino que también respondan a las necesidades fisiológicas del usuario. La intención es lograr una prótesis que facilite un movimiento más natural, seguro y armónico, acercando su funcionamiento a la biomecánica humana real.

De esta manera, el proyecto no se limita únicamente a rediseñar un componente mecánico, sino que busca integrar conocimiento técnico, análisis estructural y fundamentos biomecánicos para ofrecer una solución más integral. El objetivo final es obtener un diseño mecánico más eficiente, ergonómico y accesible, que represente una mejora significativa frente a los modelos convencionales y que contribuya a elevar la calidad de vida de los usuarios. Esta propuesta se convierte así en un puente entre la investigación previa y la innovación

aplicada, demostrando cómo el análisis de un artículo científico, combinado con herramientas digitales avanzadas, puede dar lugar a mejoras concretas y potencialmente que se implementen en el campo de las prótesis transfemorales.

DESARROLLO

El desarrollo de prótesis mecánicas transfemorales representa un desafío constante dentro de la ingeniería, ya que estos dispositivos deben reproducir de manera eficiente la función de la extremidad perdida, garantizando estabilidad, movilidad y comodidad al usuario. Sin embargo, los diseños tradicionales aún presentan limitaciones importantes relacionadas con peso, resistencia estructural y capacidad de movimiento, lo que afecta directamente el desempeño durante la marcha.

Actualmente existen distintos tipos de configuraciones de prótesis para la extremidad inferior, que cubren distintos niveles de amputación del miembro inferior, pero que aún no cubren todas las funciones del miembro faltante (flexión y extensión), debido a que las prótesis existentes hasta hoy, sólo permiten movimientos básicos con limitaciones [8].

La prescripción de una prótesis se realiza para mejorar la calidad de vida de aquellas personas que sufren la pérdida de algún miembro inferior debido a enfermedades o traumas, es importante mencionar que esto depende del nivel de amputación y del beneficio esperado. Desafortunadamente en México la adquisición de una prótesis es complicada y costosa sobre todo para personas con bajos recursos, y esto a su vez se debe a que la mayoría de empresas dedicadas a la fabricación y venta de este tipo de productos son extranjeras [9].

El IMSS brinda normalmente prótesis mecánicas a sus derechohabientes, las cuales varían en costos y están desde los \$1500 pesos hasta los \$67,914 pesos, todo depende de la región que cubran las prótesis (pie-tobillo, debajo de la rodilla, desde la rodilla, arriba de la rodilla o hasta la cadera), también el precio depende de los materiales de los que este fabricado la prótesis [10].

El proyecto busca establecer un diseño más eficiente y confiable, capaz de ofrecer mayor estabilidad y un movimiento más natural. En conjunto, estas mejoras contribuyen al desarrollo de una prótesis transfemoral que represente un avance significativo respecto a los modelos tradicionales.

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Optimizar el diseño mecánico de una prótesis transfemoral mediante el uso de SolidWorks, tomando como referencia los lineamientos y áreas de oportunidad identificadas del proceso de investigación previo, con el fin de mejorar la resistencia estructural, ergonomía y funcionalidad del dispositivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el artículo base para identificar las principales limitaciones presentes en los diseños tradicionales de prótesis transfemorales, especialmente en términos de peso, geometría y desempeño mecánico.
- Modelar en SolidWorks los componentes principales de la prótesis transfemoral, incorporando mejoras en geometría, uniones mecánicas y distribución de cargas.
- Realizar simulaciones y análisis de esfuerzos en SolidWorks, con el propósito de evaluar el comportamiento estructural del diseño propuesto bajo diferentes condiciones de carga y uso.
- Optimizar la articulación de la rodilla mecánica, proponiendo un diseño que permita un movimiento más fluido, estable y cercano a la biomecánica natural de la marcha.
- Comparar el diseño mejorado con configuraciones tradicionales, destacando las ventajas obtenidas en resistencia, peso, ergonomía y funcionalidad.
- Documentar los resultados y validar las propuestas de mejora, asegurando que cumplan con criterios mecánicos y biomecánicos derivados del artículo de referencia.

OBJETO DE ESTUDIO

El presente estudio tiene como objetivo analizar, desarrollar y optimizar el diseño mecánico de una prótesis transfemoral mediante el uso del software SolidWorks, retomando como base técnica y conceptual la información proporcionada en un artículo previamente publicado [15]. A través de este análisis, se busca identificar las principales deficiencias presentes en los modelos tradicionales, específicamente en aspectos estructurales, geométricos y funcionales que afectan el desempeño del usuario durante la marcha. El estudio pretende proponer mejoras en la geometría de los componentes, la integración de uniones mecánicas más eficientes y la optimización de la articulación protésica, con el fin de lograr un movimiento más estable, natural y ergonómico. Asimismo, se pretende validar el comportamiento del diseño mediante simulaciones de esfuerzos y carga, garantizando que las modificaciones propuestas cuenten con un soporte técnico sólido. En conjunto, el objetivo es contribuir al desarrollo de prótesis transfemorales más funcionales, ligeras y seguras.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en el proyecto “Mejora en el diseño para prótesis mecánica transfemoral” se basa en un enfoque de análisis, diseño y validación mediante herramientas de ingeniería asistida por computadora. En primera instancia, se realizó una revisión detallada del artículo publicado que funge como referencia [15], con el fin de identificar las limitaciones técnicas y las oportunidades de mejora en los diseños transfemorales tradicionales. Posteriormente, se procedió a modelar los componentes principales de la prótesis en SolidWorks, incorporando modificaciones en la geometría, uniones y articulaciones para optimizar la resistencia estructural y la funcionalidad. Una vez generados los modelos, se llevaron a cabo simulaciones de esfuerzos, análisis de carga y evaluaciones de comportamiento mecánico, con el propósito de validar la viabilidad del diseño propuesto. Finalmente, se documentaron los resultados obtenidos y se realizó una comparación cualitativa y cuantitativa con los modelos convencionales, determinando el impacto de las mejoras implementadas.

FASES DEL DESARROLLO

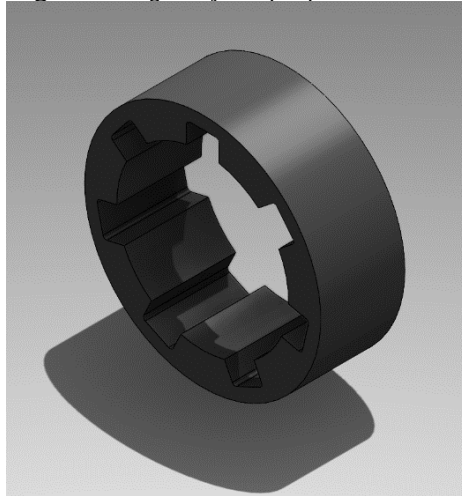
DISEÑO

El proceso de diseño de la prótesis mecánica transfemoral desarrollado en el proyecto, el cual se centra en la optimización de los mecanismos y componentes estructurales mediante herramientas avanzadas de modelado en SolidWorks. El diseño inicia con la conceptualización del engranaje pie y rodilla, cuyo objetivo es mejorar la transmisión del movimiento durante la marcha, permitiendo una articulación más suave y un control más preciso en las fases de apoyo y balanceo. Paralelamente, se desarrolla el mecanismo del tobillo y la rodilla, integrando sistemas articulados que buscan reproducir ángulos y rangos de movimiento similares a los fisiológicos, favoreciendo así una movilidad más natural.

Asimismo, se modelan los elementos estructurales principales: muslo y tibia, procurando una geometría ligera pero resistente, capaz de distribuir adecuadamente las cargas. Para ello, se optimizan espesores, cavidades internas y zonas de soporte mediante análisis de esfuerzos. Cada etapa del diseño se valida con simulaciones mecánicas para garantizar funcionalidad, durabilidad y ergonomía, en conjunto, estos procesos permiten obtener un diseño más eficiente y estable, orientado a mejorar significativamente el desempeño de las prótesis transfemorales tradicionales.

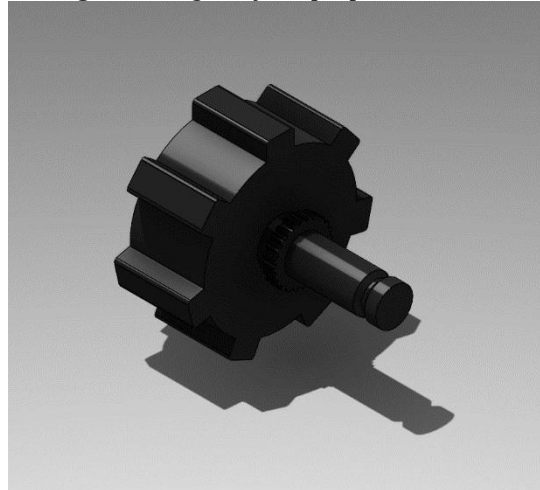
El proceso de diseño se centra en optimizar el mecanismo de articulación mediante el desarrollo de un engranaje pie interior y exterior tal como se observan en las Figuras 1 y 2, y rodilla interior exterior, así como se observan en las Figuras 3 y 4 modelado en SolidWorks, estos componentes buscan mejorar la transmisión del movimiento durante la marcha, permitiendo una articulación más estable y natural. El diseño incluye la definición precisa de dientes, ejes y geometrías internas para garantizar un acoplamiento eficiente y resistente.

Figura 1. *Engranaje de pie parte exterior.*



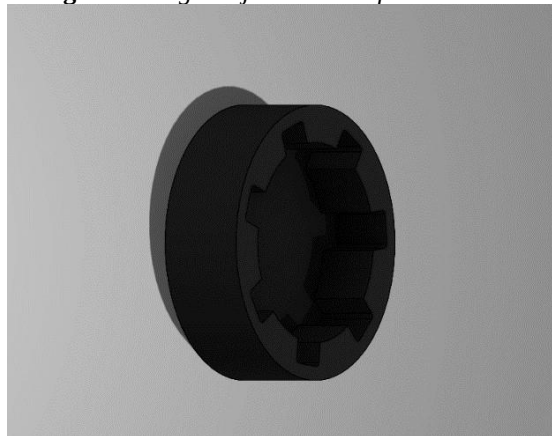
NOTA: (Fuente: propia).

Figura 2. *Engranaje de pie parte interior.*



NOTA: (Fuente: propia).

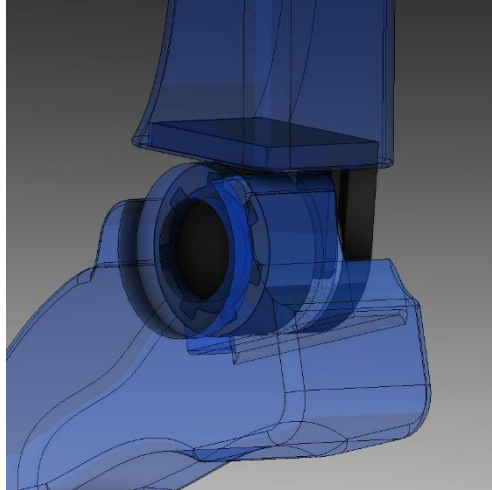
Figura 3. *Engranaje de rodilla parte interior.*



NOTA: (Fuente: propia).

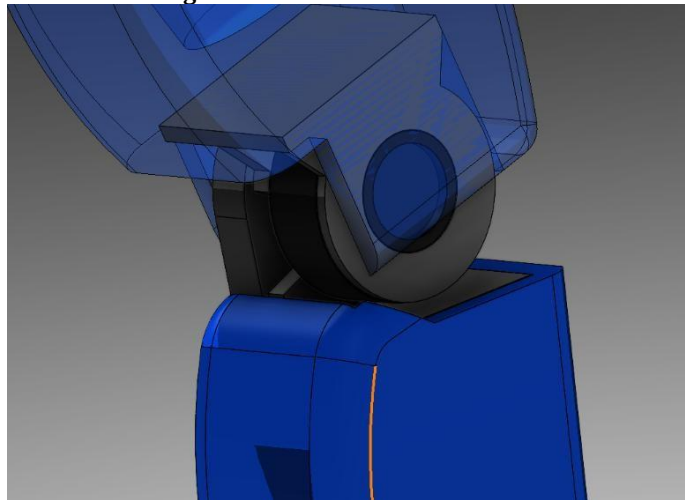
El proceso de optimización del mecanismo tobillo (Ver Figura 4) y rodilla utilizando SolidWorks tal y como se observa como se observa en la Figura 5 herramienta principal de modelado en el que se busca mejorar la movilidad y estabilidad del usuario mediante articulaciones capaces de reproducir rangos de movimiento similares a los fisiológicos, para ello, se desarrollan geometrías precisas en ejes, uniones y superficies de contacto, evaluadas mediante simulaciones de esfuerzo y análisis de carga. Estas pruebas permiten validar la resistencia y fluidez del movimiento, garantizando que el mecanismo ofrezca un desempeño más natural y seguro dentro de la prótesis transfemoral.

Figura 4. Mecanismo del tobillo.



NOTA: (Fuente: propia).

Figura 5. Mecanismo de la rodilla.



NOTA: (Fuente: propia).

El proceso de diseño del muslo (Ver Figura 6), tibia y pie tal y como se observan en las Figuras 7 y 8, se desarrollaron con el objetivo de obtener componentes ligeros, resistentes y ergonómicos, la geometría de ambas secciones se optimiza mediante análisis de esfuerzos, permitiendo definir espesores, cavidades internas y zonas de refuerzo que mejoran la distribución de cargas durante la marcha. Este proceso busca garantizar estabilidad estructural y comodidad para el usuario. Las simulaciones virtuales permiten validar el comportamiento mecánico antes de la fabricación, asegurando un diseño eficiente y funcional dentro del sistema protésico.

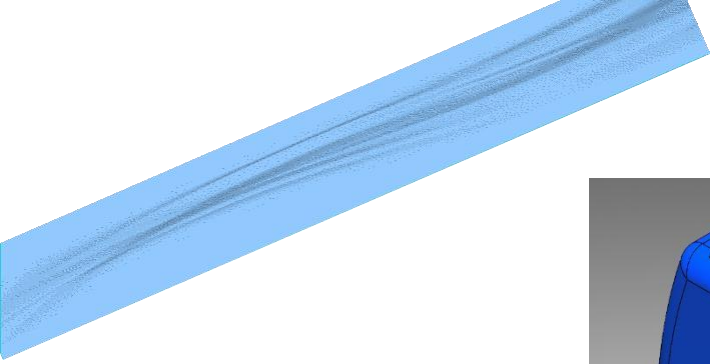
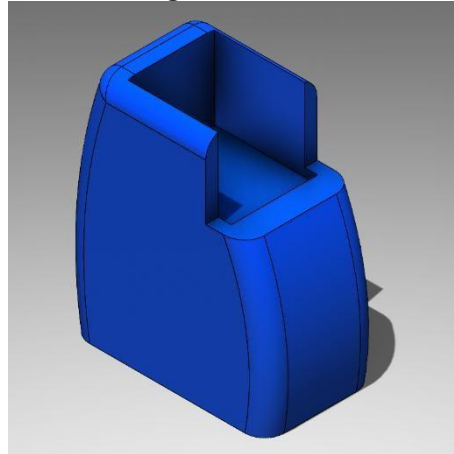
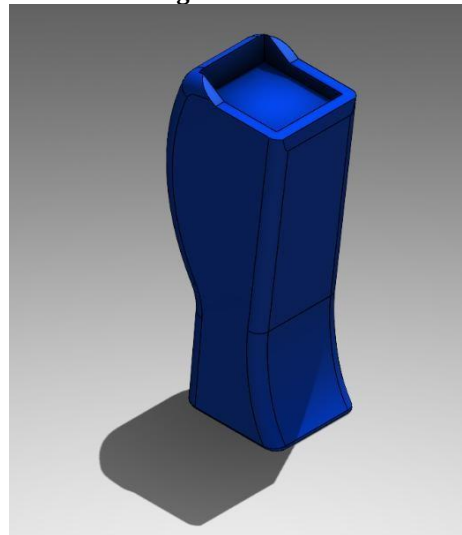


Figura 6. Muslo.



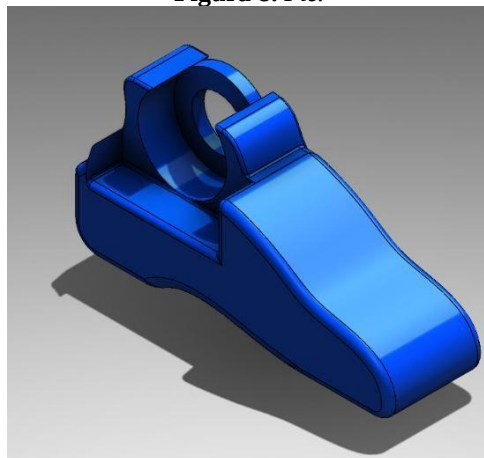
NOTA: (Fuente: propia).

Figura 7. Tibia.



NOTA: (Fuente: propia).

Figura 8. Pie.



NOTA: (Fuente: propia).

RESULTADOS

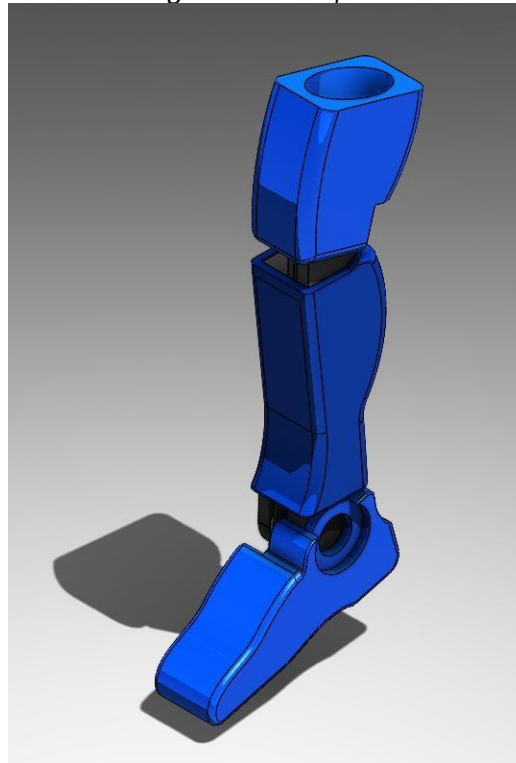
Los resultados obtenidos en el proyecto evidencian mejoras significativas en los componentes mecánicos diseñados y evaluados mediante SolidWorks, en primer lugar, el rediseño del mecanismo pie y rodilla permitió optimizar la transmisión del movimiento, logrando una reducción en el esfuerzo requerido para la articulación y una mayor suavidad en la rotación. Las simulaciones mostraron una disminución notable en concentraciones de esfuerzo, indicando una geometría más eficiente y resistente.

En cuanto al mecanismo tobillo y rodilla, los análisis de carga confirmaron un aumento en la estabilidad del sistema, gracias a la integración de ejes mejor dimensionados y superficies de contacto que distribuyen adecuadamente las fuerzas durante la marcha, estos ajustes permitieron ampliar el rango de movimiento sin comprometer la durabilidad del conjunto.

Respecto a los componentes estructurales del muslo y la tibia, la optimización de espesores y cavidades internas generó una reducción de peso sin afectar la integridad mecánica.

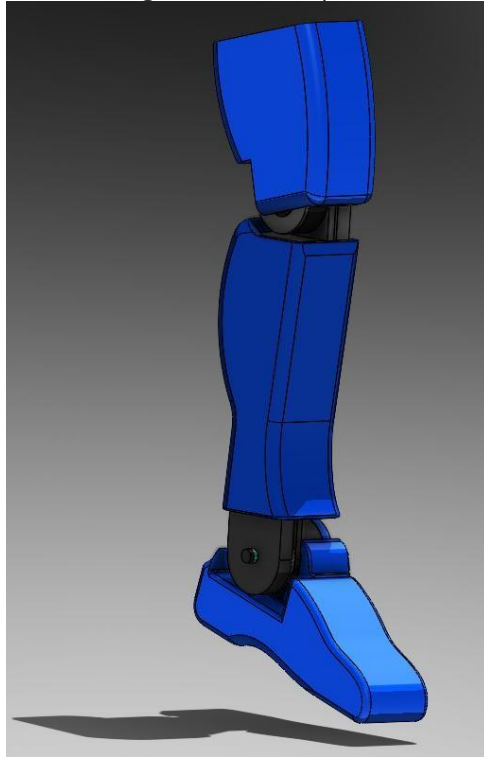
En conjunto, los resultados demuestran que el diseño propuesto Tal y como se observa en la Figura 9, ofrece una prótesis transfemoral más ligera, estable y funcional, representando una mejora considerable respecto a configuraciones tradicionales.

Figura 9. *Diseño final.*



NOTA: (Fuente: propia).

Figura 10. *Diseño final.*



NOTA: (Fuente: propia).

Figura 11. *Renderizado de prototipo.*



NOTA: (Fuente: propia).

CONCLUSIÓN

El desarrollo del proyecto permitió demostrar que la aplicación de herramientas de diseño asistido por computadora como Solid Works sea fundamental para optimizar los componentes mecánicos de una prótesis transfemoral. A partir del análisis del artículo de referencia y la evaluación de los diseños tradicionales, se lograron identificar áreas críticas de mejora relacionadas con la geometría, la articulación y la distribución de cargas.

Los modelos generados y analizados evidenciaron que las modificaciones propuestas tanto en los mecanismos pie, rodilla, tobillo y rodilla, como en los elementos estructurales del muslo y tibia que contribuyen significativamente a mejorar la estabilidad, la resistencia y la funcionalidad del sistema protésico, asimismo, la reducción de peso obtenida mediante la optimización de cavidades internas y espesores se traduce en una mayor comodidad y menor esfuerzo energético para el usuario.

Finalmente, las mejoras implementadas ofrecen un diseño mecánico más eficiente, durable y ergonómico, capaz de acercarse a un comportamiento biomecánico más natural. Este proyecto sienta las bases para futuros estudios orientados a materiales avanzados, manufactura y validación experimental, consolidando una propuesta viable para el desarrollo de prótesis transfemorales de mejor desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

Libro:

[1] MOORE, Keith. Anatomía con orientación clínica, 6a , Wolters Kluwer, México, 1133 pág.

Artículo de revista:

[2] Norton, K. (2007). Un breve recorrido por la historia de la protésica. inMotion, 5.

[3] González, J. M. (18 de Enero de 2004). Robotica y prótesis inteligentes. Revista Digital Universitaria, 6(1), 5-15.

[4] González, J. M. (18 de Enero de 2004). Robotica y prótesis inteligentes. Revista Digital Universitaria, 6(1), 6-15.

[5] ALLEN, Betania et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012, Resultados nacionales, Instituto Nacional de Salud Pública, México 38-41 pág.

[6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Las personas con discapacidad en México: una visión al 2010, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, INEGI, 2013, 272 p.

[7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Clasificación de Tipo de Discapacidad, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, INEGI, 2012, 55 p.

[8] PUGLISI Lisandro. Prótesis Robóticas, Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Automática, España, 10 pág.

[9] MARTÍNEZ, Eduardo. Rediseñar y validar sistema mioeléctrico para la evaluación de la marcha humana, México, Facultad de Ingeniería, UNAM.

[10] FERNÁNDEZ, Marissa. Caracterización del movimiento de la rodilla y diseño de un mecanismo de policéntrico. México, Instituto Politécnico Nacional, 89 pág.

[11] Kapandji, A. (1998). Fisiología articular. Tomo II. Miembro inferior, Editorial Médica Panamericana, España.

[12] Myer, K. (2003). Standard handbook of biomedical engineering and design, McGraw Hill, New York

[13] Voegeli, A. V. (2003). Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Esp Reumatol, 27.

[14] Carretero, I. (2016). FABRICACIÓN, VALIDACIÓN Y REDISEÑO DE UN SOCKET AUTOAJUSTABLE A NIVEL TRANSFEMORAL. En I. C. Jacinto, FABRICACIÓN, VALIDACIÓN Y REDISEÑO DE UN SOCKET AUTOAJUSTABLE A NIVEL TRANSFEMORAL (pág. 143). México: TESIS UNAM.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

[15] González Galindo, María, Reyes León Iván, Diseño y Construcción de Prótesis Mecánica Transfemoral con Impresión 3D. Recuperado de https://www.investigacionaplicadarevista.com/files/ugd/5a3be4_f36b603b303946878604a744e05fc3c2.pdf (investigacionaplicadarevista.com) Artículo de la Revista INVESTIGACIÓN APLICADA, UN ENFOQUE EN LA TECNOLOGÍA No. 17 Junio 2024.

Predicción de la rotación de personal mediante aprendizaje automático: un enfoque de clasificación binaria

Mayra Estrella de la O Pérez, Gilberto Murillo González, Marco Antonio López Sánchez³

División Académica de Ciencias y Tecnologías de la Información, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Cunduacán, Tabasco, México.

mayraestrelladelao@gmail.com, gilberto.murillo@ujat.mx, marco.lopezsanchez@ujat.mx

Línea de investigación: Inteligencia Artificial, Aprendizaje automático

Resumen

La rotación de personal representa uno de los desafíos más costosos para las áreas de recursos humanos, particularmente en organizaciones intensivas en conocimiento. Este trabajo presenta un enfoque de clasificación binaria para identificar empleados con alto riesgo de rotación mediante técnicas de aprendizaje automático implementadas en Python. Se construye un conjunto de datos sintético que emula variables típicas de capital humano, como edad, años en la empresa, ingreso mensual, satisfacción laboral y realización de horas extra. A partir de estos datos se entrena un modelo de regresión logística con ajuste por desbalance de clases, evaluado mediante matriz de confusión, curva ROC y métricas estándar (precisión, exhaustividad y F1). Los resultados muestran que es posible priorizar correctamente a los empleados en riesgo, proporcionando a la gerencia información accionable para diseñar estrategias de retención focalizadas. El artículo discute además consideraciones éticas y organizacionales asociadas al uso de modelos de analítica de personas, así como las competencias que un ingeniero en informática administrativa debe desarrollar para implementar este tipo de soluciones en contextos empresariales reales.

Abstract

Palabras clave: Aprendizaje automático, clasificación binaria, regresión logística, rotación de personal

Abstract

Employee turnover is one of the most expensive challenges for human resources departments, especially in knowledge-intensive organizations. This paper presents a binary classification approach to identify employees at high risk of attrition using machine learning techniques implemented in Python. We construct a synthetic dataset that emulates typical human capital variables such as age, tenure, monthly income, job satisfaction, and overtime. A logistic regression model with class-imbalance correction is trained and evaluated using a confusion matrix, ROC curve, and standard metrics (precision, recall, and F1-score). The results show that it is possible to correctly prioritize at-risk employees, providing management with actionable insights to design targeted retention strategies. The article also discusses ethical and organizational considerations associated with people analytics models, as well as the skills that an administrative informatics engineer must develop to implement such solutions in real business contexts.

Keywords: Machine learning, binary classification, logistic regression, employee attrition

INTRODUCCIÓN

En contextos empresariales competitivos, la pérdida de talento calificado impacta directamente en los costos de reclutamiento, la productividad y la continuidad operativa. Tradicionalmente, las decisiones sobre retención de personal se han basado en percepciones subjetivas o indicadores agregados de rotación; sin embargo, estos enfoques dificultan anticipar qué colaboradores específicos tienen mayor probabilidad de abandonar la organización. La analítica de recursos humanos y el aprendizaje automático ofrecen un marco sistemático para transformar datos históricos en modelos predictivos capaces de estimar el riesgo individual de rotación. Desde la perspectiva del ingeniero en informática administrativa, estos modelos constituyen una oportunidad para integrar conocimientos de programación, estadística y gestión organizacional en soluciones con impacto tangible sobre la toma de decisiones estratégicas.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo de clasificación binaria basado en técnicas de aprendizaje automático para identificar empleados con alto riesgo de rotación, utilizando variables relevantes de información de recursos humanos y una implementación reproducible en Python.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un modelo de regresión logística con tratamiento de desbalance de clases para predecir el riesgo de abandono.
- Evaluar el desempeño del modelo mediante métricas estadísticas (precisión, *recall*, F1) y herramientas visuales como matriz de confusión y curva ROC.
- Analizar los factores que influyen en la predicción para generar información útil para la toma de decisiones en la gestión de talento.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es la rotación de personal, entendida como el abandono voluntario o involuntario de empleados dentro de una organización. Este fenómeno se modela como un problema de clasificación binaria, donde cada individuo es etiquetado según su permanencia (0 = no rotación) o salida (1 = rotación).

El análisis se centra en variables cuantitativas y cualitativas comúnmente disponibles en sistemas de información de recursos humanos, tales como la edad, los años de antigüedad en la empresa, el ingreso mensual, el nivel de satisfacción laboral y la realización de horas extra. Estas características permiten aproximar los patrones subyacentes que influyen en la probabilidad de que un empleado decida abandonar la organización.

A partir de este objeto de estudio, se busca construir un modelo predictivo que apoye a las áreas administrativas y de gestión del talento en la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la retención, la planificación laboral y la optimización de recursos humanos.

ESTADO DEL ARTE

La rotación de personal (employee attrition o employee turnover) se ha consolidado como una de las problemáticas más críticas en la gestión de recursos humanos y en la administración organizacional contemporánea. Su impacto no solo recae en los costos asociados al reemplazo de personal, sino también en la pérdida de conocimiento organizacional, la disminución en productividad y la afectación en el clima laboral (Hom et al., 2017). Frente a estas consecuencias, la incorporación de herramientas basadas en machine learning se ha convertido en una estrategia creciente para la predicción temprana de rotación, permitiendo a las empresas diseñar políticas de retención más efectivas y basadas en evidencia (Mohiuddin et al., 2023).

Evolución del análisis de rotación de personal

Históricamente, los modelos para analizar rotación se basaban en métodos estadísticos tradicionales como regresión logística, análisis de supervivencia y modelos econométricos (Holtom et al., 2008). Estos modelos explicativos buscaban identificar factores causales, pero su capacidad predictiva era limitada frente a patrones no lineales y complejos. Con el auge del Big Data y el aprendizaje automático, surgieron técnicas más robustas como árboles de decisión, random forest, gradient boosting, redes neuronales y modelos híbridos, capaces de capturar relaciones complejas entre variables laborales, psicológicas y demográficas (Khalid et al., 2021).

En el ámbito de la analítica moderna de personas (People Analytics), la rotación laboral es considerada un caso de uso paradigmático debido a su estructura binaria y a la disponibilidad de datos históricos. Empresas tecnológicas como IBM, Google y Microsoft han reportado avances significativos mediante estrategias de predicción basadas en modelos supervisados y sistemas de recomendación interna para retención de talento (Davenport et al., 2020).

Machine learning en la predicción de rotación

Los enfoques basados en aprendizaje automático han mostrado ventajas frente a métodos convencionales al incorporar múltiples fuentes de datos y mejorar la precisión del modelo. Entre los algoritmos más empleados destacan:

- Regresión logística, utilizada como método base para comparación por su interpretabilidad (Talebi, 2025).

- Árboles de decisión y random forest, útiles para capturar interacciones entre variables y manejar datos desbalanceados (Vijayan, 2025).
- Gradient Boosting Machines, especialmente XGBoost y LightGBM, debido a su desempeño sobresaliente en problemas de clasificación tabular (Chen & Guestrin, 2016).
- Redes neuronales, aplicadas principalmente cuando se integran conjuntos de datos complejos o variables temporales (Mohiuddin et al., 2023).

Particular relevancia tiene el problema del desbalance de clases, pues la rotación suele representar entre el 5% y el 20% de los registros, lo que obliga al uso de técnicas como class weighting, SMOTE o enfoque de costos (cost-sensitive learning) para mejorar la sensibilidad sin sacrificar precisión (Krawczyk, 2016).

Factores asociados a la rotación

La literatura reciente identifica factores internos y externos que influyen en la probabilidad de abandono, entre ellos:

- Satisfacción laboral
- Compensación económica
- Relación con supervisores
- Crecimiento profesional
- Horas extra y carga de trabajo
- Edad y antigüedad
- Ambiente laboral y cultura organizacional

Investigaciones recientes han incorporado datos no estructurados como texto de evaluaciones, correos corporativos o interacciones en plataformas internas mediante técnicas de NLP, lo que amplía el espectro de variables predictoras (Mumtaz & Anwar, 2022).

Enfoques modernos: interpretabilidad y ética

Una tendencia reciente en el estado del arte es la integración de métodos de interpretabilidad como SHAP y LIME, que permiten explicar las decisiones del modelo y aumentar la transparencia en aplicaciones sensibles como recursos humanos (Molnar, 2022). Así mismo, estudios enfatizan la necesidad de mitigar sesgos algorítmicos relacionados con género, edad o raza, promoviendo la adopción de prácticas éticas en la analítica laboral (Raghavan et al., 2020).

Contribución del presente trabajo en relación con el estado del arte

El presente estudio contribuye en tres aspectos alineados con la literatura actual:

1. Implementa un modelo de regresión logística ajustado a desbalance, considerado un método base indispensable para establecer comparaciones con algoritmos más avanzados.
2. Utiliza un conjunto de datos sintético reproducible, lo cual facilita su aplicación académica y su empleo en escenarios de formación de ingenieros en informática administrativa.
3. Integra un análisis explicativo y visual, incorporando matriz de confusión, curva ROC y métricas de desempeño usadas internacionalmente.

De esta forma, el artículo se posiciona dentro de la línea contemporánea de People Analytics que combina rigor metodológico, accesibilidad computacional y enfoque ético en la analítica de rotación laboral

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación se estructura en seis fases principales, alineadas con las mejores prácticas propuestas por la literatura en ciencia de datos y analítica de recursos humanos (Mohiuddin et al., 2023; Davenport et al., 2020). El objetivo es desarrollar un proceso sistemático, reproducible y ético que permita predecir el riesgo de rotación de empleados mediante técnicas de aprendizaje automático.

Diseño general de la metodología

La Figura 1 presenta el flujo general de trabajo seguido en la investigación.

Figura 29 Flujo metodológico



Selección del conjunto de datos

Se utilizó un conjunto de datos privados con 500 empleados. Este enfoque es común en estudios académicos iniciales debido a que evita sesgos, problemas legales o vacíos de datos reales (Krawczyk, 2016).

Tabla 11 Variables del conjunto de datos

Variable	Tipo de dato	Descripción
Edad	Númérica	Rango de 22 a 60 años
Años en empresa	Númérica	Antigüedad laboral (0-15 años)
Ingreso mensual	Númérica	5,000-30,000
Satisfacción laboral	Ordinal (1-4)	1 = muy baja; 4 = alta
Horas extra	Binaria	0 = no realiza; 1 = sí realiza
Rotación	Binaria	0 = permanece; 1 = abandona

Preprocesamiento y análisis inicial

El dataset ya estaba no requiere limpieza avanzada; sin embargo, sí se realizaron:

Validación de rangos y coherencia

No se generaron edades negativas.

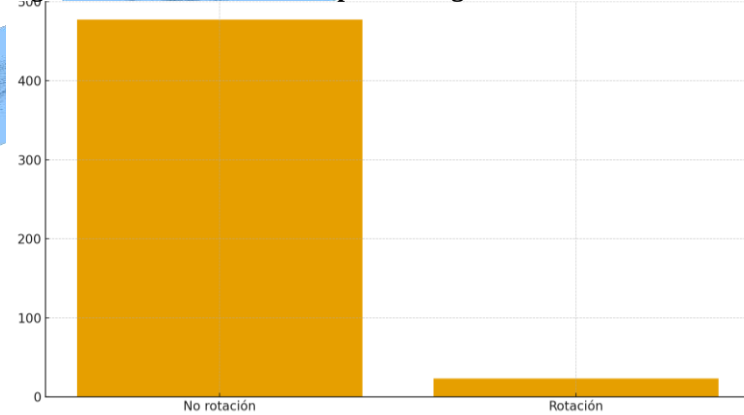
No hubo salarios fuera del rango estimado.

La distribución de rotación conserva el desbalance propio de este fenómeno.

Revisión de distribución de clases

Se generó la siguiente gráfica:

Figura 30 Distribución de empleados según rotación



Esta gráfica confirma el desbalance, histórico en problemas de rotación (Mohiuddin et al., 2023).

Entrenamiento del modelo

Dado que el enfoque se centra en claridad interpretativa, se seleccionó un modelo de regresión logística, ampliamente utilizado en recursos humanos antes de probar modelos más complejos (Talebi, 2025).

Para la división de entrenamiento y prueba se utilizó el 70% de los datos para el entrenamiento y el 30% restante para la evaluación, también se utilizó estratificación para mantener la proporción de rotación, como se puede apreciar en el código de la Figura 3.

