

13 Y 14 DE MARZO, 2024

LAS INGENIERÍAS EN LA INVESTIGACIÓN, EDUCACIÓN INTEGRAL E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO - MONTERREY 2024

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA
JOURNALS MONTERREY 2024

*Investigación, Educación Integral
e Innovación para el Desarrollo*

ELIBRO CON ISBN ONLINE 979-8-89020-066-2

CONGRESO
INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
ACADEMIA JOURNALS
MONTERREY 2024

Título del Libro Electrónico: *Las Ingenierías en la Investigación, Educación Integral e Innovación para el Desarrollo - Monterrey 2024*

ISBN 979-8-89020-066-2 online*

Este libro electrónico (e-book) contiene la colección de los trabajos de investigación presentados en el área de *ingenierías* en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Los Monterrey 2024, *Investigación, Educación Integral e Innovación para el Desarrollo*, que fuera co-organizado los días 13 y 14 de marzo de 2024 por Academia Journals en colaboración con CONALEP Nuevo León de Monterrey, Nuevo León, México

POLÍTICA DE COPYRIGHT

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan la políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación. Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo. Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

CONSEJO ACADÉMICO

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Dr. Víctor Mendoza (Puebla, México)
Dr. Albino Rodríguez Díaz (Tepic, México)
Vicerrector Dante Agatón (Morelia, México)

DISEÑO Y PUBLICIDAD

contacto@academiajournals.com

COMENTARIOS Y SUGERENCIAS

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

*El ISBN fue asignado a este libro por la Agencia de ISBN en Estados Unidos. Los números de copyright tienen validez mundial. Para comprobar la validez de un ISBN, favor de visitar la página bookwire.com.



Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MTR014	Optimización de los Niveles de Seguridad en el Login de los Sistemas Móviles Informáticos mediante una Aplicación de Flutter y Tecnología .Net	Ing. César Adán Acosta Armendáriz Dr. David Arnoldo Valtierra Angel Lic. Raúl Vázquez Tiscareño MSL. Jorge Luis González Hernández	Acosta Armendáriz	1
MTR017	Pérdidas de Energía Provocada por Diferentes Orientaciones Azimutales e Inclinaciones en los Sistemas Fotovoltaicos de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México	MER Jesús Emmanuel Bautista Salazar Dr. Miguel Ángel Ochoa Villegas Dr. Jorge Elías Aguilar Pedraza Dr. José Alberto Duarte Moller MC. Rodolfo Nájera Sánchez Lic. María Asucena García Frausto Fátima Lizeth Torres Trejo	Bautista Salazar	7
MTR051	Propuesta de un Sistema Integral de Seguridad Institucional en el ITIZ Utilizando la Metodología DMAIC	C. Rodrigo Bemúdez Sánchez, M.I.I. Blanca Olivia Ixmattahua Rivera, MAN. Carlos Antonio Abascal Tamayo, M.E. Alma Delia Valencia Morales, Dr. Raymundo Téllez Rodríguez, M.A. Mario José Antonio Pérez Valle, M.G.E. Juan Carlos Rodríguez Arpaiz, C. Tania Alin Otlica Quintero, C. Eduardo Bryan Pozos Ventura, C. Clara Yesica Sánchez Arenas, C. Christian Sánchez Arenas, C. Alfredo Yael Sánchez Cruz, C. Estephany Cerón Jiménez, C. Omar Eduardo Romero Sierra, C. Mauricio Yael Vázquez Almeraya, C. Kevin Daniel Miranda Nicolas, C. Gloria Hernández Morelos	Bemúdez Sánchez	13
MTR058	Gomosis y sus Implicaciones en el Cultivo de Lima Persa (Citrus latifolia Tanaka) en la Región Central del Estado de Veracruz	M.C. Ángel Cárdenas Cágal Dra. Beatriz Gutiérrez Rivera Dr. Francisco Hernández Rosas Dra. Paula Natalia Robledo Narváez Marlon Julio Vergara Monterroza M.C. Luis Manuel Covarrubias Aguilar	Cárdenas Cágal	20
MTR068	Evaluación del Rendimiento de la Tecnología de LoRa en un Entorno Industrial de Manufactura	Josué Enrique Chávez Lara M.C. Abelino Reyes Pablo Ing. Oscar Yael Guzmán Márquez Ing. Eli Ruiz Calvo M.C. Grysel Pimental Nogales Dr. Aldo Eleazar Pérez Ramos	Chávez Lara	26

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MTR107	Efecto de las Nanopartículas de Dióxido de Titanio en el Comportamiento Tribológico del Glicerol	Dr. Iván Domínguez López Dr. Adrián Luis García García M. I. Diego Fernando Silva Álvarez Ing. Carlos Fernando Castillo Sánchez	Domínguez López	32
MTR002	Presencia de Muérdago Enano y Muérdago Verdadero en Municipios de Durango	Mónica Yazmín Flores Villegas Daniela Mitzuko Carrillo Aguilar María Berenice González Maldonado	Flores Villegas	36
MTR040	Decoloración de Aguas Residuales Sintéticas Usando Columnas de Adsorción	Angélica Fuentes Velázquez Rene Cuesta Díaz Arnulfo Rosales Quintero Oswaldo de Jesús Vázquez Hernández	Fuentes Velázquez	42
MTR005	Determinación de la Calidad del Agua en Tetela del Volcán, Morelos	Ing. Amb. Tania Verónica Galindo Mendoza D.C. Fabiola Avelino Flores Dra. Claudia Rivera Hernández D.C. Laura Lara Morales Lara D.C. Rosalía Castelán Vega D.C. Edith Chávez Bravo	Galindo Mendoza	46
MTR053	Contratos Inteligentes Aplicados a la Agricultura	Mónica García Munguía Silvia Soledad Moreno Gutiérrez José Luis Álvarado Reséndiz Héctor Daniel Molina Ruiz	García Munguía	49
MTR046	Evolución y Desafíos en la Verificación y Validación de Dispositivos Médicos en Desarrollo	Ing. Ana Rocío Gómez Ramírez	Gómez Ramírez	54

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MTR039	Modelado con Clustering Difuso del Ángulo de la Rodilla en la Marcha Humana	Ing. Fabiola Gutiérrez Suárez Dr. Julio César Salgado Ramírez Mtro. Alexander Azpeitia Ponce Ing. Gabriel González Paredes Dr. Julio César Ramos Fernández	Gutiérrez Suárez	59
MTR065	Muro Ecológico Prefabricado: Panel Prototipo de Bahareque Hecho con Madera, Bambú y Mortero Estabilizado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar	Dr. Joel Guzmán González Dr. Francisco Nieves Garnica Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo Melany Dioselina Martínez Marín	Guzmán González	65
MTR067	Muro ecológico prefabricado: Modulación de panel Bahareque aplicado a un proyecto Arquitectónico	Dr. Joel Guzmán González Dr. Francisco Nieves Garnica Dr. Simón Rahme Escobedo Miguel Ángel Miralrio Soriano	Guzmán González	71
MTR055	Disminución de la Distorsión e Incremento en la Penetración en Uniones de Acero AISI 1018	Edwin Omar López Ortiz Gladys Yerania Pérez Medina	López Ortiz	77
MTR037	Obtención de Bioetanol a Partir de Cáscara de Plátano por el Proceso de Destilación Simple (Implementación de Mesa de Trabajo en Laboratorio Escolar)	Dra. Dulce Magdalena Martínez Almendáriz Dr. Eduardo Javier Cedillo Salazar MI. Jorge Armando de los Santos Rodríguez	Martínez Almendáriz	82
MTR057	Sistema de Visión para la Detección de la Posición de Pines de una Bocina Automotriz	Erik Joan Moya Antuna Dr. Luis Carlos Méndez González Dr. Luis Alberto Rodríguez Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín	Moya Antuna	87

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MTR105	Análisis Ergonómico sobre Desórdenes por Trauma Acumulativos (DTA), de Trabajadores en una Empresa de Recubrimientos y Pintura	Dra. Raquel Muñoz Hernández Dr. Saúl Rangel Lara	Muñoz Hernández	92
MTR094	Análisis y Clasificación de Señales ECG por Medio de Redes Neuronales Profundas	M.I. José Enrique Naranjo Blanco Ing. Floriberto Canseco de la Rosa M.I. Victor Manuel Jiménez Ramos Ing. Roberto Tamar Castellanos Baltazar Dr. Carlos Mauricio Lastre Domínguez	Naranjo Blanco	98
MTR059	Análisis Estructural de la Sujeción del Mecanismo de Arrastre Dinámico en Ductos Revestidos	Ing. Francisco Javier Nieves González Dr. Luis del Llano Vizcaya Dr. José Luis Sánchez Gaytán	Nieves González	104
MTR007	Diseño del Proceso de Reutilización de Baterías de Litio	Ing. César Andrés Parra Gómez Dr. Marco Antonio Meraz Melo M.C. Luis Ricardo Morales Juárez Dr. Odilón Vázquez Cuchillo Dr. Eduardo González Flores	Parra Gomez	110
MTR054	Sistema Embebido de Visión Artificial para Seguimiento de Carril en un Vehículo Autónomo	Carlos Santiago Ramírez Gutiérrez Dr. Luis Alberto Morales Hernández Dr. Irving Armando Cruz Albarrán	Ramírez Gutiérrez	116
MTR012	Efecto de la Adición de Nanopartículas de TiN en Revestimientos Base Ni-Cr-B sobre Acero D2 Procesados por Plasma Transferido por Arco: Evaluación Mecánica y Tribológica	Ing. Juan Manuel Rico Cervantes Dr. Héctor Manuel Hernández García Ph.D. Muhammad Naeem Dr. Juan Carlos Díaz Guillén Dra. Rita Muñoz Arroyo Dr. Felipe Alejandro Hernández García	Rico Cervantes	122