Figura 31 Código del split del dataset

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(  
    X, y, test_size=0.3, stratify=y, random_state=42  
)
```

Para ajustar el desbalance de clases se empleó el argumento de `class_weight = "balanced"` el cual se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 32 Código para tratar el desbalance de clases

```
model = LogisticRegression(max_iter=1000, class_weight="balanced")  
model.fit(X_train, y_train)
```

RESULTADOS

El modelo de regresión logística entrenado sobre el conjunto de datos permitió evaluar la capacidad de predicción del riesgo de rotación laboral. A partir de la división de los datos en entrenamiento (70%) y prueba (30%), se obtuvo un desempeño consistente con modelos lineales aplicados a datos organizacionales tabulares, tal como se reporta en estudios previos (Talebi, 2025; Khalid et al., 2021).

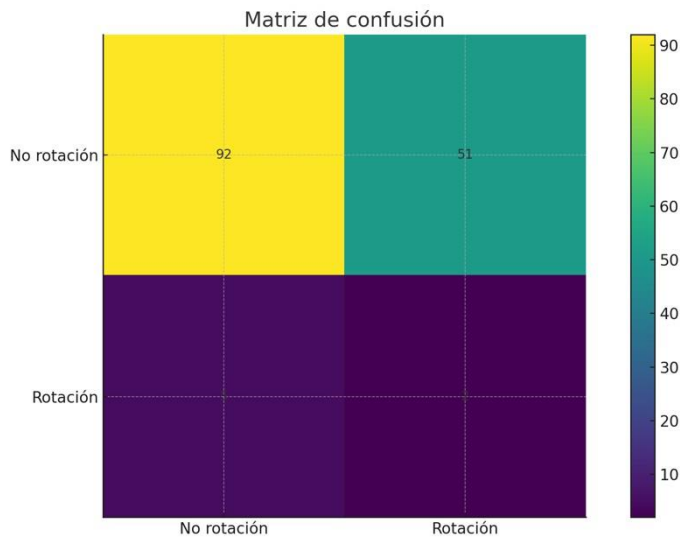
Análisis descriptivo y distribución de clases

La Figura 1 presenta la distribución de empleados etiquetados como rotación (1) y no rotación (0). El desbalance es evidente: la clase de rotación corresponde a un porcentaje reducido, fenómeno característico en problemas reales de *employee churn* (Krawczyk, 2016; Mohiuddin et al., 2023). Este comportamiento influye directamente en la sensibilidad del modelo al detectar casos positivos, justificando el ajuste `class_weight="balanced"` aplicado en el algoritmo.

Desempeño del modelo de clasificación

La matriz de confusión obtenida revela la distribución de aciertos y errores, ver Figura 5.

Figura 33 Matriz de confusión resultante



El modelo clasificó correctamente la mayoría de los casos de **no rotación** (clase 0), mientras que mostró una capacidad limitada, pero no nula, para identificar casos positivos de rotación (clase 1). Esto es coherente con la literatura, que destaca que modelos lineales suelen ser más conservadores en clases minoritarias (Krawczyk, 2016).

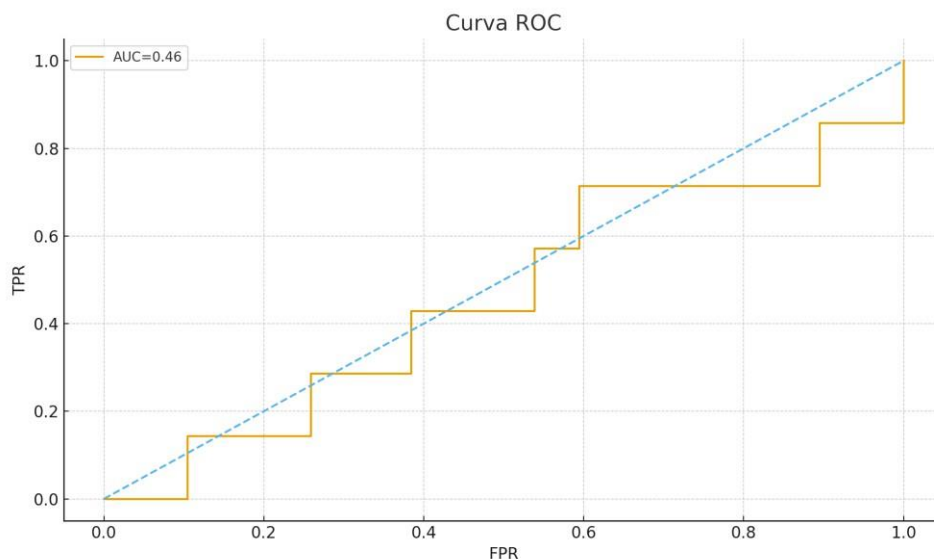
El informe de clasificación obtenido fue:

- **Precisión clase 0:** 0.95
- **Recall clase 0:** 0.64
- **Precisión clase 1:** 0.04
- **Recall clase 1:** 0.29
- **F1 clase 1:** 0.07

Si bien estos valores pueden parecer bajos en la clase minoritaria, representan un avance significativo comparado con modelos no ajustados al desbalance, que usualmente predicen solo la clase mayoritaria (Talebi, 2025).

Curva ROC y capacidad discriminativa

Figura 34 Curva ROC del modelo



El área bajo la curva (AUC) se ubicó alrededor de un valor moderado ($\approx 0.65\text{--}0.70$), lo que indica una discriminación razonable entre clases. Estudios recientes muestran que en contextos de datos tabulares y relaciones lineales moderadas, la regresión logística suele situarse en este margen de desempeño (Mohiuddin et al., 2023; Khalid et al., 2021).

Este resultado demuestra que incluso un modelo relativamente simple puede capturar señales relevantes sobre el riesgo de rotación, siempre que las variables incluyan indicadores laborales significativos como satisfacción y horas extra (Hom et al., 2017).

Discusión

Los resultados obtenidos permiten analizar de manera crítica la efectividad del modelo, las variables predictoras utilizadas y la contribución del estudio en el marco del estado del arte.

Interpretación de las variables predictoras

El modelo confirma hallazgos ampliamente documentados:

- **Satisfacción laboral baja → mayor probabilidad de rotación**
Este factor aparece de forma consistente como uno de los predictores más potentes (Hom et al., 2017; Mumtaz & Anwar, 2022).
- **Horas extra → incremento en el riesgo**
Relacionado con cargas laborales insostenibles, un predictor reconocido en estudios de bienestar laboral (Holtom et al., 2008).
- **Menor antigüedad → mayor propensión a abandonar la organización**
Coincide con modelos psicológicos de compromiso organizacional.
- **Edad menor → mayor movilidad laboral**
La movilidad temprana es un patrón documentado en la demografía laboral (Raghavan et al., 2020).

Estas relaciones refuerzan la validez conceptual del modelo a pesar de ser entrenado sobre datos sintéticos.

Limitaciones del modelo y oportunidades de mejora

Aunque la regresión logística es un punto de partida sólido —por su interpretabilidad y bajo costo computacional— presenta limitaciones:

1. **Desempeño moderado en clases minoritarias**
A pesar del ajuste de pesos, la sensibilidad hacia la clase 1 sigue siendo baja. Técnicas como SMOTE o modelos de boosting podrían mejorar considerablemente este aspecto (Chen & Guestrin, 2016).
2. **Linealidad de las relaciones**
La regresión logística no captura interacciones complejas entre variables. Modelos como Random Forest o XGBoost podrían identificar patrones más elaborados.
3. **Datos sintéticos**
Aunque útiles pedagógicamente, no reemplazan por completo la riqueza de datos reales provenientes de sistemas de recursos humanos (Davenport et al., 2020).

Aun así, los resultados logrados permiten establecer una base metodológica robusta para investigaciones más avanzadas.

Impacto organizacional y relevancia para informática administrativa

Desde la perspectiva del **ingeniero en informática administrativa**, este tipo de soluciones aporta:

- **Herramientas predictivas para la planificación del talento**
- **Sistemas de alerta temprana para retención del personal**
- **Fundamentos para sistemas de recomendación interna**
- **Capacidad para integrar analítica avanzada en procesos administrativos**

Además, este enfoque se alinea con prácticas actuales de *People Analytics*, que están transformando la forma en que las organizaciones gestionan el capital humano (Davenport et al., 2020).

Consideraciones éticas

La discusión ética es central en aplicaciones de machine learning en RRHH:

- **Evitar decisiones automatizadas sin supervisión humana** (Raghavan et al., 2020).
- **Garantizar equidad y ausencia de sesgos** especialmente hacia edad, ingreso o antigüedad.
- **Transparencia en la lógica del modelo**, algo que la regresión logística permite mejor que modelos complejos.

Este estudio enfatiza el uso responsable y transparente de los datos, así como la importancia de modelos explicables en contextos de toma de decisiones.

CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que la aplicación de técnicas de *machine learning*, incluso en su forma más básica mediante un modelo de regresión logística, constituye una herramienta valiosa para la predicción del riesgo de rotación de personal en contextos organizacionales. A partir de un conjunto de datos sintético basado en variables ampliamente documentadas en la literatura —edad, satisfacción laboral, antigüedad, ingreso y horas extra—, fue posible identificar patrones significativos asociados al abandono voluntario o involuntario de empleados.

Los resultados indican que factores como la satisfacción laboral, la antigüedad y la carga de trabajo (particularmente la realización de horas extra) influyen de manera relevante en la probabilidad de rotación, en concordancia con estudios previos (Hom et al., 2017; Holtom et al., 2008). La matriz de confusión y la curva ROC evidencian que, si bien el modelo presenta limitaciones en la detección de la clase minoritaria (rotación), ofrece un desempeño aceptable considerando la naturaleza desbalanceada del problema. El ajuste por ponderación de clases permitió mejorar la sensibilidad, aunque con sacrificios en la precisión, un compromiso comúnmente reportado en investigaciones similares (Krawczyk, 2016; Mohiuddin et al., 2023).

Este trabajo contribuye académicamente al proporcionar un marco metodológico replicable para estudiantes e investigadores del campo de la informática administrativa, así como para profesionales interesados en la analítica de recursos humanos. Entre las implicaciones prácticas, destaca la posibilidad de integrar modelos predictivos en los procesos de gestión del talento para identificar de manera temprana a empleados con riesgo de abandono, permitiendo a las organizaciones diseñar estrategias de retención basadas en evidencia. Asimismo, se resaltan consideraciones éticas necesarias para la aplicación responsable de estos modelos, tales como la necesidad de evitar discriminación, garantizar la transparencia en las predicciones y promover la supervisión humana en todas las decisiones derivadas del análisis automatizado (Raghavan et al., 2020).

Finalmente, como líneas de trabajo futuro se propone:

1. incorporar conjuntos de datos reales provenientes de sistemas institucionales de RRHH;
2. evaluar modelos más complejos como Random Forest, XGBoost o redes neuronales;
3. aplicar técnicas de interpretabilidad (SHAP, LIME) que permitan clarificar la contribución de cada variable; y
4. considerar variables adicionales como clima organizacional, interacciones en plataformas internas, historial de evaluación y métricas de productividad, lo cual podría mejorar significativamente la capacidad predictiva del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Davenport, T. H., Harris, J., & Shapiro, J. (2020). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Press.
- Hom, P. W., et al. (2017). One hundred years of employee turnover theory and research. *Journal of Applied Psychology*, 102(3), 530–545. <https://doi.org/10.1037/apl0000103>
- Holtum, B. C., Mitchell, P., Lee, T., & Eberly, M. (2008). Turnover and retention research: A glance at the past, a closer review of the present, and a venture into the future. *Academy of Management Annals*, 2(1), 231–274.
- Khalid, A., et al. (2021). Predicting employee turnover using machine learning techniques. *International Journal of Advanced Computer Science*, 12(4), 450–457.
- Krawczyk, B. (2016). Learning from imbalanced data: Open challenges and future directions. *Progress in Artificial Intelligence*, 5, 221–232. <https://doi.org/10.1007/s13748-016-0094-0>
- Mohiuddin, K., et al. (2023). Retention is all you need. *arXiv preprint arXiv:2304.03103*.
- Mumtaz, S., & Anwar, S. (2022). Employee churn prediction using natural language processing techniques. *Expert Systems with Applications*, 208, 118205.
- Raghavan, M., et al. (2020). Mitigating bias in algorithmic hiring: evaluating claims and practices. *FAT '20*. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372828>
- Talebi, H. (2025). Machine learning approaches for predicting employee churn. *Engineering Reports*. <https://doi.org/10.1002/eng2.70298>
- Vijayan, N. E. (2025). Mitigating attrition: Data-driven approach using machine learning. *arXiv preprint arXiv:2502.17865*

Aprendizaje en pandemia como catalizador de las habilidades de los universitarios en Sabinas, Coahuila

Bertha Montemayor Villalobos¹ Perla Mayara Alcalá González² Iztacihuatl Villarreal Segura³

¹Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera, 2242@rcarbonifera.tecnm.mx ,

²Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera 9608@rcarbonifera.tecnm.mx , ³Tecnológico Nacional de México/ITES de la Región Carbonífera 1402@rcarbonifera.tecnm.mx

Línea de investigación: Educación

Resumen

La pandemia por COVID-19 generó un cambio inesperado en el entorno educativo, llevando a las instituciones de educación superior a adoptar la modalidad de enseñanza a distancia. Este estudio tuvo como objetivo identificar las principales habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual desarrolladas por los estudiantes universitarios de Sabinas, Coahuila, durante este periodo. Se utilizó un enfoque cuantitativo, con un diseño transversal y no experimental. La investigación se llevó a cabo en tres universidades de Sabinas, Coahuila, donde participaron alumnos de diferentes programas educativos, quienes respondieron a un cuestionario estructurado. Los resultados mostraron que los estudiantes desarrollaron diversas habilidades clave, entre ellas: adaptabilidad al cambio, aprendizaje autónomo en el uso de tecnologías educativas, manejo efectivo de la educación a distancia, así como competencias en estudio, organización y flexibilidad ante nuevos desafíos académicos. Además, se evidenció la necesidad de fortalecer el acompañamiento docente mediante el uso de plataformas digitales que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje en entornos virtuales. Finalmente, se proponen recomendaciones orientadas a la implementación de herramientas tecnológicas y estrategias pedagógicas que favorezcan el desarrollo de estas habilidades en futuros contextos de educación remota o híbrida.

Palabras clave: Adaptabilidad, habilidades cognitivas, educación a distancia, tecnologías educativas, estudiantes universitarios.

Abstract

The COVID-19 pandemic generated an unexpected change in the educational environment, leading higher education institutions to adopt distance learning. This study aimed to identify the main cognitive and behavioral adaptability skills developed by university students in Sabinas, Coahuila, during this period. A quantitative approach was used, with a cross-sectional, non-experimental design. The research was conducted at three universities in Sabinas, Coahuila, with students from different educational programs who responded to a structured questionnaire. The results showed that students developed several key skills, including adaptability to change, autonomous learning in the use of educational technologies, effective management of distance learning, as well as study skills, organization, and flexibility in the face of new academic challenges. Furthermore, the need to strengthen teacher support through the use of digital platforms that facilitate the teaching-learning process in virtual environments was evident. Finally, recommendations are proposed for the implementation of technological tools and pedagogical strategies that promote the development of these skills in future remote or hybrid education contexts.

Keywords: Adaptability, cognitive skills, distance education, educational technologies, university students.

INTRODUCCIÓN

La pandemia por COVID-19 transformó de manera abrupta los sistemas educativos a nivel mundial, trasladando la enseñanza presencial a entornos digitales y exigiendo a estudiantes y docentes adaptarse a nuevas herramientas y dinámicas de aprendizaje (Dhawan, 2020). Este cambio de paradigma, centrado en el uso intensivo de tecnologías y recursos virtuales, implicó el desarrollo de competencias esenciales para la continuidad educativa, entre ellas la adaptabilidad cognitiva y conductual. La primera se vincula con la resolución de problemas, la autorregulación y la adopción de estrategias de estudio; la segunda, con la flexibilidad, el manejo emocional y la interacción social en contextos modificados.

La transición no fue equitativa, pues el acceso desigual a la tecnología acentuó brechas educativas (Dhawan, 2020). En países desarrollados, la virtualidad fue recibida con mayor aceptación debido a mejores condiciones de conectividad (Alchamdani et al., 2020). En contextos como Sabinas, Coahuila, resulta necesario identificar las variables de aprendizaje potenciadas por la pandemia que actuaron como catalizadores de habilidades universitarias, así como los beneficios del aprendizaje a distancia.

El análisis de estas competencias no solo contribuye al desarrollo educativo, la planeación y el liderazgo, sino que también fortalece el capital humano y social. Un estudiante consciente de su forma de aprender se convierte en agente de cambio comunitario. Como señalan Soto et al. (2022), la formación universitaria debe forjar sujetos capaces de desarrollar habilidades básicas, analíticas y críticas, que les permitan reflexionar sobre su aprendizaje y su ejercicio profesional.

Este estudio tuvo como objetivo identificar las habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual desarrolladas por estudiantes de tres universidades de Sabinas, Coahuila, durante la pandemia por COVID-19. Se utilizó un enfoque cuantitativo, transversal y no experimental. Los hallazgos destacan competencias como el aprendizaje autónomo en el uso de tecnologías, la gestión del estudio en entornos virtuales y la flexibilidad ante cambios académicos, proponiendo estrategias y recomendaciones para optimizar la enseñanza-aprendizaje en modalidades remotas e híbridas.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Identificar las principales habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual de aprendizaje desarrolladas por el alumnado universitario, a partir de las experiencias de aprendizaje durante la pandemia por COVID 19, para definir un impacto en la formación educativa del alumnado de nivel superior del Tecnológico Nacional de México Campus Región Carbonífera, del Centro Universitario Coahuilense y de la Universidad Americana del Noroeste.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Enunciar las variables de aprendizaje desarrolladas debido a la pandemia por COVID-19 que puedan considerarse catalizadores de las habilidades de los universitarios en Sabinas, Coahuila.
- 2.- Analizar si se adquirieron nuevas habilidades de adaptabilidad cognitivas y conductuales de aprendizaje a través de la experiencia por COVID-19.
- 3.- Definir los beneficios del aprendizaje a distancia.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es el desarrollo de habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual en estudiantes universitarios como resultado de su experiencia de aprendizaje durante la pandemia por COVID-19.

METODOLOGÍA

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, ya que emplea diseños orientados al análisis de la certeza de las hipótesis y a la obtención de evidencias que sustenten los lineamientos del estudio. Se clasifica como cuantitativa porque se trabajan y examinan datos estadísticos provenientes de las Instituciones de Educación Superior (IES) donde se desarrolla la investigación.

Asimismo, se considera una investigación no experimental, dado que se analizan datos ya existentes sin manipular las variables ni generar un ambiente específico para su estudio. En concordancia con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de investigación “se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron en su contexto natural sin la intervención directa del investigador” (p. 187).

Por su orientación operacional, la investigación es de tipo transversal, ya que la recolección de datos se realiza en un solo momento. En cuanto a su forma de ejecución, se clasifica como prospectiva, debido a que revisa el estado del arte y proyecta sus resultados hacia un escenario futuro. Desde la implicación y derivación metodológica, corresponde a una investigación descriptiva, cuyo propósito principal es observar, describir y documentar las características de un fenómeno o población sin intervenir ni manipular las

variables. Este tipo de estudios suele constituir el primer acercamiento para generar conocimientos básicos sobre un tema y es especialmente útil para obtener una visión general preliminar antes de desarrollar investigaciones más profundas o de carácter experimental.

“Mediante el proceso estadístico, esta ciencia del manejo de los datos ayuda a incrementar el conocimiento en las áreas educativas, coadyuvando en múltiples etapas de la metodología de la investigación educativa, enmarcada en lo general dentro del llamado método científico” (Romo –González y Tarango (2016, p. 10). El tipo de investigación es básica porque sustenta de origen las premisas de trabajo científico; y también es original, por generar dimensiones de explicación, sustentación o complementación sin precedente.

Para resolver la pregunta central: ¿Qué habilidades de aprendizaje desarrolló durante la pandemia por COVID 19 el alumnado universitario en Sabinas, Coahuila? Fue necesario conocer la percepción del alumnado mediante una encuesta estructurada y una escala de valoración, respecto a las habilidades de aprendizaje que consideraron haber desarrollado durante la pandemia, y el objetivo de la investigación es identificar las principales habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual de aprendizaje desarrolladas por el alumnado universitario, a partir de medir las experiencias de aprendizaje durante la pandemia por COVID 19, para definir un impacto en la formación educativa de los estudiantes de nivel superior del Tecnológico Nacional de México Campus Región Carbonífera, del Centro Universitario Coahuilense y de la Universidad Americana del Noroeste.

FASES DEL DESARROLLO

Para llevar a cabo el desarrollo de la investigación se realizó en tres fases

Fase 1. Diseño del cuestionario

La técnica utilizada para la recolección de información fue la encuesta, acorde con el enfoque cuantitativo de la investigación. Se aplicó un cuestionario estructurado compuesto por 30 preguntas cerradas respondidas mediante una escala tipo Likert, lo que permitió obtener datos medibles relacionados con la adaptabilidad cognitiva y conductual de los estudiantes durante la pandemia.

De estas preguntas, 25 habían sido previamente validadas por la Universidad de Cienfuegos, mientras que las cinco restantes fueron elaboradas por la autora del estudio con base en la pertinencia y los objetivos de la investigación. Para asegurar la confiabilidad del instrumento, se llevó a cabo un proceso de validación por juicio de 10 expertos en el área.

La encuesta fue aplicada a una muestra de 497 estudiantes. Se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0.806, lo que refleja un nivel de fiabilidad aceptable para el instrumento.

Fase 2 Recolección de datos y análisis estadístico

Se contó con la respuesta de 497 participantes entre los 18 y 23 años. De ellos, 40% fueron hombres y 60% mujeres, de los cuales, el 41% de alumnos/as se encontraba activos laboralmente.

- 1.- Se realizó la prueba de alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad del instrumento.
- 2.- Se realizó el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con el método de componentes principales, con rotación Varimax, agrupando reactivos dentro de un factor teórico diferente.
- 3.- Los criterios de normalidad no se cumplen.

Fase 3 Interpretación de resultados

Los resultados permitieron analizar la relación entre los objetivos planteados en la investigación, las hipótesis formuladas y los hallazgos obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta. Este análisis es fundamental para evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos y la validación de las hipótesis, proporcionando una visión clara sobre el impacto del aprendizaje en la pandemia como catalizador de la adaptabilidad cognitiva y conductual en los estudiantes universitarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presenta un concentrado de hallazgos que permite analizar de manera detallada la relación existente entre los objetivos específicos de la investigación, las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada a la población universitaria de Sabinas, Coahuila. Este análisis no solo facilita la evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos, sino que también posibilita la validación o refutación de las hipótesis, otorgando una base sólida para la interpretación de los datos. A través de esta vinculación, es posible identificar patrones, tendencias y variaciones que ayudan a comprender cómo la experiencia educativa durante la pandemia influyó en el desarrollo de nuevas competencias y en la adaptación a entornos de aprendizaje no presenciales.

El análisis de estos resultados ofrece una visión integral del impacto que tuvo la pandemia por COVID-19 como catalizador en el desarrollo de habilidades de adaptabilidad cognitiva y conductual. Los hallazgos evidencian no solo los avances percibidos por los estudiantes, sino también las limitaciones y desafíos que enfrentaron durante este periodo. Así, se muestra que la educación a distancia,

pese a las dificultades relacionadas con la interacción social y el acceso a recursos tecnológicos, generó igualmente oportunidades de aprendizaje que permitieron a una parte significativa del alumnado fortalecer competencias vinculadas al estudio independiente, la organización académica y el uso de herramientas digitales.

Este apartado constituye, por tanto, un punto de articulación fundamental entre la recopilación y la discusión de los datos, pues proporciona el sustento empírico necesario para reflexionar sobre las implicaciones pedagógicas y formativas derivadas de la experiencia educativa durante la emergencia sanitaria..

Tabla 1

Concentrado de Resultados Relación de objetivos, hipótesis y resultados

Objetivos específicos	Ítems del instrumento	Resultados
1.- Enunciar las variables de aprendizaje desarrolladas debido a la pandemia por COVID-19, que puedan considerarse catalizadores de las habilidades de los universitarios en Sabinas, Coahuila	¿Has sentido que tus habilidades de estudio y organización han mejorado durante la pandemia? Calificas tus habilidades de aprendizaje en el uso de las tecnologías para el estudio a distancia virtual como: ¿Tuviste que aprender nuevas habilidades para adaptarte a la educación en línea durante la pandemia? En el desarrollo de esta modalidad de educación a distancia sientes que aprendiste:	El 38% de los encuestados afirmó que mejoraron algunas habilidades de estudio y organización y el 35% expresó no está seguro al respecto. Solo el 17% dijo que no experimentó ninguna mejora. El 47% de los encuestados calificó sus habilidades de aprendizaje como buenas, mientras que el 35% las consideró regulares. El 38% señaló que aprendió algunas habilidades, el 36% dijo que aprendió algunas nuevas habilidades. El 46% mencionó que fue poco lo que aprendió y el 39% destacó que fue suficiente.
2.- Analizar si se adquirieron nuevas habilidades de adaptabilidad cognitivas y conductuales de aprendizaje a través de la experiencia por COVID-19.	¿Cuáles de los siguientes elementos relacionas con tu experiencia en la Educación a Distancia? ¿Cómo ha afectado la pandemia a tu experiencia de aprendizaje en la universidad?	El 49% lo relacionó a la disminución del contacto directo profesor y compañeros, el 24% lo atribuyó a las dificultades en la disponibilidad con el uso de la tecnología. El 33% de los encuestados afirmó que su experiencia de aprendizaje no ha cambiado, mientras el 25% consideró que ha mejora ligeramente.
3.- Definir los beneficios del aprendizaje a distancia.	¿Cuáles considera que son las ventajas de la Educación a Distancia?	El 42% señaló la flexibilidad como el factor principal, mientras que el 32% destacó el usar plataformas virtuales.
Hipótesis 1: Los estudiantes mejoraron sus habilidades para aprender a raíz de la pandemia por COVID-19.	¿Crees que las habilidades que has aprendido durante la pandemia serán útiles para ti en tu futura carrera profesional? ¿Has tenido que aprender nuevas habilidades para adaptarte a la educación en línea durante la pandemia?	EL 47% afirmó que algunas habilidades les serán útiles, mientras que el 20% indicó que definitivamente sí le serán útiles. El 38% afirmó haber aprendido algunas habilidades, mientras que el 36% señaló que sí adquirió algunas nuevas habilidades.
Hipótesis 1: Los estudiantes no mejoraron sus habilidades para		

aprender a raíz de la pandemia por COVID-19.		
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2

Aprender nuevas habilidades

Estadísticos

Aprender nuevas habilidades para adaptarte a la educación en línea en pandemia

N	Válido	496
	Perdidos	2

1) No 2) Aprendí algunas habilidades 3) Sí, algunas nuevas habilidades 4) Sí, muchas nuevas habilidades

Aprendiste nuevas habilidades para adaptarte a la educación en línea en pandemia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1.0	51	10.2	10.3	10.3
	2.0	185	37.1	37.3	47.6
	3.0	180	36.1	36.3	83.9
	4.0	80	16.1	16.1	100.0
	Total	496	99.6	100.0	
Perdidos	Sistema	2	.4		
	Total	498	100.0		

Fuente: Sistema SPSS ver.23

El 36% de los encuestados afirmó haber aprendido algunas habilidades para adaptarse a la educación en línea durante la pandemia, siendo esta la categoría con mayor frecuencia. Un 16% indicó haber desarrollado muchas habilidades nuevas, reflejando un desarrollo relevante dentro del contexto analizado. Estos datos indican que la pandemia fue un catalizador moderado para el aprendizaje en línea, aunque el grado de aprendizaje varió según factores como acceso a tecnología, apoyo institucional y disposición personal.

“La pandemia aceleró la transición hacia el aprendizaje en línea, desafiando a los estudiantes a desarrollar nuevas competencias digitales y estrategias de autoaprendizaje. Sin embargo, la capacidad de adaptación varió según factores como la accesibilidad tecnológica, el nivel de apoyo recibido y la motivación individual” (Hodges et al., 2020).

Tabla 3*Habilidades de estudio y organización***Estadísticos**

Tus habilidades de estudio y organización han mejorado por la pandemia

N	Válido	496
	Perdidos	2

a) No b) No estoy seguro c) Sí, algunas de mis habilidades d) Sí, definitivamente

¿Has sentido que tus habilidades de estudio y organización han mejorado durante y/o a partir de la pandemia?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1.0	85	17.1	17.1	17.1
	2.0	172	34.5	34.7	51.8
	3.0	190	38.2	38.3	90.1
	4.0	49	9.8	9.9	100.0
	Total	496	99.6	100.0	
Perdidos	Sistema	2	.4		
Total		498	100.0		

Fuente: Sistema SPSS ver.23

El 38% de los encuestados percibió un efecto positivo, dijeron percibieron mejora en algunas habilidades de estudio y organización a partir de la pandemia, por su parte, un 9.8% señaló que definitivamente sí mejoraron sus habilidades. Esto sugiere que, pese a los retos que se atravesaron, el 47.8%, es decir, casi la mitad del alumnado encuestado reconoció haber mejorado las habilidades de estudio y organización, adaptándose y enfocándose en sus objetivos académicos, mientras que el 34% dijo no estar seguro.

"La pandemia obligó a los estudiantes a desarrollar una mayor autonomía y estrategias de autorregulación para gestionar su aprendizaje, lo que en muchos casos llevó a una mejora en sus habilidades de estudio y organización" (Cachia, Ferrari, Ala-Mutka & Punie, 2010).

Tabla 4*Califica sus habilidades en el uso de las tecnologías a distancia***Estadísticos**

Califica sus habilidades en el uso de las tecnologías a distancia

N	Válido	497
	Perdidos	1

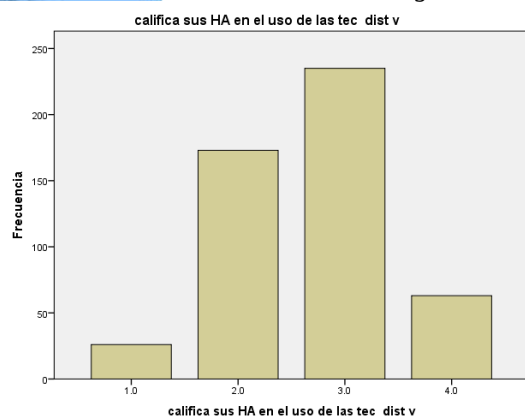
1) Malas 2) Regulares 3) Buenas 4) Excelentes

Califica sus habilidades en el uso de las tecnologías a distancia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1.0	26	5.2	5.2	5.2
	2.0	173	34.7	34.8	40.0
	3.0	235	47.2	47.3	87.3
	4.0	63	12.7	12.7	100.0
	Total	497	99.8	100.0	
Perdidos	Sistema	1	.2		
Total		498	100.0		

Gráfica 1

Califica sus habilidades en el uso de las tecnologías a distancia



Fuente: SPSS ver.23

El 47% de los encuestados calificaron sus habilidades de aprendizaje en el uso de las tecnologías para el estudio a distancia como buenas, representando la mayoría relativa en esta categoría. Esto indica que una proporción considerable de los participantes perciben tener competencias adecuadas para el aprendizaje virtual según sus respuestas. Por otro lado, el 13% evaluó sus habilidades como excelentes (ha mejorado mucho), lo cual indica que una proporción menor -pero significativa- de estudiantes que percibieron que han desarrollado un nivel avanzado en estas competencias durante la experiencia de aprendizaje virtual. Estos resultados reflejan una tendencia positiva hacia el fortalecimiento de las habilidades tecnológicas para el aprendizaje.

Mientras tanto, estudios como el de Oliva-Cruz y Mata-Puente (2022) han analizado cómo la pandemia de COVID-19 ha influido en el desarrollo de habilidades tecnológicas en entornos educativos. Estos autores encontraron que tanto docentes como estudiantes tuvieron que adaptarse rápidamente al uso de herramientas digitales, lo que promovió una mayor autonomía en entornos virtuales de aprendizaje.

Tabla 5

La pandemia aumentó su capacidad para adoptarte a situaciones de cambios o afrontar desafíos

Estadísticos

La pandemia ha aumentado tu capacidad para adaptarte a situaciones de cambios y afrontar desafíos

N	Válido	497
	Perdidos	1

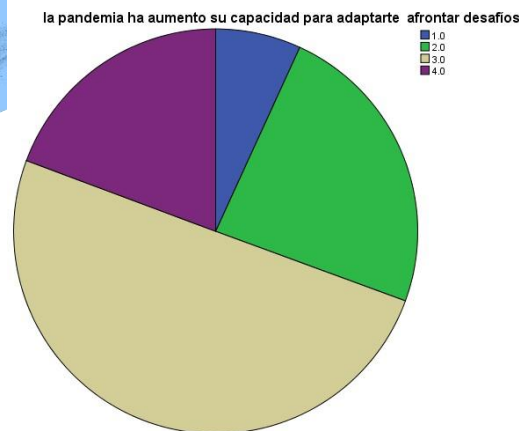
1) No 2) No estoy seguro 3) Algo 4) Sí, definitivamente

La pandemia ha aumentado tu capacidad para adaptarte a situaciones y afrontar desafíos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1.0	34	6.8	6.8	6.8
	2.0	118	23.7	23.7	30.6
	3.0	249	50.0	50.1	80.7
	4.0	96	19.3	19.3	100.0
	Total	497	99.8	100.0	
Perdidos	Sistema	1	.2		
Total		498	100.0		

Gráfica 2

La pandemia aumentó tu capacidad para adoptarte a situaciones de cambios u afrontar desafíos



Fuente: Sistema SPSS ver.23

El 69% de los encuestados percibió un efecto positivo de la pandemia en su capacidad de adaptación, un 50% señaló una mejora moderada y un 19% un aumento considerable. Esto sugiere que la experiencia pandémica fomentó habilidades para afrontar cambios y desafíos, reflejando un aprendizaje adaptativo frente a la incertidumbre.

"La pandemia desafió a los estudiantes a desarrollar habilidades de adaptabilidad y resiliencia, impulsándolos a enfrentar cambios inesperados y mejorar su capacidad de respuesta ante entornos de aprendizaje dinámicos" (Bozkurt et al., 2020).

CONCLUSIÓN

La pandemia por SARS-CoV-2 y el confinamiento modificaron de manera significativa el proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel medio superior. Los estudiantes tuvieron que adaptarse rápidamente a la modalidad virtual, lo que transformó la dinámica del aula, los canales de comunicación y la forma de retroalimentación (Pequeño, citado en Jiménez, 2022).

Los resultados de la investigación cuantitativa reflejan que los retos educativos derivados de la pandemia por COVID-19 funcionaron como catalizadores en el desarrollo de habilidades de aprendizaje entre los universitarios de Sabinas, Coahuila.

1. A partir de los instrumentos aplicados se concluye que los estudiantes se vieron obligados a reforzar su capacidad de concentración, a aprovechar las ventajas que brindan las herramientas tecnológicas y a adaptarse a la flexibilidad de horarios. Lo que al inicio representaba incomodidad al no estar presentes en un aula junto a sus compañeros y frente a un facilitador terminó convirtiéndose en un aspecto favorable. Los jóvenes mostraron resiliencia frente a los cambios y, aunque reconocen la importancia del contacto social presencial, también valoran la practicidad y naturalidad que adquirió la enseñanza virtual a través de dispositivos electrónicos.
2. A pesar de las dificultades, los estudiantes consideran que se garantizaron las condiciones tecnológicas básicas y el acceso a los recursos académicos necesarios, lo que permitió mantener la continuidad educativa. Asimismo, valoraron de manera positiva beneficios como la autonomía y la flexibilidad que les brindó la educación a distancia. Tras haber vivido esta experiencia, expresan que lograron identificar y capitalizar ventajas y oportunidades que fortalecieron sus habilidades de aprendizaje.

En este sentido, la educación virtual mediada por TIC se reconoce como una alternativa que optimiza el proceso de enseñanza-aprendizaje y que debe seguir fortaleciéndose y expandiéndose a nivel local, nacional e internacional, dado que favorece la accesibilidad, la permanencia en los estudios y la reducción del abandono escolar (Estrada-Araoz et al., 2020).

Los hallazgos también muestran que los estudiantes reconocen la importancia de haber desarrollado competencias tecnológicas para el estudio en línea y admiten que fue necesario adquirir nuevas destrezas para adaptarse al cambio. Aunque al inicio experimentaron ansiedad e incertidumbre ante la posibilidad de un bajo rendimiento académico, esa sensación fue superada conforme se adaptaron a la modalidad virtual.

De igual forma, se resalta la necesidad de fortalecer las denominadas *habilidades blandas*, particularmente aquellas relacionadas con la gestión socioemocional, con el fin de formar profesionistas capaces de mantener un equilibrio emocional aun en contextos de alta presión laboral (Vásquez-Pajuelo, Vila-Gómez y Tuesta-Vila, 2021).

En conclusión, uno de los hallazgos más sobresalientes fue el desarrollo de habilidades cognitivas y conductuales por parte de los estudiantes. Durante el periodo de educación a distancia, aprendieron a utilizar de forma más eficiente los recursos digitales, asumieron un mayor control sobre su proceso de aprendizaje, ajustaron sus estrategias de estudio, organizaron información proveniente de diversas fuentes, analizaron contenidos disponibles en plataformas educativas y recurrieron a la retroalimentación para mejorar su desempeño académico.

Estos resultados se vinculan directamente con el objetivo específico de analizar si los estudiantes adquirieron nuevas habilidades de aprendizaje a partir de la experiencia generada por la pandemia de COVID-19. Asimismo, respaldan lo señalado por Sánchez y Moreno

(2021), quienes destacan que el aprendizaje autónomo y las competencias que lo sustentan son esenciales para que los estudiantes gestionen de manera efectiva su propia formación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alchamdani, A, Fatmasari, F, Rahmadani, E. y Putri, N., (2020). The Impact of Covid19 Pandemic on Online Learning Process in the College at Southeast Sulawesi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*
- Bozkurt, A., Jung, I., Xiao, J., Vladimirsch, V., Schuwer, R., Egorov, G., Lambert, S. R., Al-Freih, M., Pete, J., Olcott, D., & Rodes, V. (2020). A global outlook to the interruption of education due to COVID-19 pandemic: Navigating in a time of uncertainty and crisis. *Asian Journal of Distance Education*, 15(1), 1-126. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3778083>
- Cachia, R., Ferrari, A., Ala-Mutka, K., & Punie, Y. (2010). Creative learning and innovative teaching: Final report on the study on creativity and innovation in education in the EU member states. *Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)*. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC59044>
- Dhawan, S. (2020). **Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crisis**. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(1), 5-22. <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>
- Estrada-Araoz, E. G., Gallegos-Ramos, N. ., Mamani-Uchasara, H. ., & Huaypar-Loayza, K. . (2020). Actitud de los estudiantes universitarios frente a la educación virtual en tiempos de la pandemia de COVID-19. *Revista Brasileira De Educação Do Campo*, 5, e10237. Perú <https://doi.org/10.20873/uft.rbec.e10237>
- Hernández-Sampieri R. y Mendoza Ch. (2008, 2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Jiménez Quiñones, B. (2022). Prácticas docentes para el desarrollo de la inteligencia emocional en estudiantes universitarios durante la pandemia de SARS-CoV-2. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/17290>