Paper	Título	Autores	Primer Autor	Página
MTR025	La Necesidad de una Norma Oficial Mexicana para la Evaluación de la Ventilación en Espacios Laborales en México	Dr. Carlos Alberto Rivera Vergara Dra. Virginia García Pinedo MA. Elsa Michelle Contró Esparza MC. Rodolfo Nájera Sánchez Lic. Héctor Manuel Rada Ríos	Rivera Vergara	128
MTR008	Diseño e Implementación de Ambientes Virtuales para la Capacitación y Entrenamiento en Subestaciones Eléctricas de Media Tensión	Joseph Aaron Rodríguez Cabello Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa David Arturo Sánchez Aguilar	Rodríguez Cabello	134
MTR016	Implementación de un Sistema de Inventario para los Bienes Informáticos en Liconsa S.A. de C.V. en Baja California	Ing. Hugo Romualdo Ramírez Dr. Roberto Carlos Valdés Hernández	Romualdo Ramírez	140
MTR028	Desarrollo de la Aplicación Móvil NewsWayTec utilizando la Plataforma Flutter: Un Servicio de Información Escolar para Estudiantes del Instituto Tecnológico de Delicias.	Lic. Raúl Vázquez Tiscareño Dr. David Arnoldo Valtierrez Angel Ing. César Adán Acosta Armendáriz MSL. Jorge Luis González Hernández MATI Victorina Fierro Villarreal Dra. Brenda Marily Alvarado Pimentel	Vázquez Tiscareño	146

Optimización de los Niveles de Seguridad en el Login de los Sistemas Móviles Informáticos mediante una Aplicación de Flutter y Tecnología .Net

Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz¹, Dr. David Arnoldo Valtierra Angel²,
Lic. Raúl Vázquez Tiscareño³, Ing. Jorge Luis González Hernández⁴.

Resumen: El presente estudio de tipo Cuantitativo, tiene como propósito fundamental, proporcionar un software de aplicación móvil que permita a usuarios propietarios de sistemas informáticos, blindar y obstaculizar el acceso no autorizado a usuarios ajenos cuyo objetivo es dañar o sustraer de manera ilícita información confidencial que puede afectar a una entidad empresarial, gubernamental, educativa, etc., ya que la información como uno de los activos más importantes, debe estar protegida. Considerando que, “los delitos informáticos, son actos ilícitos cometidos mediante el uso inadecuado de la tecnología, atentando contra la privacidad de la información de terceras personas, dañando o extrayendo datos que se encuentren almacenados en servidores o gadgets” (Acosta, Benavides y García, 2020), se propone una app móvil, que permita optimizar los niveles de seguridad en el login de sistemas informáticos utilizando una interfaz de Flutter con Dart como Front-end y tecnología .Net con C#, como Back-end, para desarrollo web.

Palabras Clave: Información, Login, Aplicación móvil, Flutter, Tecnología .Net.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolló para apoyar a los estudiantes de educación a nivel Superior que han sido sujetos de ataques cibernéticos que violan su login de acceso a los sistemas propietarios de la web móvil, en este caso, para los alumnos del Instituto Tecnológico de Delicias, (en lo sucesivo denominado ITD).

Considerando que, actualmente las tecnologías para llevar a cabo todo tipo de procesos de almacenamiento, gestión y procesamiento de datos han evolucionado de forma sorprendente, es imperativo contar con herramientas para contrarrestar ataques por fuerza bruta como, “un intento de descifrar contraseña o nombre de usuario, descubrir una clave aplicando el método de prueba y error para dar con la combinación correcta finalmente. Un antiguo método de ataque, eficaz y popular entre los hackers” (García, 2023). Hoy este tipo de métodos son utilizados en aras de violar la seguridad de un login de usuario y su correspondiente contraseña, ingresando de manera ilegal al sitio de un usuario propietario o autenticado y procediendo al robo o daño de la información almacenada en un sistema web y que, de acuerdo con Acosta, Benavides y García (2020), “los delitos informáticos representan un acto ilícito existente en las redes de información (web), atentando contra la propiedad privada intelectual de la sociedad y organizaciones. Delitos en ascenso, con delincuentes cibernéticos extrayendo información y atentando la integridad organizacional”. Gran parte de esta problemática se origina por usuarios legales, que no adoptan medidas de seguridad efectivas para proteger sus propios datos e información confidenciales, adoptando accesos login y contraseñas débiles o relativamente fáciles de detectar, factor determinante pues según Domínguez Chávez (2021), “el formulario de login da acceso a su sitio o aplicación web y por ende a sus datos. Tarea fundamental de seguridad; pero omitiendo evaluar si nombre de usuario (usuario), claves (contraseñas) y autenticación cumplen las recomendaciones de seguridad”. Derivado de ello, surge la propuesta de una nueva herramienta denominada FlutterTec, para generar login y claves de acceso más robustas y seguras que limiten la posibilidad de ingresar hackeando un sistema móvil web, permitiendo optimizar los niveles de seguridad para el usuario que requiere de un blindaje más potente y efectivo en sus sistemas digitales, y donde se pretende responder a preguntas de investigación tales como ¿Se puede proteger la información confidencial de los usuarios en las plataformas digitales?

¹ El Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Sistemas y Computación. cesar.aa@delicias.tecnm.mx

² El Dr. David Arnoldo Valtierra Angel es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente pertenece al Departamento de Sistemas y Computación. davaltierrez@yahoo.com.mx (autor correspondiente)

³ El Lic. Raúl Vázquez Tiscareño, es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Comunicación y Difusión de esta institución. raul.vt@delicias.tecnm.mx

⁴ El MSL. Jorge Luis González Hernández es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Centro de Computo. jorge.gh@delicias.tecnm.mx

Identificación del Problema.

¿Cómo limitar el acceso mediante el blindaje de un login en los sistemas digitales de los estudiantes del ITD, contra usuarios ajenos cuyo propósito es robar información confidencial?

Hipótesis.

La implementación del software de aplicación móvil FlutterTec permite blindar el login de acceso de los sistemas informáticos, limitando el ingreso de usuarios ajenos que buscan sustraer o dañar información de manera ilícita.

Objetivo.

Desarrollar un software de aplicación móvil para blindar los niveles de seguridad y acceso mediante el login de un celular, bloqueando usuarios ajenos con una aplicación del Framework de Flutter y Dart con tecnología .Net.

Justificación.

Esta investigación se desarrolló para brindar protección a los datos e información privada y confidencial, de usuarios que requieran un blindaje más potente y robusto ante la ciberdelincuencia que pretendan ingresar ilegalmente a sus aplicaciones móviles, ya que, “como usuarios de esta tecnología, es necesario conocer los riesgos de confiar información de primer nivel (personal, financiera, empresarial), a aplicaciones que pueden ser vulneradas, por profesionales (hacker, cracker, phracker), convirtiendo a usuarios, en víctimas de fraude, extorción y chantaje” (Acosta, Benavides y García, 2020). Es necesario proteger la información privada de usuarios víctimas del fraude cibernético por parte de Hackers, situación típica ya que de acuerdo con Tecnonews (2021), “El 73% de las contraseñas del mundo se puede crackear instantáneamente”. Por todo lo anteriormente enunciado, se justifica la implementación de esta nueva herramienta de protección si se considera que según Domínguez Chávez (2021), “el formulario de login es una tendencia clara en la web vanguardista ya que soluciona este problema al mejorar la experiencia de usuario, y además proporciona más información para enriquecer la actividad de nuestros usuarios”.

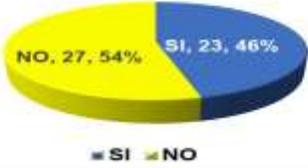
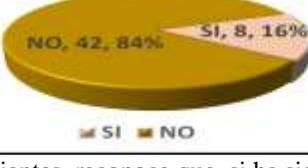
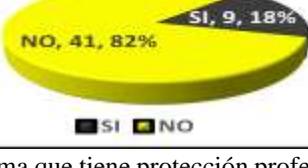
MÉTODO

Para esta investigación se utilizó un enfoque Cuantitativo, con el objetivo de llevar a cabo la medición de los resultados numéricos que se obtuvieron al implementar el Software de aplicación móvil denominado FlutterTec, que blindo el acceso contra usuarios ajenos que tratan de ingresar a los sistemas informáticos con el objetivo de robar información de carácter confidencial y privada, un paradigma utilizado en concordancia con lo establecido por Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010, p. 4), quienes definen que, “como en este enfoque, se pretende medir, los fenómenos estudiados deben poder observarse en el mundo real y debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números y se deben analizar utilizando métodos estadísticos”. Con ello, se aporta evidencia suficiente a favor de la hipótesis aquí planteada.

Recopilación de la información.