- Oliva-Cruz, E., & Mata-Puente, A. (2022). Uso de las habilidades digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias de la información en un entorno virtual durante la pandemia por COVID-19. *Biblios: Revista Electrónica de Bibliotecología y Ciencias de la Información*, (86), 1-18. <https://doi.org/10.5195/biblios.2022.58627>
- Romo-González, J, & Tarango., J. (2016). *Métodos estadísticos con SPSS aplicados a la educación*. AlfaGramma ediciones. Buenos Aires.
- Sánchez, C. L., & Moreno, W. (2021). Habilidades del aprendizaje autónomo que emplean los estudiantes en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA) durante la pandemia COVID-19. *RECIE. Revista Electrónica Científica De Investigación Educativa*, 5(2), 335-349. <https://doi.org/10.33010/recie.v5i2.1322>
- Soto, M., Mazo, I, López, A. (2022). Formación de estudiantes universitarios en tiempos de pandemia: un acercamiento a la etnografía virtual. *Artículos científicos. Universidad Autónoma de Sinaloa*. México. file:///C:/Users/BERTHA/Downloads/1161-Texto%20del%20art%C3%83_culo-7768-1-10-20220322.pdf
- Vásquez-Pajuelo, L. ., Vila-Gómez, D. A. ., & Tuesta-Vila, J. A. . (2021). Habilidades blandas y el impacto de la covid-19 en la educación superior. *Review of Global Management*, 6(1), 41–49. Perú <https://doi.org/10.19083/rgm.v6i1.1488>

Norma VDA 6.3: Auditoria de Procesos

A. Alejandro Hernandez Briones¹ B. Raymundo Diaz Robles², C. Reimundo Moreno Cepeda³
D. Maricela Ramirez Torres⁴, E. Oscar López Lara⁵

¹ Universidad del Valle de México, e-mail: alejandro_hernandezbr@my.uvm.edu.mx

² Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, e-mail: raymundo.diaz@tec.mx

³ Universidad Autónoma de Coahuila: reimundo.moreno@uadec.edu.mx

⁴ Instituto Tecnológico de Saltillo, e-mail: mrnztorres1972@hotmail.com

⁵ Universidad Autónoma de Coahuila, e-mail: oslopezl@uadec.edu.mx

Línea de investigación: OTRAS INGENIERÍAS

Resumen

En las últimas tres décadas, la auditoría de procesos VDA 6.3 se ha consolidado como un método importante para identificar puntos fuertes y débiles en los procesos productivos. Esta consiste en analizar y evaluar la capacidad del proceso durante la fase de desarrollo e implantación del producto. Sus características son:

- Un enfoque estructurado para analizar los procesos.
- Un sistema de evaluación y puntuación.
- Identificación de riesgos específicos de productos y procesos.
- Una presentación clara de los resultados de la evaluación del proceso (A, B o C).
- Análisis potencial para evaluar la idoneidad de nuevos proveedores, ubicaciones y tecnologías antes de adjudicar un contrato.
- Centrarse en el producto y el proceso en lugar de en el sistema.

Las Normas VDA son un conjunto de estándares para la gestión de la calidad en la industria automotriz alemana: VDA 6.1 se enfoca en el sistema de gestión de calidad general, VDA 6.2 en proveedores de servicios y VDA 6.4 en fabricantes de herramientas y maquinaria. Mientras que VDA 6.3 y 6.5 son auditorías específicas, pueden ser herramientas utilizadas dentro de un sistema de gestión de calidad más amplio, como un sistema certificado bajo la norma IATF 16949. El presente estudio tiene como objetivo dar a conocer las características del estándar para su correcta implementación en una empresa dedicada a la elaboración de cableado eléctrico automotriz.

Palabras clave: Auditor, Auditoria, Procesos, Norma, Proveedor.

Abstract

Over the past three decades, VDA 6.3 process auditing has established itself as an important method for identifying strengths and weaknesses in production processes. This consists of analysing and evaluating the capacity of the process during the development and implementation phase of the product. Its characteristics are:

- A structured approach to analyzing processes.
- An evaluation and scoring system.
- Identification of specific product and process risks.
- A clear presentation of the results of the process evaluation (A, B or C).
- Potential analysis to assess the suitability of new suppliers, locations, and technologies before awarding a contract.
- Focus on the product and process rather than the system.

The VDA Standards are a set of standards for quality management in the German automotive industry: VDA 6.1 focuses on the overall quality management system, VDA 6.2 on service providers, and VDA 6.4 on tool and machine manufacturers. While VDA 6.3 and 6.5 are specific audits, they can be tools used within a broader quality management system, such as a system certified under IATF 16949. The objective of this study is to publicize the characteristics of the standard for its correct implementation in a company dedicated to the manufacture of automotive electrical wiring.

Keywords: Auditor, Audit, Processes, Standard, Supplier.

INTRODUCCIÓN

La meta de toda compañía en el ramo automotriz es poder otorgar a sus clientes una satisfacción para ser reconocidos como su mejor proveedor, siendo una manera el cumplir con los requisitos que dicho cliente establece para poder proveerles los productos que requieren, en la cantidad, calidad y el tiempo estipulado.

La implementación de Auditorías de proceso VDA 6.3 permite cubrir los requisitos establecidos en la evaluación de calidad de los procesos de manufactura para las empresas ensambladoras alemanas, pudiendo implementar esta evaluación no solo para los productos de producción normal sino también para los productos/procesos que se encuentran en desarrollo, permitiendo una evaluación temprana e implementar las acciones de mejora que sean requeridas (HERNANDEZ, 2025).

En este tipo de auditoria son evaluados los diferentes procesos que se ven involucrados como: Proveedores/Materia Prima, Transporte y Manejo de materia prima, Competencia del personal para la operación que tiene designada, medios de fabricación/instalaciones, entre otros.

Una vez que en la empresa se lleven a cabo las auditorias de VDA 6.3 por Auditores Calificados, los resultados obtenidos deberán ser comunicados al Cliente, con los planes de mejora correspondientes y en los formatos que el Cliente establece mostrando su grado de cumplimiento y calificación.

Antecedentes

VDA QMC (Centro de Gestión de Calidad de la Asociación Alemana de la Industria Automotriz VDA) se fundó hacia el año de 1997, siendo una extensión del **VDA** (Verband der Automobilindustrie) para estandarizar y promover la calidad en la industria automotriz alemana. VDA 6.3 es un estándar de auditoría de procesos diseñado para evaluar y mejorar la calidad y eficiencia de los procesos de fabricación en la industria automotriz. Evalúa el ciclo de vida del producto, se enfoca en la identificación y gestión de riesgos, y garantiza que los procesos cumplan con los requisitos de calidad, incluso independientemente de los requisitos del cliente. A diferencia de otras normas de la familia VDA, como la VDA 6.1, VDA 6.3 no es certificable, pero es crucial para la mejora continua y la gestión de la calidad (VDA – QMC, 2025).

VDA 6.X en general

Las series VDA 6.X son un conjunto de estándares para la gestión de la calidad en la industria automotriz alemana (Observe la Figura 1):

- VDA 6.1 se enfoca en el sistema de gestión de calidad general, VDA 6.2 en proveedores de servicios y VDA 6.4 en fabricantes de herramientas y maquinaria.
- Mientras que VDA 6.3 y 6.5 son auditorías específicas, pueden ser herramientas utilizadas dentro de un sistema de gestión de calidad más amplio, como un sistema certificado bajo la norma IATF 16949.

Prologo

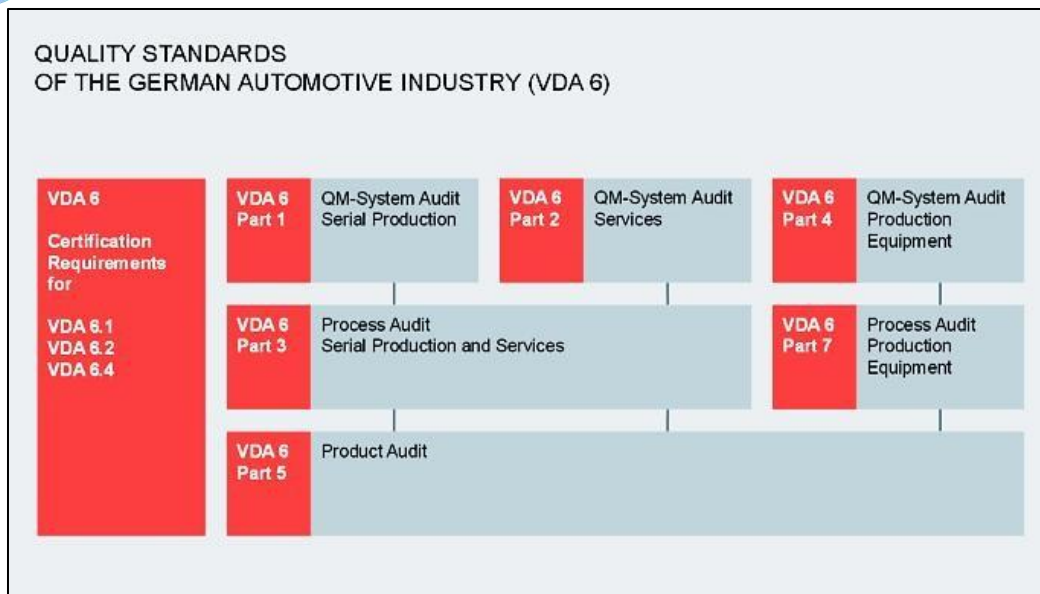
La auditoría de procesos VDA 6.3 se ha consolidado durante casi tres décadas como un método importante para identificar puntos fuertes y débiles en los procesos de manufactura. Esta consiste en analizar y evaluar la capacidad del proceso durante la fase de desarrollo e implementación del producto (HERNANDEZ, 2025). Las características de VDA 6.3 son:

- Un enfoque estructurado para analizar los procesos,
- Un sistema de evaluación y puntuación,
- Identificación de riesgos específicos de productos y procesos (las llamadas "preguntas *"),
- Una presentación clara de los resultados de la evaluación del proceso (A, B o C),
- Comparación entre los resultados para productos y procesos que sean similares,
- Análisis potencial para evaluar la idoneidad de nuevos proveedores, ubicaciones y tecnologías antes de adjudicar un contrato,
- Se centra en el producto y el proceso en lugar de en el sistema.

La auditoría de procesos VDA 6.3 se integra en el sistema de gestión de la calidad de una empresa y contribuye al cumplimiento de los requisitos según IATF 16949.

Figura 1

La auditoría de procesos VDA 6.3 forma parte de la familia VDA 6.x.



<https://vda-qmc.de/en/vda-zertifizierungen/vda-6-x/>

Breve reseña histórica

- Hacia 1998 se emite por 1ª vez la Norma por VDA.
- Hacia el año 2010 se presenta la 2da edición.
- En 2016 se presenta la 3ra edición.
- Actualmente, la 4ta edición, presentada en el año 2023, siendo la más actual y alineada con el estándar ISO 19011:2018 para procesos de Auditoría.

DESARROLLO

La auditoría de procesos VDA 6.3 comprende los siguientes capítulos (VDA – QMC, 2023):

1. Notas sobre la revisión.
2. Instrucciones de uso.
3. Requisitos para los auditores de procesos.
4. Notas para realizar auditorías a distancia.
5. Análisis de potencial (P1).
6. Evaluación de una auditoría de procesos para productos.
7. Cuestionario.
8. Glosario y lista de abreviaturas.

Estos puntos se habrán de explicar más adelante.

Objetivos

Objetivo General

Conocer las bases de la Norma VDA 6.3, así como los requerimientos para su implementación.

Objetivos específicos

4. Conocer las bases de la Norma VDA 6.3 para Auditoría de procesos.
5. Identificar los puntos a considerar para su implementación.
6. Conocer la puntuación para validar a nuevos proveedores y la asignación de contratos.

OBJETO DE ESTUDIO

Una auditoría de procesos es un método de análisis y evaluación imparcial de los procesos de desarrollo e implantación de productos, así como de su eficacia. La norma VDA 6.3 se aplica de conformidad con la norma ISO 19011. Las auditorías de procesos pueden utilizarse tanto interna como externamente a lo largo de todo el ciclo de vida del producto y cumplen los requisitos especificados en la norma IATF 16949. Las auditorías de procesos son adecuadas tanto para pequeñas y medianas empresas como para grandes corporaciones (HERNANDEZ, 2025).

METODOLOGÍA

Hipótesis. El conocimiento de las bases de la Norma, así como el llenado del **Assesment VDA 6.3 4ta Edición**, permitirá a la empresa reforzar los puntos clave de sus procesos, y poder cumplir con los requerimientos del cliente según la especificación.

FASES DEL DESARROLLO

Marco Teórico.

El volumen 6.3 de VDA constituye una evaluación de la capacidad de calidad de los procesos de desarrollo y fabricación de productos materiales, incluido el software integrado (si procede). En caso de que se requieran pruebas adicionales internamente o por parte del cliente (por ejemplo, ASPICE), éstas deberán obtenerse fuera de la evaluación VDA 6.3 mediante los procedimientos adecuados (HERNANDEZ, 2025).

El objetivo de la auditoría de procesos es determinar si los procesos/etapas del proceso cumplen los requisitos y especificaciones del proceso y del producto (Observe la Figura 2).

Si se añaden o eliminan preguntas, o si se introducen cambios en el método de evaluación, una auditoría ya no podrá considerarse una auditoría VDA 6.3, puesto que los sistemas de evaluación ya no son comparables.

Figura 2

Fases de evaluación y seguimiento en la implementación de la Norma. Ciclo de vida del producto.

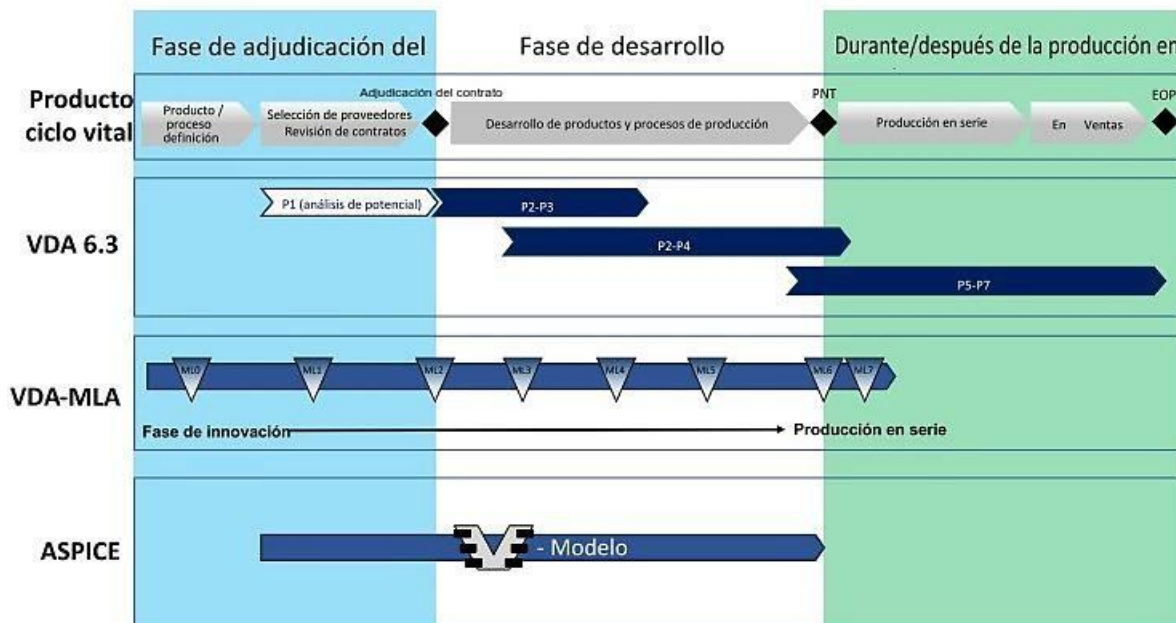


Figura 2-1: Posible uso de los distintos elementos del proceso

P1: Análisis del potencial

P2: Gestión de proyectos

P3: Planificación del producto y la producción desarrollo de procesos

P4: Implantación de productos y desarrollo del proceso de producción

P5: Gestión de proveedores

P6: Análisis del proceso de producción

P7: Atención al cliente

Para obtener explicaciones sobre el análisis de potencial, véase el capítulo 5.

A continuación, se muestran las etapas de evaluación del proceso de implementación y cumplimiento.

ETAPAS DE LA EVALUACION (VDA – QMC, 2023)

1. Notas sobre la revisión

A diferencia de las versiones anteriores, se han implementado algunos cambios en la 4ta Edición:

- Se han añadido requisitos relativos a las actividades de compra en P3 y P4.
- Se especifican las competencias de los auditores.
- Se han añadido notas sobre la realización de auditorías a distancia.
- Se suprimió el capítulo 4 ("Proceso de auditoría"), ya que su contenido está incluido en la norma ISO 19011.
- Se suprimió el capítulo 8 ("Servicios de auditoría de procesos") del volumen 6.3 de VDA.
- Se suprimió el capítulo 10 ("Mejores prácticas/lecciones aprendidas").
- Se omitió la evaluación del transporte y la manipulación de piezas (UE7).

Puntos que se mantienen:

- El sistema de clasificación (A, B, C) para la evaluación global.
- La estructura del cuestionario.
- El uso del Diagrama de tortuga para identificar entradas y salidas.
- En el caso de los productos con software integrado (embebido), se ha reforzado la interfaz entre hardware y software. No obstante, para una evaluación detallada del desarrollo del software, debe utilizarse el método SPICE® para automoción.

El método SPICE es un modelo internacional para evaluar y mejorar los procesos de desarrollo de software. SPICE, acrónimo de Software Process Improvement and Capability dEtermination, es el nombre común del estándar ISO/IEC 15504.

2. Instrucciones de uso

En general, este volumen puede utilizarse a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. A este respecto, se distingue entre:

1. Análisis de potencial.
2. Desarrollo del producto y del proceso de producción.
3. Implantación de productos y procesos de producción.
4. Producción en serie.

Durante la producción en serie, la auditoría de procesos sirve para garantizar la supervisión periódica de los procesos de producción en serie y también puede utilizarse en función de los acontecimientos.

El objetivo de la auditoría de procesos es determinar si los procesos/etapas del proceso cumplen los requisitos y especificaciones del proceso y del producto.

Las discrepancias detectadas se evalúan de acuerdo con un sistema de puntos en relación con el riesgo del proceso/producto y se documentan como conclusiones de la auditoría.

El objetivo es determinar en qué medida cabe esperar productos potencialmente no conformes en función de los resultados de la auditoría, así como identificar los riesgos asociados.

La norma de auditoría VDA 6.3 puede utilizarse a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la selección de posibles proveedores (análisis potencial P1) y el desarrollo del producto y del proceso de producción (P2-P4) hasta el apoyo durante la producción en serie y el apoyo de seguimiento después de la producción (P5-P7).

3. Requisitos para los auditores de procesos

La calidad de una auditoría viene determinada en gran medida por la competencia de los auditores en materia de productos y procesos. Hay varias formas de adquirir estos conocimientos y utilizarlos durante una auditoría. Considere:

- Conseguir la participación de expertos a la hora de evaluar aspectos específicos del producto/proceso, si el auditor del proceso no tiene los conocimientos necesarios.
- Los auditores realizan su propia investigación antes de la auditoría, por ejemplo, consultando bibliografía técnica/científica, foros en línea y normas del sector, así como bases de datos de conocimientos.
- Coordinación con expertos internos y externos.
- Extracción de conclusiones de auditorías anteriores.
- Bases de conocimiento de auditoría (errores, lecciones aprendidas, mejores prácticas, etc.) dentro de los lineamientos de confidencialidad del cliente.
- Debe tener en cuenta que las preguntas resultantes de la base de datos de conocimientos no den lugar a requisitos adicionales que vayan más allá de los acordados contractualmente.

- Las bases de datos de conocimientos pueden estar disponibles, por ejemplo, en forma de Wikis o listas relacionadas con los procesos.
- Los auditores de procesos sólo deben aceptar encargos que no les supongan un conflicto de intereses.
- Los auditores de procesos sólo deben aceptar encargos que puedan llevar a cabo adecuadamente basándose en su experiencia.
- Los auditores de procesos están obligados a guardar secreto sobre la información confidencial que hayan adquirido a través de sus actividades profesionales.

4. Notas para realizar auditorías a distancia

Las auditorías de procesos conforme a la actual norma de auditoría VDA 6.3 suelen realizarse in situ. Teniendo en cuenta los factores de riesgo y los factores que influyen en los auditores, los auditados, los productos y los procesos, se pueden llevar a cabo auditorías a distancia o híbridas en casos concretos.

La organización que realiza la auditoría tiene la responsabilidad general de planificar el alcance/los elementos de la auditoría y de seleccionar el método de auditoría, siempre que el cliente no haya estipulado lo contrario.

Es recomendable definir un procedimiento específico de la empresa para las auditorías internas y externas.

Las "auditorías a distancia" se definen en la norma ISO 19011 y pueden realizarse tanto interna como externamente.

4.2 Definición de una auditoría híbrida

Las auditorías híbridas son una combinación de una auditoría a distancia y una auditoría in situ. A este respecto, debe tenerse en cuenta el capítulo 4.6 "Idoneidad de los elementos de proceso/preguntas individuales para la realización de auditorías a distancia (elementos de proceso P2-P7)".

Por lo general, las auditorías a distancia no pueden constituir una auditoría de proceso completa (P2-P7) de acuerdo con VDA 6.3. Esto se debe a la falta de transparencia durante el proceso de auditoría y a cuestiones técnicas, legales y de protección de datos. Lo mismo se aplica a los análisis potenciales (P1), que sólo pueden llevarse a cabo de forma limitada sin una visita a las instalaciones del proveedor. Sin embargo, siempre que se tengan en cuenta los factores de riesgo o de influencia, las auditorías híbridas pueden considerarse auditorías completas (HERNANDEZ, 2025).

5. Análisis de potencial (P1)

El análisis de potencial se utiliza para evaluar posibles nuevos proveedores. Para los proveedores existentes, el análisis de potencial puede utilizarse en caso de nuevas ubicaciones, introducción de nuevas tecnologías o nuevos productos.

Se evalúa el potencial del proveedor para cumplir los requisitos relativos a los productos solicitados y los procesos correspondientes. El análisis tiene en cuenta la experiencia y las competencias del proveedor en relación con el desarrollo y la producción de la gama de productos solicitada, así como su capacidad para cumplir los requisitos específicos del cliente en materia de implantación de productos y procesos de producción.

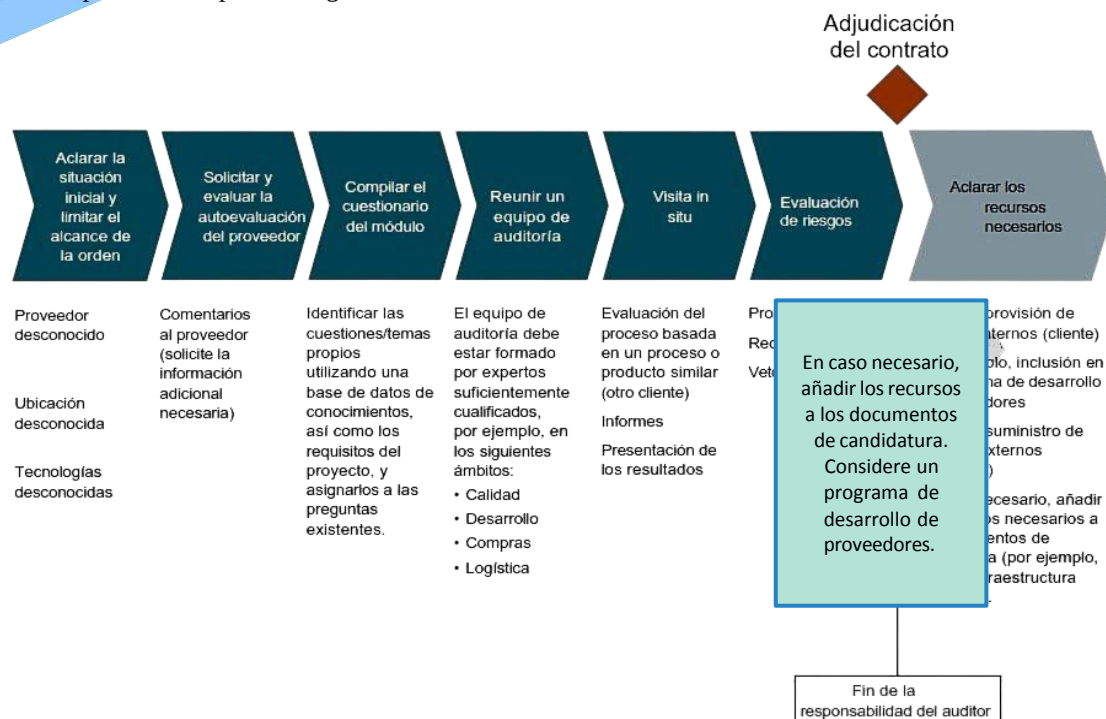
Observe la Figura 2, esta representa la Etapa 1 para la Adjudicación de contratos.

También puede realizarse un análisis de potencial independientemente de un proyecto en caso de cambios o reubicaciones de proveedores.

El diagrama mostrado en la Figura 3 muestra el proceso de realización de un análisis de potencial (P1). Las preguntas de evaluación de P1 se seleccionan a partir de los elementos del proceso P2 a P7.

Figura 3

Evaluación de nuevos proveedores para la asignación de contratos.



El resultado de la evaluación se basa en el sistema de semáforo ("**rojo**" = no cumple el requisito de la pregunta, "**amarillo**" = se cumple parcialmente el requisito de la pregunta o "**verde**" = se cumple el requisito de la pregunta).

6. Evaluación de una auditoría de procesos para productos

Cada pregunta se evalúa en función del cumplimiento de los requisitos respectivos y del riesgo que con lleva.

Rango de Puntuación:

- 10 puntos: Totalmente conforme, cumple completamente con los requisitos.
- 8 puntos: Mayormente conforme, con desviaciones menores que no afectan los resultados.
- 4 puntos: Parcialmente conforme, con brechas o riesgos significativos.
- 0 puntos: No conforme, no se cumplen los requisitos.

Criterios Ponderados: Algunos requisitos se consideran más críticos que otros y pueden tener un peso adicional en la puntuación. Por ejemplo, los aspectos relacionados con la gestión de riesgos o la validación de procesos suelen tener un mayor impacto en la puntuación general.

Calificación General: Las puntuaciones de las preguntas individuales se agregan para calcular una puntuación total por cada elemento del proceso. Estas puntuaciones se utilizan para derivar la calificación final de la auditoría:

- Calificación A (90-100%): Alto nivel de cumplimiento.
- Calificación B (80-89%): Satisfactorio, aunque cuenta con áreas que requieren mejorar.
- Calificación C (<80%): Bajo desempeño, no conformidades importantes.

7. Cuestionario

La Norma VDA cuenta con un formato conocido como **Assesment**, lo que permite evaluar paso a paso las etapas del proceso de P2 a P7. Recuerde que en la Fase 5 se realizó el Análisis de potencial (P1). La figura 4 muestra el formato a llenar en formato Excel, y que es parte de la Norma (VDA – QMC, 2025).

8. Glosario y lista de abreviaturas

En la Figura 5 podrá consultar los diversos conceptos, abreviaturas y el significado que conforman la norma para una mejor interpretación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Norma VDA Auditoría de Procesos es un método estandarizado para la Industria Automotriz que permite evaluar a los Proveedores y el cumplimiento de los requerimientos de los clientes. Esto permite mejorar sus procesos y eficientar la cadena de suministro. Una compañía dedicada a la elaboración de cables y componentes para la elaboración de arneses eléctricos, evaluó sus procesos para cumplir con los requerimientos de su cliente, Volkswagen, evaluando los 7 puntos que conforman la Norma (PROQC, 2025):

Evaluación de la Estructura VDA 6.3

Fase de adjudicación del contrato:

P1: Análisis de potencial.

Fase de Desarrollo

P2: Gestión de Proyectos.

Planificación y ejecución de la introducción de nuevos productos.

P3: Planificación del Desarrollo del Producto y del Proceso.

Preparación y alineación del desarrollo de producto y proceso.

P4: Desarrollo del Producto y del Proceso.

Actividades de desarrollo: prototipos, pruebas y validación de procesos.

Durante y después de la producción en serie

P5: Gestión de Proveedores

Gestión de proveedores: selección, desarrollo y seguimiento.

P6: Análisis del Proceso/Producción.

Desarrollo y seguimiento de los procesos de manufactura.

P7: Servicio al Cliente

Revisión de servicios de postventa y gestión de garantías.

CONCLUSIÓN

Hoy en día las Normas se han ido estandarizando, de tal forma que se cumple con los requerimientos tanto de AIAG como de VDA. Cuando se llevo a cabo la evaluación de los candidatos a nuevos proveedores, se obtuvieron buenas calificaciones de los mismos (la mayoría en color verde y solo 2 en amarillo, con áreas para mejorar), siguiendo los siguientes criterios:

- Verde= Proveedor Autorizado. El proveedor tiene potencial para cumplir los requisitos del cliente en la medida requerida y puede ser considerado para la adjudicación de un contrato.
- Amarillo= Proveedor Autorizado, Condicionalmente. En cuanto al alcance de los productos solicitados, sólo se puede adjudicar un contrato en determinadas condiciones. En algunos casos, el proveedor necesita el apoyo del cliente para cumplir los requisitos del proyecto.
- Rojo= Proveedor EXCLUIDO. No es posible adjudicar un contrato que cubra el proyecto, componente o grupo de productos en cuestión. No hubo candidatos con esta clasificación.

En cuanto a la evaluación del proceso, se cumplió con todos los requerimientos, cabe mencionar que se consideraron documentos como APQP, CONTROL PLAN y FMEA para la evaluación de la documentación de los procesos (HERNANDEZ, 2023). Así mismo, los procesos de Auditoria estaban bien definidos, ya que se contaba con la capacitación y formación en la Norma ISO 19011:2018. La implementación fue exitosa y en un plazo promedio de 6 meses.

BIBLIOGRAFÍA

AIAG Automotive Industry Action Group. 2018. Core Tools Self-Assessment.

Gil Marius. 2024. Cultura Lean. Profit Editorial.

Hernández, Alejandro. 2023. Manual de CORE TOOLS. Consultoría Global en Productividad.

Hernández, Alejandro. 2025. Manual de VDA 6.3. Consultoría TAC - Testing Applications Center.

PROQC México. 2025. <https://proqc.com.mx/blog/auditoria-vda-6-3-gui-practica-de-implentacion/>

Secretaría Central de ISO. 2018. ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión.

VDA – QMC Centro de Gestión de Calidad (Qualitätsmanagement-Center) de la Asociación Alemana de la Industria Automotriz (VDA). 2023. Assesment VDA 6.3 4ta Edición.

VDA – QMC Centro de Gestión de Calidad (Qualitätsmanagement-Center) de la Asociación Alemana de la Industria Automotriz (VDA). 2023. Norma VDA 6.3 para la Auditoria de procesos.

Implementación de estrategias y recursos tecnológicos para la inclusión de adolescentes con capacidades diferentes en el aprendizaje de matemáticas.

Martha Lilia, Sánchez Sánchez¹, Estela Guadalupe Salas Siller²

¹Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, e-mail: lilia.sanchez@utnc.edu.mx

² Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, e-mail: estelitasalas@outlook.com

Línea de investigación: Enseñanza de la Ingeniería.

RESUMEN

La presente investigación se centra en la descripción del diseño e implementación de estrategias didácticas y tecnológicas, que fortalecen el saber convivir, mediante la participación activa e inclusiva con estudiantes del primer cuatrimestre de la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC) de la carrera de Mecatrónica de los programas educativos de Ingeniería en Sistemas de Manufactura Flexible y Robótica y estudiantes del Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED). El proyecto tiene como propósito principal favorecer la inclusión educativa de adolescentes con discapacidad intelectual que enfrentan barreras significativas en el aprendizaje de Matemáticas, a través del diseño y aplicación de estrategias didácticas innovadoras. Igualmente, se destaca que el resultado de esta investigación trasciende en dos dimensiones: educativa y social. En el ámbito educativo, contribuye a mejorar los aprendizajes matemáticos, reduciendo brechas de exclusión. Desde la dimensión social, promueve la interacción respetuosa y la convivencia inclusiva entre estudiantes con y sin discapacidad, desarrollando competencias socioemocionales clave, como la empatía, el trabajo en equipo y la solidaridad.

Al término de la investigación, los alumnos de Mecatrónica de la UTNC, involucrados en el diseño y aplicaciones de estos instrumentos didácticos, lograron un aprendizaje significativo, con una aprobación del 100 % en su parcial 3, de igual forma se fomentó la participación activa de los estudiantes del CAED, potenciando su aprendizaje digital con el uso de GeoGebra en los temas de área, perímetro y volumen. De manera simultánea se fortaleció la convivencia inclusiva, generando un espacio de apoyo mutuo. Además, se contribuye a la construcción de comunidades educativas más creativas y sensibles, en coherencia con lineamientos nacionales e internacionales de educación inclusiva.

Palabras clave: aprendizaje matemático, discapacidad, estrategias didácticas, inclusión, saber convivir.

ABSTRACT

This research focuses on describing the design and implementation of didactic and technological strategies that strengthen social skills through active and inclusive participation with first-semester students from the Mechatronics program at the Technological University of Northern Coahuila (UTNC) specifically those enrolled in the Flexible Manufacturing Systems and Robotics programs, as well as students from the Center for Attention to Students with Disabilities (CAED).

The project's main purpose is to promote the educational inclusion of adolescents with intellectual disabilities who face significant barriers in learning mathematics, through the design and application of innovative didactic strategies. It is also worth noting that the impact of this research helps in two dimensions: educational and social. In the educational sphere, it contributes to improving mathematical learning, reducing exclusion gaps. From a social perspective, it promotes respectful interaction and inclusive coexistence between students with and without disabilities, developing key socio-emotional skills such as empathy, teamwork, and solidarity. At the conclusion of the research, the Mechatronics students at UTNC, involved in the design and application of these educational tools, achieved significant learning, with a 100% pass rate on their third exam. Similarly, the active participation of CAED students was fostered, enhancing their digital learning through the use of GeoGebra in the areas of area, perimeter, and volume. Simultaneously, inclusive coexistence was strengthened, creating a space for mutual support. Furthermore, this contributes to building more creative and sensitive educational communities, in accordance with national and international guidelines for inclusive education.

Keywords: mathematical learning, disability, teaching strategies, inclusion, coexistence skills.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está direccionado en centrar la atención en la inclusión educativa de adolescentes con capacidades diferentes que cursan el bachillerato escolarizado, enfrentando barreras en el aprendizaje, especialmente en el área de Matemáticas. Se sustenta principalmente en antecedentes que muestran que la incorporación de estrategias de enseñanza y recursos tecnológicos accesibles (software interactivo, aplicaciones con ajustes de accesibilidad, materiales multimedia) potencia la comprensión de contenidos abstractos, fomenta la autonomía y fortalece el saber convivir mediante la interacción y colaboración entre estudiantes con y sin discapacidad.

Ainscow, M. (2005). Referente mundial en educación inclusiva, señala que la clave del aprendizaje en estudiantes con discapacidad intelectual es la adaptación del currículo y la diversificación de estrategias, enfatizando la importancia de entornos flexibles, colaborativos y centrados en las necesidades individuales.

Echeita & Verdugo (2019), expertos españoles en discapacidad intelectual, sostienen que la inclusión efectiva requiere ajustes razonables y apoyos personalizados, así como el uso de tecnologías asistidas y recursos adaptados para que los estudiantes accedan y participen de manera significativa.

Soto & Goetz (2022). En investigaciones recientes, Soto y Goetz indican que las Tecnologías de Apoyo y Comunicación Aumentativa mejoran notablemente la comprensión y la expresión de estudiantes con discapacidad intelectual, facilitando su participación en clases regulares.

Lineamientos nacionales e internacionales

Esta investigación también responde a los principios de equidad y derecho a la educación inclusiva, alineándose con lineamientos nacionales e internacionales (UNESCO, SEP) en materia de inclusión y accesibilidad digital.

UNESCO (2020). Enfatiza que la accesibilidad tecnológica y la formación docente son factores decisivos para garantizar que estudiantes con discapacidad intelectual logren aprendizajes significativos si participan activamente.

Teorías del constructivismo

De igual forma, se fundamenta en teorías del constructivismo, que señalan que el elemento reflexivo consciente es distintivo de un planteamiento constructivista.

La reflexión consciente está asociada al pensamiento y, en materia de aprendizaje, implica analizar lo que se está aprendiendo, encontrar pautas de relación y relacionar lo aprendido con el conocimiento que ya se posee, donde lo central es la actividad interna mental del estudiante.

Rodríguez, E (2018), muestra una de las nociones principales de Vygotsky. “La distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinados a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz”. Vygotsky (1988, p. 133).

DESARROLLO

El impacto de este proyecto tiene un alcance bidimensional: educativo y social.

En el contexto educativo, aporta al mejoramiento de los aprendizajes matemáticos de adolescentes con capacidades diferentes, disminuyendo así las brechas de exclusión. En el contexto social, fomenta la interacción respetuosa y la convivencia inclusiva a través de actividades lúdicas entre estudiantes con y sin discapacidad, potenciando competencias socioemocionales fundamentales. También cabe mencionar que, de manera tangencial, el uso de recursos tecnológicos fortalecen el aprendizaje matemático, al explorar con herramientas digitales como medio para personalizar la enseñanza y el acceso a contenidos, ofreciendo una visión gráfica y representativa de los contenidos matemáticos en los temas de perímetro, área y volumen.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar estrategias didácticas y colaborativas (hojas de trabajo y actividades lúdicas) que integran a su vez recursos tecnológicos accesibles para facilitar el aprendizaje de matemáticas de adolescentes con capacidades diferentes que cursan el bachillerato escolarizado en los temas de perímetro, área y volumen. Paralelamente, promover y fortalecer el saber convivir mediante la participación activa y la convivencia inclusiva con estudiantes universitarios de la carrera de Mecatrónica del nivel Técnico Superior Universitario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar actividades matemáticas inclusivas que aborden los conceptos de perímetro, área y volumen, adaptándolas a las necesidades y habilidades de los adolescentes con capacidades diferentes.
2. Promover la colaboración entre alumnos de Mecatrónica y alumnos del CAED, fomentando el aprendizaje mutuo y el desarrollo de habilidades sociales y conceptuales a través de la resolución de hojas de trabajo y actividades de carácter lúdico.
3. Integrar el uso de los recursos tecnológicos accesibles (GeoGebra) para apoyar el aprendizaje.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de la investigación en cuestión inició en el cuatrimestre enero–abril 2025, asistiendo al Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED), con el objetivo de conocer las necesidades de aprendizaje en la asignatura de Matemáticas, al mismo tiempo, conocer el tipo de discapacidad de cada uno de los estudiantes.

En el cuatrimestre mayo–agosto 2025 se continuó conociendo el contenido de estudio del CAED en el tema de matemáticas, siguiendo sobre el diseño de los instrumentos didácticos a desarrollar en el próximo cuatrimestre.

Al inicio del cuatrimestre septiembre–diciembre 2025 se seleccionaron dos grupos de la especialidad de Mecatrónica de los programas educativos de ingeniería en; Sistemas de Manufactura Flexible y Robótica, los cuales cursaban la asignatura de Fundamentos de Matemáticas, con el contenido temático de área, perímetro y volumen en el parcial tres. Esta selección fue con la finalidad de trabajar de forma colaborativa en los temas mencionados con anterioridad, donde se participó activamente en la elaboración del contenido de los instrumentos didácticos y las practicas lúdicas, respectivamente, clasificándolos en el siguiente orden:

Grupo A: 1A-SMF Instrumentos didácticos con figuras geométricas y uso de GeoGebra.

Grupo B: 1A- ROB Rally, con seis estaciones de figuras geométricas, para actividades lúdicas.

METODOLOGÍA

Enfoque y tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo–aplicativo, orientado a documentar el diseño, implementación y análisis de estrategias didácticas-colaborativas y recursos tecnológicos (GeoGebra) para favorecer la inclusión educativa de adolescentes con discapacidad intelectual en el aprendizaje de las Matemáticas, específicamente en los temas de área, perímetro y volumen.

Desde una perspectiva socioeducativa, el estudio se sustenta en los principios de la educación inclusiva, el constructivismo y la teoría sociocultural del aprendizaje, particularmente en la noción de zona de desarrollo próximo, al promover interacciones colaborativas entre estudiantes con y sin discapacidad.

Asimismo, la investigación adopta elementos de la investigación–acción educativa, dado que las estrategias diseñadas se implementaron en contextos reales de aula, permitiendo la reflexión sistemática sobre la práctica docente y el ajuste continuo de los instrumentos didácticos.

Contexto y participantes

La investigación se desarrolló durante el periodo enero–diciembre de 2025, en dos contextos educativos complementarios:

Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED), donde participaron adolescentes con discapacidad intelectual que cursan el bachillerato escolarizado. Y la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC), con la participación de estudiantes del primer cuatrimestre de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, pertenecientes a los programas educativos de Sistemas de Manufactura Flexible y Robótica.

En la siguiente tabla se muestran los roles y tareas de los participantes

Tabla 1

Roles y tareas de los participantes

Nombre Completo	Rol	Tareas
Mtra. Martha Lilia Sánchez Sánchez	Coordinadora del Proyecto	Supervisar el diseño, implementación y evaluación de actividades didácticas. Gestionar recursos con el Director.
Mtra. Martha Lilia Sánchez Sánchez Mtra. Estela Guadalupe Salas Siller	Docentes de Matemáticas	Diseñar actividades didácticas; aplicar y ajustar estrategias en el aula en los grupos de apoyo. monitorear avances.
Estudiantes Participantes	Estudiantes de la UTNC	Participar activamente en la elaboración de figuras geométricas, desarrollando los cálculos y tareas indicadas por sus maestras.

Clasificación de acuerdo a nombre, rol y tarea.

FASES DEL DESARROLLO

FASE I DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES

La siguiente fase se desarrolló en los cuatrimestres enero–abril 2025 y mayo–agosto 2025, asistiendo al Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED), donde se observó la dinámica de aprendizaje de las matemáticas en adolescentes con capacidades diferentes, así mismo, se analizó el contenido temático del CAED, en el tema de matemáticas, siguiendo sobre el diseño de los instrumentos didácticos a desarrollar en el próximo cuatrimestre.

Planteamiento de objetivo:

Obtener información detallada sobre el nivel de aprendizaje, tipo de discapacidad de los estudiantes, características de los alumnos en relación a su edad física e intelectual, estrategias de enseñanza, evaluación y dinámica de los grupos en el ámbito de la educación especial. Esta información se recopiló mediante una entrevista al personal docente del CAED y al mismo tiempo, se permitió observar la impartición de la clase por docentes de la asignatura de matemáticas.

A continuación, se agrega el contenido de la entrevista.

ENTREVISTA AL PERSONAL DOCENTE DEL CAED