Para la recolección de datos, de una población universal de 1757 estudiantes inscritos en el ITD, se utilizó una muestra piloto de 50 alumnos, atendiendo a lo establecido por Hernández Sampieri, et al (2006, p. 306), es posible que, “cuando la muestra sea de 300 o más, puede llevar a cabo la prueba piloto con 30 o 60 personas...”, valor representativo de los estudiantes que pueden ser sujetos de violación en sus sistemas de seguridad y robo de información por parte de usuarios ajenos. Adicionalmente utiliza un cuestionario autoadministrado con preguntas dicotómicas simples, ya que de acuerdo con Hernández Sampieri et al (2010, p. 235), “se proporciona directamente a los participantes”, es decir, a los alumnos pueden ser sujetos de robo de su información privada por parte de usuarios no habilitados para el ingreso legal a sus sistemas informáticos. Esto permitió un análisis preliminar sobre esta problemática tan recurrente, tal que se impone desarrollar un software de aplicación móvil denominado FlutterTec, para blindar los niveles de seguridad en el login personal de los usuarios autenticados. Se llevó a cabo un análisis estadístico que permitió “obtener distribuciones de frecuencia y efectuar diversos cálculos estadísticos...”, (Arias Galicia, 2007, p. 204), obteniendo el estadístico de la “Moda”, ya que de acuerdo con Bernal (2006), la moda, “es el puntaje que ocurre con mayor frecuencia en una distribución de datos”, aportando con ello, el sustento de esta hipótesis mediante los resultados obtenidos en esta investigación.

Para el análisis estadístico se utilizó PASW 18. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en el Cuadro 1.

<p>1.- ¿Sabe Usted que es un Login de Acceso para los dispositivos móviles?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>	<p>2.- ¿Considera Usted que su información privada está segura en su sistema de telefonía</p>  <p>■ SI ■ NO</p>
<p>De una muestra piloto de 50 encuestados el 46% conoce que es un Login de acceso y el 54% no lo identifica.</p>	<p>El 26% de estudiantes consideran que su información está segura, mientras que el 74% no lo considera así.</p>
<p>3.- ¿Sabe Usted qué es un ataque de Fuerza Bruta en los dispositivos móviles?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>	<p>4.- ¿Sabe Usted que es una clave de acceso fuerte en el login de un dispositivo móvil como el celular?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>
<p>El 26% de estudiantes conoce el concepto de un ataque por fuerza bruta, mientras que el 74% no sabe que es.</p>	<p>Aquí, el 32%, conoce que es una clave de acceso fuerte, y el 32% desconoce de este tipo de ataques recurrentes.</p>
<p>5.- ¿Considera Usted que las aplicaciones instaladas en su dispositivo móvil protegen sus datos privados contra usuarios ajenos?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>	<p>6.- ¿Conoce usted a alguna persona víctima del robo de información confidencial en su celular?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>
<p>Solo el 42%, considera que sus aplicaciones instaladas protegen su información, pero un 58% no lo percibe así.</p>	<p>El 46% si tienen conocimiento de personas que han tenido algún tipo de ataque cibernético, el 54% de ellos, no.</p>
<p>7.- ¿Ha sido Usted víctima de robo de sus datos privados por parte de Hackers o usuarios ajenos?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>	<p>8.- ¿Sabía Usted que su dispositivo celular puede estar siendo hackeado sin que Usted se dé cuenta?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>
<p>Un 16% de estudiantes, reconoce que, si ha sido víctima de ataques cibernéticos, en tanto que un 84% no lo ha tenido.</p>	<p>Interesantemente el 86% de estudiantes están conscientes que pueden estar siendo hackeados, el 14% definen que no.</p>
<p>9.- ¿Tiene instalado en su celular un sistema de protección profesional contra usuarios ajenos?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>	<p>10.- ¿Si se le propone una nueva herramienta gratuita de protección digital la utilizaría?</p>  <p>■ SI ■ NO</p>
<p>Solo el 18%, afirma que tiene protección profesional contra ingresos ilegales, el 82% restante adolece de protección.</p>	<p>Un 90% reconoce que si utilizaría una nueva propuesta de software contra ingresos no autorizados, y un 10% no.</p>

Cuadro 1. Resultados obtenidos del cuestionario aplicado a los estudiantes del Instituto Tecnológico Delicias.

MARCO TEÓRICO

Se considera que hoy en día los dispositivos móviles Smartphones son parte de la vida cotidiana e inclusive se han convertido en una “extensión del cuerpo humano”, por ende, en estos dispositivos está incluida todo tipo de información privada que, en manos ajenas puede ser incluso, utilizada con fines delictivos, un verdadero nicho de la ciberdelincuencia pues según Santos Chávez (2023), considera que, “los dispositivos móviles funcionan como un almacén que guarda gran cantidad de información personal y confidencial, como datos bancarios, contraseñas, correos electrónicos, redes sociales, contactos, fotografías, etc. Un blanco atractivo para ciberataques que podrían comprometer la información que contienen”. Son dispositivos privados afectados por este “cáncer social” cuyas actividades ilícitas son los ataques constantes a la seguridad, resaltando el hecho de que “Un ataque en ciberseguridad es cualquier acción maliciosa destinada a comprometer la integridad, confidencialidad o disponibilidad de los datos y recursos almacenados o transmitidos a través de sistemas informáticos y redes” García (2023). ¿Pero cómo se realizan estos ataques? ¿Qué técnicas utilizan los ciberdelincuentes para vulnerar la seguridad de los dispositivos móviles? En realidad, son múltiples las metodologías utilizadas, no obstante, una muy común, es la denominada “Ataque por Fuerza Bruta” Pero, ¿Qué es un ataque de fuerza bruta? Según Talab (2024), “¿Es uno de los ciberataques más peligrosos que quizás no tengas ningún truco para enfrentar! Su objetivo es la seguridad, contraseña de inicio/sesión o claves de cifrado. Utiliza el método de prueba y error explorándolos de manera decisiva”. Utilizando para tal propósito, herramientas de fuerza bruta para una “Prueba de Penetración o Pentesting, identificando cualquier agujero de seguridad” (Talab, 2024), y que por definición son “herramientas automatizadas que pueden ayudar en los ataques de fuerza bruta, como Brutus, Medusa, THC Hydra, Ncrack, John The Ripper, Aircrack-ng y Rainbow. Que pueden descifrar una contraseña consistente en una única palabra que pertenezca a un diccionario en un segundo” (Kaspersky, 2024). En donde, según un artículo publicado por Tecnonews (2021), “al realizar un ataque de fuerza bruta sobre tu contraseña, los hackers comprobarán si está entre las más populares. Revisando toda la información usada para tus contraseñas, como nombre, dirección, grupo musical, equipo favorito, o nombre de tu mascota”. Sin embargo, curiosamente la mayoría de los usuarios optan por contraseñas demasiado fáciles de recordar por ellos mismos, olvidando que con esta mala praxis, le facilitan el camino a los ciberdelincuentes, pues exponen más fácilmente sus datos privados y, según el diario digital, El Cronista (2023), muestra como “NordPass, una importante consultora informática, realizó su quinto estudio anual recabando cuales son las contraseñas más usadas a nivel mundial y los resultados causaron sorpresa: la lista la lidera "123456" a pesar de ser una de las más simples”, y de acuerdo con Lorenzo (2024), “Las contraseñas que tienen entre 4 y 7 caracteres son las más débiles, por lo que, un ciberdelincuente podría obtener tu Password desde un segundo hasta 6 minutos en el peor de los casos”. Por ende, se impone la implementación de FlutterTec con seguridad reforzada en el Login de acceso para móviles blindando más eficientemente la información privada de los usuarios de la telefonía celular ya que un estudio realizado por la UNAM (2016), denota que, “los datos de usuario y Password son considerados sensibles, por lo que deben tener garantizada una atención especial. Puesto que, La interceptación o acceso no autorizado de esta información podría comprometer los servidores de bases de datos o gestores de contenidos en donde estén alojados”. Para su culmen, esta plataforma de desarrollo, “tiene como base el lenguaje de programación Dart, y sus propios Widgets. La más importante ventaja de Flutter es que desarrollas un solo proyecto para todos los sistemas operativos, significando una reducción de costes y tiempo de producción” (Tapia Macías, 2021, citando a Quality Devs, 2019), utilizando en la programación de FlutterTec, un doble factor de autenticación, que según Gómez (2023), “es una medida de seguridad que sirve para verificar la identidad de la persona que quiere ingresar a una cuenta, añadiendo una segunda capa de protección, reforzando el nivel de seguridad de nuestras cuentas de usuario y datos personales”, usando dos métodos, en donde, “el primer método generalmente es una contraseña segura, y el segundo método podría ser un código obtenido a través de un correo electrónico o un mensaje de texto o reconocimiento facial, entre otros” (Gómez, 2023).

RESULTADOS

En el presente estudio, los resultados obtenidos demostraron que de una muestra aleatoria de 50 estudiantes, derivados del cuestionario, utilizando PASW 18, se obtuvo el estadístico de la Moda que permitió medir cual es la tendencia con la que se accede de manera ilegal a sistemas informáticos violando la privacidad de los usuarios autenticados, ya que de acuerdo con Salkind (1999), “la moda es una opción excelente si se desea un panorama general de cual clase o categoría ocurre con mayor frecuencia”, demostrando con este estadístico que: El 26% de estudiantes consideran que su información está segura, mientras que el 74% no lo considera así, por otra parte, un 46% de estudiantes si tienen conocimiento de personas que han tenido algún tipo de ataque cibernético, el 54% de ellos, no. En consecuencia, interesantemente el 86% de estudiantes están conscientes que pueden estar siendo hackeados, el 14% definen que no. Ante esta eventualidad, un 90% reconoce que si utilizaría una nueva propuesta de software contra ingresos no autorizados, y un 10% no. De los estadísticos anteriormente expuestos, se impone el

diseño e implementación del software de aplicación móvil FlutterTec logrando aportar una nueva app móvil que permitió blindar el login de acceso de los sistemas informáticos de manera más óptima, segura y robusta utilizando un Front-end con Flutter y dart, para la interfaz con la que el usuario va a interactuar en su aplicación móvil y un Back-end basado en un Framework con tecnología (.Net7) y el lenguaje de programación C#.

Adicionalmente, se crearon las credenciales de acceso mediante una clave de seguridad simétrica (llave) empleando la configuración de la aplicación (configuration["LlaveJWT"]). De esta manera el emisor (issuer) y el destinatario (audience) se definen en estado null y el token es devuelto como un objeto "RespuestaAutenticacion", junto con la fecha de expiración. De esta manera, con esta nueva plataforma de aplicación móvil, se logró limitar el ingreso de usuarios ajenos al sistema web móvil, que solo buscan un beneficio personal, al dañar o lucrar con la información obtenida ilícitamente.

Por lo anteriormente expuesto, se aporta evidencia suficiente a favor de la hipótesis aquí previamente planteada y su correspondiente aceptación al haber "sometido a prueba la hipótesis mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia a favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones..." (Hernández Sampieri, 2010).

CONCLUSIONES

La aplicación FlutterTec, está basada en un Front-end, ejecutado del lado del cliente, utilizando Flutter y dart y un Back-end, que se ejecuta en el servidor en tecnología .Net y el lenguaje de C#. Se programó un "JSON Web Token estableciendo una clave secreta. Cuando el usuario ha introducido correctamente sus credenciales, se devuelve la clave y se guarda localmente. La transmisión debe realizarse a través de HTTPS para que los datos estén mejor protegidos" (IONOS, 2024), logrando con ello un servicio de seguridad en el dispositivo móvil más seguro y eficiente ya que, "al introducir el nombre de usuario y la contraseña en una interfaz. La comunicación como tal entre las diferentes aplicaciones se lleva a cabo en el lado del cliente y del servidor" (IONOS, 2024). Esta nueva técnica, logró detener diferentes tipos de ataques enfocados a violar la secrecía de una clave Login y su correspondiente Password o clave de acceso, como ataques por fuerza bruta que, según la empresa Kaspersky (2024), son "un intento de descifrar una contraseña, nombre de usuario o de descubrir la clave utilizada para cifrar un mensaje, que consiste en aplicar el método de prueba y error con la esperanza de dar con la combinación correcta finalmente". Bajo esta premisa, se concluye que: "millones de personas siguen usando contraseñas genéricas y débiles, y no escuchan el mensaje de que una contraseña robusta es una de las herramientas más importantes para mantenernos seguros online", Por lo tanto, "quienes utilizan estas contraseñas tienen alto riesgo de que sus cuentas puedan ser tomadas por otras personas o hackeadas, una modalidad que en la actualidad sucede sobre todo con los servicios de mensajería como WhatsApp para luego realizar fraudes" (El Cronista, 2023). De hecho, "casi un tercio, 31% de las contraseñas más populares del mundo consiste puramente en secuencias numéricas, como la ganadora este año: '123456', en segundo lugar, la palabra 'admin' y tercer lugar la secuencia: '12345678' como las tres mayormente usadas" y, por lo tanto, "hasta un 70 % de las contraseñas de la lista global de este año puede hackearse en menos de un segundo" (El Cronista, 2023). Es obvio que, "si no poseen las medidas de seguridad apropiadas, están expuestos a amenazas de seguridad cibernética como software malicioso, phishing, estafas y robo de identidad, entre otros" (Santos Chávez, 2023). En conclusión, FlutterTec es una nueva herramienta de seguridad digital en la ingeniería de la informática, siendo factible su aplicación en las telecomunicaciones de la web móvil.

RECOMENDACIONES

Se recomienda instalar herramientas de protección de datos en la web móvil como FlutterTec, que permite blindar el acceso no autorizado a usuarios ajenos que dañan o sustraen información confidencial, de manera ilícita.

Con un doble factor de autenticación, ya que según Gómez (2023), "Es una medida de seguridad verificando la identidad del usuario que quiere ingresar a una cuenta. Añade una segunda capa de protección, reforzando el nivel de seguridad de cuentas de usuario y datos personales, validando nuestra identidad". Además, utilice claves más robustas, pues cita Tecnonews (2021), "Recomendamos usar contraseñas robustas que sean largas y contengan letras, números y caracteres especiales, únicas para cada cuenta. Usar verificación en dos pasos mejora tu protección", por tal razón "una buena contraseña, debe contener mayúsculas, minúsculas, números, símbolos como @, %, /, etc., y con 12 caracteres" (Lorenzo, 2024), considerando que, "crackear una contraseña simple de 7 caracteres sin símbolos especiales ni mayúsculas puede tardar apenas 0.29 segundos. Si añadimos dos caracteres, el tiempo para crackearla puede aumentar hasta 5 años" (Tecnonews, 2021), y según Kaspersky (2024), "elija contraseñas de 10 caracteres con números o símbolos. Así, se crean 171.3 trillones de posibilidades. Con un procesador GPU que pruebe 10,3 mil millones de hashes por segundo, descifrar la contraseña llevaría 526 años", e inclusive "con 12 caracteres, un ciberdelincuente necesitaría 300 años para obtener nuestra Password, mejorando la seguridad espectacularmente. El cracker para averiguar tu contraseña necesitaría 34.000 años" (Lorenzo, 2024), pero

utilizando “contraseñas tan comunes como ‘123456’ se llevan menos de un segundo en crackearla quedando expuesta un total de 23,597,311 veces” (Tecnonews, 2021). Finalmente, utilice el software gratuito en línea “Kaspersky Password Checker”. Al ingresar la clave “123456” se verificó in situ, su deficiencia con el mensaje: “¡Hace tiempo que deberías haber cambiado la contraseña! Malas noticias. Secuencias de caracteres que se repiten. Esta contraseña ha aparecido 42,542,807 veces en base de datos de contraseñas filtradas”. Por el contrario, una contraseña de 17 caracteres como: “FlutterTec@MTR014”, lanzo el mensaje: “¡Buena contraseña! Tu contraseña es resistente al pirateo...no aparece en ninguna base de datos de contraseñas filtradas. Tu contraseña puede ser descifrada con un ordenador común en...1217 siglos. En ese tiempo puedes ir y volver a la Luna 4,974 veces”. (Kaspersky Password Checker, 2024).

En síntesis, una protección efectiva para la información confidencial lo puede obtener el usuario con FlutterTec.

REFERENCIAS

1. Acosta, M., Benavides, M. y García, N. (2020). Delitos informáticos: Impunidad organizacional y su complejidad en el mundo de los negocios. Consultado en: <https://www.redalyc.org/journal/290/29062641023/29062641023.pdf>
2. Arias Galicia, L. (2007). Metodología de la Investigación. 7ª. Edición. México: Editorial Trillas.
3. Bernal Torres, C. (2006). Metodología de la Investigación. 2ª. Edición. México: Editorial Pearson / Prentice Hall.
4. Domínguez Chávez, J. (2021). Importancia del formulario Login. Consultado en: https://www.academia.edu/62465521/Importancia_del_formulario_Login
5. El Cronista (2023). Alerta de hackeo: cuál fue la contraseña más popular del mundo en 2023. Consultado en: <https://www.cronista.com/infotechnology/actualidad/alerta-de-hackeo-cual-fue-la-contrasena-mas-popular-del-mundo-en-2023/>
6. García, D. (2023). Ataque de fuerza bruta. Consultado en: <https://msmk.university/ciberseguridad/ataque>
7. Gómez, J. (2023). Doble Factor de Autenticación (2FA): ¿Qué es y cómo funciona? Consultado en: <https://www.deltaprotect.com/blog/doble-factor-de-autenticacion>
8. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. 4ª. Edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
9. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ª. Edición. Chile: Editorial Mc Graw Hill.
10. IONOS (2024). Introducción a JSON Web Token (JWT). Consultado en: <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/json-web-token-jwt/>
11. Kaspersky (2024). ¿Qué es un ataque de fuerza bruta? Consultado en: <https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/brute-force-attack>
12. Kaspersky Password Checker (2024). Comprueba tu contraseña. Consultado en: <https://password.kaspersky.com/es/>
13. Lorenzo, J. (2024). Este es el tiempo que se tarda en crackear tu contraseña. Consultado en: <https://www.redeszone.net/tutoriales/seguridad/tiempo-hackear-contrasena/>
14. Salkind, N. (1999). Métodos de Investigación. 3ª. Edición. México: Editorial Pearson / Prentice Hall.
15. Santos Chávez, J. (2023). Seguridad de los dispositivos móviles: ¿Cómo protegerlos? https://www.deltaprotect.com/blog/seguridad-dispositivos-moviles?trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block
16. Talab, Z. (2023). 11 herramientas de ataque de fuerza bruta para pruebas de penetración. Consultado en: <https://geekflare.com/es/best-brute-force-attack-tools/>
17. Tapia Macías, C. (2021). Desarrollo de aplicaciones multiplataforma usando Frameworks y plataformas Low-code: Un caso de estudio. Consultado en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/10060/tfg-tap-des.pdf?sequence=1>
18. Tecnonews (2021). El 73% de las contraseñas del mundo se puede crackear instantáneamente. Consultado en: https://www.tecnonews.info/noticias/el_73_de_las_contrase%C3%B1as_del_mundo_se_puede_crackear_instantaneamente
19. UNAM (2016). Aspectos Básicos de la Seguridad en Aplicaciones Web. Consultado en: <https://www.seguridad.unam.mx/historico/documento/index.html-id=17>

Notas Biográficas

El **Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Sistemas y Computación de esta institución.