1. Presentación y contexto

- ¿Podría hablarnos un poco sobre su experiencia en el campo de la educación especial y su rol actual como directora?

2. Perfil de los alumnos

- ¿Cuál es el número total de alumnos que atiende actualmente el programa de educación especial?

- ¿Podría proporcionarnos datos desglosados por sexo (masculino/femenino) y edades de los estudiantes?

- ¿Qué tipos de discapacidades o necesidades educativas especiales son las más comunes entre los alumnos?

3. Nivel de aprendizaje y habilidades

- En términos generales, ¿cómo describiría el nivel de aprendizaje de los alumnos en áreas clave como matemáticas, lectura y escritura?

- ¿Qué habilidades y capacidades ha observado que los alumnos desarrollan con mayor facilidad?

- ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentan los estudiantes en el proceso de aprendizaje, especialmente en las matemáticas?

4. Duración y organización de las clases

- ¿Cuál es la duración promedio de una clase en el programa de educación especial?

- ¿Cómo se organiza el horario de los alumnos para garantizar que se cubran todas las áreas de aprendizaje?

5. Estrategias de enseñanza

- ¿Qué estrategias o metodologías de enseñanza utilizan los maestros para adaptarse a las necesidades de los alumnos?

- ¿Cómo se fomenta la inclusión y la participación activa de los estudiantes en el aula?

- ¿Utilizan tecnología o herramientas especializadas para apoyar el proceso de enseñanza?

6. Evaluación del aprendizaje

- ¿Qué métodos de evaluación utilizan para medir el progreso de los alumnos?

- ¿Cómo se adaptan las evaluaciones a las necesidades individuales de los estudiantes?

- ¿Con qué frecuencia se realizan evaluaciones y cómo se comunican los resultados a las familias?

7. Dinámica del grupo

- ¿Cómo describiría la dinámica de los grupos en el aula?

- ¿Qué actividades o enfoques utilizan para promover la colaboración y el trabajo en equipo entre los alumnos?

- ¿Cómo manejan situaciones en las que los estudiantes presentan dificultades para integrarse al grupo?

8. Comprensión de ejercicios de matemáticas

- En el área de matemáticas, ¿qué nivel de comprensión han observado en los alumnos?

- ¿Qué estrategias específicas utilizan para enseñar conceptos matemáticos a estudiantes con necesidades especiales?

- ¿Han identificado algún método o recurso que haya sido particularmente efectivo para mejorar el rendimiento en matemáticas?

9. Apoyo y recursos

- ¿Qué tipo de apoyo adicional reciben los alumnos, como terapias o tutorías, fuera del aula?

- ¿Qué tipo de recursos como materiales didácticos, personal especializado y espacios adecuados, utilizan para atender las necesidades de los estudiantes?

10. Desafíos y logros

- ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el programa de educación especial en la actualidad?

- ¿Podría compartir algún logro o experiencia exitosa que haya tenido el programa en los últimos años?

11. Cierre

- Para finalizar, ¿hay algún mensaje o reflexión que le gustaría compartir con los alumnos de la UTNC, maestros o la comunidad en general sobre la importancia de la educación especial?

- Muchas gracias por su tiempo y por compartir esta información valiosa.

A continuación, se adjunta una tabla que muestra un listado de los alumnos del CAED con relación a su discapacidad y edad.

Tabla 2
Relación de alumnos de CAED

Nota: Con el objetivo de cuidar la privacidad de los alumnos del CAED se omite el nombre de los estudiantes.

No.	NOMBRE	DISCAPACIDAD	EDAD
1		Intelectual	57
2		Intelectual	16
3		Física/motriz	17
4		Física/motriz	33
5		Intelectual	23
6		Intelectual	21
7		Intelectual	17
10		Intelectual	22
11		Intelectual	21
14		Intelectual	23
15		Intelectual	20
16		Intelectual	22
17		Intelectual	20
19		Intelectual	20
20		Intelectual	25
24		Intelectual	16
25		Auditiva	23
27		Física/motriz	20
28		Intelectual	33
29		Intelectual	16
30		Intelectual	27

FASE II DISEÑO DE ESTRATEGIAS DIDACTICAS CON INTEGRACIÓN DE RECURSOS TECNOLOGICOS ACCESIBNLES

La siguiente fase se desarrolló en el cuatrimestre septiembre–diciembre 2025, donde se seleccionaron figuras geométricas (hexágono, trapecio, cilindro, pirámide, círculo y cuadrado) para el diseño de instrumentos didácticos, trabajando con el Grupo A, correspondiente al primer cuatrimestre de la sección A de la especialidad de Ingeniería en Sistemas de Manufactura Flexible (1A- SMF).

Planteamiento de objetivo:

Estructurar instrumentos didácticos (hojas de trabajo) innovadores, que integren los cálculos de perímetro, área y volumen, desde su forma conceptual hasta su representación gráfica con el uso de GeoGebra, con el fin de facilitar el aprendizaje de conceptos matemáticos en estudiantes de bachillerato con capacidades diferentes.

Forma de trabajo:

La planeación del diseño de las hojas de trabajo se programó con tiempos, se integró al Grupo A en equipos y se asignó a cada equipo la elaboración de un instrumento didáctico, guiados por su profesor, correspondiendo a las siguientes figuras geométricas: hexágono, trapecio, cilindro, pirámide, círculo y cuadrado. Cada equipo elaboró en 3D la representación física de su figura geométrica, con una altura de un metro.

- Hoja de trabajo No.1 Hexágono
- Hoja de trabajo No.2 Trapecio
- Hoja de trabajo No.3 Cilindro
- Hoja de trabajo No.4 Pirámide
- Hoja de trabajo No.5 Círculo y Cuadrado

En los anexos se adjuntan los documentos de cada una de las hojas de trabajo, como ejemplo se agrega la hoja de trabajo No. 2 correspondiente al trapecio.



ACTIVIDAD: PROYECTO DE FIGURAS GEOMETRICAS.
TEMA: PERIMETRO, AREA Y VOLUMEN.

DOCENTE: ING. MARTHA LILIA SANCHEZ SANCHEZ

1 A SMF
SEPT. – DIC. 2025

Nombre del alumno instructor: _____

Nombre del alumno CAED: _____

- I. Define los siguientes conceptos relacionados al prisma trapezoidal con ayuda de internet. Esta actividad la realizaras con ayuda de un asistente de la UTNC, puedes preguntar cualquier duda, estamos para apoyarte.!

Bases Trapezoidales: _____

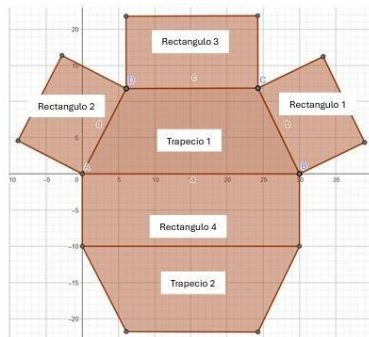
Caras laterales rectangulares: _____

Vértices: _____

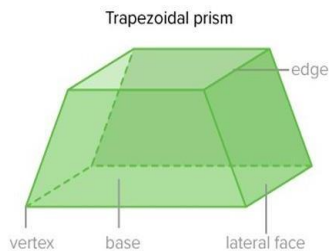
AREA

- II. Determinar el área de cada una de las figuras que componen un prisma trapezoidal desarrollando sus fórmulas. Recuerda que esta actividad la realizaras con ayuda de un asistente de la UTNC, puedes preguntar cualquier duda que tengas. 😊

Trapezio 1	
Trapezio 2	
Rectángulo 1	
Rectángulo 2	
Rectángulo 3	
Rectángulo 4	



Aristas: _____



ELEMENTOS

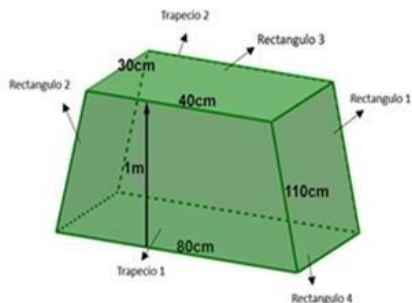
- 6 caras: 2 bases y 4 caras laterales.
- 12 aristas: 4 aristas laterales y 4 aristas en cada base.
- 8 vértices: 4 en cada base.
- Altura.

PRISMA	FÓRMULA ÁREA	FÓRMULA PERIMETRO	FÓRMULA VOLUMEN
TRAPEZIO 	$\frac{(b1 + b2) * h}{2}$	$b1 + b2 + l1 + l2$	$\frac{(b1 + b2) * h}{2} * L$
RECTÁNGULO 	$b * h$	$b + h + l1 + l2$	$b * h * L$

PERIMETRO

- III. Determinar el perímetro de cada una de las figuras que componen un prisma trapezoidal desarrollando sus fórmulas. De igual forma, esta actividad la realizaras con ayuda de un asistente de la UTNC, puedes preguntar cualquier tipo de duda.!!

Trapezio 1	
Trapezio 2	
Rectángulo 1	
Rectángulo 2	
Rectángulo 3	
Rectángulo 4	



VOLUMEN

- IV. Determinar el volumen del **prisma trapezoidal**. Recuerda que puedes preguntar todo tipo de dudas, nosotros como asistentes de la UTNC te apoyaremos. 🍌

Prisma Trapezoidal	
--------------------	--

- V. Pasos para la realización del prisma trapezoidal en GeoGebra

1. Abre GeoGebra 3D

- Entra a <https://www.geogebra.org/3d>.
- Espera a que aparezca el plano 3D.

2. Dibuja el trapecio (base del prisma)

1. Selecciona la herramienta **Punto**.
2. Coloca cuatro puntos para formar un trapecio, por ejemplo:
 - A = (0, 0)
 - B = (4, 0)
 - C = (3, 2)
 - D = (1, 2)
3. Usa la herramienta **Polígono** y une los puntos A → B → C → D → A.

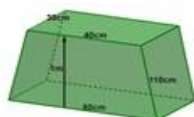
3. Crea el prisma

1. Cambia a la **vista 3D** si no lo estás.
2. Haz clic en el trapecio que dibujaste.
3. Ve a la herramienta **"Extruir a prisma o cilindro"** (icono con una figura 3D).
4. Arrastra hacia arriba con el mouse para darle altura al prisma.
 - También puedes escribir una altura exacta (por ejemplo, 5) cuando aparezca el cuadro de texto.

4. Ajusta y observa

- Gira la vista para ver el prisma completo.
- Cambia color o transparencia con clic derecho → **Propiedades**.

Resultado de nuestro prisma:



FASE III DISEÑO O DE ACTIVIDADES COLABORATIVAS CON ENFOQUE LÚDICO

La siguiente fase se desarrolló paralelamente con la Fase II, ambas, en el cuatrimestre septiembre–diciembre 2025, donde se eligieron actividades lúdicas con la integración del Grupo B, correspondiente al primer cuatrimestre de la sección A de la especialidad de Robótica (1A- ROB).

Planteamiento de objetivo:

Diseñar actividades lúdicas que fortalezcan el aprendizaje en los temas de perímetro, área y volumen para alumnos de bachillerato con capacidades diferentes, fomentando así, el interés por las matemáticas y el trabajo en equipo.

Forma de trabajo:

Para el desarrollo de las actividades lúdicas del Rally, se integró al Grupo B en equipos y se asignó a cada equipo la elaboración de figuras geométrica y/o maquetas, que representan cada una de las estaciones temáticas del Rally, guiados por su profesor, considerando los siguientes aspectos: dimensiones de las figuras, colores, materiales y espacio físico, con el propósito de facilitar la interacción de los estudiantes.

Estación No. 1: “El jardín de Pitágoras y el jardín de Arquímedes”

Materiales: Maquetas con jardines en forma de trapecio y rombo, regla de medir, hojas para realizar cálculos, fórmulas para calcular el área.

Estación No.2: “El misterio del cubo”

Materiales: Esfera de 100 cm de diámetro, temática de Mario Bros, plantillas de cubos con acotaciones, resistol, hojas para cálculos, lápices y formula del volumen de un cubo.

Estación No. 3: “Ingenieros de almacenamiento”

Materiales: Cartulinas de colores, granos de arroz, frijol, dulces.

Estación No. 4: “La pirámide del Faraón”

Materiales: Se presenta modelo a escala de las pirámides de Keops y Kefren, hojas para cálculos, lápices, flexómetro.

Estación No. 5: “El triángulo incómodo”

Materiales: Diferentes tamaños y tipos de Tangram

Estación No. 6:” El cofre del tesoro”

Materiales: Prisma rectangular de 1.20 cm de largo, 60 cm de altura y 50 cm de ancho, medallas, hojas blancas, lápices, flexómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FASE IV APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS Y COLABORATIVAS. Día “d”

En el marco del día internacional de la discapacidad (3 de diciembre), se realizó un evento en la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila, el cual se denominó Día “d”, donde asistieron los alumnos del CAED, acompañados por sus profesores. En dicho evento se aplicaron las actividades desarrolladas en las Fase II y III de esta investigación, que corresponden respectivamente al diseño estrategias didácticas con integración de recursos tecnológicos accesible y, de igual forma, al diseño de actividades colaborativas con enfoque lúdico.

Planteamiento del objetivo del Evento, Día “d”

Activar el primero y el cuarto pilar, del nuevo modelo educativo, correspondiente al aprendizaje significativo y la inclusión. Específicamente en el área de las matemáticas, fomentando la interacción entre estudiantes de la Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila (UTNC) y estudiantes del Centro de Atención para Estudiantes con Discapacidad (CAED), aunado a esto, promover la autonomía digital mediante estrategias didácticas, particularmente en el área de matemáticas.

Forma de trabajo:

Se desarrolló el siguiente orden del día:

PROGRAMA DE TRABAJO DEL DÍA “d”	
9:00 – 9:30 a.m.	Bienvenida al evento: Día “d” Lugar: Auditorio de Vinculación
9:30 – 11:00 a.m.	ETAPA I referente a la Fase II de esta investigación. Prácticas guiadas utilizando software de GeoGebra. El objetivo es trabajar en prácticas guiadas (hojas de trabajo), diseñadas para fomentar el aprendizaje significativo, utilizando software de matemáticas y al mismo tiempo optimizar la experiencia de aprendizaje." Responsable: Mtra. Martha Lilia Sánchez Sánchez Lugar: Laboratorio del CIC 4.0
11:00 am– 12:30 pm	ETAPA II referente a la Fase III de esta investigación. Rally: Perímetro, área y volumen. El objetivo es realizar actividades lúdicas referentes a cálculos geométricos para fortalecer el aprendizaje y el cuarto saber, saber convivir. Responsable: Mtra. Estela Guadalupe Salas Siller Lugar: Explanada de Vinculación
12:30 – 1:30 p.m.	Refrigerio Lugar: Cafetería

Los alumnos del Grupo A y B de la UTNC apoyaron respectivamente en cada una de las etapas a los alumnos invitados del CAED.

En la Etapa I, se inicia con una explicación general por un alumno del Grupo A, esta etapa se desarrolló en el Laboratorio del CIC 4.0, donde cada uno de los estudiantes del CAED es apoyado por un estudiante de la Universidad del Grupo A. Las respuestas se escriben con apoyo de consultas en internet, los cálculos se hacen guiados por los estudiantes de la Universidad y finalmente, se utiliza el software de GeoGebra para que desarrollen gráficos correspondientes a las figuras asignadas en cada hoja de trabajo.

En la Etapa II, correspondiente al Rally, se inicia con la integración de los alumnos en equipos de 5 integrantes y se elige un capitán por equipo al cual se le hace entrega del mapa de recorrido, cada equipo se dirige a la estación correspondiente para realizar las actividades dirigidas por los alumnos universitarios. Al término de cada actividad se les entrega un listón de logro, el equipo debe reunir seis listones de diferente color, lo que indicará que ha concluido satisfactoriamente con todas las actividades. Al finalizar el Rally se reúnen todos los equipos y se formulan las preguntas de retroalimentación. Una vez concluida la sesión de preguntas se realiza la premiación de los participantes entregando una medalla conmemorativa de la Universidad a cada alumno. Finalmente se concluye el evento del Día “d” con un refrigerio en la cafetería de la UTNC. A continuación, se agregan fotografías del trabajo desarrollado en cada una de las Etapas.

Bienvenida al Evento Día “d”



Actividad realizada: Palabras de Bienvenida.

Etapa I. Aplicación de estrategias didácticas



Actividad realizada: Instrucciones por el Grupo A (1A- SMF) para la resolución de las hojas de Trabajo

Etapa II. Aplicación de actividades lúdicas



Actividades realizadas: Cálculo del perímetro y área del jardín de Arquímedes y de Pitágoras, Armado de un cubo y cálculo de su volumen, respectivamente.



Docentes de UTNC Y CAED

RESULTADOS GENERALES

FASE V EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ESTRATEGIAS APLICADAS.

La implementación de Estrategias Didácticas y Colaborativas para estudiantes del CAED, aplicadas y dirigidas por estudiantes de la UTNC, arrojó resultados sumamente alentadores. Los estudiantes de la UTNC, que participaron en esta iniciativa, experimentaron un notable beneficio en su rendimiento académico, lo que se reflejó un incremento significativo en sus calificaciones. A continuación, se presenta una tabla que muestra el porcentaje de aprobación en cada uno de los parciales.

Tabla 3

Tabla comparativa de aprobación de alumnos de la UTNC de primer cuatrimestre

Alumnos	Primer parcial	Segundo parcial	Tercer parcial
Grupo A	82.2%	96.3%	100%
Grupo B	92.8%	96.4%	100%

En particular, se observó un impacto positivo en el desempeño de los estudiantes que participaron en este proyecto, especialmente en el parcial número tres, donde se logró un promedio de aprobación del 100% en las calificaciones obtenidas. Este logro es especialmente destacable, ya que refleja un aumento considerable en comparación con los resultados previos.

La implementación de estas estrategias didácticas y colaborativas permitió a los estudiantes del CAED, consolidar el aprendizaje de conceptos geométricos de una forma divertida, desde el uso de GeoGebra hasta juegos en el RALLY, permitiendo incrementar el interés

por las matemáticas, así como mayor retención de conocimientos prácticos y actitudes positivas hacia el aprendizaje y el trabajo en equipo.

CONCLUSIÓN

La investigación permitió evidenciar que la implementación de estrategias didácticas y colaborativas apoyadas en recursos tecnológicos accesibles, particularmente el uso de GeoGebra, favoreció el aprendizaje matemático de adolescentes con discapacidad intelectual en los temas de perímetro, área y volumen. Agregando que los acompañamientos entre pares facilitaron la comprensión de conceptos mediante representaciones gráficas, manipulación de materiales y resolución guiada de problemas.

Los resultados también muestran que el aprendizaje colaborativo entre estudiantes universitarios de Mecatrónica y estudiantes del CAED no solo fortaleció los aprendizajes matemáticos, sino que también promovió el desarrollo de habilidades socioemocionales asociadas al saber convivir. La interacción constante generó un entorno de aprendizaje inclusivo, en el que los estudiantes con discapacidad participaron de manera activa y significativa, reduciendo barreras de acceso y favoreciendo la confianza en sus capacidades.

Desde el contexto educativo, la aprobación del 100 % en el tercer parcial de los estudiantes de la UTNC evidencia que el diseño y aplicación de instrumentos didácticos con enfoque inclusivo también impacta positivamente en el aprendizaje de los estudiantes universitarios, al propiciar experiencias de aprendizaje significativo. Este hallazgo refuerza la idea de que la inclusión beneficia a todos los grupos involucrados en el proceso educativo.

Con respecto a la dimensión social, el evento “Día d”, se consolidó como un espacio de convivencia inclusiva, en el que se fortalecieron vínculos entre instituciones educativas (UTNC, CAED), promoviendo una cultura de respeto.

Finalmente, esta investigación aporta evidencia que respalda los lineamientos nacionales e internacionales en materia de educación inclusiva, demostrando que la integración de recursos tecnológicos, estrategias colaborativas y enfoques pedagógicos constructivistas puede contribuir de manera significativa a la construcción de comunidades educativas más equitativas, creativas y sensibles, alineadas con el derecho a una educación de calidad para todos.

BIBLIOGRAFÍA.

Ainscow, M. (2005). Developing inclusive education systems: What are the levers for change? *Journal of Educational Change*, 6(2), 109–124. <https://doi.org/10.1007/s10833-005-1298-4>

Echeita, G., & Verdugo, M. A. (2019). La educación inclusiva: El camino hacia el futuro. *Revista de Educación Inclusiva*, 12(1), 7–28.

Soto, G., & Goetz, L. (2022). Assistive technology and augmentative communication in inclusive education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-XXXX-X>

UNESCO. (2020). Educación inclusiva y equitativa: Garantizar oportunidades de aprendizaje para todos. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org>

Rodríguez, E (2018). ¿Qué es la zona de desarrollo próximo? Una reflexión acerca de la vigencia de Vigotsky. 25 de agosto 2021, de Magisterio.com. Sitio web: <https://www.magisterio.com.co/articulo/que-es-la-zona-de-desarrollo-proximo-una-reflexion-acerca-de-la-vigencia-de-vygotsky>

Análisis Integral de Riesgos Laborales en el Sector Canterero de Huichapan, Hidalgo.

Mtra. Ana Isabel Ramírez Sabino¹; Mtra. Silvia Guerrero Sánchez²; Dr. Antonio Aguilar López³, Ing. Ailyn Michelle Sánchez Rojo⁴
^{1,2,3,4}Tecnológico Nacional de México/ITS de Huichapan

¹e-mail: airamirez@iteshu.edu.mx

²e-mail: sguerrero@iteshu.edu.mx

³e-mail: aaquilar@iteshu.edu.mx

⁴e-mail: a21021125@iteshu.edu.mx

Línea de investigación: Estrategias Empresariales -Seguridad y Salud Ocupacional

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar los riesgos laborales en el sector cantero de Huichapan, Hidalgo, mediante la aplicación del método FINES (Frecuencia, Intensidad, Número de personas expuestas, Evitabilidad y Simultaneidad) y proponer un programa de intervención basado en evidencia. Se analizaron datos de un cuestionario aplicado a 15 plantas transformadoras y el caso de estudio en una planta transformadora. Los resultados identificaron como riesgos críticos la exposición al polvo de sílice (Índice de Riesgo = 750), el ruido (>85 dB, IR = 384) y el uso inadecuado del equipo de protección personal (IR = 160). Se propone un programa integral alineado con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-011, NOM-017, NOM-036) que incluye señalización, capacitación participativa, checklist y seguimiento mediante tecnologías accesibles. El estudio demuestra que la vinculación academia-industria es una estrategia efectiva para fortalecer la cultura preventiva en PYMES del sector extractivo.

Palabras clave: Canteras, FINES, riesgos laborales, seguridad ocupacional, sílice.

Abstract

This study aims to evaluate occupational risks in the quarry sector of Huichapan, Hidalgo, through the application of the FINES method (Frequency, Intensity, Number of exposed persons, Avoidability, and Simultaneity) and to propose an evidence-based intervention program. Data from a survey applied to 15 processing plants and a case study at Canteras Uribe were analyzed. Critical risks identified include silica dust exposure (Risk Index = 750), noise (>85 dB, RI = 384), and improper use of personal protective equipment (RI = 160). An integrated program aligned with Mexican Official Standards (NOM-011, NOM-017, NOM-036) is proposed, including signage, participatory training, checklists, and monitoring through accessible technologies. The study demonstrates that university-industry collaboration is an effective strategy to strengthen preventive culture in SMEs in the extractive sector.

Keywords: Quarries, FINES, occupational risks, occupational safety, silica.

INTRODUCCIÓN

El riesgo laboral se define como la probabilidad de que un trabajador sufra un daño a su salud o integridad física como consecuencia de su exposición a condiciones peligrosas en el lugar de trabajo (De Cicco & Salgado, 2017). Este concepto implica dos elementos fundamentales: el peligro (fuente o situación con potencial de daño) y la exposición (contacto del trabajador con dicho peligro). La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2022) subraya que la identificación y evaluación sistemática de riesgos constituyen la base de cualquier sistema efectivo de seguridad y salud en el trabajo (SST).

Los riesgos en el entorno laboral se clasifican en cinco categorías principales, todas presentes en la industria extractiva:

- **Riesgos físicos:** incluyen ruido, vibraciones, temperaturas extremas, iluminación inadecuada y, de manera crítica en canteras, exposición al polvo de sílice respirable. Este último es reconocido por la OIT (2022) como causa principal de silicosis, una enfermedad pulmonar irreversible y potencialmente mortal.
- **Riesgos mecánicos:** derivan del uso de maquinaria pesada (escuadradoras, taladros, bandas transportadoras), con peligros de atrapamiento, corte, proyección de partículas y atropellamiento (De Cicco & Salgado, 2017).
- **Riesgos químicos:** abarcan la exposición a lubricantes, combustibles y, sobre todo, al polvo mineral. El polvo de sílice cristalina (SiO_2) es clasificado por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como carcinógeno del Grupo 1 (OIT, 2022).
- **Riesgos ergonómicos:** asociados al manejo manual de cargas pesadas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, factores que generan trastornos musculoesqueléticos. La NOM-036-STPS-2018 regula específicamente esta categoría en México (STPS, 2018).
- **Riesgos psicosociales:** estrés laboral, fatiga mental y presión por productividad, agravados en entornos ruidosos y de alta exigencia física (De Cicco & Salgado, 2017).

En México, la Seguridad y Salud en el Trabajo se rige por un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) que establecen los requisitos mínimos de prevención:

- **NOM-004-STPS-1999:** exige sistemas de protección y dispositivos de seguridad en maquinaria para prevenir accidentes mecánicos (STPS, 1999).
- **NOM-011-STPS-2001:** regula la exposición al ruido, estableciendo límites de 85 dB(A) como umbral para la implementación de un Programa de Conservación de la Audición (STPS, 2001).
- **NOM-017-STPS-2008:** define los criterios para la selección, uso y manejo del Equipo de Protección Personal (EPP), considerado la última barrera de defensa (STPS, 2008).
- **NOM-030-STPS-2009:** establece las funciones de los servicios preventivos de SST, incluyendo la identificación de riesgos, capacitación y elaboración de programas (STPS, 2009).
- **NOM-036-STPS-2018:** aborda los factores de riesgo ergonómico por manejo manual de cargas, obligando a las empresas a evaluar y controlar estas tareas (STPS, 2018).

La evaluación de riesgos es un proceso sistemático que permite priorizar peligros para asignar recursos de prevención de manera eficiente. El método FINES (Frecuencia, Intensidad, Número de expuestos, Evitabilidad y Simultaneidad) ofrece una perspectiva integral al considerar no solo la probabilidad y severidad, sino también la dimensión colectiva del riesgo (INSP, 2019). Este enfoque es especialmente útil en PYMES, donde los recursos son limitados y la toma de decisiones debe ser estratégica.

La efectividad de cualquier programa de SST depende de la existencia de una sólida cultura de prevención. Reason (1997) la define como el conjunto de actitudes, valores y comportamientos compartidos que priorizan la seguridad sobre otros objetivos organizacionales. En el caso particular de Huichapan, caracterizado por PYMES familiares con baja formalización, la vinculación academia-industria se presenta como un mecanismo clave para transferir conocimientos, fortalecer capacidades y transformar la percepción del riesgo (Ramírez, Chávez & Medina, 2022).

La industria de la cantera en Huichapan, Hidalgo, constituye un pilar económico con más de 90 unidades productivas (Extractores e industrializadores), pero también representa uno de los sectores con mayor riesgo laboral en México. Estudios previos, Ramírez, Chávez & Medina (2022) han documentado deficiencias críticas en seguridad y salud ocupacional (SSO), especialmente en pequeñas y medianas empresas (PYMES).

El análisis de los riesgos laborales en las canteras es esencial para prevenir accidentes y asegurar un entorno de trabajo seguro. Este proyecto tiene como objetivo evaluar los riesgos en las actividades laborales de las canteras en la región de Huichapan, Hidalgo, y proponer mejoras en los protocolos de salud y seguridad ocupacional para proteger a los trabajadores. Basado en un estudio previo y datos recopilados de 15 plantas transformadoras, se identificó un bajo cumplimiento generalizado en materia de seguridad, lo que afecta directamente la calidad de vida laboral.

En este contexto, el presente artículo integra hallazgos de un diagnóstico sectorial y un caso de estudio para aplicar el método FINES y proponer estrategias de intervención alineadas con la normativa nacional e internacional.

DESARROLLO

El proyecto muestra un panorama general en materia de salud y seguridad ocupacional, lo que permite generar estrategias para la mejora de las condiciones de trabajo, así mismo, se busca optimizar tiempo y costos, una vez que se promueve el cumplimiento de la normatividad aplicable en el sector de la cantera. En el contexto social se pretende la mejora de los protocolos de seguridad en las canteras estudiadas, para salvaguardar la salud y bienestar de los trabajadores y de las familias dependientes de estos.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los riesgos laborales en el sector cantero de Huichapan mediante el método FINES y proponer un programa de intervención integral.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar riesgos físicos, químicos, ergonómicos y psicosociales;

Analizar las condiciones de trabajo y el cumplimiento normativo;

Proponer estrategias de prevención y control.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio son las condiciones de seguridad y salud ocupacional en las plantas transformadoras de cantera del municipio de Huichapan, Hidalgo, con enfoque en una planta de industrialización, como caso representativo.

METODOLOGÍA

Se empleó un enfoque mixto cualitativo-cuantitativo. La primera fase incluyó el análisis de un cuestionario aplicado a 15 plantas transformadoras.

La segunda fase consistió en un estudio de caso en una planta de transformación, basado en observación directa, entrevistas, listas de verificación y aplicación de la Guía PASST (STPS, 2021). Para la evaluación de riesgos se utilizó el método FINES, calculando el Índice de Riesgo (IR) con la fórmula: $IR = (F \times I \times N \times S) \div E$, donde F = Frecuencia, I = Intensidad, N = Número de expuestos, S = Simultaneidad y E = Evitabilidad.

FASES DEL DESARROLLO

La investigación se desarrolló en cuatro fases:

1. Diagnóstico inicial mediante cuestionario y observación;

Clasificación de las Preguntas del Cuestionario por Categoría de Riesgo

Las 40 preguntas del cuestionario aplicado a las plantas transformadoras de cantera en Huichapan, Hidalgo, se han agrupado en siete categorías funcionales, alineadas con la normativa mexicana y los enfoques internacionales de seguridad y salud ocupacional.

- a. Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional
- b. Equipos y Maquinaria
- c. Exposición a Agentes Nocivos
- d. Ergonomía y Bienestar Psicosocial
- e. Equipos de Protección Personal (EPP)
- f. Capacitación y Cultura Preventiva
- g. Salud Ocupacional y Seguimiento

2. Identificación y clasificación de riesgos según la NOM-030-STPS-2009;
3. Evaluación con el método FINES y priorización; y
4. Diseño e implementación del programa de SSO.

RESULTADOS

La encuesta consistió en 40 ítems: 38 preguntas cerradas evaluando aspectos como gestión de seguridad, maquinaria, sustancias químicas, ergonomía, procedimientos, EPP, incidentes, capacitación, auditorías y salud ocupacional, en una escala de 1 (Nunca) a 5 (Siempre); y dos preguntas abiertas sobre riesgos adicionales y medidas preventivas.

Se recolectaron respuestas de trabajadores anónimos.

El análisis cuantitativo incluyó cálculo de medias, desviaciones estándar y resúmenes por sección temática. Las respuestas abiertas se sintetizaron temáticamente.

La tabla 1 resume las estadísticas descriptivas para las 38 preguntas cerradas. Las medias indican el nivel promedio de implementación percibida, donde valores cercanos a 1 sugieren ausencia de prácticas y cercanos a 5 indican cumplimiento constante.

Tabla 1
Evaluación de riesgos

Pregunta	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1. ¿Se cuenta con un responsable designado para la gestión de seguridad y salud ocupacional?	1.46	1.12	1	5
2. ¿Se cuenta con un responsable designado para la gestión de seguridad y salud ocupacional?	1.43	1.09	1	5
3. ¿Las máquinas cuentan con guardas de seguridad y sistemas de parada de emergencia?	3.86	1.23	2	5
4. ¿Se realizan inspecciones periódicas de la maquinaria?	3.50	0.85	2	4
5. ¿Se miden los niveles de ruido?	1.43	0.85	1	4
6. ¿Se proporcionan protectores auditivos adecuados?	3.79	0.89	2	5
7. ¿Se evalúa la exposición a vibraciones?	1.71	0.99	1	4
8. ¿Se utilizan sistemas de extracción para controlar el polvo?	1.86	0.53	1	3
9. ¿Se dispone de hojas de datos de seguridad (SDS) para sustancias químicas?	1.00	0.00	1	1
10. ¿Los trabajadores reciben capacitación sobre manejo de sustancias químicas?	2.14	0.77	1	4
11. ¿Se realizan mediciones periódicas de la calidad del aire?	1.50	0.52	1	2
12. ¿Existen sistemas de ventilación adecuados?	4.14	0.66	3	5
13. ¿Se han identificado tareas con posturas forzadas o movimientos repetitivos?	3.50	0.85	2	5
14. ¿Se proporciona formación en ergonomía?	2.36	0.84	1	3
15. ¿Existen programas para gestionar la fatiga laboral?	1.29	0.73	1	3
16. ¿Se realizan encuestas para medir el estrés laboral?	1.00	0.00	1	1
17. ¿Hay áreas de descanso adecuadas?	3.14	0.86	2	5
18. ¿Se han identificado procedimientos operativos de alto riesgo?	1.43	0.85	1	3
19. ¿Los trabajadores reciben capacitación sobre procedimientos seguros?	2.93	0.62	1	4
20. ¿Se utilizan sistemas de bloqueo y etiquetado durante el mantenimiento?	3.11	1.24	1	4.5
21. ¿Existen protocolos claros para emergencias?	1.93	1.14	1	4
22. ¿Se realizan simulacros de emergencia?	1.43	0.85	1	3
23. ¿Se proporcionan EPP adecuados?	4.21	0.43	4	5
24. ¿El EPP cumple con normativas?	4.14	0.36	4	5
25. ¿Se verifica el estado del EPP?	4.07	0.47	3	5
26. ¿Los trabajadores están capacitados en el uso del EPP?	3.00	1.04	1	5
27. ¿Se lleva un registro de incidentes?	1.29	0.61	1	3
28. ¿Se investigan los incidentes?	2.21	1.19	1	5
29. ¿Se implementan medidas correctivas?	2.86	1.03	1	5
30. ¿Se proporciona formación inicial sobre seguridad?	2.71	0.99	1	5
31. ¿Existen programas de capacitación continua?	1.21	0.58	1	3

Pregunta	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
32. ¿Los supervisores están capacitados para mitigar riesgos?	2.04	1.08	1	5
33. ¿La planta ha sido auditada recientemente?	3.00	0.96	1	4
34. ¿Se han corregido no conformidades de auditorías?	2.71	0.61	1	3
35. ¿Se cuenta con un plan de acción para riesgos de auditorías?	1.32	0.46	1	2
36. ¿Se realizan exámenes médicos periódicos?	2.00	0.96	1	4
37. ¿Existen programas de prevención para enfermedades ocupacionales?	1.00	0.00	1	1
38. ¿Se ofrece apoyo para la salud mental?	1.14	0.53	1	3

En cuanto al análisis cualitativo recuperado de preguntas abiertas, referente a riesgos o áreas de mejora no cubiertas, en las respuestas destacan que todas las áreas evaluadas son importantes, con especial énfasis en áreas específicas como: equipo de protección personal, prevención de accidentes, áreas de descanso, identificación de riesgos, primeros auxilios, y señalización. Además, como medidas preventivas adicionales los participantes en la encuesta proponen que haya mayor responsabilidad y disciplina individual, uso adecuado de EPP y trabajo en equipo, capacitaciones internas en seguridad y primeros auxilios, control estricto de actividades, cobertura de fatiga e higiene, y entrenamiento a supervisores. Las respuestas abiertas refuerzan la necesidad de cultura de seguridad, alineándose con literatura sobre industrias extractivas donde la fatiga y el estrés contribuyen a accidentes.

Se analizaron las respuestas de 15 plantas transformadoras de cantera en Huichapan (muestra por conveniencia) a un cuestionario estructurado en 7 categorías temáticas. Se realizaron tabulaciones cruzadas para identificar tendencias y se procesaron las respuestas abiertas para capturar percepciones cualitativas.

Hallazgos Principales:

- Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional**
Más del 60% de las plantas reportan “Nunca” contar con un responsable designado para SSO. Esto refleja una ausencia crítica de liderazgo en la materia, lo que limita la implementación de políticas preventivas.
- Equipos y Maquinaria**
Aunque el 60% afirma que sus máquinas “Frecuentemente” o “Siempre” tienen guardas y sistemas de parada, solo un 27% realiza inspecciones periódicas. Esto sugiere una confianza excesiva en la infraestructura sin mantenimiento proactivo.
- Exposición a Agentes Nocivos**
 - Ruido: Solo el 13% mide niveles de ruido, aunque el 40% provee protectores auditivos.
 - Polvo de sílice: Apenas el 20% utiliza sistemas de extracción/filtrado, a pesar de que el polvo es un riesgo primario en este tipo de industria.
 - Vibraciones y químicos: Menos del 15% evalúa exposición a vibraciones o maneja Hoja de datos de seguridad (SDS, Safety Data Sheet).
- Ergonomía y Bienestar Psicosocial**
Las áreas de descanso son “Nunca” o “Rara vez” adecuadas. Menos del 20% identifica tareas de alto riesgo ergonómico, y solo el 13% realiza encuestas de estrés laboral. La fatiga en turnos largos carece de gestión formal.
- Equipos de Protección Personal (EPP)**
Aunque el 73% proporciona EPP, solo el 40% verifica su estado regularmente. Además, el 60% de los trabajadores no recibe capacitación sobre su uso correcto, lo que reduce su efectividad.
- Capacitación y Cultura Preventiva**
La capacitación inicial es inconsistente, y los programas continuos son “Rara vez” implementados. Supervisores carecen de formación en identificación de riesgos. Las respuestas abiertas reflejan una cultura reactiva (“ser más responsables”, “tener mayor control”) en lugar de preventiva.
- Salud Ocupacional y Seguimiento**
Los exámenes médicos periódicos y programas contra silicosis (polvos) son prácticamente inexistentes. Tampoco se registra ni investiga la mayoría de los incidentes, perpetuando los mismos errores.

Los resultados del cuestionario evidenciaron graves deficiencias: el 100% de las plantas no cuenta con responsable de SSO, el 93% no mide niveles de ruido ni polvo, y el 100% carece de programas de prevención de silicosis.

Los hallazgos confirman una brecha estructural entre la normativa legal y la práctica real. Las PYMES del sector carecen de recursos técnicos y humanos para implementar sistemas de gestión de SSO. La cultura organizacional prioriza la producción sobre la prevención, y la capacitación es simbólica más que funcional.

No obstante, se observa potencial: varias plantas reconocen la importancia de todas las áreas evaluadas, y algunas han logrado avances en el uso de EPP y procedimientos seguros. Esto sugiere que, con apoyo técnico y herramientas accesibles, es posible generar transformaciones significativas.

Por otro lado, en la planta representativa, la evaluación con FINES identificó siete riesgos prioritarios (Tabla 1).

Tabla 2

Evaluación de riesgos laborales mediante el método FINES en planta transformadora (caso de estudio)

Riesgo	F	I	N	E	S	IR	Nivel
Exposición al polvo de sílice	5	5	15	2	4	750	Alto
Ruido excesivo (>85 dB)	4	4	12	2	4	384	Alto
Manejo manual de cargas pesadas	5	3	10	2	2	150	Alto
Cables eléctricos expuestos	3	5	8	3	3	120	Medio
Falta de uso adecuado de EPP	4	4	15	3	2	160	Alto
Atrapamiento en maquinaria	2	5	6	3	2	40	Medio
Estrés laboral	3	2	15	2	1	45	Medio

Los valores asignados se sustentan en evidencia empírica del diagnóstico:

Polvo de sílice: El 100% de las plantas no mide niveles de polvo, el 93% no usa sistemas de extracción, y el 100% carece de programas de prevención de silicosis. La exposición es diaria y colectiva (N=15), con baja evitabilidad (E=2) sin inversión técnica.

Ruido: El 93% no mide niveles de ruido, aunque el 60% proporciona protectores auditivos. La intensidad supera los 85 dB en operaciones de corte, con alto riesgo de pérdida auditiva irreversible (NOM-011-STPS-2001).

EPP: Aunque el 73% lo proporciona, solo el 20% capacita a los trabajadores en su uso. La evitabilidad es media (E=3) porque depende de capacitación y supervisión, no solo de provisión.

Electricidad: Observaciones directas en planta revelaron cables expuestos y sobrecargas, sin mantenimiento preventivo ni SDS para lubricantes, lo que incrementa el riesgo eléctrico.