El **Dr. David Arnoldo Valtierrez Angel** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente pertenece al Departamento de Sistemas y Computación. Terminó sus estudios de Doctorado en Ciencias de la Educación con especialidad en Tecnología Educativa en la Universidad España Autónoma de Durango. Es conferencista e instructor certificado en impartición de cursos en diferentes áreas del conocimiento y ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos nacionales e internacionales.

El **Lic. Raúl Vázquez Tiscareño** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Comunicación y Difusión de esta institución. Se desempeña como desarrollador de Sistemas computacionales comerciales y ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos internacionales.

El **MSL. Jorge Luis González Hernández** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Centro de Computo de esta institución.

Perdidas de Energía Provocada por Diferentes Orientaciones Azimutales e Inclinaciones en los Sistemas Fotovoltaicos de la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, México

Jesús Emmanuel Bautista Salazar MER ¹, Dr. Miguel Ángel Ochoa Villegas ²,
Dr. Jorge Elías Aguilar Pedraza ³, Dr. José Alberto Duarte Moller ⁴, MC. Rodolfo Nájera Sánchez ⁵, Lic. María Asucena García Frausto ⁶, Fátima Lizeth Torres Trejo ⁷

Resumen— Nuevo León es el segundo estado en México con proyectos de Generación Distribuida (GD), siendo necesario que las empresas que integran Sistemas Fotovoltaicos sepan el impacto que representa la orientación e inclinación apropiada en sus proyectos. El estudio se realiza en PVSyst V7.2.5 simulando para Monterrey Nuevo León, México; un proyecto monitor de 6.6 kWp y 6kW en corriente alterna con azimut e inclinación óptima para cotejo de datos referenciando pérdidas. Así mismo generamos una tabla que incluye: datos de pérdida por orientación azimutal de 0° a 180 y de 0° a -180 con inclinaciones de altura máxima y mínima de sol por cada 3 grados para Monterrey Nuevo León, México. Con esto generamos información de consulta y contribución científica para la ubicación de arreglos fotovoltaicos por orientación (azimut) e inclinación en proyectos de Generación Distribuida en Monterrey Nuevo León, considerando pérdidas para el proyecto de ingeniería y de negocio en las empresas.

Palabras clave—Energías renovables, Energía solar fotovoltaica, PVSyst V7.2.5, Azimut, Pérdida de Energía, Altura Solar.

Introducción

A nivel nacional, de acuerdo al segundo reporte semestral emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en el documento “Estadísticas GD 2023, Segundo Semestre” (CRE, 2023-a) y publicado por el Gobierno de México en “Estadísticas sobre las Solicitudes de Interconexión de Centrales Eléctricas de Generación Distribuida” (CRE, 2017-b), en el 2023 hubo una capacidad instalada total de 3,361.69 MW de los cuales el 64.39% corresponden a proyectos de 0 a 50 kW. Así mismo, se emitieron 411,085 contratos de interconexión, siendo el 98.38% de los contratos generados y asignados a proyectos en el mismo rango de capacidades. Por lo que podemos identificar que 404,322 de estos contratos corresponden al porcentaje mencionado, siendo este el más representativo por los proyectos que tiene.

Nuevo León a nivel nacional se encuentra en el segundo lugar del ranking 2023, considerando 46,818 contratos de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional y 355.69 MW de capacidad instalada.

Considerando esta información y tomando en cuenta que cada proyecto solar fotovoltaico tiene una partida que representa un porcentaje de pérdida totalizado y que este total, si lo separamos, visualizaremos las diferentes causas que sumadas nos reflejaran dicho acumulado. Elegimos un par de ellas que son conocidas, éstas son las pérdidas por azimut (orientación de sur a norte pasando por el este o por el oeste) e inclinación. Todo enfocado a un proyecto solar fotovoltaico en Generación Distribuida que podemos integrar al Sistema Eléctrico Nacional por medio de proyectos de interconexión en baja o media tensión.

Por otro lado, es muy importante hacer énfasis que las empresas que integran soluciones para la reducción del consumo de energía en residencia, comercio o industria a través de proyectos de generación con Sistemas Fotovoltaicos, tengan muy claro el impacto que representa la orientación e inclinación apropiada en sus propuestas y análisis técnicos, donde se busca resolverle a un cliente final una necesidad por la que cubre un monto económico para ser favorecido con las ventajas máximas que pueden desarrollar en la operación de este tipo de tecnologías.

Metodología

Procedimiento

1.- Simular un Sistema Fotovoltaico de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional en el Simulador PVsyst 7.2.5 proyecto con potencia de 6kW en corriente alterna (CA) y 6.6kWp en corriente directa (CD). El modulo fotovoltaico seleccionado es el modelo 550 Wp LR5-72 HPH 550 M (Longi, 2021) de Longi Solar con manufactura del 2021 y el inversor elegido es el modelo Solis-1P6K2-4G-US (Solis,2021) de Ginlong Technologies con

¹ El MER. Jesús Emmanuel Bautista Salazar, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, jesus.bs@nuevoleon.tecnm.mx

² El Dr. Miguel Ángel Ochoa Villegas, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, miguel.ov@nuevoleon.tecnm.mx

³ El Dr. Jorge Elías Aguilar Pedraza, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, jorge.ap@nuevoleon.tecnm.mx

⁴ El Dr. José Alberto Duarte Moller, Universidad de Sonora, Campus Navojoa, josealberto.duarte@unison.mx (autor corresponsal)

⁵ El MC. Rodolfo Nájera Sánchez, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, rodolfo.ns@nuevoleon.tecnm.mx

⁶ La Lic. María Asucena García Frausto, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, azucena.gf@nuevoleon.tecnm.mx

⁷ La Estudiante Fátima Lizeth Torres Trejo, Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, 121480549@nuevoleon.tecnm.mx

manufactura del 2021, como entradas al programa de simulación, así como orientación e inclinación optima esto es 26° de inclinación y azimut 0°, para el ejercicio que servirá como monitor.

2.- Elaborar tabla con valores azimutales de 0° a -180° (esto es de sur a norte pasando por el este) y 0° a 180° (esto es de sur a norte pasando por el oeste) con rango de 10° para cada uno de los datos, estos serán con inclinaciones iniciando de 0 (cero), 2 y a partir de aquí por cada 3 grados hasta 50 grados de inclinación.

3.- Hacer cotejo de información para identificar la relación de perdida por inclinación y orientación versus energía generada.

Análisis de Resultados

Los datos tomados para la simulación monitor que nos arroja el PVsyst 7.2.5 son:

- 1.- Geolocalización (ver figura 1),
- 2.- Valores Meteorológicos de Irradiancia y Temperatura Meteonorm 8.0 (2000-2009) (Ver Tabla 1.)
- 3.- Trayectoria solar Monterrey Nuevo León México (Ver Figura 2.)
- 4.- Inclinación y orientación óptima de arreglo solar en Monterrey Nuevo León México (Figura 3.)
- 5.- Parámetros de sombreados Cercanos (Figura 4.)

Con ello obtenemos en el diagrama de Iso-Sombreados con orientación óptima de arreglo fotovoltaico en Monterrey Nuevo León México (Figura 5.). Después del análisis se identifica que no tenemos pérdida debido a la inclinación y orientación óptima (esto es 26° y 0° azimut esto es 26° y 0° azimut) o por objetos que puedan proyectar sombreados parciales, teniendo una proporción por rendimiento del 75.24% que podemos observar en el Resumen de Resultados (Ver Tabla 4.).

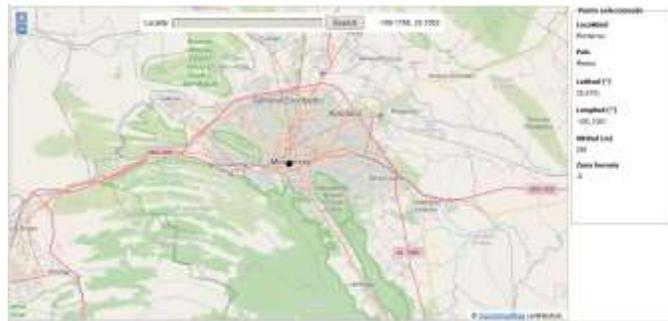


Figura 1. Geolocalización para análisis del proyecto monitor

Source: Meteonorm 8.0 (2000-2009), Sat=53%

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Horizontal global	3.50	4.40	5.29	5.91	6.24	6.78	6.42	6.23	5.25	4.94	4.22	3.34	5.21
Horizontal diffuse	1.56	1.65	1.94	2.28	2.43	2.74	2.67	2.28	2.34	1.80	1.33	1.46	2.04
Extraterrestrial	6.84	7.88	9.23	10.41	11.06	11.27	11.15	10.65	9.65	8.34	6.98	6.28	9.13
Clearness Index	0.527	0.558	0.574	0.568	0.564	0.602	0.575	0.585	0.542	0.502	0.604	0.533	0.571
Ambient Temper.	15.5	17.8	21.2	24.3	27.1	28.7	29.0	29.3	26.8	23.5	18.7	15.8	23.1
Wind Velocity	2.1	2.3	2.0	2.6	2.6	2.9	2.7	2.6	2.1	2.1	1.9	2.0	2.4
	kWh/m ² /day												
	kWh/m ² /day												
	ratio												
	°C												
	m/s												

Tabla 1. Valores Meteorológicos de Irradiancia y Temperatura Meteonorm 8.0 (2000-2009)

Resumen del proyecto		
Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Monterrey	Latitud: 25.68 °N	Albedo: 0.20
México	Longitud: -100.31 °W	
	Altitud: 200 m	
	Zona horaria: UTC-6	
Datos meteo		
Monterrey		
Meteonorm 8.0 (2000-2009), Sat=53% - Global		

Tabla 2. Resumen de Proyecto

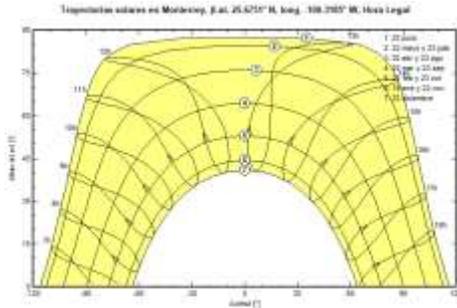


Figura 2. Trayectoria Solar Monterrey Nuevo León México

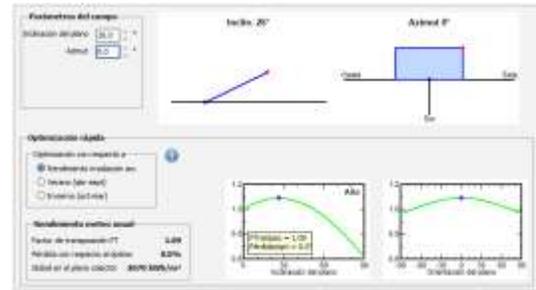


Figura 3. Inclinación y orientación óptima de arreglo solar en Monterrey Nuevo León México

Resumen del sistema		
Sistema conectado a la red Simulación para el año 1 ^o 10	Tablas en un edificio	
Orientación campo PV Plano fijo Inclinación/Azimut: 20 / 0°	Sombreados cercanos Sombreados lineales	Necesidades del usuario Carga Simulada (res)
Información del sistema Conjunto PV Num. de módulos Potencia total	Inversores Num. de unidades Potencia total Proporción Potencia	1 Unidad 8.00 kW/cia 1.100
12 unidades	6.60 kWp	

Tabla 3. Resumen de Sistema

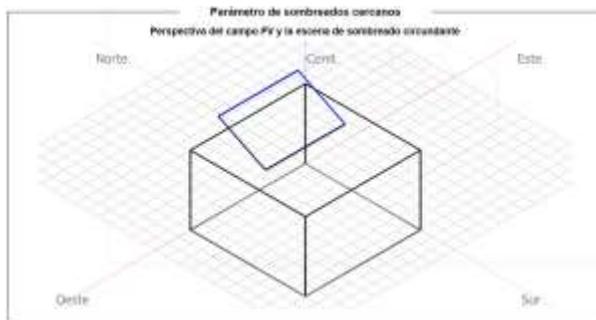


Figura 4. Parámetros de sombreados Cercanos

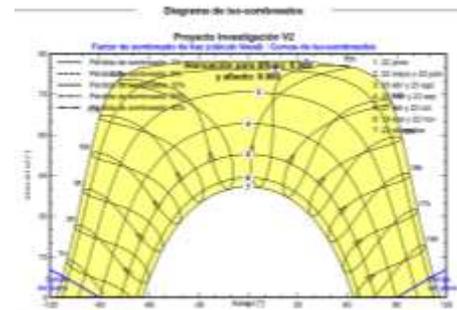


Figura 5. Diagrama de Iso-Sombreados orientación óptima de arreglo solar en Monterrey Nuevo León México

Resumen de resultados			
Energía producida	10133 kWh/año	Producción específica	5526 kWh/kWp/año
		Proporción rend. PR	75.24 %

Tabla 4. Resumen de Resultados

Para el desarrollo de la tabla se toman en cuenta los valores azimutales de 0° a -180° (esto es de sur a norte pasando por el este) y 0° a 180° (esto es de sur a norte pasando por el oeste) con rango de 10° para cada uno de los datos, cubriendo los 360° de orientación del movimiento que puede tener un arreglo fotovoltaico considerando inclusive que pueden estar orientado al norte en nuestra zona geográfica, situación que es poco probable pero posible que ocurra debido a obstáculos o a las múltiples condiciones en las que se encuentran los techos en la área metropolitana de la ciudad de Monterrey donde las construcciones (casas, comercios o industrias) no han sido planeadas para que puedan integrar tecnología fotovoltaica para la reducción del consumo de energía eléctrica.

Cada uno de los datos azimutales que son cada 10° son considerados con las inclinaciones iniciando de 0° (cero), 2 y a partir de aquí por cada 3 grados hasta 50 grados de inclinación, pasando por la inclinación máxima para la geolocalización de la zona metropolitana de Monterrey (25.6640425, -100.2431621) que es de 41°(Sunearthtools,s/f), obteniendo la tabla 5 (Porcentaje de perdida de acuerdo a inclinaciones de 0° a 50° y desplazamiento azimutal de 0 a -180° de acuerdo a datos tomados del simulador PVSyst.) y tabla 6 (Porcentaje de perdida de acuerdo a inclinaciones de 0° a 50° y desplazamiento azimutal de 0 a 180° de acuerdo a datos tomados del simulador PVSyst.):

	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	-50°	-60°	-70°	-80°	-90°	-100°	-110°	-120°	-130°	-140°	-150°	-160°	-170°	-180°
0	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%
2	-6.90%	-6.90%	-7.00%	-7.10%	-7.20%	-7.30%	-7.40%	-7.60%	-7.80%	-8.00%	-8.20%	-8.40%	-8.50%	-8.70%	-8.80%	-9.00%	-9.10%	-9.10%	-9.10%
5	-5.30%	-5.30%	-5.40%	-5.60%	-5.90%	-6.20%	-6.60%	-7.10%	-7.50%	-8.00%	-8.50%	-8.90%	-9.30%	-9.70%	-10.10%	-10.30%	-10.50%	-10.60%	-10.70%
8	-3.90%	-3.90%	-4.10%	-4.50%	-4.90%	-5.40%	-6.00%	-6.70%	-7.40%	-8.20%	-8.90%	-9.70%	-10.30%	-11.00%	-11.50%	-11.90%	-12.20%	-12.40%	-12.50%
11	-2.70%	-2.80%	-3.00%	-3.50%	-4.10%	-4.80%	-5.60%	-6.50%	-7.50%	-8.50%	-9.50%	-10.50%	-11.50%	-12.30%	-13.10%	-13.70%	-14.10%	-14.40%	-14.50%
14	-1.70%	-1.80%	-2.10%	-2.70%	-3.40%	-4.30%	-5.30%	-6.40%	-7.60%	-8.90%	-10.20%	-11.50%	-12.70%	-13.80%	-14.80%	-15.60%	-16.20%	-16.60%	-16.70%
17	-0.90%	-1.10%	-1.50%	-2.10%	-2.90%	-3.90%	-5.10%	-6.40%	-7.90%	-9.40%	-11.00%	-12.60%	-14.10%	-15.50%	-16.70%	-17.70%	-18.40%	-18.90%	-19.00%
20	-0.40%	-0.60%	-1.00%	-1.70%	-2.60%	-3.80%	-5.10%	-6.70%	-8.40%	-10.20%	-12.00%	-13.80%	-16.50%	-17.20%	-18.70%	-19.90%	-20.80%	-21.40%	-21.50%
23	-0.10%	-0.20%	-0.50%	-1.00%	-1.70%	-2.60%	-3.80%	-5.30%	-7.10%	-8.90%	-10.90%	-13.00%	-15.10%	-17.10%	-19.10%	-20.80%	-22.20%	-23.40%	-24.00%
26	0.00%	-0.10%	-0.60%	-1.50%	-2.60%	-4.00%	-5.60%	-7.50%	-9.50%	-11.70%	-14.10%	-16.50%	-18.80%	-21.00%	-23.00%	-24.60%	-25.90%	-26.70%	-27.00%
29	-0.10%	-0.20%	-0.80%	-1.70%	-2.90%	-4.30%	-6.10%	-8.10%	-10.30%	-12.70%	-15.30%	-17.90%	-20.50%	-23.00%	-25.20%	-27.20%	-28.60%	-29.60%	-29.90%
32	-0.40%	-0.60%	-1.10%	-2.10%	-3.30%	-4.90%	-6.70%	-8.80%	-11.30%	-13.80%	-16.50%	-19.40%	-22.20%	-25.00%	-27.60%	-29.70%	-31.40%	-32.50%	-32.90%
35	-1.00%	-1.20%	-1.70%	-2.60%	-3.90%	-5.60%	-7.50%	-9.70%	-12.20%	-14.90%	-17.90%	-20.90%	-24.10%	-27.10%	-29.90%	-32.40%	-34.30%	-35.60%	-36.00%
38	-1.70%	-1.90%	-2.50%	-3.40%	-4.80%	-6.40%	-8.40%	-10.60%	-13.20%	-16.10%	-19.20%	-22.50%	-25.90%	-29.20%	-32.30%	-35.00%	-37.20%	-38.60%	-39.10%
41	-2.70%	-2.90%	-3.50%	-4.40%	-5.80%	-7.40%	-9.40%	-11.70%	-14.40%	-17.40%	-20.70%	-24.10%	-27.80%	-31.30%	-34.70%	-37.70%	-40.00%	-41.60%	-42.20%
44	-3.90%	-4.10%	-4.60%	-5.60%	-6.90%	-8.50%	-10.60%	-12.90%	-15.80%	-18.80%	-22.20%	-25.80%	-29.60%	-33.40%	-37.10%	-40.30%	-42.90%	-44.50%	-45.00%
47	-5.30%	-5.50%	-6.00%	-6.90%	-8.20%	-9.90%	-11.90%	-14.20%	-17.00%	-20.10%	-23.70%	-27.50%	-31.50%	-35.50%	-39.40%	-42.90%	-45.70%	-47.20%	-47.70%
50	-6.90%	-7.10%	-7.60%	-8.40%	-9.70%	-11.30%	-13.30%	-15.60%	-18.40%	-21.70%	-25.30%	-29.20%	-33.40%	-37.60%	-41.70%	-45.40%	-48.30%	-49.80%	-50.30%

Tabla 5: Porcentaje de pérdida de acuerdo a inclinaciones de 0° a 50° y desplazamiento azimutal de 0 a -180° de acuerdo a datos tomados del simulador PVSystem.