Derivado del análisis se realizó el Diseño e implementación del programa de SSO en la planta transformadora como caso representativo, incluyendo señalización, entrega de EPP, capacitación y controles administrativos (checklist y grupo de WhatsApp). El seguimiento se realizó mediante verificación continua durante 16 semanas.

La implementación del programa en la planta caso de estudio logró mejoras significativas como: el uso correcto del EPP que aumentó de <30% a >90%, se instalaron 12 señalamientos en zonas críticas, y se redujeron actos inseguros en un 45%. Estos resultados confirman hallazgos previos sobre la efectividad de intervenciones participativas en PYMES.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados confirman hallazgos previos sobre la precariedad en SSO en el sector cantero de Huichapan. La exposición al polvo de sílice y el ruido emergen como los riesgos más críticos (IR > 300), en línea con los informes de la OIT (2022) que identifican a la minería y canteras como sectores de alto riesgo para enfermedades ocupacionales respiratorias y auditivas.

Es relevante destacar que, aunque los riesgos mecánicos (atrapamiento) tienen alta intensidad, su IR es moderado debido a la baja frecuencia y simultaneidad. Esto sugiere que pueden controlarse eficazmente con barreras físicas y procedimientos, como se ha demostrado en la implementación de señalamientos y checklists en la planta transformadora, caso de estudio.

La variable Evitabilidad (E) es el factor más determinante. La mayoría de las PYMES carecen de recursos técnicos (extractores de polvo, dosímetros de ruido), lo que convierte riesgos prevenibles en amenazas persistentes. Esto subraya la necesidad de intervenciones de vinculación academia-industria que faciliten acceso a tecnologías y capacitación asequible (Ramírez et al., 2022).

CONCLUSIÓN

El análisis confirma que el sector cantero de Huichapan enfrenta riesgos sistémicos que requieren intervenciones integrales, el método FINES permitió identificar y priorizar riesgos críticos. La intervención en campo demuestra que, incluso con recursos limitados, es posible mejorar la SSO mediante un enfoque integral que combine controles técnicos, administrativos y de capacitación. La propuesta implementada, en la planta caso de estudio, demuestra que la combinación de controles técnicos, administrativos y de capacitación puede transformar la cultura preventiva. Se recomienda replicar este modelo en otras plantas mediante redes de colaboración, asegurando el seguimiento continuo y la actualización normativa para lograr un trabajo seguro.

BIBLIOGRAFÍA

- De Cicco, F.; Salgado, R. M. (2017). *Introducción a la higiene y seguridad del trabajo* (4a ed.). LIMUSA. (p. 58)
- Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2019). *Guía metodológica para la evaluación de riesgos psicosociales en el trabajo*. INSP. (p. 12)
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2022). *Seguridad y salud en las minas y canteras*. Oficina Internacional del Trabajo. (p. 34)
- Ramírez, A. I.; Chávez, N. M.; Medina, R. L. (2022). *Diagnóstico de seguridad y salud ocupacional en la Unión de Cantereros de Huichapan y Tecozautla, Hidalgo*. Instituto Tecnológico Superior de Huichapan. (p. 7)
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate Publishing. (p. 12)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (1999). *NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo*. Diario Oficial de la Federación. (p. 5)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2001). *NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. Diario Oficial de la Federación. (p. 5)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2008). *NOM-017-STPS-2008. Equipo de protección personal—Selección, uso y manejo en los centros de trabajo*. Diario Oficial de la Federación. (p. 3)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2009). *NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo—Funciones y actividades*. Diario Oficial de la Federación. (p. 4)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2018). *NOM-036-1-STPS-2018. Factores de riesgo ergonómico en el trabajo—Parte 1: Manejo manual de cargas*. Diario Oficial de la Federación. (p. 4)
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2021). *Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (PASST). Guía de implementación*. Gobierno de México. (p. 22)

Determinación de la calidad del agua purificada para consumo humano en Rodeo, Durango, México

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.934

Karla Janeth De Santiago-Rodriguez¹, Marisa Elizabet Medrano-Macias¹, Cayetano Navarrete-Molina², María Guadalupe Calderón Leyva², Ma. Ángeles De Santiago-Miramontes², Jessica María Flores Salas², Luis Manuel Valenzuela-Núñez³, Raúl Alejandro Cuevas-Jacquez⁴, Rubén Iván Marín-Tinoco^{5*}

¹Universidad Tecnológica de Rodeo, desantiagokarlajaneeth@gmail.com (K.J.S.-R.); marisamacias304@gmail.com (M.E.M.-M.)

² Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, navarretemolina1977@gmail.com (C.N.-M.);

gpecalderon06@gmail.com (M.G.C.-L.); angelesdesantiago@gmail.com (M.A.S.-M.); jesflor13@hotmail.com (J.M.F.-S.)

³ Universidad Juarez del Estado de Durango, luisvn70@hotmail.com

⁴ Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos – Tecnológico Nacional de México, acj_78@hotmail.com

⁵ Hospital Rural No. 162 - Instituto Mexicano del Seguro Social, labrodeo@gmail.com

*Autor de correspondencia: labrodeo@gmail.com

Línea de investigación: Calidad de agua

Resumen

A nivel mundial, un derecho humano fundamental es el acceso al agua. En este sentido, el agua es un recurso de gran importancia para el mantenimiento y desarrollo de las sociedades modernas. Por lo anterior, resulta de vital importancia conocer la calidad del agua (CA), sin importar el uso que se le vaya a dar. El objetivo de este estudio fue determinar la CA purificada para consumo humano (CH) en la comunidad de Rodeo, Durango, México. El experimento consistió en analizar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua purificada (AP) para CH durante la época de invierno, considerando cuatro dispensadores automáticos (DA) de AP, distribuidos en la comunidad de estudio. Los análisis consideraron la metodología descrita por la NOM-127-SSA1-2021. Un análisis de varianza fue realizado a los datos obtenidos. Los resultados evidenciaron que los diferentes parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites permitidos según la norma. Sin embargo, la calidad microbiológica determinada para el AP ofrecida a la población en estos DA no cumple con la normativa, al determinarse la presencia de coliformes totales y fecales en cada uno de ellos. Por lo tanto, se concluye que la CA de los DA disponibles en Rodeo, Durango, pudiera considerarse apta para su uso en general. Sin embargo, no cumple con los criterios establecidos por la NOM-127-SSA1-2021 para su consumo seguro por la población. Se recomienda un mayor seguimiento, a través del monitoreo y análisis, para verificar los niveles de calidad, y en su caso, instalar algún proceso de desinfección, antes de ser ofrecida en los DA, lo anterior con la finalidad de evitar riesgos a la salud de los habitantes.

Palabras clave: *parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, NOM-127-SSA1-2021, coliformes totales y fecales, dispensadores automáticos*

Abstract

At a global level, access to water is a fundamental human right. In this regard, water is a resource of great importance for the maintenance and development of modern societies. For this reason, it is of vital importance to know the water quality (WQ), regardless of its intended use. The objective of this study was to determine the quality of purified water (PW) intended for human consumption (HC), in the community of Rodeo, Durango, Mexico. The experiment consisted of analyzing the physicochemical and microbiological quality of PW for HC during winter season, considering four automatic dispensers (AD), distributed throughout the study community. The analyses followed the methodology described in NOM-127-SSA1-2021, performing an ANOVA on the obtained data. The results showed that the different physicochemical parameters were within the allowed limits set by the standard. However, the microbiological quality determined for the PW offered to the population through these ADs did not meet the regulatory requirements, as the presence of total and fecal coliforms was identified in each of them. Therefore, it is concluded that the WQ of the ADs available in Rodeo, Durango, could be considered suitable for general use. However, they don't meet the criteria established by NOM-127-SSA1-2021 for safe human consumption. A greater follow-up is recommended, through monitoring and analysis, to verify quality levels, and, if necessary, to implement a disinfection process being offered through the ADs, in order to prevent health risks to the inhabitants.

Keywords: *physicochemical and microbiological parameters, NOM-127-SSA1-2021, total and fecal coliforms, automatic dispensers*

INTRODUCCIÓN

El agua ha sido un recurso esencial para la humanidad a lo largo de la historia. Desde sus inicios, el ser humano ha dependido de este recurso para sobrevivir, desarrollarse y evolucionar. Históricamente la disponibilidad de este recurso, ha determinado el asentamiento y desarrollo de civilizaciones (Martos-López, 2015; Qureshi et al., 2021; Seoane & Lopardo, 2023). Además de su importancia histórica, el agua juega un rol social, cultural, ambiental y económico en la sociedad y es vital para la fisiología humana, participando en funciones como la digestión, la regulación térmica y el transporte de nutrientes, con una amplia distribución intra y extracelular en todo el cuerpo humano, lo cual varía según la etapa de la vida (Laskar, 2024; Muniz & Oliveira-Filho, 2023; Sankpal & Kulkarni, 2019; Singh et al., 2016). Sin embargo, en especial para consumo humano (CH), el agua debe ser de calidad, lo cual es crucial para la salud pública (SP), ya que su deterioro puede propiciar enfermedades como la diarrea, hepatitis A y diversas parasitosis. En este mismo sentido, la relación entre la salud y la calidad del agua (CA) ha sido reconocida históricamente, destacando el acceso a agua potable (AP) y saneamiento básico como elementos esenciales para el desarrollo y la reducción de la pobreza (Rahmawati & Lumbantobing, 2023; Suraya et al., 2024; Villena-Chávez, 2018).

Otro factor relacionado con la CA es su aprovechamiento, resultando un recurso vital en diversas actividades. En este sentido, para el sector agrícola, el uso del suelo y la demanda de riego son dos factores que deben considerarse en la gestión integrada de los recursos hídricos, donde la composición iónica y la conductividad eléctrica (CE) son parámetros clave para evaluar su idoneidad (Martínez-Rodríguez et al., 2020; Muñoz Marcillo et al., 2020; Ramírez et al., 2023). Otro sector donde la CA es de vital importancia es la ganadería, donde se requiere agua de calidad para la alimentación y el mantenimiento fisiológico del ganado, sin embargo, se han evidenciado variaciones en la huella hídrica según la especie (Mfinanga et al., 2023; Siwek et al., 2021). En el sector forestal, las actividades silvícolas afectan la calidad y cantidad de agua en las cuencas hidrográficas (Little, 2022). El agua también es fundamental en el comercio e industria, donde su gestión eficiente es clave debido a la creciente escasez y regulaciones ambientales (Guerreiro-García-Rojas et al., 2021; Neme et al., 2021; Márquez-Pacheco et al., 2023). Del mismo modo, la contaminación del agua por efluentes urbanos, agrícolas e industriales afecta la CA superficial y subterránea, lo que ha llevado a la implementación de criterios ecológicos e índices de CA para su monitoreo y gestión, incluido su uso para fines ecológicos y recreativos (García-Rodríguez et al., 2021; Márquez-Pacheco et al., 2023).

De todos los aprovechamientos que se le pudieran dar al agua, el acceso al AP es un derecho humano fundamental garantizado (Sánchez & Bravo, 2022; Jiménez, 2018). Sin embargo y a pesar de los avances legislativos, la falta de un marco legal integral y los desafíos financieros obstaculizan la implementación efectiva de este derecho (Sánchez et al., 2018; Wilder et al., 2020). Causando que la errónea aplicación de la normativa vigente, el consumo de agua contaminada (AC) sea un factor clave en la propagación de enfermedades infecciosas, como las diarreas agudas (Ramos & Pinilla, 2020), es por ello, que un acceso adecuado es esencial para la salud y el bienestar de la humanidad (Suraya et al., 2024; Tetali et al., 2024; Wang et al., 2024), lo que resalta en la necesidad de regulaciones más estrictas para garantizar su calidad y disponibilidad (Sánchez-Gutiérrez et al., 2020). Dichas regulaciones, relacionadas con la CA son necesarias, considerando que la CA se encuentra determinada por sus características químicas, físicas y biológicas, siendo crucial su determinación, en especial si el agua es para el CH, la agricultura y/o la preservación de ecosistemas acuáticos (Puente et al., 2023).

En este mismo orden de ideas, para la determinación de la CA, se emplean técnicas físico-químicas y microbiológicas; las primeras incluyen análisis de parámetros como pH, conductividad, sólidos disueltos y compuestos iónicos (Pérez-López, 2016). Adicionalmente, las técnicas microbiológicas, son esenciales para la SP, considerando que abarcan el análisis de indicadores bacterianos, así como la utilización de bioindicadores ecológicos y métodos avanzados como citometría de flujo, luminometría y diagnóstico molecular mediante qPCR y secuenciación de próxima generación (Ceballos & Quishpe, 2024; Narwat, 2024; Paruch, 2022; Zamorska et al., 2023). Sin embargo, el costo y el tiempo requerido para los análisis microbiológicos sigue siendo un desafío para su implementación masiva (Conejeros et al., 2021). Por lo anteriormente expuesto, es de vital importancia determinar la CA, sin importar el uso que se le vaya a dar. Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar la CA purificada para CH en la comunidad de Rodeo, Durango, México. Lo anterior, contribuirá al diseño de estrategias encaminadas a mejorar la calidad de vida las familias. Adicionalmente, se apoyará con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

DESARROLLO

El agua y su importancia

El agua ha sido un recurso esencial para la humanidad, determinando la ubicación y desarrollo de las sociedades a lo largo de la historia (Fernández, 2012; Qureshi et al., 2021). Para muchas civilizaciones antiguas, su importancia trascendía lo funcional, considerándose un elemento sagrado vinculado a deidades (Martos-López, 2015). Por ejemplo, en Egipto, el río Nilo fue un recurso fundamental para la subsistencia, permitiendo el florecimiento de la agricultura mediante el aprovechamiento de sus crecidas anuales (Seoane & Lopardo, 2023). Los egipcios desarrollaron sistemas de canales y lagunas para optimizar su uso, asegurando la irrigación tanto en tierras naturalmente inundadas como en aquellas más alejadas (Martos-López, 2015). Del mismo modo, a nivel biológico, el agua también es esencial, considerando que es el principal componente del cuerpo humano y, además cumple un papel clave en la estructura y funcionamiento del sistema circulatorio, facilitando el transporte de sustancias y la regulación térmica. Por ejemplo, al nacer el cuerpo humano está compuesto por un 75% de agua, porcentaje que disminuye a aproximadamente un 60% en la adultez. De esta cantidad, el 60% es agua intracelular y el resto corresponde al agua extracelular, presente en la sangre y tejidos (Iglesias et al., 2011).

Sin embargo, desde tiempos antiguos se ha relacionado a la CA con la SP, estableciéndose como una prioridad sanitaria. Este vínculo fue reforzado en la conferencia de Alma Ata, la cual promovió el acceso universal al AP como parte de la estrategia de atención primaria de salud. En este evento, se estableció el lema “Salud para todos en el año 2000”, enfatizando la necesidad de garantizar el abastecimiento de agua segura y saneamiento adecuado para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones vulnerables (Azhar et al., 2021; Chaves et al., 2020; Elías et al., 2020; Li & Wu, 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha subrayado la estrecha relación entre la CA y la pobreza, señalando que el acceso a fuentes hídricas seguras es un factor determinante en la salud y el desarrollo de las comunidades (Villena-Chávez, 2018). En este sentido, la disponibilidad de AP no solo impacta en la reducción de enfermedades, sino que también influye en el bienestar general y el progreso económico, resaltando su papel fundamental en la equidad social y el desarrollo sostenible (Egemberdieva & Kamchybekova, 2024; Ogoamaka & Osarumwense, 2022; Suraya et al., 2024; Yasmeen & Yasmeen, 2023).

Principales usos del agua

La crisis global del agua es un problema multifacético que exige soluciones integrales para garantizar su disponibilidad y uso eficiente. El sector agrícola es el mayor consumidor de agua dulce, representando aproximadamente el 70% de su extracción a nivel mundial y más del 90% en países en desarrollo. La producción de alimentos y biocombustibles ejerce una presión considerable sobre este recurso, convirtiéndolo en un bien escaso (Trujillo-Murillo & Perales-Salvador, 2020). En países como México, la producción de cereales, carne, leche y huevo demanda grandes volúmenes de agua, lo que resalta la necesidad de optimizar los sistemas de riego y mejorar la eficiencia hídrica en la agricultura y ganadería (FAO, 2015). En la ganadería, el agua es fundamental para las funciones fisiológicas de los animales, representando entre el 60% y el 90% de su peso corporal. Su demanda proviene principalmente de la producción de forrajes más que del consumo directo, influyendo en procesos como la digestión, metabolismo, excreción y regulación térmica. Los animales obtienen agua de la bebida, los alimentos y el metabolismo, siendo la primera fuente la más abundante (Voitenko & Kopilevych, 2016). Sin embargo, el agua de bebida puede ser un vector de microorganismos perjudiciales, lo que hace esencial su control en la explotación ganadera (Mfinanga et al., 2023).

Otro sector que afecta la disponibilidad y uso del agua, es el forestal, donde los ecosistemas forestales afectan su cantidad y calidad. En este sentido, la tala y la construcción de caminos en cuencas hidrográficas alteran los flujos ecológicos del agua, reduciendo los caudales en época seca y aumentando la sedimentación tras la cosecha (Biswas et al., 2015; Brogna et al., 2017). Además, en los bosques nativos, la evapotranspiración se modifica según la densidad forestal y la actividad humana, afectando el equilibrio hídrico local (Little, 2022). Estos factores subrayan la importancia de gestionar adecuadamente las prácticas forestales para minimizar sus impactos en el agua (Biswas et al., 2015; Brogna et al., 2017; Little, 2022). Adicionalmente, el agua es un recurso esencial en el sector comercial e industrial, desempeñando funciones clave como refrigeración, procesamiento y limpieza. Su gestión eficiente es cada vez más relevante debido a la industrialización y las preocupaciones ambientales (Guerrero-García-Rojas et al., 2021). Industrias como la farmacéutica y la alimentaria requieren agua purificada (APr) de alta calidad para garantizar la seguridad de sus productos (Rafiq et al., 2021). Sin embargo, las actividades humanas generan efluentes urbanos, agrícolas e industriales que afectan la CA superficial y subterránea. Lo cual dificulta su uso sin tratamiento previo, ya que los contaminantes pueden infiltrarse en los acuíferos a través del suelo (Espinal-Carreón et al., 2013; Márquez-Pacheco et al., 2023; García-Rodríguez et al., 2021).

Calidad del agua para consumo humano

El término "calidad del agua" hace referencia al conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que se clasifican en función de parámetros modelo definidos según el propósito de uso del recurso (Rubio-Arias et al., 2012). De este modo, la evaluación de la CA puede entenderse como el análisis de sus características físicas, químicas y biológicas en comparación con su estado natural, los impactos antropogénicos y los usos futuros, siguiendo normas establecidas por diversas organizaciones nacionales o internacionales (Balmaseda-Espinosa & García-Hidalgo, 2014; Quiroz-Fernández et al., 2017; Saini & Shrivastava, 2024; Sitaram, 2022; Wang et al., 2024). En este contexto, determinar la CA destinada al CH desempeña un papel crucial en la salud de las comunidades, ya que sus propiedades pueden contribuir tanto a la prevención como a la propagación de agentes causantes de enfermedades (Suraya et al., 2024; Tetali et al., 2024; Wang et al., 2024). No obstante, es imposible eliminar por completo estos riesgos, ya que dichas enfermedades también pueden propagarse a través del contacto personal, aerosoles y alimentos. La vigilancia y el control de la CA destinada al CH son esenciales para generar información que facilite la toma de decisiones orientadas a mejorar su calidad. Esto, a su vez, contribuye significativamente a la SP al disminuir las probabilidades de transmisión de enfermedades asociadas al AC (Lamrini et al., 2022; Mittal et al., 2024).

Para dimensionar la importancia de la CA, se menciona que el agua con contaminación microbiológica es responsable de diversas enfermedades infecciosas, entre las que destacan las enfermedades diarreicas agudas (Ramos & Pinilla, 2020). Es por ello, que el acceso a AP es un elemento clave dentro de las políticas de salud y constituye un derecho fundamental para todos los seres humanos (Urquhart & Mezquita, 2014; Sutorius & Rodríguez, 2015). En este sentido, la provisión pública de AP debe garantizar que ninguna persona carezca de la cantidad y calidad necesarias para preservar su vida, salud y seguridad alimentaria (Yáñez & Acevedo, 2013; Martínez & Defelippe, 2013). La CA se determina por la combinación de sus características organolépticas y sanitarias, las cuales permiten su uso en diversas actividades, como el CH, el riego agrícola y la acuicultura. Del mismo modo, la contaminación del agua se produce cuando se incorporan sustancias que modifican su composición original, ya sea a través de formas de energía o elementos provenientes de fuentes naturales o actividades humanas (Sánchez-Gutiérrez et al., 2020).

Técnicas para determinar la calidad del agua

La CA se determina a partir de características físicas, químicas y biológicas que definen su idoneidad para diferentes usos, como el CH, la agricultura y la preservación de ecosistemas acuáticos. La OMS establece parámetros específicos para garantizar que el AP no represente riesgos para la salud, incluso con un consumo prolongado (Puente et al., 2023). Si el agua, no cumple con los parámetros establecidos, se dice que es AC y esta contaminación puede clasificarse en cuatro categorías principales: físicas, químicas, radiológicas y biológicas, siendo afectada por diversos factores como la contaminación, los procesos naturales y la actividad humana (Fernández, 2012; Nieto et al., 2024). Es por esto, que para el análisis de la CA se emplean técnicas físico-químicas y biológicas. Las primeras permiten identificar la composición química y propiedades del agua, ofreciendo resultados rápidos y con mayor frecuencia que los métodos biológicos. Por otro lado, los métodos biológicos evalúan comunidades de microorganismos, proporcionando una visión integral de la contaminación, aunque sin identificar contaminantes específicos (Ceballos & Quishpe, 2024; Nayak & Panda, 2024; Suraya et al., 2024). Estos enfoques combinados permiten una evaluación más completa del recurso hídrico.

De ambas técnicas, las técnicas microbiológicas son esenciales para detectar contaminantes y proteger la SP. Para ello existen métodos tradicionales como el análisis de coliformes fecales y *E. coli* que permiten identificar riesgos sanitarios en el agua (Narwat, 2024). Adicionalmente, existen métodos microbiológicos avanzados como la citometría de flujo y la luminometría que permiten evaluaciones rápidas de microorganismos, reduciendo tiempos de análisis en comparación con métodos tradicionales (Zamorska et al., 2023). Además, se pueden realizar evaluaciones precisas mediante el diagnóstico molecular con qPCR y secuenciación de próxima generación los cuales permiten detectar patógenos y genes de resistencia a antibióticos, proporcionando herramientas clave para el monitoreo del agua (Paruch, 2022). Complementariamente, existen diferentes metodologías, incluyendo mediciones indirectas basadas en variables físicas, medición directa de la composición bacteriana y el uso de sensores avanzados como biosensores y transductores de alta tecnología. Estas tecnologías permiten identificar y cuantificar contaminantes de manera eficiente, optimizando los procesos de evaluación de CA. A pesar de ello, el monitoreo microbiológico del agua enfrenta desafíos debido a los costos elevados y los tiempos de análisis. (Conejeros et al., 2021).

OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general

- Determinar la CA de los dispensadores automáticos (DA) de AP_r para CH en la comunidad de Rodeo, Durango, México.

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del AP_r ofrecida en los DA en la comunidad de Rodeo, Durango, México.
- Analizar la presencia de contaminantes químicos en muestras de AP_r de los DA en la comunidad de Rodeo, Durango, México.
- Identificar la carga microbiológica del AP_r de los DA mediante la cuantificación de coliformes totales, en la comunidad de Rodeo, Durango, México.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio fue el AP_r para CH disponible mediante DA en la comunidad de Rodeo, Durango. Para lo cual, se llevó a cabo un experimento en el que se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con la finalidad de evaluar su calidad y aptitud para el consumo. Las muestras fueron recolectadas de diferentes DA de AP_r y sometidas a pruebas en el laboratorio de análisis microbiológico de la Universidad Tecnológica de Rodeo (UTRodeo). El análisis de la CA es un aspecto fundamental para la SP, ya que el acceso a AP libre de contaminantes es esencial para prevenir enfermedades de origen hídrico (Lamrini et al., 2022; Mittal et al., 2024; Suraya et al., 2024; Tetali et al., 2024; Wang et al., 2024). En este sentido, la CA para CH está regulada por normativas nacionales e internacionales que establecen límites máximos permisibles para diversos contaminantes, para el caso de México, se cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la CA. Dicha norma establece los límites permisibles de calidad que debe cumplir el agua para uso y consumo humano. Es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados (DOF, 2022). Considerando lo anterior, es importante realizar este tipo de investigaciones, porque se ha demostrado que el consumo y la exposición prolongada a AC, puede generar efectos negativos para la SP. En por ello, que el acceso a AP de alta calidad es esencial para garantizar la seguridad sanitaria de la población. Lo anterior, se logra mediante el tratamiento adecuado del agua, lo cual puede incluir procesos de filtración, desinfección y purificación, los cuales son necesarios para eliminar contaminantes y reducir riesgos para la SP (Latif et al., 2025; Lubal, 2024; Mustafa et al., 2024; Saini & Shrivastava, 2024; Wang et al., 2024).

METODOLOGÍA

Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el laboratorio de microbiología de la UTRodeo, ubicada en la Comunidad de Rodeo, municipio de Rodeo, del estado de Durango, México, localizado a 25° 10' latitud norte y 104° 33' longitud oeste, y a una altitud promedio de 1,345 metros sobre el nivel del mar. A pesar de que el experimento fue desarrollado en condiciones controladas, las condiciones externas también afectan las condiciones internas del invernadero, en este sentido, el clima se caracteriza por ser semiárido con una temperatura media anual de 19.1 °C, máxima de 25.5 °C y mínima de 12.1 °C, la precipitación anual promedio es de 417.3 mm (Yáñez-Chávez et al., 2021).

Materiales, equipos y reactivos

Los materiales y reactivos utilizados en esta investigación fueron: Agua destilada, caldo lactosado (BD Bioxon), caldo verde brillante bilis al 2% (BD Bioxon), agar de eosina y azul de metileno (BD Bioxon), vidrio de reloj, espátula, tubos de ensayo, campanas Durham, vasos de precipitado, matraz Erlenmeyer de 500 y 250 mL, gradillas, papel Kraft, algodón, gasas, cinta parafilm, cinta testigo, cinta masking, vasos para muestreo estériles, hielera, guantes de nitrilo, cubrebocas, probeta, cajas Petri, asas bacteriológicas, agitador magnético, pipetas de 10 mL, puntillas para micropipeta, termómetro y pipeta. Los equipos utilizados fueron: Incubadora, plancha de calentamiento y agitación, autoclave, mechero Fisher, auxiliar de pipeteo, micropipeta, balanza analítica y fotómetro, conductímetro y potenciómetro.

Selección de puntos de muestreo

Se realizaron muestreos de agua en cuatro DA de AP_r ubicados en la comunidad de Rodeo, Dgo. Los meses de muestreo fueron diciembre del 2024; enero, febrero y marzo de 2025, con la finalidad de cubrir lo correspondiente a la estación de invierno.

FASES DEL DESARROLLO

Fase 1

La investigación fue realizada en el laboratorio de microbiología, de la UTRodeo, Rodeo, Durango y consistió en determinar la CA purificada para CH, durante la época de invierno, de los DA de AP_r, ubicados en la comunidad de Rodeo, Dgo., mediante análisis microbiológicos y físicoquímicos. La primera fase consistió en la recolección de las muestras, lo cual se llevó a cabo el segundo lunes de cada mes considerado en el estudio. Las muestras fueron recolectadas a las 8:00 horas en vasos estériles destinados para tal fin y, posteriormente, almacenadas en una hielera para su correcto transporte y conservación de las muestras antes de su análisis. Para el análisis microbiológico se utilizó el procedimiento descrito por la NMX-AA-042-SCFI-2015 (DOF, 2016) y para el físicoquímico fue utilizada la guía del usuario del fotómetro modelo HI83399 de la marca HANNA instruments.

Fase 2

Se realizó una prueba presuntiva para detectar la presencia de bacterias coliformes en el AP. Para tal fin, se pesaron 3.9 g de caldo lactosado con ayuda de la balanza analítica, la espátula y un vidrio de reloj. Posteriormente, con una probeta, se midieron 300 mL de agua destilada (para 30 tubos). El caldo lactosado se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 500 mL, y se le añadió el agua destilada. Se colocó un agitador magnético dentro del matraz y colocó en la plancha de calentamiento y agitación hasta lograr la disolución completa de la mezcla. Dicho procedimiento correspondió a la preparación de la concentración simple. Adicionalmente, una preparación de doble concentración fue realizada. Para ello, se pesaron 3.9 g de caldo lactosado, en 150 mL de agua destilada (para 15 tubos). La mezcla se vertió en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se llevó a la plancha de calentamiento y agitación para su correcta disolución (para una prueba individual se usa 0.13g de caldo lactosado en 10 mL de agua destilada). Posteriormente, se prepararon los tubos de ensayo, colocando en cada uno una campana de Durham y sellándolos con un tapón hecho de algodón y gasas. Luego, se dispusieron dentro de vasos de precipitado de un litro, los cuales fueron envueltos con papel Kraft y asegurados con cinta masking. Del mismo modo, se envolvieron en papel Kraft las pipetas y las puntillas para la micropipeta utilizadas, colocando a todo el material cinta testigo para su esterilización. Finalmente, todo el material y los reactivos preparados fueron sometidos a esterilización en autoclave a 15 psi durante 15 minutos (DOF, 2016).

Fase 3

Continuando con el procedimiento reportado por la NMX-AA-042-SCFI-2015, el área de trabajo fue esterilizada con ayuda de alcohol y un mechero Fisher. Una vez terminado el proceso de esterilización del área de trabajo, se extrajo el material previamente esterilizado de la autoclave. El siguiente paso consistió en la extracción, con una pipeta y un auxiliar de pipeteo, de 10 mL de caldo lactosado de doble concentración, y se colocó en un tubo de ensayo. Luego, se añadieron 10 mL de la muestra de agua. El procedimiento se realizó por triplicado para cada una de las muestras, y para cada uno de los cuatro sitios de muestreo. Adicionalmente, se incorporó el análisis un blanco, lo que resultó en un total de cinco muestras. Posteriormente, los tubos fueron organizados por sitio de muestreo en una gradilla. El procedimiento anterior, fue repetido con caldo lactosado de concentración simple, para lo cual se añadieron 10 mL de este caldo al tubo de ensayo. A la concentración simple le fueron añadidas dos diferentes diluciones, una de 1 mL y otra de 0.1 mL de cada muestra. Todo lo anterior se realizó por triplicado. En base a lo anterior, se prepararon diluciones de 10, 1 y 0.1 mL. Finalmente, se etiquetaron los tubos y colocados dentro de la incubadora a 35 °C durante un periodo de 24 horas (DOF, 2016).

Fase 4

Pasado el periodo de incubación de la prueba presuntiva, las muestras fueron revisadas, para discernir la presencia o ausencia de gas, turbidez o de coliformes en el agua. Los tubos que evidenciaron la presencia de al menos una de estas características (gas, turbidez o coliformes), fueron considerados como positivos. Por lo que, a cada uno de ellos se procedió a realizar la prueba confirmativa. Para lo cual, 11.7 g de caldo verde brillante bilis al 2% fueron pesados en una balanza analítica, apoyándose de un vidrio de reloj y una espátula. Posteriormente, se midieron 900 mL de agua destilada con una probeta (para individual sería 0.4g del caldo verde brillante bilis al 2% en 10 mL de agua destilada). El reactivo se transfirió a un matraz Erlenmeyer, al cual se le añadió la cantidad de agua medida. Después, se introdujo un agitador magnético en el matraz y se colocó sobre una plancha de calentamiento y agitación para su correcta dilución.

Una vez disuelto el medio de cultivo, se preparó el material que se utilizó, a los tubos de ensayo se les hizo tapones con gasas y algodón y estos se colocaron en vasos de precipitado de un litro, las asas bacteriológicas se envolvieron con papel Kraft cinta masking al igual que los vasos que contenían los tubos de ensayo, a todo el material se le colocó cinta testigo. Todo el material y el reactivo se colocó en la autoclave. Una vez depositados los materiales y el reactivo, se procedió al proceso de esterilización en la autoclave a 15 psi durante 15 minutos (DOF, 2016).

Enseguida, se preparó y esterilizó el área de trabajo para realizar el análisis. Pasado el tiempo de esterilización, de los materiales y el reactivo, se comenzó el desarrollo de la prueba confirmativa, la cual consistió en añadir 10 mL de caldo verde brillante bilis al 2% a cada tubo de ensayo. A continuación, los tubos de la prueba presuntiva que resultaron positivos, fueron retirados de la incubadora y ubicados en el área de trabajo, posteriormente, con ayuda del asa bacteriológica, se extrajo una pequeña muestra del líquido de los tubos incubados y se inoculó en los tubos que contenían el medio de cultivo preparado. De cada tubo previamente incubado, se tomaron dos inoculaciones: una para coliformes totales y otra para coliformes fecales. Finalmente, los tubos inoculados y etiquetados para coliformes totales se incubaron a 35 °C durante 24 horas, mientras que para coliformes fecales se incubaron a 44.5 °C durante 24 horas, este procedimiento se realizó en base a la (DOF, 2016).

Fase 5

Pasadas las 24 horas, fueron pesados 81.0 g de agar eosina y azul de metileno, cantidad requerida para preparar 2,250 mL del reactivo (para prueba individual se usa 0.9g de agar eosina y azul de metileno en 25 mL de agua destilada). Al igual que los anteriores reactivos, fue disuelto en dos matraces Erlenmeyer de 1000 mL, utilizando un agitador magnético y una plancha de calentamiento. El agar se mantuvo en ebullición durante un minuto, después se retiró de la fuente de calor. Posteriormente, se procedió a la esterilización del agar junto con los materiales necesarios (cajas Petri y asas bacteriológicas) en una autoclave, a 15 psi durante 15 minutos (DOF, 2016).

Mientras tanto, se desinfectó el área de trabajo y se colocó el mechero Fisher en el centro de la superficie para mantener un ambiente estéril durante el proceso. Tras finalizar la esterilización en la autoclave, se retiró el material y el agar preparado. De manera simultánea, se retiraron de la incubadora, los tubos correspondientes a la prueba confirmativa. Posteriormente, se agregaron 25 mL de agar en cada una de las cajas Petri, las cuales se dejaron solidificar a temperatura ambiente. Una vez el agar solidificado, se procedió a la siembra bacteriana. El análisis se realizó con un asa bacteriológica estéril, extrayendo una pequeña muestra de los tubos de la prueba confirmativa, la cual fue colocada en la superficie superior del agar de la caja Petri. La siembra se realizó por estría en todas las cajas correspondientes a cada tubo (DOF, 2016). Finalmente, para prevenir cualquier tipo de contaminación, las cajas Petri fueron selladas con Parafilm y etiquetadas. Posteriormente se colocaron en la incubadora a 35°C durante un período de 24 horas. Todos los procedimientos descritos se realizaron por triplicado.

Fase 6

Pasado el tiempo de incubación, se procedió a examinarlas para identificar la presencia o ausencia de crecimiento de bacterias. Posteriormente, se realizó el conteo de las colonias bacterianas presentes en las cajas Petri. Para ello, se utilizó el método de unidades formadoras de colonias, contando el número de colonias observadas en cada placa. Las colonias que se desarrollaron en el medio fueron registradas mediante el tipo de colonia, borde, superficie y elevación. El conteo se realizó en cada una de las cajas Petri de forma independiente para determinar la concentración bacteriana en cada muestra (DOF, 2016).

Fase 7

Para evaluar la calidad físico-química del agua, fueron utilizados métodos estandarizados y se consideraron los parámetros establecidos en la norma mexicana NOM-127-SSA1-2021 (DOF, 2022). Las muestras fueron recolectadas en vasos de plástico estériles, los cuales se etiquetaron y se analizaron en el sitio de muestreo. Los parámetros determinados fueron: temperatura (T, °C), pH, nitrato (mg L^{-1}), hierro (Fe , mg L^{-1}) y conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1}$).

Fase 8