	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
0	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%	-8.10%
2	-6.90%	-6.90%	-7.00%	-7.10%	-7.20%	-7.30%	-7.40%	-7.60%	-7.80%	-8.00%	-8.20%	-8.40%	-8.50%	-8.70%	-8.80%	-8.90%	-9.00%	-9.10%	-9.10%
5	-5.30%	-5.30%	-5.40%	-5.60%	-5.90%	-6.20%	-6.60%	-7.10%	-7.50%	-8.00%	-8.50%	-8.90%	-9.30%	-9.70%	-10.10%	-10.30%	-10.50%	-10.60%	-10.70%
8	-3.90%	-3.90%	-4.10%	-4.50%	-4.90%	-5.40%	-6.00%	-6.70%	-7.40%	-8.20%	-8.90%	-9.70%	-10.30%	-11.00%	-11.50%	-11.90%	-12.20%	-12.40%	-12.50%
11	-2.70%	-2.80%	-3.00%	-3.50%	-4.10%	-4.80%	-5.60%	-6.50%	-7.50%	-8.50%	-9.50%	-10.50%	-11.50%	-12.30%	-13.10%	-13.70%	-14.10%	-14.40%	-14.50%
14	-1.70%	-1.80%	-2.10%	-2.70%	-3.40%	-4.30%	-5.30%	-6.40%	-7.60%	-8.90%	-10.20%	-11.50%	-12.70%	-13.80%	-14.80%	-15.60%	-16.20%	-16.60%	-16.70%
17	-0.90%	-1.10%	-1.50%	-2.10%	-2.90%	-3.90%	-5.10%	-6.40%	-7.90%	-9.40%	-11.00%	-12.60%	-14.10%	-15.50%	-16.70%	-17.70%	-18.40%	-18.90%	-19.00%
20	-0.40%	-0.60%	-1.00%	-1.70%	-2.60%	-3.80%	-5.10%	-6.70%	-8.40%	-10.20%	-12.00%	-13.80%	-16.50%	-17.20%	-18.70%	-19.90%	-20.80%	-21.40%	-21.50%
23	-0.10%	-0.20%	-0.70%	-1.50%	-2.50%	-3.80%	-5.30%	-7.10%	-8.90%	-10.90%	-13.00%	-15.10%	-17.10%	-19.10%	-20.80%	-22.20%	-23.30%	-24.00%	-24.20%
26	0.00%	-0.10%	-0.60%	-1.50%	-2.60%	-4.00%	-5.60%	-7.50%	-9.50%	-11.70%	-14.10%	-16.50%	-18.80%	-21.00%	-23.00%	-24.60%	-25.90%	-26.70%	-27.00%
29	-0.10%	-0.20%	-0.80%	-1.70%	-2.90%	-4.30%	-6.10%	-8.10%	-10.30%	-12.70%	-15.30%	-17.90%	-20.50%	-23.00%	-25.20%	-27.20%	-28.60%	-29.60%	-29.90%
32	-0.40%	-0.60%	-1.10%	-2.10%	-3.30%	-4.90%	-6.70%	-8.80%	-11.30%	-13.80%	-16.50%	-19.40%	-22.20%	-25.00%	-27.60%	-29.70%	-31.40%	-32.50%	-32.90%
35	-1.00%	-1.20%	-1.70%	-2.60%	-3.90%	-5.60%	-7.50%	-9.70%	-12.20%	-14.90%	-17.90%	-20.90%	-24.10%	-27.10%	-29.90%	-32.40%	-34.30%	-35.60%	-36.00%
38	-1.70%	-1.90%	-2.50%	-3.40%	-4.80%	-6.40%	-8.40%	-10.60%	-13.20%	-16.10%	-19.20%	-22.50%	-25.90%	-29.20%	-32.30%	-35.00%	-37.20%	-38.60%	-39.10%
41	-2.70%	-2.90%	-3.50%	-4.40%	-5.80%	-7.40%	-9.40%	-11.70%	-14.40%	-17.40%	-20.70%	-24.10%	-27.80%	-31.30%	-34.70%	-37.70%	-40.00%	-41.60%	-42.20%
44	-3.90%	-4.10%	-4.60%	-5.60%	-6.90%	-8.50%	-10.60%	-12.90%	-15.80%	-18.80%	-22.20%	-25.80%	-29.60%	-33.40%	-37.10%	-40.30%	-42.90%	-44.50%	-45.00%
47	-5.30%	-5.50%	-6.00%	-6.90%	-8.20%	-9.90%	-11.90%	-14.20%	-17.00%	-20.10%	-23.70%	-27.50%	-31.50%	-35.50%	-39.40%	-42.90%	-45.70%	-47.20%	-47.70%
50	-6.90%	-7.10%	-7.60%	-8.40%	-9.70%	-11.30%	-13.30%	-15.60%	-18.40%	-21.70%	-25.30%	-29.20%	-33.40%	-37.60%	-41.70%	-45.40%	-48.30%	-49.80%	-50.30%

Tabla 6: Porcentaje de pérdida de acuerdo a inclinaciones de 0° a 50° y desplazamiento azimutal de 0 a 180° de acuerdo a datos tomados del simulador PVSystem.

Las tablas obtenidas nos dan el comportamiento de pérdida y el valor para optimizar y maximizar la orientación e inclinación en la Zona Metropolitana de Monterrey, esto se logra con 26° de inclinación y azimut 0°. Por otro lado, teniendo perdidas en la orientación azimutal de 0°, menores o iguales al 1% con inclinaciones de:

- 17° a 23° y de 29 a 35°
- de 20° a 32° con azimut 10° o -10° (girado 10° al este u oeste) y
- 20° a 29° con orientación 20° (girado 20° al este u oeste).

Se cotejaron los valores calculados de pérdida para ser usados en simulación prueba tomando 8° de inclinación y 20° azimut Oeste y así ser comparados con simulación monitor que considera 26° de inclinación optima y azimut 0° donde obtuvimos la Tabla 7, en ella observamos que la proporción por rendimiento es equivalente, teniendo solo una desviación del .08% (valor no representativo en la operación del proyecto) por lo que podemos concluir que el sistema va a producir teniendo bajo control todas las variables operativas, sin embargo en términos de cantidad de Energía podemos identificar que hay un decremento en la producción del 3.44%, el cual cotejado con el porcentaje calculado de 4.10% de pérdida por azimut e inclinación no optimo, obtenemos una desviación del 19% a favor del dato inicial tomado de la Tabla 6: Porcentaje de pérdida de acuerdo a inclinaciones de 0° a 50° y desplazamiento azimutal de 0 a 180° de acuerdo a datos tomados del simulador PVSystem.

	Az0°@0°	Az20°@8°	
Irradiación horizontal Global incidente plano receptor.	7%	3.60%	Irradiación horizontal Global incidente plano receptor.
Factor IAM en global	-1.81%	-2.13%	Factor IAM en global
Factor de pérdida de suciedad	-3%	-3%	Factor de pérdida de suciedad
eficiencia en STC	21.56%	21.56%	eficiencia en STC
Pérdida de degradación módulos (por año #10)	-3.82%	-3.82%	Pérdida de degradación módulos (por año #10)
Pérdida FV debido al nivel de irradiancia	0.12%	0.11%	Pérdida FV debido al nivel de irradiancia
Pérdida FV debido a la temperatura.	-6.49%	-6.42%	Pérdida FV debido a la temperatura.
Corrección espectral	-0.19%	-0.22%	Corrección espectral
Pérdida calidad de módulo	0.25%	0.25%	Pérdida calidad de módulo
Pérdida calidad de módulo	-2%	-2%	Pérdida calidad de módulo
Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas (incluyendo 0.9% para dispersión por degradación)	-3.01%	-3.01%	Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas (incluyendo 0.9% para dispersión por degradación)
Pérdida óhmica del cableado	-1.36%	-1.31%	Pérdida óhmica del cableado
Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)	-3.23%	-3.23%	Pérdida del inversor durante la operación (eficiencia)
Consumo nocturno	-0.15%	-0.16%	Consumo nocturno
Pérdidas óhmicas CA	-1.32%	-1.26%	Pérdidas óhmicas CA
Indisponibilidad del sistema	-1.87%	-1.80%	Indisponibilidad del sistema
Total	0.0098	-0.0284	Total
	100.0098	99.9716	
PR	75.44	75.36	PR
Producción Anual MWh:	10.160	9.81	Producción Anual MWh:
Perdida por cambio de orientación	0%	3.44%	Perdida por cambio de orientación

Tabla 7: Comparativa en proporción de rendimiento (PR) para cada uno de los casos con diferentes valores de inclinación y orientación.