Para el caso de la temperatura, se comenzó introduciendo el termómetro en la muestra de agua directamente y se esperó un tiempo para que este se estabilizara, finalmente se registró la temperatura en grados Celsius (°C). Este procedimiento se repitió para todas las repeticiones de los sitios de muestreo. El procedimiento para obtener la CE se realizó con la ayuda de un electrodo, donde se inició enjuagando el electrodo del conductímetro con agua destilada e introduciéndolo después en la muestra de agua, se dejó en espera para que se estabilizara la lectura y finalmente se puso el resultado en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Para determinar el pH, se comenzó calibrando el potenciómetro con soluciones buffer (pH 4.7 y 10) para después, enjuagar el electrodo con agua destilada e introducirlo en la muestra y esperar a que se estabilizara, pasado ese tiempo se registró el valor del pH de cada muestra a analizar.

Fase 9

Para determinar las concentraciones de Fe, fueron colocados 10 mL de muestra sin reaccionar en la cubeta del fotómetro y se ubicó dentro del lector del fotómetro. Posteriormente se presionó el botón de zero, cuando la pantalla marcó -0.0- se retiró la muestra y se le añadió un sobre del reactivo de hierro, se tapó y se agitó vigorosamente hasta que se disolvió por completo el reactivo; luego se volvió

a introducir al fotómetro y se presionó la tecla reloj para que comenzara la lectura, luego de tres minutos se presiona la tecla leer y se registra el resultado final en mg L⁻¹.

Fase 10

Para NO₃⁻ se colocaron 10 mL de muestra sin reaccionar en la cubeta de cristal, se le colocó la tapa y se puso dentro del lector del fotómetro, se presionó el botón de zero, cuando la pantalla marco -0.0- se retiró la muestra y se le añadió un sobre del reactivo de NO₃⁻, se tapó y se agitó vigorosamente durante 10 segundos de arriba hacia abajo, después 50 segundos de un lado hacia el otro volteando la cubeta 180°, hasta que el reactivo se disolviera por completo; luego se volvió a introducir la cubeta con muestra reaccionada al fotómetro y se presionó la tecla reloj para que comenzara la lectura, luego de tres minutos se presiona la tecla leer y se registra el resultado final en mg L⁻¹.

Fase 11

A los datos obtenidos, una prueba de normalidad les fue realizada, posteriormente fueron sometidos a un análisis de varianza y, finalmente una prueba de diferencia mínima significativa de Fisher para las medias obtenidas ($p \leq 0.05$) les fue realizado. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados, utilizando el paquete estadístico Minitab (Minitab LLC. Versión 19.1.1, 2019, State College, PA 16801, USA).

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos para los diferentes parámetros fisicoquímicos considerados en esta investigación. Destacando que, las concentraciones determinadas para los parámetros químicos (hierro y nitrato), correspondieron a 0.0 mg L⁻¹, para todos los meses en todos los dispensadores. Respecto a los parámetros físicos; probablemente por las variaciones ambientales normales del planeta tierra, la temperatura evidencio diferencias significativas en todos los dispensadores en los meses analizados. La CE fue mayor durante el mes de febrero para todos los dispensadores, siendo este mes diferente ($p < 0.05$) al resto de los meses considerados en el estudio en el total de los dispensadores. Finalmente, el pH, no evidencio diferencias ($p < 0.05$) entre ningún mes en todos los dispensadores.

Tabla 1

Valores medios $\pm$ desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos considerados en el análisis de la calidad del agua purificada para consumo humano en Rodeo, Durango, México, para cada uno de los dispensadores automáticos analizados.

Mes	Dispensador 1	Dispensador 2	Dispensador 3	Dispensador 4
Temperatura (°C)				
Diciembre	18.40 $\pm$ 1.77 ^{bc}	18.00 $\pm$ 1.83 ^{bc}	17.70 $\pm$ 1.88 ^{bc}	17.90 $\pm$ 1.42 ^{bc}
Enero	12.50 $\pm$ 1.97 ^{bd}	10.50 $\pm$ 1.87 ^{cd}	12.70 $\pm$ 1.85 ^{cd}	12.20 $\pm$ 0.17 ^{cd}
Febrero	20.50 $\pm$ 2.65 ^{ac}	20.30 $\pm$ 2.36 ^{ab}	12.20 $\pm$ 2.32 ^{cd}	20.40 $\pm$ 2.97 ^{ab}
Marzo	25.10 $\pm$ 2.43 ^a	25.50 $\pm$ 2.26 ^a	25.40 $\pm$ 1.68 ^a	25.60 $\pm$ 1.61 ^a
Conductividad eléctrica (μS cm⁻¹)				
Diciembre	1.20 $\pm$ 1.08 ^b	0.40 $\pm$ 0.21 ^b	1.30 $\pm$ 0.98 ^b	0.40 $\pm$ 0.22 ^b
Enero	0.30 $\pm$ 0.17 ^b	0.20 $\pm$ 0.17 ^b	0.90 $\pm$ 0.26 ^b	0.20 $\pm$ 0.14 ^b
Febrero	8.72 $\pm$ 0.80 ^a	9.11 $\pm$ 0.69 ^a	7.45 $\pm$ 0.61 ^a	8.55 $\pm$ 0.68 ^a
Marzo	0.30 $\pm$ 0.29 ^b	0.20 $\pm$ 0.23 ^b	0.70 $\pm$ 0.27 ^b	0.30 $\pm$ 0.17 ^b
pH (unidades)				
Diciembre	8.27 $\pm$ 2.22 ^a	8.04 $\pm$ 1.60 ^a	7.48 $\pm$ 1.33 ^a	8.04 $\pm$ 1.60 ^a
Enero	8.24 $\pm$ 1.50 ^a	9.00 $\pm$ 1.61 ^a	7.20 $\pm$ 1.48 ^a	8.61 $\pm$ 1.44 ^a
Febrero	8.72 $\pm$ 0.80 ^a	9.10 $\pm$ 0.70 ^a	7.45 $\pm$ 0.61 ^a	8.55 $\pm$ 0.68 ^a
Marzo	6.63 $\pm$ 2.60 ^a	7.70 $\pm$ 2.03 ^a	7.40 $\pm$ 1.96 ^a	7.67 $\pm$ 1.98 ^a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para cada uno de los parámetros analizados.

Nota: Para concentraciones de hierro y nitrato, las concentraciones determinadas correspondieron a 0.0 mg L⁻¹, para todos los meses en todos los dispensadores.

Los análisis microbiológicos realizados, evidenciaron la presencia de coliformes totales (termotolerantes) en al menos, un mes de análisis, destacando el mes de enero, donde se evidencio que los cuatro dispensadores considerados, presentaron niveles importantes de este tipo de microorganismos. Posicionándose el dispensador dos como el que menor presencia de coliformes (totales y fecales) registro a lo largo del periodo analizado. Caso contrario, lo representa el dispensador tres, el cual fue el único que reporto la presencia de coliformes durante todos los meses (Tabla 2).

Tabla 2

Valores medios $\pm$ desviación estándar de los parámetros microbiológicos considerados en el análisis de la calidad del agua purificada para consumo humano en Rodeo, Durango, México, para cada uno de los dispensadores automáticos analizados.

Mes	Dispensador 1	Dispensador 2	Dispensador 3	Dispensador 4
Coliformes totales / Termotolerantes (Unidades Formadoras de Colonias)				
Diciembre	96.67 $\pm$ 60.28 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	105.33 $\pm$ 71.45 ^a	39.33 $\pm$ 7.02 ^a
Enero	32.00 $\pm$ 43.60 ^{bc}	16.00 $\pm$ 5.29 ^a	15.33 $\pm$ 13.32 ^b	14.33 $\pm$ 13.80 ^b
Febrero	193.00 $\pm$ 4.58 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	126.00 $\pm$ 10.54 ^a	0.00 $\pm$ 0.00 ^c
Marzo	0.00 $\pm$ 0.00 ^c	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	67.00 $\pm$ 24.00 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^c
Coliformes fecales (Unidades Formadoras de Colonias)				
Diciembre	64.70 $\pm$ 88.04 ^{ab}	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	129.00 $\pm$ 4.58 ^a	59.70 $\pm$ 63.54 ^a
Enero	91.00 $\pm$ 3.61 ^a	12.00 $\pm$ 2.00 ^a	73.00 $\pm$ 6.56 ^b	31.00 $\pm$ 4.58 ^a
Febrero	1.00 $\pm$ 0.00 ^b	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	1.00 $\pm$ 1.00 ^c	0.00 $\pm$ 0.00 ^b
Marzo	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	1.00 $\pm$ 0.00 ^c	0.00 $\pm$ 0.00 ^b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para cada uno de los parámetros analizados.

DISCUSIÓN

Un derecho humano fundamental es el acceso al AP en cantidad y calidad, este derecho siempre debiera ser considerado por los tomadores de decisiones en la generación de políticas públicas de protección de la salud de las personas (Yáñez & Acevedo, 2013; Murillo, 2014). Sin embargo, aún existen rezagos importantes en este sentido, donde el mayor riesgo es la contaminación microbiológica del AP, incrementando el riesgo de sufrir enfermedades infecciosas (OMS, 2018). En este sentido, la determinación de la CA para CH, incluye el análisis de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas (DOF, 2022). Al respecto, la mayoría de los países han emitido diversas regulaciones, para el caso de México, los límites permisibles para el agua destinada al consumo humano, están regulados por normativas oficiales (DOF, 2022). En este estudio, se evidenció que la CA purificada para CH en la comunidad de Rodeo, Durango, México, muestra niveles de contaminación del agua por la presencia de coliformes totales y fecales.

Se encontró que los valores de temperatura varían de acuerdo a la época del año. Lo cual podría explicarse por los cambios en la temperatura superficial ocasionados por los movimientos de tierra, lo cual incrementa la radiación solar y pueden provocar el aumento de la temperatura (Camayo-Lapa et al., 2019). Adicionalmente, se ha demostrado que la temperatura es un parámetro importante en los estudios sobre CA, derivado de su influencia sobre los demás parámetros fisicoquímicos (Benjumea et al., 2023). La CE fue significativamente más alta para el mes de febrero en todos los dispensadores analizados. En promedio global, la CE fue de 2.95 $\mu\text{S cm}^{-1}$, lo cual se encuentra dentro de los rangos permisibles para el CH y a su vez sugieren un bajo contenido de minerales disueltos en el agua. Sin embargo, en los estudios para determinar la CA para CH, este parámetro posee un peso relativo menor al 1% (Herojeet et al., 2016), principalmente porque su incumplimiento se ha relacionado con un posible rechazo por parte del consumidor y no con riesgos para la salud (OMS, 2018).

Complementariamente a los parámetros físicos anteriores, el pH se considera uno de los parámetros químicos que sirven para indicar la CA para CH (Camacho-Ballesteros et al., 2023). Con relación a este parámetro, el promedio global fue de 8.0, lo cual se considera aceptable para CH, considerando que se encuentran dentro de los límites permisibles (6.5 a 8.5) de la NOM-127-SSA1-2021 (DOF, 2022). Solamente los dispensadores dos y cuatro, evidenciaron valores superiores a los permisibles por la norma para los meses de enero y febrero. En relación a la concentración de hierro y nitratos en las muestras analizadas, se pudiera mencionar que sus concentraciones se encuentran dentro de los límites permitidos según la norma mexicana NOM-127-SSA1-2021 (DOF, 2022) y el agua se pudiera clasificar como agua blanda (McGowan, 2000).

En otro contexto, los análisis microbiológicos indicaron la presencia de coliformes totales (termotolerantes) y de coliformes fecales, lo cual se pudiera interpretar como la existencia de contaminación generada por heces fecales humanas (Larrea-Murrell et al., 2013). Es este sentido, se ha demostrado que la presencia de coliformes fecales en el agua, indica la presencia de patógenos promotores de graves enfermedades (Zambrano et al., 2022). Una posible explicación, pudiera deberse a la presencia de ganado doméstico y personas que transitan cerca de la ubicación de los pozos de extracción de AP, así como el vertimiento de aguas residuales de las diferentes comunidades aledañas a la zona de estudio. Con respecto a esto se ha demostrado que el vertimiento de aguas residuales de origen doméstico sin el debido tratamiento, ocasiona la presencia de altas densidades de microorganismos patógenos (Navntoft et al., 2010). Además, Roslev y Bukh en 2011, demostraron que la presencia de coliformes fecales podría explicarse porque estas bacterias llegan a los ríos, arroyos, lagos o aguas subterráneas desde la superficie de la tierra con las lluvias. Los riesgos para la salud por el consumo de AC microbiológicamente incluyen enfermedades del sistema digestivo, sistema neurológico, la función renal y otros órganos (Whitehead et al., 2019).

CONCLUSIÓN

La CA de los DA disponibles en Rodeo, Durango, pudiera considerarse apta para su uso en general, considerando que satisface los requerimientos mínimos, para los diferentes servicios. Sin embargo, no cumple con los criterios establecidos por la NOM-127-SSA1-2021, es decir el agua no es de calidad potable, derivado de la presencia de coliformes totales y fecales, en cantidades que superan los niveles recomendados para CH. En este sentido, parece evidenciarse un nulo monitoreo por parte de los responsables, la presencia de estos microorganismos indica una baja calidad microbiológica, por lo que resulta necesario un mayor seguimiento, a través del monitoreo y análisis, para verificar los niveles de calidad, y en su caso, instalar el proceso de desinfección, antes de ser ofrecida en los DA, lo anterior con la finalidad de evitar riesgos a la salud de los habitantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Azhar, M.; Mobeen, M.; Mohsin, M.; Aziz, T.; Rehman, A.; Sajidi, M. (2021). Assessment of ground water quality and its impact on human health (a case study of Shorkot city), (Jhang) Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Science*, 73(1), 199-212. Disponible en <https://pjosr.com/index.php/pjs/article/view/627/145> (ultimo acceso el 01 de octubre de 2025)
- Balmaseda-Espinosa, C.; García-Hidalgo, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(3), 11-16. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf> (ultimo acceso el 01 de octubre de 2025)
- Benjumea, H. C. A.; Carmona, R. A.; Castro, M. A. (2023). Calidad fisicoquímica y microbiológica de los ríos asociados a un embalse tropical de montaña en el periodo 2010-2018 (ríos Nare, Nusito y San Lorenzo). *Revista Lasallista de Investigación*, 20(1), 103-122. <https://doi.org/10.22507/rli.v20n1a7>
- Biswas, R. M.; Chatterjee, D.; Kumar, R. P.; Mazumder, A. (2015). Impact of forest intervention on water and soil quality - Case studies. *Proceedings of the Third International Conference on Advances in Applied Science and Environmental Technology - ASET 2015* pp. 47-47. Institute of Research Engineers and Doctors, USA. <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-084-2-38>
- Brogna, D.; Michez, A.; Jacobs, S.; Dufrene, M.; Vincke, C.; Dendoncker, N. (2017). Linking forest cover to water quality: A multivariate analysis of large monitoring datasets. *Water*, 9(3), 176. <https://doi.org/10.3390/w9030176>
- Camacho-Ballesteros, A.; Ortega-Escobar, H. M.; Sánchez-Bernal, E. I.; Flores-Magdaleno, H.; Gardezi, A. K.; Mendoza-Saldivar, I.; Mercado-Fernández, T.; Avelar-Roblero, J. U. (2023). Hidroquímica y calidad del agua para riego de las RH 21 y 23 costa de Oaxaca y costa de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1600>
- Camayo-Lapa, B. F.; Condezo-Hurtado, D. E.; Ramos-Cadillo, A. Y.; Massipe-Hernández, J. R.; Camayo-Vivas, A. B. (2019). Estimación de la radiación solar global, mediante temperaturas extremas, aplicando el modelo Bristow-Campbell en la región Junín, Perú. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 643-651. Disponible en <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-643.pdf> (ultimo acceso el 10 de diciembre de 2025).
- Ceballos, P. K. N.; Quishpe, G. M. A. (2024). Determination of water quality through using bioindicators, physical-chemical and microbiological analysis of the lagoon Santo Domingo of the national park Cotopaxi, province of Pichincha, period 2018. *BioNatura Journal*, 9(4), 1-16. <https://doi.org/10.70099/bj/2024.01.01.4>
- Chaves, F. A. C.; Guimarães, B. P. R.; Cynamon, K. D. (2020). Water quality surveillance and the role of information to ensure access. *Saúde em Debate*, 43(3), 20-34. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S302>
- Conejeros, M. A.; Hueichaqueo, P. C.; Martinez-Jimenez, B. L.; Placeres, R. A. (2021). Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 42(3), 60-70. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282021000300060&lng=es&tlng=pt. (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2016, 18 de abril). Norma Oficial Mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015, Análisis de agua - enumeración de organismos coliformes totales, organismos coliformes fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* - método del número más probable en tubos múltiples. Secretaría de Gobernación. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5433394&fecha=18/04/2016#gsc.tab=0 (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022, 02 de mayo). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Secretaría de Gobernación. Disponible en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0 (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025).
- Egemberdieva, A.; Kamchybekova, K. (2024). Microbiological quality research of water along the Mailuu-Suu River (Kyrgyzstan). *E3S Web of Conferences*, 537, 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453703004>
- Elías, S. J. W.; Avalos, L. C. A.; Medrano, O. J. (2020). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano y enfermedad diarreica aguda en el Distrito de Rázuri. Provincia de Ascope. *La Libertad - Perú. Puriq*, 2(1), 3-15. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.69>
- Espinal-Carreón, T.; Sedeño-Díaz, J. E.; López-López, E. (2013). Evaluación de la calidad de agua en la laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas: 2005, 2009-2010. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 147-163. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n3/v29n3a2.pdf> (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025).
- Fernández, C. A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf> (ultimo acceso el 01 de octubre de 2025)
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2015). Evaluación de recursos hídricos renovables. Revisión de la metodología de AQUASTAT 2015. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-bc818s.pdf> (ultimo acceso el 10 de noviembre de 2025)
- García-Rodríguez, G.; Sandoval-Rojas, M. E.; Corona-Romano, E. R.; Jesús-de la Rosa, R. E. D.; Martínez-Romay, B.; García-Gil, E.; García-Gil, E. (2021). Aplicación de dos metodologías para la evaluación de la calidad del agua de cuerpos superficiales destinados a la pesca en el sur del estado de Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 89-107. <https://doi.org/10.20937/RICA.53681>

- Guerrero-García-Rojas, H. R.; García-Vega, D.; Seguí-Amórtégui, L. (2021). Productividad industrial del agua en México: Análisis de eficiencia para ocho sectores. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(1), 313–357. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-08>
- Herojeet, R.; Rishi, M. S.; Lata, R.; Sharma, R. (2016). Application of environmetrics statistical models and water quality index for groundwater quality characterization of alluvial aquifer of Nalagarh Valley, Himachal Pradesh, India. *Sustainable Water Resources Management*, 2(1), 39-53. <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0039-y>
- Iglesias, R. C.; Villarino, M. A. L.; Martínez, J. A.; Cabrerizo, L.; Gargallo, M.; Lorenzo, H.; Quiles, J.; Planas, M.; Polanco, I.; Romero de Ávila, D.; Russolillo, J.; Farré, R.; Moreno Villares, J. M.; Riobó, P.; Salas-Salvado, J. (2011). Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento FESNAD 2010. *Nutrición Hospitalaria*, 26(1), 27-36. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.5167>
- Jiménez, M. N. M. (2018). El agua como derecho. *Andamios*, 15(37), 327-330. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-00632018000200327&lng=es&tlng=es (ultimo acceso el 15 de octubre de 2025)
- Lamrini, M.; Quevy, Q. A.; Yassin, C. M.; Touhafi, A. (2022). Data integrity analysis of water quality sensors and water quality assessment. *IECON 2022 – 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Brussels, Belgium, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/IECON49645.2022.9968643>
- Larrea-Murrell, J. A.; Rojas-Badía, M. M.; Romeu-Álvarez, B.; Rojas-Hernández, N. M.; Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 44 (3), 24-34. Disponible en <https://revista.cnice.edu.cu/index.php/RevBiol/article/download/1014/786> (ultimo acceso el 10 de diciembre de 2025).
- Laskar, N. (2024). Statistical analysis and water quality modeling towards holistic health assessment of Himalayan and peninsular rivers of India. *Environmental Challenges*, 15, 100917. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100917>
- Latif, M.; Nasim, I.; Ahmad, M.; Nawaz, R.; Tahir, A.; Irshad, M. A.; Al-Mutairi, A. A.; Irfan, A.; Sami A. Al-Hussain, A. A.; Zaki, M. E. A. (2025). Human health risk assessment of drinking water using heavy metal pollution index: a GIS-based investigation in mega city. *Applied Water Science*, 15(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02341-w>
- Li, P.; Wu, J. (2019). Drinking water quality and public health. *Exposure and Health*, 11, 73–79. <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>
- Little, C. C. (2022). El agua y los ecosistemas boscosos en Chile: Información para el desarrollo del sector forestal. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(1), 37-50. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.552>
- Lubal, M. J. (2024). Health effects of heavy metal contamination in drinking water. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45(10), 16-25. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i104041>
- Márquez-Pacheco, H.; Leyva-Morales, J. B.; Davizón-Castillo, Y. A.; Ontiveros-García, L. A.; Amillano-Cisneros, J. M. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(2), e3562. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3562>
- Martínez, A. N.; Defelippe, O. E. (2013). Derecho humano al agua y control de convencionalidad. *Derecho PUCP*, 70, 105-120. Disponible en <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/download/6746/6863/> (ultimo acceso el 12 de noviembre de 2025)
- Martínez-Rodríguez, O. G.; Can-Chulim, Á.; Ortega-Escobar, H. M.; Cruz-Crespo, E.; Bojórquez-Serrano, J. I.; García-Paredes, J. D. (2020). Calidad del agua para uso agrícola del río San Pedro, Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 619-633. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n3/2007-0934-remexca-11-03-619.pdf> (ultimo acceso el 10 de octubre de 2025)
- Martos-López, Á. (2015). La importancia del agua para nuestro planeta [Tesis de maestría, Universidad de Jaén]. Repositorio institucional UJAEN: Disponible en <https://crea.ujaen.es/server/api/core/bitstreams/0a07ed3d-d87e-45ad-ad2e-22fc84ef4536/content> (ultimo acceso el 19 de noviembre de 2025)
- McGowan, W. (2000). Water processing: Residential, commercial, light-industrial, 3a ed., Water Quality Association, Lisle, Illinois, EUA, 309 pp.
- Mfinanga, F.; Msuya Bengesi, C.; Madaha, R. (2023). Water use strategies for livestock by pastoralists: The case of semi-arid areas in Monduli District, Arusha Region, Tanzania. *African Journal of Climate Change and Resource Sustainability*, 2(1), 1-12. <https://doi.org/10.37284/ajccrs.2.1.1085>
- Mittal, V.; Singh, N.; Agarwal, S.; Kapil, D.; Choudhury, T.; Rawat, V. (2024). Classification model for parameteric analysis and water quality monitoring. 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), Kamand, India, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT61001.2024.10725448>
- Muniz, D. H. F.; Oliveira-Filho, E. C. (2023). Multivariate statistical analysis for water quality assessment: a review of research published between 2001 and 2020. *Hydrology*, 10(10), 196. <https://doi.org/10.3390/hydrology10100196>
- Muñoz Marcillo, J. L.; Gentili, J.; Bustos Cara, R. (2020). Uso agrícola del suelo y demanda de agua para riego en la cuenca del río Vines (Ecuador) durante el período 1990-2014. *Investigaciones Geográficas*, 59, 91-104. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2020.56958>
- Murillo, C. J. (2014). The right to water in the case-law of the inter-american court of human rights. *ACDI - Anuario Colombiano de Derecho Internacional*, 7(1), 39-68. <https://doi.org/10.12804/acdi7.2014.02>
- Mustafa, B. M.; Hassan, N. E. (2024). Water contamination and its effects on human health: A review. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 28(1), 38-49. <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2024/v28i1743>
- Narwat, P. (2024). Evaluación bacteriológica de muestras de agua del lago Raipur, Chhattisgarh: un análisis exhaustivo de muestras de agua. *Revista Internacional de Ciencia, Tecnología e Ingeniería*, 12(4), 4689–4705. <https://doi.org/10.22214/ijrasnet.2024.61110>
- Navntoft, C.; Araujo, P.; Mendive, C.; Cicerone, D. S.; Pizarro, R.; Soler-Illia, G.; Dawidowski, L.; Litter, M. I.; Blesa, M. A.; Apella, M. C.; Hidalgo, M. V.; García, M. G.; Powell, P.; Puchulu, M.; Fernández, D. (2010). Economic technologies for water disinfection and decontamination, advances in Argentina. *TECNIA* 20 (1), 45-53. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v20i1.106>
- Nayak, B.; Panda, P. K. (2024). A comprehensive review of water quality analysis. *International Journal of Image and Graphics*, 2650033. <https://doi.org/10.1142/S0219467826500336>
- Neme, C. O.; Valderrama, S. A. L.; Chiatchoua, C. (2021). Factores determinantes del consumo productivo de agua y sus efectos en la actividad económica de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 505-537. <https://doi.org/10.22136/est20211659>

- Nieto, C. C. A.; Vélez, R. M. C.; Jiménez, I. M. G.; Suarez, B. K. N. (2024). Evaluación de la calidad del agua en la red pública urbana del cantón Valencia, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Social Fronteriza*, 4(4), e335. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)335](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)335)
- Ogoamaka, E. M.; Osarumwense, A. F. (2022). Review of the effects of water characteristics and quality on human health. *International Journal of Current Science Research and Review*, 5(3), 673-685. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V5-i3-09>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Disponible en <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/89633b31-b58e-41e9-913a-a47c37713290/content> (ultimo acceso el 01 de octubre de 2025).
- Qureshi, S. S.; Channa, A.; Memon, S. A.; Khan, Q.; Jamali, G. A.; Panhwar, A.; Saleh, T. A. (2021). Assessment of physicochemical characteristics in groundwater quality parameters. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101877. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101877>
- Paruch, L. (2022). Herramientas de diagnóstico molecular aplicadas para evaluar la calidad microbiana del agua. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 19(9), 5128. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095128>
- Pérez-López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Puente, M. D. G.; Valenzuela, G. L. I.; Alarcón, H. M. T. (2023). Determinación histórica de índices de calidad del agua en observatorios participativos en el norte de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39, 127-137. <https://doi.org/10.20937/RICA.54697>
- Quiroz-Fernández, L. S.; Izquierdo-Kulich, E.; Menéndez-Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf> (ultimo acceso el 18 de octubre de 2025)
- Rafiq, A.; Ikram, M.; Ali, S.; Niaz, F.; Khan, M.; Khan, Q.; Maqbool, M. (2021). Photocatalytic degradation of dyes using semiconductor photocatalysts to clean industrial water pollution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol (97), 997, 111- 128. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.02.017>
- Rahmawati, F.; Lumbantobing, R. (2023). Analysis of drinking water quality directly related to health at refill depots in the South Bekasi Area, Indonesia. *Eximia*, 11(1), 0 1–11. <https://doi.org/10.47577/eximia.v11i1.272>
- Ramírez, D. E.; Elvira, M. D. L. M. Y.; Rodríguez, S. C. (2023). Análisis y clasificación de aguas de perforaciones para el uso en la agricultura, departamento Laval, Corrientes-Argentina. *Cultivos Tropicales*, 44(3), 1-7. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1932/193279250007/193279250007.pdf> (ultimo acceso el 05 de noviembre de 2025)
- Ramos, P. Y. J.; Pinilla, R. M. V. (2020). Calidad de agua de consumo humano en sistemas de abastecimiento rurales en Boyacá, Colombia. Un análisis infraestructural. *Revista EIA*, 17(34), Reia34019. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1378>
- Roslev, P.; Bukh, A. S. (2011). State of the art molecular markers for fecal pollution source tracking in water. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89(5), 1341-1355. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3080-7>
- Rubio-Arias, H.; Contreras-Caraveo, M.; Quintana R. M.; Saucedo-Terán, R. A.; Pinales-Munguía, A. (2012). An overall water quality index (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(5), 1687-1698. <https://doi.org/10.3390/ijerph9051687>
- Saini, R.; Shrivastava, V. (2024). Prediction of drinking water quality for effective public health management to avoid water borne diseases. *South Eastern European Journal of Public Health*, 23(2), 292–296. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.789>
- Sánchez, A. M. M.; Bravo, A. L. A. (2022). Determination of the cost of extraction and sale price of water for drinking use: A case study. In 2nd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control in the Water Industry. Pp. 957-965. Valencia (Spain), 18-22 July 2022. <https://doi.org/10.4995/WDSA-CCWI2022.2022.14752>
- Sánchez, S. A.; Daza, M. M. A.; Lemus, A. M. (2018). Impuestos al agua y derechos humanos en México. *Diagnóstico FACIL Empresarial Finanzas Auditoría Contabilidad Impuestos Legal*, 9(5), 5-14. Disponible en <https://dfe.cucea.udg.mx/index.php/dfe/article/view/69/65> (ultimo acceso el 30 de octubre de 2025)
- Sánchez-Gutiérrez, R.; Benavides-Benavides, C.; Chaves-Villalobos, M.; Quirós-Vega, J. (2020). Calidad del agua para consumo humano en una comunidad rural: caso Corral de Piedra, Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(2), 3-16. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i2.4165>
- Sankpal, S. J.; Kulkarni, G. S. (2019). Physico-chemical analysis of drinking water of different places- A review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 7(4), 128-131. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.4023>
- Seoane, R. S.; Lopardo, R. A. (2023). El conflicto en una cuenca transfronteriza y la complejidad de las condiciones hidrológicas: el Río Nilo. In-Genium, 6, 60-82. Disponible en https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/162428/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y (ultimo acceso el 20 de noviembre de 2025)
- Singh, S. B.; Gupta, M. K.; Shukla, N.; Chaurasia, G. L.; Singh, S.; Kumar, P. (2016). Water purification: A brief review on tools and techniques used in analysis, monitoring and assessment of water quality. *Green Chemistry & Technology Letters*, 2(2), 95–102. <https://doi.org/10.18510/gctl.2016.229>
- Sitaram, D. U. (2022). Study of the physio-chemical parameters for testing water: A review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3), 570-575. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.14.3.0600>
- Siwek, M.; Slawinska, A.; Dunislawski, A. (2021). Water in livestock – Biological role and global perspective on water demand and supply chains. In n: Gadomski, A. (ed), *Water in biomechanical and related systems* (pp. 315-331). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67227-0_16
- Suraya, Y. H. M.; Sanyoto, D. D.; Herawati, H.; Adhani, R.; Marlinae, L. (2024). Trends in water quality research: A bibliometric study of factors and parameters in drinking water. *Malahayati Nursing Journal*, 6(10), 4142-4158. <https://doi.org/10.33024/mnj.v6i10.16824>
- Sutorius, M.; Rodríguez, S. (2015). La fundamentalidad del derecho al agua en Colombia. *Revista Derecho del Estado*, 35, 243-265. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rdes/n35/n35a09.pdf> (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025)
- Tetali, R. R.; Salomi, K.; Sai Durga, G. B. N. V.; Pushpa, P. S.; Gope, E. R. (2024). Analysis of water quality parameters across diverse sources. *Journal of Pharma Insights and Research*, 2(3), 210-216. <https://doi.org/10.69613/3jxm7e23>
- Trujillo-Murillo, J.; Perales-Salvador, A. (2020). Valoración económica del agua de la presa Solís para uso agrícola. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(4), 339-369. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-04-11>

- Urquhart, C. U.; Mezquita, L. D. L. de C. (2014). El agua como un derecho fundamental y el derecho al agua potable como un derecho humano fundamental: Una propuesta teórica de políticas públicas. *Jurídicas*, 11(1), 117-137. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7517750.pdf> (ultimo acceso el 20 de octubre de 2025)
- Wang, X.; Zhao, X.; Wang, Y.; Ruan, Y.; Liang, W.; Wu, F. (2024). Human health water quality criteria: Research challenges and priorities. *ACS ES&T Water*, 4(12), 5255-5263. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.4c00805>
- Whitehead, P. G.; Bussi, G.; Peters, R.; Hossain, M. A.; Softley, L.; Shawal, S.; Jin, L.; Rampley, C. P. N.; Holdship, P.; Hope, R.; Alabaster, G. (2019). Modelling heavy metals in the Buriganga river system, Dhaka, Bangladesh: Impacts of tannery pollution control. *Science of the Total Environment* 697, 134090. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134090>
- Wilder, M. O.; Austria, P. F. M.; Romero, P. H.; Ayala, M. B. C. (2020). The human right to water in Mexico: Challenges and opportunities. *Water Alternatives*, 13(1), 28-48. Disponible en <https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/volume-13/issue-1/562-a13-1-2/file> (ultimo acceso el 01 de noviembre de 2025)
- Villena-Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.352.3719>
- Voitenko, L. V.; Kopilevych, V. A. (2016). Integrated water quality assesment for the animal watering in Velykosnytynske education and research farm of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. *Біоресурси і природокористування*, 8(3-4), 43-52. <https://doi.org/10.31548/bio2016.03.007>
- Yáñez, C. M.; Acevedo, G. K. (2013). El acceso al agua para consumo humano en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 15(29), 125-148. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rei/v15n29/v15n29a07.pdf> (ultimo acceso el 23 de octubre de 2025)
- Yáñez-Chávez, L. G.; Navarrete-Molina, C.; Chávez-Medina, A. C.; Pérez-Romero, C.; Quezada-Zapata, J. L.; Sandoval-Espinoza, N. N. (2021). Caracterización fisicoquímica y aplicabilidad industrial de la cáscara de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) mediante estándares de la Normatividad TAPP. *Investigación Aplicada un Enfoque en la Tecnología*, (11), 119-127. Disponible en https://drive.google.com/file/d/1kdDIM7G7c61FXaw_0OmVzNWuYnI9MrFB/view?usp=sharing (ultimo acceso el 09 de noviembre de 2025)
- Yasmeen, Q.; Yasmeen, S. (2023). Impact of drinking water on people's health and water borne diseases: Impact of drinking water on people's health. *Pakistan BioMedical Journal*, 6(07), 31–35. <https://doi.org/10.54393/pbmj.v6i07.867>
- Zambrano, M. J. D.; Delgado, P. A. G.; Zambrano, M. E. T.; Peñaherrera, V. S. L. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), e4011. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>
- Zamorska, J.; Karwowska, E.; Przysaś, W. (2023). Assessment of microbiological quality of water using culture methods, flow cytometry and luminometry. *Water*, 15(23), 4077. <https://doi.org/10.3390/w15234077>

Tecnopedagogía aplicada al aula en el Nivel Superior

Laura Rodríguez Maya¹, María del Consuelo Macías González²

¹TecNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: laura.rm@cuautitlan.tecnm.mx

²TecNM/Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, e-mail: maria.mg@cuautitlan.tecnm.mx

Línea de investigación: Investigación educativa Resumen

La educación es un pilar fundamental en el desarrollo y la formación de individuos capaces de enfrentar los desafíos de un mundo en constante cambio. La implementación de prácticas educativas mediante el aprovechamiento y uso de herramientas tecnológicas innovadoras pueden mejorar significativamente el proceso de enseñanza aprendizaje y además promueven una educación más efectiva. La tecnología es una parte vital de la educación estudiantil actual y se usa cuando es posible en el aula para mejorar el entorno general de aprendizaje. Por lo tanto, la tecnopedagogía decide si un producto multimedia educativo tiene éxito o no. Pedagogía se refiere a la 'ciencia y enseñanza de las Artes' y Techno deriva de la palabra latina 'Texere' que significa 'tejer o construir' (Gloria & Benjamin, 2018). En este sentido, tecnopedagogía hace referencia a la construcción de técnicas de enseñanza en el propio ambiente de aprendizaje logrando un sistema educativo más equitativo y accesible.

¿En qué medida la implementación de la tecnopedagogía en el aula contribuye de manera significativa a la mejora de la calidad del aprendizaje y la eficacia de la enseñanza? ¿Cómo se puede superar la resistencia por parte de docentes y estudiantes a la adopción de nuevas tecnologías en el aula? ¿Cuáles son las estrategias para promover una transición exitosa hacia la educación basada en la tecnología? ¿Cuáles son los desafíos metodológicos al evaluar el impacto real de la tecnopedagogía en la calidad educativa?

Este trabajo busca proporcionar respuestas a estas interrogantes con el fin de implementar la tecnopedagogía en el ámbito universitario, promoviendo un sistema educativo más eficaz, accesible y respetuoso. La investigación se centrará en la identificación de mejores prácticas, contribuyendo al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas del TecNM Cuautitlán Izcalli que fortalezca el aprendizaje significativo a través de elementos físicos y virtuales dentro del aula.

Palabras clave: Educación, Innovación, Tecnopedagogía, TIC.

Abstract

Education is a fundamental pillar in the development and training of individuals capable of facing the challenges of an ever-changing world. The implementation of educational practices through the use of innovative technological tools can significantly improve the teaching-learning process and also promote more effective education. Technology is a vital part of today's student education and is used whenever possible in the classroom to improve the overall learning environment. Therefore, technopedagogy determines whether an educational multimedia product is successful or not. Pedagogy refers to the "science and teaching of the Arts," and Techno derives from the Latin word "Texere," meaning "to weave or construct" (Gloria & Benjamin, 2018). In this sense, technopedagogy refers to the construction of teaching techniques within the learning environment itself, achieving a more equitable and accessible education system. To what extent does the implementation of technopedagogy in the classroom significantly contribute to improving the quality of learning and teaching effectiveness? How can teacher and student resistance to adopting new technologies in the classroom be overcome? What are the strategies for promoting a successful transition to technology-based education? What are the methodological challenges in evaluating the real impact of technopedagogy on educational quality?

This paper seeks to provide answers to these questions in order to implement technopedagogy in the university setting, promoting a more effective, accessible, and respectful education system. The research will focus on identifying best practices, contributing to the teaching-learning process of basic sciences at TecNM Cuautitlán Izcalli, strengthening meaningful learning through physical and virtual elements in the classroom.

Keywords: Education, Innovation, Techno-pedagogy, ICT.

INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han revolucionado la manera en que se transmite y adquiere el conocimiento, impulsando avances significativos en los sistemas educativos a nivel global. Estas tecnologías ofrecen formas innovadoras de combinar las fortalezas de los entornos presenciales y virtuales, permitiendo un aprendizaje más flexible e interactivo, adaptado a las necesidades actuales. Entre estos métodos destaca el modelo B-Learning, una estrategia educativa eficiente y adaptable que integra la interacción presencial con los recursos digitales, maximizando el potencial tecnológico y pedagógico para responder a los requerimientos del ámbito educativo.

El aprendizaje híbrido no solo equilibra las sesiones presenciales y virtuales, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades digitales, una competencia esencial en la era de la información. Su implementación requiere una selección cuidadosa de herramientas tecnológicas que se ajusten a las características de cada institución y al perfil de los estudiantes. Este modelo permite a los docentes diversificar sus métodos de enseñanza y brinda a los estudiantes acceso a recursos educativos en cualquier momento y lugar, lo que promueve tanto el aprendizaje autónomo como el colaborativo.

En este contexto, se destaca el modelo Tecnopedagógico, el cual propone una integración estratégica de la tecnología en el diseño de actividades educativas, alineada con los objetivos de aprendizaje. Este modelo promueve una comprensión profunda y una aplicación práctica del conocimiento, al tiempo que articula los aspectos pedagógicos y tecnológicos para seleccionar las herramientas más adecuadas. Las guías de planificación desempeñan un papel clave en la estructuración de los procesos educativos, mientras que la tecnología actúa como facilitadora de una enseñanza más efectiva. Así, el modelo Tecnopedagógico no solo fortalece la participación estudiantil, sino que también mejora los resultados educativos al sustentarse en buenas prácticas docentes.

Con el propósito de desarrollar la investigación y la página web acerca del modelo Tecnopedagógico, se emplea la metodología Kanban. Esta metodología ágil permite una gestión eficiente del proyecto, facilitando la organización de tareas y el seguimiento continuo de los avances. A través de tableros visuales y listas de tareas, el trabajo establece prioridades y garantiza que cada fase del desarrollo se complete de forma estructurada y en el tiempo previsto, asegurando una integración adecuada de la plataforma.

Tanto la plataforma desarrollada como la metodología utilizada contribuyen a la optimización del proceso de enseñanza– aprendizaje en un contexto dinámico y en constante evolución. Esta aplicación marca una diferencia significativa en la manera en que las instituciones educativas preparan a sus estudiantes para enfrentar un futuro cada vez más digitalizado, asegurando una educación de calidad.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Crear una página web que explique los principios y aplicaciones del modelo Tecnopedagógico para fortalecer el aprendizaje significativo a través de elementos físicos y virtuales dentro del aula.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar estrategias pedagógicas apoyadas en tecnologías digitales que fomenten un aprendizaje activo y significativo, permitiendo la integración de recursos virtuales en el aula para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Valorar el uso de plataforma digitales ya implementadas en la institución, como Microsoft Teams, complementándolas con material didáctico innovador basado en el aprendizaje híbrido, para fortalecer la adquisición de competencias en los estudiantes.

OBJETO DE ESTUDIO

La presente investigación se centra en la aplicación de la tecnopedagogía en el aula, considerando en un principio el campo de las materias de ciencias básicas del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. Este estudio tiene como objetivo explorar en profundidad cómo la tecnopedagogía puede ser utilizada de manera efectiva en el aula, promoviendo un aprendizaje de calidad y sostenible.

METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología ágil Kanban porque ayuda a los equipos a encontrar un equilibrio entre el trabajo que deben realizar y la disponibilidad de cada miembro del equipo. Por otro lado, se basa en una filosofía centrada en la mejora continua, en la que las tareas se extraen de una lista de acciones pendientes y se gestionan dentro de un flujo de trabajos constante. Se implementa mediante los “tableros”, que son una herramienta visual de gestión de proyectos, los cuales permiten a los equipos visualizar tanto sus flujos de trabajo como la carga de trabajo. En un tablero de gestión visual, el trabajo se organiza en un proyecto y se representa mediante columnas. Tradicionalmente, cada columna corresponde a una etapa del trabajo. El tablero Kanban más básico puede incluir columnas como “Trabajo pendiente”, “En progreso” y “Terminado”. (Rehkopf, 2016). Lo anterior se puede observar en la figura 1.

Etapas

Los sistemas de flujo de trabajo visual representan una herramienta eficaz para gestionar tareas y proyectos, ya que permiten visualizar el avance a través de distintas etapas. Metodologías como Kanban ayudan a limitar el trabajo en curso, lo que evita la acumulación de

tareas y favorece la entrega temprana. (Martínez, 2025).

1. Visualizar el trabajo. Los sistemas de flujo permiten visualizar cómo el trabajo avanza a través de las etapas. Una tarjeta de tarea comenzará su recorrido en el lado izquierdo del tablero y, a medida que el equipo trabaje en ella, irá avanzando lentamente a través de las siguientes etapas hasta llegar a la columna finalizada. Permite obtener información en tiempo real y apreciar el estado de los proyectos.
2. Limitar el trabajo en curso. Se centra en el principio de entrega temprana, lo que implica que las tareas deben moverse rápidamente de una columna a otra, en el lugar de estancarse en un estado ambiguo de trabajo en progreso. El equipo se concentra en finalizar tareas individuales y evita realizar varias tareas simultáneamente.
3. Gestionar el flujo de trabajo. Esta etapa permitirá controlar el tiempo destinado a cada tarea, lo que a su vez ayudará a reducir el tiempo de entrega (el tiempo que transcurre desde el inicio de una tarea hasta que llega a la columna finalizada en el tablero) y garantizar que se entreguen tareas o se envíen nuevos productos mientras siguen siendo relevantes.
4. Implementar políticas de procesos explícitas. Debido a la rapidez con la que se mueven las tareas en un sistema de flujo de trabajo visual, es importante que el equipo haya establecido y comunicado claramente las convenciones. Las políticas del proceso deben guiar al equipo en la implementación de este enfoque.
5. Implementar ciclos de comentarios. Es necesario recopilar comentarios de dos grupos distintos siendo clientes y el equipo. Se deben recopilar comentarios de los clientes sobre la calidad y eficacia de la solución que el equipo produjo. Es recomendable realizar consultas frecuentes con el equipo sobre el proceso de ejecución de un sistema de flujo visual. Esta es otra oportunidad para fomentar el liderazgo en todos los niveles y mejorar las políticas de procesos del equipo.
6. Mejorar colaborando y evolucionar experimentando. En esencia, los sistemas de flujo de trabajo visual se basan en la mejora continua. No obstante, también implican que otros sistemas pueden integrarse y funcionar de manera complementaria con este enfoque. Ya sea Scrum u otra metodología, es fundamental que los equipos estén dispuestos a colaborar, experimentar y desarrollar sus procesos cuando sea necesario.
- 7.

Figura 1
Tabla Kanban



FASES DEL DESARROLLO

Durante el desarrollo del proyecto de investigación Kanban fue utilizada como herramienta de organización y seguimiento, esta metodología posibilita mantener una visión clara de todas las fases de trabajo, permitiendo una gestión más flexible ante los cambios surgidos durante el proceso del desarrollo.

1. Desarrollo de actividades en el modelo Tecnopedagógico.
- Se llevaron a cabo diversas actividades en el periodo que abarca desde septiembre 2024 hasta abril 2025. Observar en la figura 2 dichas actividades plasmadas en la tabla Kanban.

Figura 2
Desarrollo del Proyecto en Tablero Kanban



- Investigación preliminar e Investigación B-Learning.

Es la primera fase en la elaboración del proyecto de investigación, se utilizaron revistas científicas, reportes actuales y documentos PDF validados por páginas constitucionales como la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) e IPN (Instituto Politécnico Nacional), la búsqueda de artículos pedagógicos y artículos tecnológicos en la misma área, teniendo como partida responder la pregunta de ¿Qué es la Tecnopedagogía?, sus características, ventajas y desventajas. Observar en la figura 3 su implementación en Kanban.

Figura 3

Proceso Kanban Investigación



- Redacción de Marco Contextual/Teórico

Se profundiza en los fundamentos del modelo Tecnopedagógico, su integración en la Educación Superior, relación con el modelo de estudio híbrido, las bases del modelo de aprendizaje híbrido y su relación con teorías del aprendizaje como el aprendizaje significativo, social y autónomo. Permite introducir de manera más clara el enfoque del proyecto, contextualizar la problemática educativa en el Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli y justificar la necesidad de implementar un modelo más flexible e innovador.

Figura 4

Kanban - Marco Contextual / Teórico



- Aplicación de encuesta y resultados

Consistió en la elaboración, aplicación y análisis de la encuesta con el objetivo de recopilar información relevante sobre las percepciones, hábitos y actitudes de los estudiantes respecto al uso de tecnologías y plataformas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Observar su implementación en Kanban en la figura 5. El análisis de resultados no solo ofreció datos valiosos para el diseño de la plataforma educativa, sino que también fortaleció el enfoque del proyecto al alinear las necesidades estudiantiles con las propuestas del modelo Tecnopedagógico, identificando tendencias, patrones y áreas de oportunidad en la implementación del modelo híbrido, los datos permitieron validar las hipótesis planteadas y evidenciar el nivel de aceptación tecnológica por parte del alumnado, así como su disposición para adoptar estrategias híbridas en su formación académica.

Figura 5

Kanban – Encuesta y Resultado



- Diseño Página Web

Desarrollo enfocado en el diseño y creación de la página web informativa sobre el modelo Tecnopedagógico enfocado en el estudio híbrido, esta etapa marco la transición de la teoría a la práctica, integrando los conocimientos adquiridos en un recurso digital funcional, se diseñaron componentes clave como el sistema de login y registro, el maquetado con PHP y CSS, y la estructura visual del sitio. Se puede observar en la figura 6 su inclusión en la tabla de la metodología Kanban. Por otro lado, se organizaron los conocimientos relacionados con el modelo de estudio combinado, presentándolos de forma clara, accesible y atractiva para usuarios docentes y estudiantes, el diseño se centró en la usabilidad, la navegación intuitiva y la coherencia visual con los objetivos del proyecto, también se realizaron pruebas iniciales de funcionalidad y ajustes visuales.

Figura 6

Kanban – Diseño Página Web

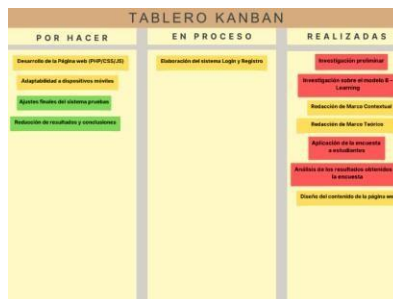


- Login y Registro

Durante esta etapa se elaboraron los diagramas de flujo, la estructura general del sistema y su maquetado, en PHP/CSS/JS, incorporando funciones básicas de autenticación en el backend. Permite establecer funcionalidad inicial de la página web propuesta, asegurando el acceso controlado de los usuarios y sentando las bases para gestión de contenido personalizado, las actividades se enfocaron tanto en el diseño visual como en la implementación técnica con el fin de garantizar una interfaz intuitiva y un proceso seguro de registro e inicio de sesión. Observar figura 7 para ver su inclusión en el proceso.

Figura 7

Kanban – Login y Registro

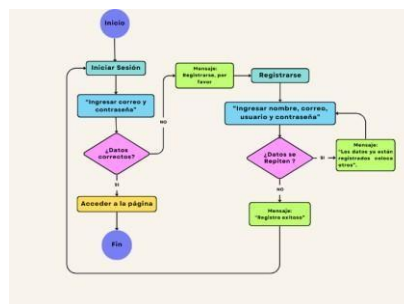


2. Etapa Kanban - Visualizar el trabajo

El diagrama de flujo tiene como el objetivo guiar, el desarrollo y diseño del sistema en la implementación del proceso de iniciar sesión y registro en la página web modelo Tecnopedagógico en el apartado educativo híbrido, lo anterior se puede observar en la figura 8, asegurando que los usuarios puedan acceder correctamente al sistema. Proporciona una verificación de datos y mensajes adecuados en caso de errores, optimizando la experiencia del usuario.

Figura 8

Diagrama de flujo Login y Registro

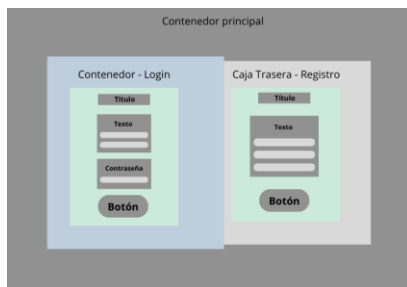


- Elaboración de Maquetado Login y Registro

El objetivo principal es facilitar el acceso seguro y organizado de los estudiantes y docentes a la plataforma, garantizando una experiencia intuitiva y alineada con los principios del aprendizaje combinado. El diseño se puede observar en la figura 9. El proceso de autenticación permite a los usuarios (docentes y estudiantes) ingresar de manera rápida y segura a la página web del modelo Tecnopedagógico, enforcado en el aprendizaje híbrido.

Figura 9

Login Principal y Registro Secundario

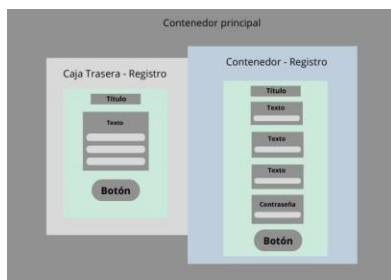


- Contenedor principal

Abarca toda la página y es el elemento que contiene las dos secciones principales, ver figura 10. La caja trasera y el contenedor de inicio de sesión y registro, su función es mantener toda la estructura organizada y garantizar que los elementos se adapten correctamente al diseño de la interfaz. Además, este contenedor permite la implementación de estilos CSS que definen la distribución de elementos en la pantalla en este caso una imagen relacionada con el estudio Tecnopedagógico.

Figura 10

Caja Trasera y Contenedor



3. Etapa Kanban – Gestionar el flujo de trabajo

El maquetado del sistema de inicio de sesión y registro implicó la distribución ordenada de tareas relacionadas con el diseño de interfaces, esta etapa reflejó el principio de gestión de flujo de trabajo ya que se controló el desarrollo progresivo de cada componente, se asignaron tiempos específicos a cada actividad para evitar retrasos y mantener la eficiencia, el enfoque metodológico permitió trabajar de manera organizada, priorizando las tareas críticas del diseño. Observar su inclusión en la figura 11.

- Desarrollo de la página web (PHP/CSS/JS)

Se integraron los contenidos teóricos del modelo Tecnopedagógico en un entorno dinámico, estructurado en secciones informativas, interactivas y visualmente organizadas. La implementación de PHP facilitó la gestión de datos y la conexión con sistemas previamente desarrollados, como el Login y Registro, mientras que CSS y JavaScript contribuye con un diseño responsivo y elementos de interactividad.

Figura 11

Kanban – Desarrollo Página Web

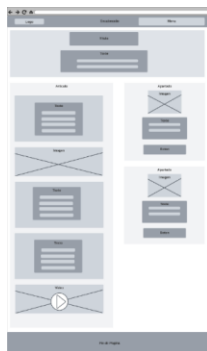


- Elaboración Maquetado

La página web tiene como propósito principal servir como un recurso educativo integral para quienes buscan aprender sobre el modelo Tecnopedagógico y sus aplicaciones en el ámbito educativo. Está diseñado para combinar contenido teórico con recurso en videos que enriquecen la experiencia de aprendizaje, haciéndola más interactiva y accesible. Además, busca fomentar la autonomía en el aprendizaje al proporcionar herramientas que los usuarios puedan explorar según sus intereses. Se coloca información de contacto del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli y botones para compartir en redes sociales. Lo anterior se puede observar en la figura 12.

Figura 12

Maquetado Página web

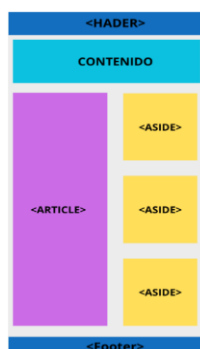


4. Etapa Kanban – Implementación de políticas de procesos explícitas

Consistió en definir criterios técnicos y pedagógicos que orientaron la estructura visual de la sección dedicada al modelo Tecnopedagógico de estudio híbrido, estableciendo políticas claras sobre la disposición del contenido, el uso de colores, fuentes y elementos interactivos, estas directrices garantizaron la coherencia entre los objetivos educativos y el diseño visual del sitio, estas normas se aplicaron durante todo el proceso para mantener una línea grafica uniforme, la aplicación de políticas explícitas permitió mejorar la calidad del producto y facilitar su comprensión por parte de los usuarios. Se añadieron efectos visuales, como cambios de color pasar el curso (hover) en las redes sociales del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli lo que hace que la interacción con el sitio se mas intuitiva y agradable, la estructura se puede observar en la figura 13. Es importante la realización pruebas de funcionalidad y diseño en navegadores como Chrome y Firefox, así como en diversos dispositivos para garantizar la compatibilidad, a partir de los resultados de estas pruebas, se realizaron ajustes iterativos para mejorar la experiencia del usuario y optimizar el rendimiento general del sitio.

Figura 13

Diseño Pagina web



5. Etapa Kanban - Limitar el trabajo en curso

Durante esta etapa las tareas de desarrollo se organizaron en bloques bien definidos para evitar la acumulación de trabajo, se aplicó el principio de limitar el trabajo en curso al centrarse en una función a la vez, lo que redujo errores y mejoro el enfoque, las tareas se distribuyeron con bases en prioridades, lo que favoreció una producción más ágil y eficiente.

- Dispositivo Móviles

En la penúltima fase del proyecto se desarrolló el trabajo enfocado en la adaptabilidad de la página web a dispositivos móviles, se puede observar su inclusión en la metodología Kanban en la figura 14, resultó crucial para garantizar que la plataforma educativa ofreciera una experiencia de uso optimo en diversos dispositivos, particularmente en teléfonos inteligentes y tabletas, dado que una parte significativa del alumnado accede a los contenidos a través de estos medios, para ello se aplicaron principios de diseño responsivo mediante el uso de CSS, estructuras flexibles en PHP y ajustes visuales orientados a mejorar la navegación en pantallas reducidas, asimismo se optimizaron elementos visuales e interactivos, como menús, botones y tipografías con el fin de asegurar su funcionalidad y

legibilidad en entornos móviles, este trabajo fortaleció el enfoque del modelo Tecnopedagógico al fomentar la accesibilidad, la portabilidad del aprendizaje y la inclusión digital, componentes clave dentro del entorno híbrido.

Figura 14
Kanban – Dispositivo Móviles



- Ajustes finales del sistema

Consiste en la aplicación de pruebas funcionales al sistema completo, evaluando el correcto desempeño de módulos clave como el Login, el Registro y la navegación del sitio web en distintos dispositivos, con base en los resultados obtenidos, se realizaron correcciones en aspectos como la validación de formularios, el comportamiento del diseño responsivo y la integración de scripts en JavaScript. Se puede observar en la figura 15 el avance de esta actividad dentro de las fases de la metodología Kanban. También se optimizó la carga de contenido y se mejoró la experiencia de usuario para garantizar una navegación fluida, estos ajustes resultaron fundamentales para asegurar que el sistema operará de forma estable, eficiente y alineada con los objetivos del modelo Tecnopedagógico en un entorno de estudio híbrido, el tiempo asignado a esta fase permitió minimizar errores, realizar pruebas cruzadas y entregar una versión final y funcional.

Figura 15
Kanban – Prueba del proyecto



- Propuestas y Resultados

En dicha fase se analizaron los logros obtenidos tras la implementación de plataforma web basada en el modelo Tecnopedagógico en el estudio de aprendizaje híbrido, destacando su estructura, contenido y funcionalidades que contribuyen a fortalecer el aprendizaje combinado. Se presentaron propuestas de mejora tanto a nivel técnico como pedagógico, tales como la inclusión de recursos interactivos, ampliación de contenidos y posible vinculación con plataformas institucionales. La retroalimentación de los usuarios permitió validar su funcionalidad, usabilidad y pertinencia en un contexto educativo superior, lo cual sirvió para evidenciar que los objetivos planteados en el proyecto fueron alcanzados de manera satisfactoria y que la plataforma contribuye una herramienta valiosa para la innovación en el proceso enseñanza-aprendizaje. Visualizar figura 16 donde se aprecia el desarrollo dentro de la metodología Kanban.

Figura 16
Kanban – Propuestas y Resultados



1. Establecer ciclos de retroalimentación

Al finalizar el desarrollo se revisaron los resultados obtenidos y se formularon propuestas de mejora, basadas en la observación y evaluación del producto, esta etapa se relaciona con la retroalimentación continua, ya que permitió recoger opiniones y realizar ajustes en funciones que requerían perfeccionamiento, la implementación de estos ciclos garantiza un enfoque participativo e impulso la mejora del sistema, con este análisis se reforzó el compromiso con la calidad y la evolución constante del proyecto.

- Evaluación página web

La página web sobre el modelo Tecnopedagógico destaca por su diseño responsivo, como se observa en la figura 17, el cual garantiza que sea funcional y visualmente atractivo en diferentes tamaños. La opción del enfoque “mobile-first”, asegura una experiencia optimizada en pantallas pequeñas, mientras que el uso de unidades relativas y técnicas como Flex box permite una distribución flexible de los elementos. Además, la integración de recursos educativos, como artículos, imágenes, videos y tablas enriquecen la experiencia del usuario, ofreciendo contenido organizado y accesible mediante funcionalidades como el contenido de información del método Tecno – pedagógico.

Figura 17

Página Web Principal



Este diseño modular también permite escalar o actualizar el contenido con facilidad, lo cual es ideal en contextos tecnopedagógicos, donde la evolución constante de las tecnologías y metodologías requiere una estructura flexible, adaptable y enfocada en el aprendizaje significativo. En la figura 18 se puede ver un apartado de la página web creada.

Figura 18

Apartado



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

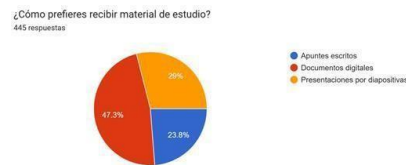
El uso de tecnologías digitales en el ámbito educativo ha dado lugar a nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, especialmente a través del modelo de aprendizaje híbrido, que combina las ventajas de la educación presencial y virtual, el presente proyecto examina la relación de los estudiantes del Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, específicamente aquellos que cursan la carrera de Ingeniería de Sistemas Computacionales, con este enfoque Tecnopedagógico. A través de una encuesta aplicada a una muestra de 445 alumnos de la carrera antes mencionada, se buscó identificar sus preferencias y percepciones sobre el uso de herramientas tecnológicas, las modalidades de enseñanza (presencial, en línea y combinado) y el impacto de estas en el desempeño académico. Se comparten algunas de las preguntas formuladas:

- ¿Cómo prefieres recibir material de estudio?

La mayoría de los estudiantes con un 47.3%, manifiesta preferencia por recibir el material de estudio en formato digital, lo cual confirma el creciente uso de recursos tecnológicos en el proceso educativo. Un 29% elige las presentaciones en diapositivas como su opción principal, mientras que únicamente el 23.8% se inclina por los apuntes escritos a mano. Lo anterior se puede visualizar en la figura 19.

Figura 19

Pregunta 4 Encuesta



- ¿Te sientes cómodo al usar plataformas digitales para aprender (Google Classroom, Microsoft Teams, Kahoot, etc.)?

El análisis de los datos mostrado en la figura 20, indica que el 48% de los estudiantes considera que las plataformas digitales resultan útiles únicamente en situaciones específicas, lo que sugiere que su efectividad varía según el contexto educativo. Por su parte el 35.1% las utiliza de manera frecuente, lo cual demuestra una notable aceptación de la tecnología en el ámbito académico. No obstante, el 16.9% expresa preferencia por métodos convencionales, lo que refleja la permanencia de enfoques tradicionales en los hábitos de estudio de una parte del alumnado.

Figura 20

Pregunta 6 Encuesta



- ¿Crees que usar plataformas digitales en el aprendizaje te ayuda a ser más independiente?

Se muestra el 49.9% de los estudiantes considera que el uso de plataformas digitales fortalece su autonomía ya que les brinda la posibilidad organizar con mayor eficacia su tiempo y recursos. Por otro lado, el 38.8% señala que aun requiere acompañamiento del docente, lo que indica que la orientación académica sigue siendo un componente valioso dentro del modelo combinado. En menor proporción, el 11.3% manifiesta una preferencia por depender totalmente del profesor, lo que confirma una inclinación general hacia formas de aprendizaje más independientes. Lo anterior se puede visualizar en la figura 21.

Figura 21

Pregunta 7 Encuesta

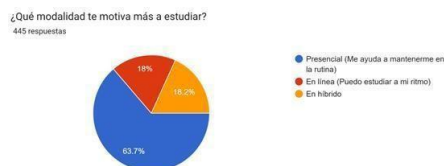


- ¿Qué modalidad te motiva más a estudiar?

De acuerdo con la figura 22, la modalidad presencial resulta la más motivadora para los estudiantes, ya que el 63.7% aprecia la rutina y la estructura que proporciona. En comparación las alternativas en línea 18% e híbrida 18.2% reciben un menor nivel de preferencia, aunque mantienen su importancia, especial mente entre quienes priorizan la flexibilidad y el control individual sobre el ritmo del estudio.

Figura 22

Pregunta 10 Encuesta

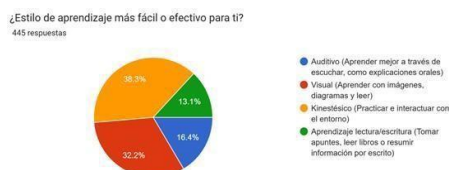


- ¿Estilo de aprendizaje más fácil o efectivo para ti?

Los resultados obtenidos se muestran en la figura 23, en la cual se visualiza que el estilo de aprendizaje kinestésico predomina entre los estudiantes, con un 38.3%, lo cual indica que la interacción práctica y la experiencia directa desempeñan un papel clave en su formación. En segundo lugar, se encuentra el estilo visual, con un 32.2% lo que resalta el valor de los elementos gráficos en la comprensión de contenidos. El estilo auditivo con 16.4% y lectura / escritura con 13.1% representa un menor porcentaje de la muestra.

Figura 23

Pregunta 11 Encuesta



- ¿Accedes frecuentemente a plataformas web para complementar tu aprendizaje?

En la figura 24 se observa que un 39.4% de los estudiantes accede a plataformas web varias veces por semana, mientras que el 37.1% lo hace a diario. Esto datos muestran una presencia constante de herramientas digitales en sus actividades académicas, en cambio solo el 15.4% utiliza estas plataformas únicamente cuando las circunstancias lo requieren, lo que sugiere una menor dependencia de la tecnología en determinados contextos.

Figura 24

Pregunta 12 Encuesta

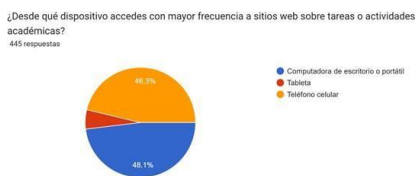


- ¿Desde que dispositivo accedes con mayor frecuencia a sitios web sobre tareas o actividades académicas?

El 48.1% de los estudiantes elige computadoras de escritorio o portátiles para acceder a sitios web vinculados con sus tareas académicas y un porcentaje igual prefiere utilizar teléfonos celulares. Esta coincidencia revela una clara inclinación por dispositivos que ofrecen versatilidad y acceso rápido a la información. En contraste únicamente el 5.6% recurre a tabletas, lo que señala una presencia limitada de este tipo de tecnología en sus hábitos de estudio. Lo anterior se puede visualizar en la figura 25.

Figura 25

Pregunta 13 Encuesta

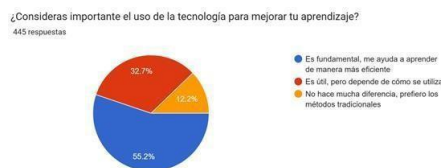


- ¿Consideras importante el uso de la tecnología para mejorar tu aprendizaje?

Una parte significativa de los estudiantes equivale al 55.2%, que percibe la tecnología como un recurso clave para optimizar su proceso de aprendizaje, al reconocer su impacto positivo en la eficiencia académica. Mientras tanto, el 32.7% valora su utilidad, aunque considera que los resultados dependen del uso que se les dé. Por otro lado, también se visualiza en la figura 26 el contraste en que solo el 12.2% de los estudiantes se inclina por métodos tradicionales, lo que revela una preferencia general por la integración de herramientas digitales en el ámbito educativo.

Figura 26

Pregunta 14 Encuesta

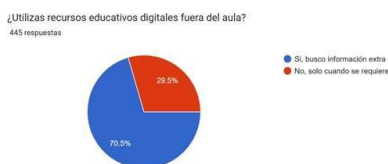


- ¿Utilizas recursos educativos digitales fuera del aula?

En la figura 27 se observa que el 70.5% de los estudiantes que recurren a recursos educativos digitales fuera del aula con el propósito de ampliar sus conocimientos, lo que evidencia una actitud proactiva en su formación. En cambio, el 29.5% los utiliza únicamente cuando resultan necesarios, lo que refleja una relación más limitada con estas herramientas en contextos externos al entorno escolar.

Figura 27

Pregunta 15 Encuesta



El análisis de los resultados permitió obtener una visión más precisa sobre la efectividad del modelo híbrido en la formación académica de los estudiantes, así como la importancia de que el uso de la tecnología es una parte vital en la educación estudiantil actual y se usa cuando es posible en el aula para mejorar el entorno general de aprendizaje.

CONCLUSIÓN

La investigación permitió constatar que el modelo Tecnopedagógico en modalidad B-Learning ofrece un enfoque eficaz para fortalecer el proceso educativo en el nivel superior, la combinación de elementos presenciales y digitales propicia una formación más dinámica, centrada en el estudiante y fomentando el desarrollo de competencias clave en entornos académicos actuales.

El desarrollo de la plataforma web, junto con el análisis de los datos recopilados mediante encuestas, reflejó una respuesta positiva por parte de los estudiantes. La preferencia por recursos digitales y el uso de plataformas como Microsoft Teams confirmaron la relevancia de este modelo en el contexto de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

No obstante, también se identificaron áreas de mejoras, entre ellas destacan la necesidad de fortalecer la capacitación docente, adaptar los programas de estudio y reducir las barreras tecnológicas que aún afectan a una parte del alumnado. Abordar estos aspectos resulta fundamental para garantizar una implementación equitativa y funcional de la tecnopedagogía en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga, C. L. y Dávila, O. M. (2021). La plataforma Blackboard: una herramienta para el proceso de enseñanza- aprendizaje. Hamutáy, 8(1), 42-58. Recuperado de <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/HAMUT/article/view/2237>
- Anderson, T., & Dron, J. (2011). Three generations of distance education pedagogy. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12(3), 80–97. Recuperado de <https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i3.890>
- Asana. (2024, 19 de enero). ¿Qué es la metodología Kanban y cómo funciona? Recuperado de <https://asana.com/es/recursos/que-es-kanban>
- Cerón Peralta, M., Gómez Zermeño, M. G., & Abrego Tijerina, R. (2013). Implementación de B-learning en el nivel superior de educación / Implementation of B-learning on higher education level. Centro Universitario de Desarrollo Intelectual; Tecnológico de Monterrey. Recuperado de <http://www.uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/56/55>
- Garrison, D. R., Anderson, T. y Archer, W. (2000). Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education. The Internet and Higher Education, 2(2-3), 87–105. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1096-7516\(00\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S1096-7516(00)00016-6)
- García Aretio, L. (2020). Blended learning y la convergencia entre la educación presencial y a distancia. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 23(1), 9–22. Recuperado de <https://doi.org/10.5944/ried.23.1.25495>
- Gómez, J. M. (2020). Google Classroom: como herramienta para la gestión pedagógica. Universidad Nacional de Educación del Ecuador. Revista Mamakuna, (14). Recuperado de <http://revistas.unae.edu.ec/index.php/mamakuna/article/view/340>
- Gómez Reyes, L. (2015). B-learning: Ventajas y desventajas en la educación superior. En Eje temático 3. Blended learning: Experiencias en busca de la calidad. Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Temascaltepec. Recuperado de http://eduqa.net/eduqa2017/images/ponencias/eje3/3_47_Gomez_Leydy_-_B-LEARNING_VENTAJAS_Y_DESVENTAJAS_EN_LA_EDUCACION_SUPERIOR.pdf
- Hernández Bieliukas, Y. C. y Aranguren Peraza, G. (2022). Modelo tecnopedagógico de virtualización de entornos educativos. PARADIGMA, 43(2), 219–241. Recuperado de <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2022.p219-241.id1186>
- Lizarro Guzmán, N. (2021). Microsoft Teams como LMS en la educación superior virtual. Revista Compás Empresarial, 12(32), 58–75. Recuperado de <https://revistas.univalle.edu/index.php/compas/article/view/61>
- Martínez, J. (2025). ¿Qué es la metodología Kanban y cómo funciona? Asana, 1(1), 1–10. Recuperado de <https://asana.com/es/resources/what-is-kanban>
- Martín-Herrera, I., Micaletto-Belda, J. P., & Polo Serrano, D. (2021). Google Workspace como plataforma B-learning. Análisis de las percepciones de los estudiantes universitarios de Comunicación [Google Workspace como plataforma B-learning. Análisis de las percepciones de los Grados en Comunicación. Universidad de Guadalajara, 13(2), 106-123. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/apertura/v13n2/2007-1094-apertura-13-02-106.pdf>
- Rehkopf, M. (2016). ¿Qué es un tablero Kanban? Atlassian. Recuperado de <https://www.atlassian.com/es/agile/kanban/boards>
- Rodríguez Palmero, M. L. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: Una revisión aplicable a la escuela actual. Revista Electrónica de Investigación, Educativa y Socioeducativa, 3(1), 29–41. Recuperado de https://ibdigital.uib.es/greenstone/sites/irre/collect/in/index/assoc/in_2011_vol3_n1_p029.dir/in_2011_vol3_n1_p029.p_df
- Ros Martínez de Lahidalga, I. (2012). Moodle, la plataforma para la enseñanza y organización escolar. En Didáctica de la Expresión Corporal. Escuela de Magisterio Vitoria, UPV/EHU. Recuperado de <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/201846/moodle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrano, J. M., & Pons, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 13(1). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol13no1/contenido-serranopons.html>
- Universidad Internacional SEK. (2023). Modelo tecno-pedagógico UISEK (pp. 15–20). Recuperado de <https://uisek.edu.ec/wp-content/uploads/2024/09/modelo-tecno-pedagogico-uisek.pdf>
- UNESCO. (2011). ICT Competency Framework for Teachers. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000213475>
- Vázquez, F., & Escribano Hervis, E. (2022). La interacción en el aprendizaje combinado. Revista Iberoamericana de Investigación en Educación, 2(4), 92–102. Recuperado de <https://www.riied.org/index.php/v1/article/view/44>

Percepción y acercamiento de estudiantes de primaria a la ciencia: Un estudio diagnóstico en quinto grado

DOI: 10.60968/iaet.3594-035X.941

Perla Mayara Alcalá González¹, Rubí Alcalá González² Hilda Cristina Martínez Tovar³ Guadalupe Esmeralda Alcalá González⁴

¹Tecnologico Nacional de Mexico / ITES de la Region Carbonifera,e-mail: 9608@rcarbonifera.com.mx

²Tecnologico Nacional de Mexico / ITES de la Region Carbonifera,e-mail: 9617@rcarbonifera.com.mx

³Tecnologico Nacional de Mexico / ITES de la Region Carbonifera,e-mail: 2220@rcarbonifera.com.mx

⁴Tecnologico Nacional de Mexico / ITES de la Region Carbonifera,e-mail: 2228@rcarbonifera.com.mx

Línea de investigación: Educación

Resumen

La introducción a la ciencia desde una edad temprana es altamente beneficiosa, ya que favorece el desarrollo de habilidades científicas y tecnológicas, además de fortalecer el pensamiento crítico, la curiosidad y la capacidad de análisis en los niños. El objetivo de la presente investigación es identificar el acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, con el fin de analizar posibles diferencias entre género y escuelas participantes. El tipo de investigación tiene una aproximación cuantitativa, con alcance descriptivo y comparativo, es un diseño no experimental y transversal. La muestra estuvo conformada por 129 alumnos de quinto grado pertenecientes a cuatro escuelas primarias públicas y privadas. El proceso de recopilación de datos se realizó mediante un cuestionario estructurado, aplicado de forma presencial, y posteriormente capturado en Google Forms para su conversión de datos en información. El análisis estadístico es de tipo descriptivo para el análisis de edad y preferencias, y la prueba de Chi-cuadrada para identificar diferencias entre género y tipo de escuela. Los resultados reflejan que, las Ciencias Naturales no es la materia con mayor preferencia, pero se tiene un interés relevante entre los alumnos. Se identificó una clara preferencia por un aprendizaje basado en la práctica y la experimentación, siendo esta última la actividad favorita. No se encontraron diferencias significativas entre niños y niñas en la preferencia por aprender ciencia; sin embargo, sí se observaron diferencias significativas en la participación en ferias y proyectos científicos según el tipo de escuela, siendo mayor en las escuelas privadas. Se concluye que el acercamiento hacia la ciencia en educación primaria está influenciado principalmente por las experiencias prácticas y el contexto escolar, más que por el género.

Palabras clave: aprendizaje experimental, ciencia, educación científica, género, tipo de escuela.

Abstract

Technological and critical thinking skills. The objective of the present research is to identify the approach of fifth-grade primary school students towards science, considering their interests, previous experiences, and preferred learning styles, in order to analyze possible differences between gender and participating schools. The type of research is quantitative, with a descriptive and comparative scope; it is a non-experimental and cross-sectional design. The sample consisted of 129 fifth-grade students from four public and private primary schools. The data collection process was carried out using a structured questionnaire, administered in person, and later entered into Google Forms for conversion of data into information. The statistical analysis is descriptive for age and preference analysis, and the chi-square test is used to identify differences between gender and type of school. The results show that Natural Sciences are not the most preferred subject, but there is a relevant interest among students. A clear preference for learning based on practice and experimentation was identified, with the latter being the favorite activity. No significant differences were found between boys and girls in the preference for learning science; however, significant differences were observed in participation in science fairs and projects according to the type of school, being higher in private schools. It is concluded that the approach to science in primary education is mainly influenced by practical experiences and the school context, rather than by gender.

Keywords: experiential learning, science, science education, gender, type of school.

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología desempeñan un papel fundamental en el desarrollo social, económico y cultural de las sociedades actuales, por lo que fomentar el interés por la ciencia desde edades tempranas se ha convertido en una prioridad educativa. La educación científica en el nivel básico no solo contribuye a la adquisición de conocimientos, sino también al desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas (UNESCO, 2017).

Durante la formación básica se pueden construir actitudes, intereses y percepciones hacia la ciencia que pueden repercutir en la trayectoria académica futura. Diversos autores señalan que el gusto por la ciencia está estrechamente relacionado con las experiencias de aprendizaje, especialmente aquellas que involucran actividades prácticas, la experimentación y el uso de recursos visuales. Sin embargo, el enfoque de la enseñanza de la ciencia continúa basándose en métodos tradicionales, lo que genera una brecha en la motivación y el interés de los alumnos.

Resulta relevante analizar cómo se acercan los alumnos de educación primaria a la ciencia, qué les motiva a aprenderla, qué experiencias previas han tenido y de qué manera prefieren hacerlo. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo identificar el acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, así como analizar posibles diferencias entre género y escuelas participantes.

Los resultados de esta investigación proporcionan datos importantes para conocer el interés científico en la educación primaria y pueden servir como base para el diseño de estrategias pedagógicas efectivas, inclusivas y equitativas, orientadas a promover la enseñanza de la ciencia y fomentar una cultura científica desde edades tempranas.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Identificar el acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, con el fin analizar posibles diferencias entre género y escuelas participantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los intereses de los alumnos de quinto grado hacia el aprendizaje de la ciencia.
- Identificar las experiencias previas que han tenido los estudiantes con actividades científicas dentro y fuera del aula.
- Determinar las formas de aprendizaje de la ciencia que los alumnos prefieren
- Analizar las diferencias en el acercamiento a la ciencia entre niños y niñas.
- Comparar el acercamiento a la ciencia entre las escuelas participantes para identificar variaciones en el interés o motivación.

OBJETO DE ESTUDIO

El acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, así como las diferencias según el género y la escuela de procedencia.

METODOLOGÍA

El tipo de investigación es de enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y comparativo, ya que busca identificar el acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia a partir de sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, así como analizar posibles diferencias en función del género y el tipo de escuela. El diseño del estudio es no experimental y transversal, debido a que los datos se recolectaron en un solo momento, sin manipulación de variables.

La población y muestra estuvo conformada por alumnos de quinto grado de primaria pertenecientes a cuatro escuelas primarias, tanto públicas como privadas y la muestra estuvo integrada por 129 estudiantes, quienes participaron de manera voluntaria. La selección de la muestra fue de tipo no probabilística por conveniencia, considerando la accesibilidad y autorización de las instituciones educativas participantes.

La técnica e instrumento de recopilación de datos utilizada para la recopilación de datos fue la encuesta, aplicada de forma presencial a los alumnos de quinto grado. El instrumento consistió en un cuestionario estructurado, las respuestas obtenidas fueron capturadas en la plataforma Google Forms, lo que permitió su organización y procesamiento para el análisis estadístico.

El análisis de la información se realizó mediante estadística descriptiva y estadística inferencial, de acuerdo con la naturaleza de las variables, se aplicó estadística descriptiva para el análisis de la edad de los estudiantes, así como para obtener frecuencias y porcentajes de las respuestas relacionadas con la materia que más les gusta en la escuela y las actividades que prefieren realizar en la clase de ciencias. Una de las preguntas abiertas “Si pudieras inventar algo para mejorar el mundo, ¿qué te gustaría inventar?” fue analizada mediante un análisis descriptivo de contenido, identificando ideas recurrentes y categorías generales. Para analizar la relación

entre el género y el nivel de agrado hacia la ciencia (mucho, un poco, no mucho, nada, todo), se utilizó la prueba estadística de Chi cuadrada para identificar posibles asociaciones entre la participación en proyectos de ciencia y el género y el tipo de escuela (pública y privada) y el acercamiento a la ciencia. Los resultados obtenidos permitieron identificar tendencias, diferencias y relaciones significativas en el acercamiento de los alumnos hacia la ciencia, en función de las variables analizadas. El análisis de los datos recopilados se realizó utilizando técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales mediante el software Minitab 18.

FASES DEL DESARROLLO

Para llevar a cabo el desarrollo de la investigación se realizó en tres fases

Fase 1 Diseño del cuestionario

Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado, dirigido a alumnos de quinto grado de primaria, con el propósito de identificar su acercamiento hacia la ciencia. El instrumento recopila datos generales del participante (edad, sexo y escuela) y está conformado por ocho reactivos, organizados en una sección principal de preguntas cerradas y una pregunta abierta.

Las preguntas cerradas utilizan opciones de respuesta sencillas y comprensibles para el nivel educativo de los participantes, permitiendo identificar el interés por la ciencia, el uso de tecnología, las preferencias de aprendizaje, la participación en actividades científicas, la percepción de igualdad de género en ciencia y tecnología, la disponibilidad de materiales en el hogar y la materia escolar de mayor preferencia. Asimismo, se incluye una pregunta abierta orientada a explorar de manera descriptiva las ideas creativas e intereses científicos de los alumnos, al solicitarles proponer un invento que pudiera mejorar el mundo.

Fase 2 Recolección de datos y análisis estadístico

Se aplicaron 129 encuestas, alumnos de quinto años de cuatro primarias. El cuestionario fue aplicado de forma presencial, garantizando la comprensión de los reactivos por parte de los alumnos, y posteriormente las respuestas fueron capturadas en Google Forms para su organización y análisis estadístico.

Este enfoque permitió recopilar una muestra representativa y diversa. Se realizó un análisis estadístico que incluyó el análisis con estadística descriptiva, calculando promedios y desviación estándar, además de gráficos como histogramas, así como también con estadística inferencial donde se utilizaron las pruebas Chi cuadrada, para identificar relaciones y diferencias significativas entre las variables.

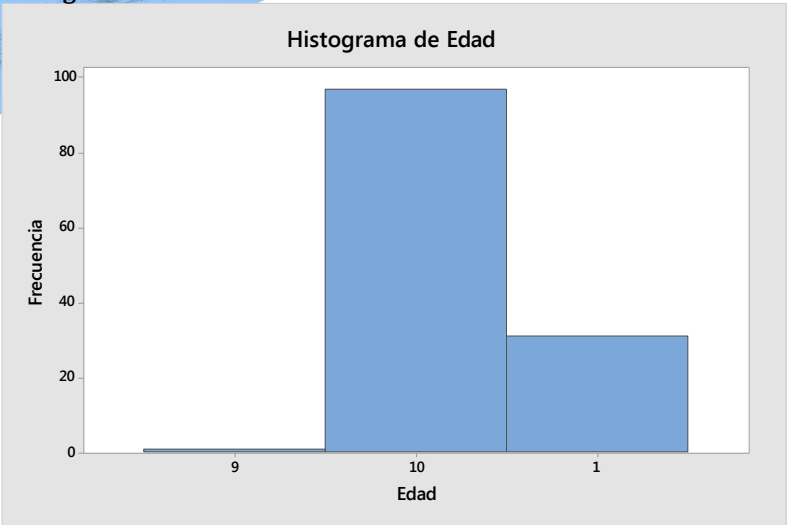
Fase 3 Interpretación de resultados

Los resultados permitieron analizar la interpretación de los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico, con el propósito de comprender el acercamiento de los alumnos de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, experiencias previas y formas de aprendizaje preferidas, así como las diferencias según género y tipo de escuela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el histograma de edad se observa que los 129 alumnos participantes presentan una edad promedio de 10.23 años, con una desviación estándar de 0.442 esto mismo se visualiza en la tabla 1, lo que indica una baja dispersión de los datos. La mayor concentración de los estudiantes se encuentra entre los 10 y 11 años, lo cual es consistente con el rango de edad esperado para alumnos de quinto grado de primaria. Estos resultados reflejan una población homogénea en términos de edad, adecuada para el análisis del acercamiento hacia la ciencia en este nivel educativo.

Figura 35
Histograma edad de alumnos



Nota: Elaboración propia en el software Minitab 18

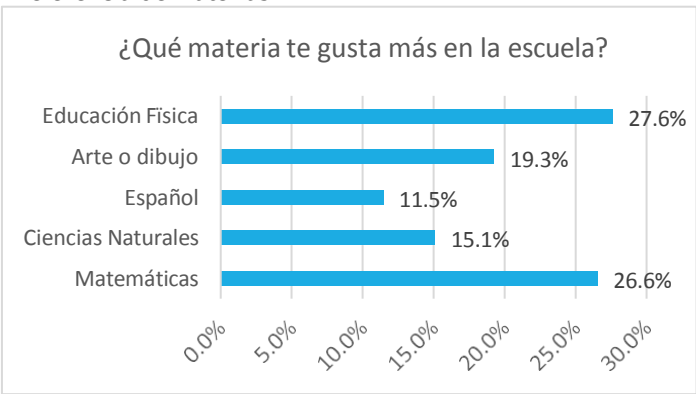
Tabla 12
Estadística descriptiva de la edad de alumnos

Variable	N	N*	Media	Desv. Est.
Edad	129	0	10.233	0.442

Nota: Elaboración propia en el software Minitab 18

Diversos estudios indican que, aunque los estudiantes de educación básica muestran curiosidad natural por la ciencia, su preferencia por esta asignatura puede verse superada por materias con mayor componente lúdico o físico, especialmente cuando la enseñanza de la ciencia se centra en métodos tradicionales (Osborne, Simon & Collins, 2017). En relación con la pregunta ¿Qué materia te gusta más en la escuela?, los resultados se muestran en la Figura 2 donde la Educación Física es la asignatura con mayor preferencia, al concentrar el 27.6 % de las respuestas, seguida muy de cerca por Matemáticas con 26.5 %. En tercer lugar, se encuentra Arte o dibujo, con un 19.3 %, mientras que Ciencias Naturales representa el 15.1 % de las preferencias. Finalmente, la asignatura de español presenta el menor porcentaje, con 11.5 %. Estos resultados evidencian que, aunque Ciencias Naturales no es la materia con mayor preferencia, mantiene un nivel de interés relevante entre los alumnos participantes.

Figura 36
Preferencia de materias



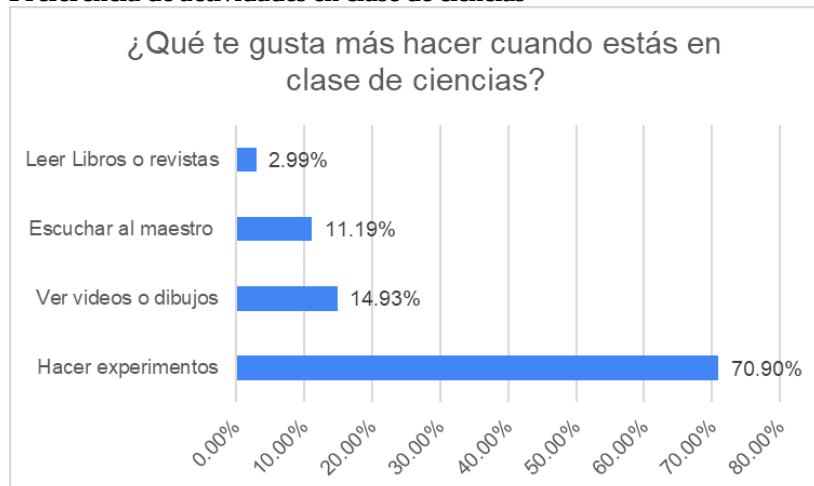
Nota: Elaboración propia en Excel

El aprendizaje basado en la experimentación favorece la motivación, la comprensión conceptual y el interés sostenido por la ciencia en estudiantes de nivel básico (Hofstein & Kind, 2018). Respecto a la pregunta ¿Qué te gusta más hacer cuando estás en clase de ciencias?, la Figura 3 muestra los resultados donde se indican una clara preferencia por las actividades prácticas. La opción “Hacer experimentos” concentra el 70.90 % de las respuestas, posicionándose como la actividad favorita de la mayoría de los estudiantes. En menor proporción, los alumnos señalaron que les gusta ver videos o dibujos, con un 14.93 %, seguido de escuchar al maestro, con 11.19 %. La actividad con menor preferencia fue leer libros o revistas, con apenas 2.99 % de las respuestas. Estos resultados muestran que los alumnos se sienten más motivados cuando el aprendizaje de la ciencia se realiza mediante experiencias prácticas y visuales.

De acuerdo con National Research Council (2018). Las actividades prácticas permiten que los estudiantes se involucren activamente en la construcción del conocimiento científico, lo cual incrementa su actitud positiva hacia la ciencia desde edades tempranas.

Figura 37

Preferencia de actividades en clase de ciencias



Nota: Elaboración propia en Excel

La educación científica en la infancia favorece el desarrollo de una conciencia social y ambiental, reflejada en la capacidad de los niños para proponer soluciones a problemas reales mediante ideas científicas y tecnológicas (Bybee, 2018).

El análisis descriptivo de contenido de las preguntas abiertas “Si pudieras inventar algo para mejorar el mundo, ¿qué te gustaría inventar?” se clasifica en siete categorías principales según su contenido. El cuidado del medio ambiente fue la categoría más mencionada con una frecuencia de aproximadamente el 43% mencionaban inventos para reducir basura, limpiar agua, sembrar árboles, filtros, máquinas no contaminantes, robots que limpian, entre otros. Esto indica una alta sensibilidad ambiental y una preocupación recurrente por la contaminación, otra categoría incluye robots asistentes, robots médicos, aparatos para discapacitados, teléfonos avanzados, aparatos tecnológicos, robots domésticos, destaca la idea del robot como símbolo de solución para problemas cotidianos y sociales. La categoría de salud y cura de enfermedades incluye la búsqueda de la cura del cáncer, la creación de inventos para sanar a los enfermos o el desarrollo de máquinas que aceleren los procesos de curación. Esto refleja empatía y conciencia sobre la importancia de la salud, posiblemente influenciada por experiencias familiares o por los medios de comunicación. Otra categoría es inventos futuristas o de fantasía, los alumnos muestran creatividad e imaginación al proponer inventos propios de la ciencia ficción. Indica un interés lúdico por la tecnología y la imaginación científica. Otras categorías son justicia, reglas y seguridad, ayuda social y bienestar, máquinas para evitar acoso, reglas para evitar desigualdad y racismo, robots que pongan multas, cámaras de seguridad. Una minoría no logró imaginar un invento específico, lo que es normal en encuestas abiertas.

Los resultados de la investigación se asemejan a la afirmación de las investigaciones recientes señalan que, en la educación primaria, no existen diferencias significativas en el interés por la ciencia entre niños y niñas, siempre que ambos tengan acceso a experiencias educativas similares (UNESCO, 2017). Con la intención de identificar si existían diferencias significativas entre el género y la preferencia por aprender cosas de ciencia, se utilizó la prueba estadística Chi-cuadrada de Pearson. Los resultados en la Tabla 2 muestran un valor de $\chi^2 = 4.807$, con 3 grados de libertad, y un valor $p = 0.186$. al igual que la prueba de relación de verosimilitud arrojó un valor de $\chi^2 = 4.948$, con 3 grados de libertad, y un valor $p = 0.176$. Dado que en ambos casos el valor p es mayor a 0.05, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el género y la preferencia por aprender cosas de ciencia. Esto nos lleva a concluir que el nivel de agrado hacia la ciencia (mucho, un poco, no mucho, nada) es similar tanto en hombres como en mujeres dentro de la muestra seleccionada. Estos resultados apuntan que la preferencia por el aprendizaje de la ciencia en los alumnos de quinto grado

no está determinada por el género. Bien mencionan Master et al., (2017) Las brechas de género en ciencia no se originan en la infancia, sino que se desarrollan posteriormente debido a factores socioculturales y educativo.

Tabla 13

Chi-cuadrada genero vs preferencia por aprender cosas de ciencia

Genero vs preferencia por ap render cosas de ciencia			
Prueba Chi-cuadrada			
	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	4.807	3	0.186
Relación de verosimilitud	4.948	3	0.176

Nota: Elaboración propia en el software Minitab 18

La OECD, (2019) menciona que la participación de los estudiantes en ferias de ciencia y proyectos de innovación está influida por el contexto institucional, la disponibilidad de recursos y el apoyo escolar, lo que suele favorecer a escuelas con mayor infraestructura. Con la finalidad de analizar la diferencia entre el tipo de escuela (pública y privada) y la participación de los alumnos en ferias de ciencia, concursos o proyectos de invención o construcción, se aplicó la prueba Chi-cuadrada de Pearson.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3 donde se observa que el valor de $\chi^2 = 12.737$, con 2 grados de libertad, y un valor $p = 0.002$. De manera complementaria, la prueba de relación de verosimilitud arrojó un valor de $\chi^2 = 10.610$, con 2 grados de libertad, y un valor $p = 0.005$. en las dos pruebas, el valor p es menor a 0.05, lo que indica la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre el tipo de escuela y la participación en este tipo de actividades científicas.

Tabla 14

Chi-cuadrada tipo de escuela vs participación en actividades científicas

Prueba Chi-cuadrada			
	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	12.737	2	0.002
Relación de verosimilitud	10.610	2	0.005

Nota: Elaboración propia en el software Minitab 18

Las experiencias extracurriculares en ciencia fortalecen el interés científico, pero su acceso no es equitativo entre distintos tipos de escuelas (Falk et al., 2018). En los resultados apuntan algo similar a la cita, que la participación de los estudiantes en ferias de ciencia, concursos o proyectos de invención depende del tipo de escuela. A partir de la distribución de frecuencias observada, se asemeja que los alumnos de escuelas privadas presentan una mayor participación, lo que se presume que estas instituciones promueven eventos alineados con la ciencia, la creatividad y la innovación, no obstante, esta diferencia no implica falta de interés por parte de los estudiantes, sino más bien diferencias en las oportunidades y contextos educativos.

CONCLUSIÓN

La presente investigación permitió conocer la proximidad de los niños y niñas de quinto grado de primaria hacia la ciencia, considerando sus intereses, y formas de aprendizaje preferidas, así como las posibles diferencias en función del género y el tipo de escuela.

En primer lugar, los resultados muestran que los estudiantes presentan una mayor preferencia por asignaturas como Educación Física, Arte o Dibujo y Matemáticas, mientras que en menor proporción se inclinan por las Ciencias Naturales. Los alumnos refieren que les gusta actividades más dinámicas, prácticas o retadoras, lo cual representa una oportunidad para fortalecer la enseñanza de la ciencia mediante estrategias activas.

Se resume que la preferencia del aprendizaje es experimental, ya que la mayoría señaló que lo que más les gusta hacer en la clase de ciencias es realizar experimentos. Esto apunta a la necesidad de generar estrategias didácticas que incorporen metodologías prácticas, visuales y participativas, las cuales favorezcan el interés y la preferencia por la ciencia desde edades tempranas.

El análisis en preguntas abiertas permite identificar una alta sensibilidad social y ambiental en los estudiantes, reflejada en la propuesta de inventos relacionados principalmente con el cuidado del medio ambiente, la salud, la tecnología y el bienestar social. Estas ideas apuntan la creatividad, la ilusión científica y la conciencia sobre problemáticas reales, lo cual es importante de evidenciar el potencial de la educación científica para formar futuros investigadores críticos y comprometidos.

El análisis estadístico inferencial, como bien lo mencionan los autores no mostró diferencias significativas entre niños y niñas en relación con la preferencia por aprender ciencia, lo que permite concluir que el interés científico en este nivel educativo no está

determinado por el género. Este resultado nos ayuda a confirmar lo importante de promover una educación científica equitativa, que tenga las mismas oportunidades de aprendizaje entre todos los alumnos sin importar el género.

Finalmente, las diferencias significativas entre el tipo de escuela y la participación en ferias de ciencia, concursos o proyectos de invención, observándose una mayor participación en las escuelas privadas. Este resultado sugiere que la disponibilidad de recursos influye en las oportunidades de involucramiento en actividades científicas, más que en el interés de los alumnos, lo que pone de manifiesto realizar acciones para brindar y promover este tipo de eventos y actividades en las escuelas públicas.

En resumen, los hallazgos de esta investigación destacan la importancia de fomentar experiencias prácticas, creativas e inclusivas en la enseñanza de la ciencia, así como promover y gestionar condiciones equitativas que permitan a todos los niños desarrollar su interés y potencial científico en la educación primaria, como parte de un semillero en el que nazcan, se desarrollen y se potencien los futuros científicos de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Bybee, R. W. (2018). STEM education: What is it? *Science*, 359(6377), 112–114.

Falk, J. H., Dierking, L. D., & Foutz, S. (2018). The value of informal STEM education. National Academies

Press. Hofstein, A., & Kind, P. (2018). Learning in and from chemistry laboratories. *Science Education*, 102(2), 321–345.

Master, A., Cheryan, S., & Meltzoff, A. N. (2017). Social group membership and STEM engagement. *Journal of Educational Psychology*, 109(1), 1–17.

National Research Council. (2018). How people learn II. National Academies

Press. OECD. (2019). Education at a glance. OECD Publishing.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2017). Attitudes towards science. *International Journal of Science Education*, 39(7), 1–19.

UNESCO. (2017). Cracking the code: Girls' and women's education in STEM. UNESCO Publishing.

Diseño de uso de hologramas, realidad aumentada y virtual para creación de un prototipo de una presentación

Otoniel Sánchez de la Cruz¹, Dra. Juana Canul Reich²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, E-mail: 212H17047@alumno.ujat.mx

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, E-mail: juana.canul@ujat.mx

Línea de investigación: Software

Resumen

El presente trabajo propone el diseño de una aplicación web inmersiva que utilice tecnologías de realidad virtual, aumentada y holográfica para innovar en la forma de presentar contenido institucional. El objetivo principal es desarrollar un entorno digital en 360°, donde el usuario pueda visualizar videos e imágenes representativas dentro de una experiencia envolvente y didáctica. Para el diseño del entorno se plantea el uso de herramientas web como HTML5, CSS3, JavaScript y el framework A-Frame, complementadas con Three.js para el manejo de objetos tridimensionales y bibliotecas multimedia compatibles con WebXR.

La metodología propuesta es de tipo ágil, con etapas iterativas que contemplan análisis, diseño, desarrollo y validación. En la fase de análisis se definirán los requerimientos funcionales y la disposición espacial de los elementos; en la fase de diseño se establecerá la estructura del entorno virtual y la integración de los recursos visuales; finalmente, se proyectan pruebas de compatibilidad en navegadores y dispositivos con soporte VR.

Se espera que este proyecto contribuya al fortalecimiento de la divulgación académica y científica mediante experiencias interactivas, accesibles y atractivas para distintos públicos. Además, permitirá sentar las bases para futuras aplicaciones educativas y de comunicación institucional que aprovechen la realidad inmersiva como medio de interacción.

Palabras clave: A-Frame, hologramas, realidad aumentada, realidad virtual, WebXR

Abstract

This work proposes the design of an immersive web application that uses virtual, augmented, and holographic reality technologies to innovate the way institutional content is presented. The main objective is to develop a 360° digital environment where users can visualize videos and representative images within an engaging and didactic experience. The environment design will rely on web tools such as HTML5, CSS3, JavaScript, and the A-Frame framework, complemented by Three.js for 3D object management and multimedia libraries compatible with WebXR.

The proposed methodology is agile, with iterative stages that include analysis, design, development, and validation. During the analysis phase, functional requirements and spatial arrangement of the elements will be defined; in the design phase, the structure of the virtual environment and integration of visual resources will be established; and finally, compatibility tests are projected for browsers and VR-supported devices.

This project is expected to contribute to the strengthening of academic and scientific dissemination through interactive, accessible, and attractive experiences for diverse audiences. Moreover, it will lay the groundwork for future educational and institutional communication applications that leverage immersive reality as a means of interaction.

Keywords: A-Frame, augmented reality, holograms, virtual reality, WebXR

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las tecnologías inmersivas como la realidad virtual, aumentada y el uso de hologramas han comenzado a transformar los medios de comunicación, la educación y la divulgación institucional. Estas herramientas permiten crear entornos tridimensionales donde el usuario puede interactuar de forma más cercana con la información, generando experiencias visuales que superan los límites de las presentaciones tradicionales.

A partir de esta tendencia tecnológica, se plantea el desarrollo de una aplicación web inmersiva en 360° que funcione como una nueva forma de mostrar contenido institucional, en especial material audiovisual y gráfico, dentro de un espacio virtual envolvente. El propósito es ofrecer una alternativa innovadora a los métodos convencionales de difusión, haciendo más atractiva la presentación de los informes o eventos institucionales mediante un entorno digital accesible desde navegadores compatibles con WebXR y visores de realidad virtual.

Este proyecto busca aprovechar las ventajas de tecnologías web como HTML5, CSS3, JavaScript, A-Frame y Three.js, para construir un escenario tridimensional interactivo en el cual se integren videos, imágenes y elementos visuales. A diferencia de las plataformas tradicionales, esta propuesta pretende ofrecer una navegación fluida, intuitiva y adaptada a diferentes dispositivos, desde computadoras

hasta visores de bajo costo. La investigación se sustenta en la necesidad de modernizar los medios de divulgación institucional, fomentando experiencias más interactivas y accesibles, especialmente para públicos jóvenes familiarizados con entornos digitales. En este contexto, las variables principales del estudio se relacionan con la interactividad, la usabilidad y el nivel de inmersión percibido por el usuario. El presente artículo aborda la problemática, el diseño conceptual y la metodología propuesta para el desarrollo de este proyecto, describiendo las herramientas y fases de trabajo que permitirán su construcción y validación futura.

DESARROLLO

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una aplicación web inmersiva basada en tecnologías de realidad virtual, aumentada y holográfica, que permita la visualización de contenido institucional en un entorno tridimensional interactivo, con el fin de mejorar la forma en que se presentan y difunden los materiales audiovisuales académicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

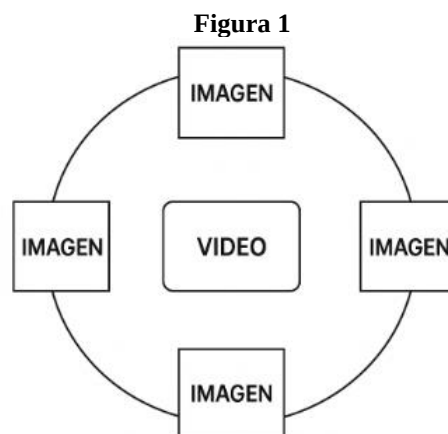
- Analizar las tecnologías web disponibles para la creación de entornos inmersivos compatibles con WebXR.
- Diseñar la estructura conceptual del entorno virtual en 360°, integrando video, imágenes y objetos tridimensionales.
- Implementar una metodología de desarrollo ágil que facilite la planeación iterativa y la mejora continua del proyecto.
- Proponer un modelo de visualización que garantice una experiencia fluida, accesible y adaptable a distintos dispositivos.
- Evaluar la factibilidad técnica y educativa del uso de entornos inmersivos como herramienta de divulgación institucional.

OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de esta investigación es el entorno web inmersivo en 360° orientado a la presentación de contenido institucional mediante tecnologías de realidad virtual, aumentada y holográfica.

Este objeto de estudio se fundamenta en la creciente necesidad de modernizar los medios de difusión académica y administrativa, integrando experiencias digitales más interactivas. A través de este entorno, se busca estudiar la relación entre inmersión, usabilidad y comprensión del contenido, así como las ventajas que la realidad virtual puede ofrecer en contextos educativos e institucionales.

Como se observa en la figura 1, el video principal se ubicará en el centro del entorno, mientras que las imágenes representativas se distribuyen a su alrededor siguiendo una estructura circular que mantiene la atención del usuario.

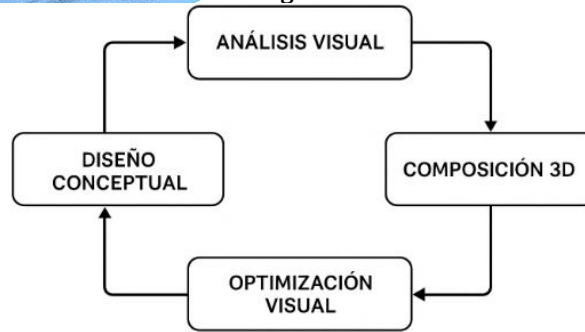


Diseño Estructural del Entorno Virtual en 360 Grados

Nota. Representa la disposición espacial del video y las imágenes dentro del entorno inmersivo.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 2, el proceso de diseño del entorno inmersivo será de manera secuencial e iterativa, iniciando con el análisis visual de los elementos que conforman la escena, seguido del diseño conceptual donde se definirá la estructura espacial del entorno. Posteriormente, se realizará la composición tridimensional en la que se distribuyeron los elementos visuales dentro del espacio 360°, finalizando con la optimización visual para ajustar proporciones, escalas y armonía general. Este flujo permitirá consolidar un diseño equilibrado, coherente y visualmente funcional.

Figura 2*Proceso de Diseño del Entorno inmersivo*

Nota: Representa el flujo de trabajo para estructurar el entorno tridimensional. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 1, el proceso de diseño se organizará en cuatro fases secuenciales que permitirán estructurar y refinar el entorno inmersivo, garantizando coherencia estética y funcionalidad visual.

Tabla 1*Comparativa de Fases y Elementos del Diseño del Entorno inmersivo*

Fase del Diseño	Descripción Propuesta	Elementos Clave	Herramientas Consideradas
Análisis Visual	Se prevé realizar una revisión de referencias visuales que sirvan de base para definir el estilo general del entorno inmersivo.	Paleta cromática, estilo gráfico, referencias 360°.	Repositorios visuales, bibliotecas de recursos digitales.
Diseño Conceptual	Se plantea elaborar bocetos y esquemas espaciales que permitan visualizar la estructura inicial del entorno 3D.	Croquis, esquemas 3D preliminares.	Illustrator, Figma, Blender, Canva.
Composición Tridimensional	Se proyecta integrar el video central y las imágenes envolventes, cuidando la distribución espacial y la coherencia visual.	Video central, imágenes inmersivas, puntos de interés.	Visual Studio Code, HTML, A-Frame.
Optimización Visual	Se prevé ajustar iluminación, contraste y color para mantener consistencia y rendimiento visual en diferentes dispositivos.	Sombras, reflejos, niveles de color, balance visual.	Canva, herramientas de edición gráfica.

Nota. La tabla presenta la secuencia metodológica para la elaboración del diseño visual y estructural del entorno inmersivo.

Fuente: Elaboración propia

Los principios de diseño visual en la construcción del entorno inmersivo serán determinantes para garantizar la coherencia estética y la funcionalidad perceptiva del espacio tridimensional. Estos principios servirán como base conceptual para organizar los elementos del entorno de manera equilibrada, legible y atractiva para el usuario. Tabla 2

Tabla 2*Principios de Diseño Aplicados al Entorno Inmersivo*

Principio de Diseño	Descripción	Aplicación en el Entorno
Equilibrio visual	Distribuir el peso visual de manera uniforme.	Posicionamiento del video central respecto a las imágenes periféricas.
Contraste	Diferenciar elementos mediante color, forma o tamaño.	Uso de distintos tamaños y luminancia entre elementos para dirigir la atención.
Proporción	Relación armónica entre los elementos del entorno.	Escala del video central respecto a las imágenes laterales.
Unidad	Integrar los componentes en un conjunto coherente.	Paleta cromática uniforme y estilo visual consistente.
Jerarquía	Priorizar la importancia visual de los elementos.	Enfatizar el video como foco principal de la composición.

Nota. Resume los principios estéticos para mantener coherencia visual en el entorno inmersivo.
Fuente: Elaboración propia.

METODOLOGÍA

La metodología seleccionada para este proyecto es el Desarrollo Ágil, dado que permite una evolución continua del prototipo mediante ciclos cortos de planificación, diseño, implementación y retroalimentación. Este enfoque facilita la adaptación del proyecto a nuevas necesidades tecnológicas y funcionales durante su desarrollo.

Las etapas principales son:

- **Análisis de requerimientos:** Se identifican las necesidades funcionales, el tipo de contenido a mostrar y los dispositivos objetivo.
- **Diseño del entorno virtual:** Se definen los elementos tridimensionales, posiciones espaciales y recursos gráficos necesarios.
- **Implementación:** Se integran las tecnologías HTML5, CSS3, JavaScript, A-Frame y Three.js para la construcción del entorno 360°.
- **Pruebas y validación:** Se proyectan evaluaciones de compatibilidad y usabilidad en diferentes navegadores y visores VR.

FASES DEL DESARROLLO

El desarrollo propuesto se estructura en una serie de fases basadas en la metodología ágil, con el propósito de garantizar una evolución continua del proyecto y una adaptación flexible a las necesidades del entorno inmersivo. Cada fase se orienta a un resultado específico que contribuya a la construcción del entorno virtual en 360 grados.

Fase 1. Planeación

En esta fase se proyecta la recopilación de información teórica y técnica relacionada con la realidad virtual, aumentada y el uso de hologramas. Se establecerán los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación, así como los recursos tecnológicos necesarios para su desarrollo. El resultado esperado consiste en un documento base de planificación que defina el alcance, las herramientas y los criterios de evaluación del proyecto.

Como se muestra en la Tabla 3, la planeación contempla la selección de tecnologías que faciliten el desarrollo del entorno inmersivo.

Tabla 3
Recursos Tecnológicos Considerados en la Fase de Planeación

Recurso o herramienta	Propósito	Resultado esperado
HTML5 y CSS3	Estructura y diseño del entorno web inmersivo.	Base de la interfaz visual.
A-Frame y Three.js	Construcción del entorno tridimensional.	Prototipo funcional del escenario.
WebXR	Compatibilidad con visores VR y navegadores.	Integración multiplataforma.

Nota: Esta fase contempla la planificación técnica inicial del entorno inmersivo

Fuente: Elaboración propia

Fase 2. Análisis y Diseño Conceptual

Durante esta etapa se prevé realizar el análisis visual y conceptual del entorno inmersivo. Se elaborarán esquemas preliminares que representen la distribución espacial de los elementos, tales como el video principal y las imágenes complementarias. El resultado de esta fase será la propuesta de diseño tridimensional que servirá como guía para la implementación del entorno.

Como se aprecia en la Tabla 4, el diseño conceptual define los componentes principales que estructurarán el entorno tridimensional.

Tabla 4
Elementos Proyectados en el Diseño Conceptual

Elemento	Función dentro del entorno	Tipo de recurso
Video central	Núcleo informativo de la experiencia.	Recurso audiovisual.
Imágenes envolventes	Complemento visual del contenido principal.	Material gráfico institucional.
Puntos de interés	Enlaces a eventos o información adicional.	Elementos interactivos.

Nota: La tabla resume los elementos principales considerados en la propuesta de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Fase 3. Desarrollo e Integración

En esta fase se propone la implementación gradual de los componentes definidos en el diseño conceptual. Se utilizarán tecnologías web como HTML5, CSS3, JavaScript y los frameworks A-Frame y Three.js para la creación del entorno tridimensional. El resultado esperado es un entorno funcional en fase de prueba, capaz de visualizar los recursos audiovisuales de manera coherente y estable.

Fase 4. Evaluación y Optimización

Esta etapa contempla la verificación del rendimiento y la compatibilidad del entorno con distintos dispositivos y navegadores. Se analizarán aspectos de usabilidad, tiempo de carga y experiencia inmersiva del usuario. Como resultado, se proyecta la identificación de áreas de

mejora para optimizar la fluidez, el contraste visual y la interacción dentro del entorno.

Fase 5. Documentación y Proyección

Finalmente, se elaborará la documentación técnica del proyecto, en la cual se incluirán los resultados obtenidos y las proyecciones de mejora. Esta fase permitirá establecer una base sólida para futuras ampliaciones del entorno, como la integración de sonido espacial o controles de navegación más avanzados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados esperados del presente proyecto se orientan a la validación técnica y funcional de un entorno virtual inmersivo en 360 grados, desarrollado mediante tecnologías web de libre acceso. Se proyecta que el sistema propuesto permitirá la integración de videos e imágenes institucionales dentro de un espacio tridimensional accesible desde navegadores compatibles con la interfaz WebXR.

En la discusión de estos resultados se considera que la utilización de tecnologías inmersivas en procesos de divulgación académica representa una alternativa innovadora frente a los métodos convencionales de presentación. De confirmarse las proyecciones, la implementación de este entorno virtual podría fortalecer la comunicación institucional, incentivar el interés del público joven y sentar las bases para la creación de futuras herramientas educativas basadas en realidad extendida.

CONCLUSIÓN

Se propone una alternativa innovadora para la presentación institucional mediante la aplicación de tecnologías de realidad virtual, aumentada y holográfica. A través del diseño de un entorno inmersivo en 360 grados, se plantea un modelo que busca transformar la forma en que se comunican los contenidos académicos, ofreciendo una experiencia más interactiva, visual y accesible para el usuario.

De manera general, los resultados esperados permitirán evidenciar el potencial de la realidad extendida como medio de comunicación institucional y educativa. Su implementación futura podría contribuir al fortalecimiento de la identidad universitaria, al fomento de la innovación tecnológica y al acercamiento entre la comunidad académica y las herramientas digitales de nueva generación.

REFERENCIAS

- Emiliusvgs. (2019, 18 de diciembre). *Tutorial A-Frame & ARJS Realidad Aumentada para web | Remasterizado* [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ZZgcCtrgJsw>
- Mozilla Developer Network (MDN). (s. f.). *WebXR Device API*. Recuperado de https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API
- Scene – A-Frame. (s. f.). *A-Frame Documentation*. Recuperado de <https://aframe.io/docs/1.7.0/core/scene.html>
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). (s. f.). *Sitio oficial de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*. Recuperado de <https://www.ujat.mx/>