Figura 6. Diagrama de Perdas Az0°@0° de inclinación del arreglo Solar en Monterrey Nuevo León México



Figura 7. Diagrama de Perdas Az20°@8° de inclinación del arreglo Solar en Monterrey Nuevo León México

Conclusiones

Los datos obtenidos en el simulador PVSyst V7.2.5 demuestran que las pérdidas son las mismas para Este u Oeste. Esta información distribuida en las tablas 5 y 6 es aplicable cuando no tenemos obstáculos que generen sombreados parciales sobre el sistema de captación fotovoltaico. Por lo tanto, podemos orientar el sistema en cualquier dirección y con una inclinación seleccionada se podrá anticipar las perdidas probables que pueden presentarse.

Por otro lado, en la tabla 7 hay diferencia en la obtención de energía anual entre el simulador monitor, contra el de ejercicio del 3.44%. Si cotejamos la perdida en las tablas 5 y 6 con la inclinación de 8° y la orientación de 20° observaremos que es del 4.10%, esto es una diferencia del 19% mayor, por lo tanto, podemos concluir que si hay perdida en inclinación y orientación cuando es diferente a la óptima, pero es integral y debe considerarse un análisis anualizado y no como un dato aislado. Con esta información podremos optimizar al máximo cada una de las decisiones que tomen las empresas integradoras de soluciones de este tipo de tecnologías y/o los clientes finales pueden encontrar en esta aportación documentada el valor de una buena elección de inclinación y orientación para su proyecto.

Limitaciones

El análisis fue hecho por medio de un simulador, pudiendo efectuarse en físico para validación de datos reales en campo.

Recomendaciones

Es conveniente considerar un análisis más detallado por grado para ser más preciso en las pérdidas que el sistema fotovoltaico puede tener.

Comentarios finales

Vamos a considerar un número mayor de simulaciones ejercicio con datos de diferentes orientaciones e inclinaciones para analizar la relación de pérdida calculada; así mismo se tomará en cuenta el impacto económico en documentación, por lo que quedan fuera del análisis, se dejan para estudio de una siguiente investigación.

Referencias

- CRE. (2023-a). *Estadísticas GD 2023, Segundo Semestre. Recuperado el 5 de marzo de 2024*, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/895871/Estad_sticas_GD_2023_Segundo_Semestre_VF.pdf
- CRE. (2017-b). *Estadísticas sobre las Solicitudes de Interconexión de Centrales Eléctricas de Generación Distribuida*. Recuperado el 5 de marzo de 2024, de <https://www.gob.mx/cre/documentos/pequena-y-mediana-escala>
- Longi. (2021). *550 Wp LR5-72 HPH 550 M. Recuperado el 5 de marzo de 2024*, de https://static.longi.com/Hi_MO_5m_LR_5_72_HPH_545_565_M_G2_35_35_and_15_Frame_ES_V17_276906d695.pdf
- Solis. (2021). *Solis-1P6K2-4G-US. Recuperado el 5 de marzo de 2024*, de <https://www.ginlong.com/Uploads/file/91cd499708bf2736e217651804058d76.pdf>
- Sunearthtools. (s/f) *Monterrey, Nuevo León, 64010, México 25.6640425, -100.2431621*. Recuperado el 5 de marzo de 2024, de https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

Notas Biográficas

El M.E.R. Jesús Emmanuel Bautista Salazar. Profesor y jefe de Laboratorio de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México. Terminó sus estudios en Ingeniería Industrial con Especialidad en Calidad y Productividad en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México. Su maestría en Energías Renovables es del Centro de Investigación En Materiales Avanzados, S. C. (CIMAV) en Chihuahua, Chihuahua, México. Su trayectoria profesional a partir del 2007 inicia en proyectos fotovoltaicos fuera de la red, a partir del 2009 integrando proyectos llave en mano de Interconexiones al Sistema Eléctrico Nacional, así como proyectos con almacenamiento de Energía con diferentes tecnologías y actualmente es Consultor de Proyectos de Solar Fotovoltaico en el área de Comercial e Industrial integrando soluciones en Generación Distribuida con y sin almacenamiento.

El Dr. Miguel Ángel Ochoa Villegas. Ingeniero en Mecatrónica con especialidad en Logística Integral, Maestro en Sistemas Inteligentes y Doctor en Tecnologías de la Información y Comunicaciones por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey. Inició su trayectoria laboral en 2010 como asistente de investigación en el Laboratorio de Ciberseguridad del Tecnológico de Monterrey, donde trabajó con sistemas biométricos para el reconocimiento de personas en iluminación no controlada. En 2013, realiza una estancia doctoral en el Laboratorio de Biomedicina Computacional de la Universidad de Houston, donde se integró al equipo de investigación para la creación de sistemas de reconocimiento facial con fines de seguridad nacional. Desde el 2019, es Subdirector Académico en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México.

El Dr. Jorge Elías Aguilar Pedraza. Cursó el Doctorado en Administración Estratégica en Consorcio Educativo Internacional Warden A.C., Ubicado en San Nicolás de los Garza Nuevo León, México, cuenta con experiencia profesional en el sector privado, en áreas de Administración y Finanzas, en las cuales ha ocupado cargos Gerenciales. En el sector Público, se ha desempeñado como Catedrático, a nivel licenciatura y Posgrado en Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México y en Consorcio Educativo Internacional Warden A.C. Su experiencia profesional le ha permitido ocupar diferentes cargos a lo largo de su trayectoria dentro Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, entre los que se destacan las jefaturas de: Comunicación y Difusión, Recursos Financieros, así como la Subdirección de Planeación Programación y Presupuestación; actualmente ocupa la Jefatura de Recursos Humanos, cargo que ejerce a la par de su actividad Catedrática.

El Dr. José Alberto Duarte Moller. Es Profesor e Investigador de tiempo completo SNI2 y Coordinador de la Maestría en Nanotecnología en la Universidad de Sonora Campus Navojoa en Navojoa, Hermosillo, México.

El MC. Rodolfo Nájera Sánchez. Estudio la carrera de Biología en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León en San Nicolás de los Garza, Nuevo León. Realizó la Maestría en Ciencias con especialidad en Botánica, en la misma unidad académica. Se ha desempeñado profesionalmente, destacando la Jefatura de Proyectos de Conservación y Coordinador del Programa Internacional RESERVA en Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC), Jefe de Investigación, Recreación y Capacitación en el Parque Ecológico Chipinque, A.C., Gerente de Operaciones en Bioparque Estrella, A.C, a partir del 2018 a la fecha es jefe del Departamento de Ingeniería Industrial así mismo es Profesor de la Academia de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Industrial en Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México.

La Lic. María Asucena García Frausto. Es egresada de la Licenciatura en Administración, de la Universidad del Valle de México, Campus San Nicolás, en San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Se ha desempeñado profesionalmente en diferentes organizaciones, en el área Administrativa como Coordinadora en Recuperación de Cuentas Clave, en selección de Talento de Alta Especialidad en las áreas Financieras y Administrativas; así como en el área docente. Actualmente a la par de sus actividades profesionales como Jefa de Tesorería en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México; está dando continuidad a su preparación profesional a nivel de Postgrado.

La Estudiante Fátima Lizeth Torres Trejo. Es aspirante en la Licenciatura de Ingeniería en Gestión Empresarial en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México. Actualmente desarrolla Proyectos de Generación Distribuida como soporte del área directiva en Corporativo en empresa líder en la Zona Metropolitana de Monterrey, Coahuila, Chihuahua, Guadalajara, Querétaro, Aguascalientes, SLP y Puebla, realizando Análisis de Reingeniería, y Asesoramiento del Esquema Tarifario Vigente de CFE para Proyectos de Interconexión al Sistema Eléctrico Nacional. Además, ha sido participante activa en Proyectos de Innovación Tecnológica en el Tecnológico Nacional de México, Campus Nuevo León, en Guadalupe, Nuevo León, México.

Propuesta de un Sistema Integral de Seguridad Institucional en el ITIZ Utilizando la Metodología DMAIC

C. Rodrigo Bermúdez Sánchez¹, M.I.I. Blanca Olivia Ixmattlahua Rivera², MAN. Carlos Antonio Abascal Tamayo³, M.E. Alma Delia Valencia Morales⁴, Dr. Raymundo Téllez Rodríguez⁵, M.A. Mario José Antonio Pérez Valle⁶, M.E.G. Juan Carlos Rodríguez Arpaiz⁷, C. Tania Alin Otlica Quintero⁸, C. Eduardo Bryan Pozos Ventura⁹, C. Clara Yesica Sánchez Arenas¹⁰, C. Christian Sánchez Arenas¹¹, C. Alfredo Yael Sánchez Cruz¹², C. Estephany Cerón Jiménez¹³, C. Omar Eduardo Romero Sierra¹⁴, C. Mauricio Yael Vázquez Almeraya¹⁵, C. Kevin Daniel Miranda Nicolas¹⁶, C. Gloria Hernández Morelos¹⁷

Resumen— La implementación de un sistema integral de seguridad para el Instituto Tecnológico de Iztapalapa es una medida esencial para garantizar un entorno seguro y protegido a través de un enfoque integral, la institución podrá fortalecer su capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia, proteger la integridad de sus miembros y cumplir con las normativas legales vigentes en materia de seguridad la implementación de un sistema integral de seguridad por medio de drones en una institución educativa implica planificar y coordinar de forma eficiente las operaciones necesarias para garantizar la protección de alumnos, profesores y personal. Se debe establecer un plan de acción para la operación de los drones, asignar responsabilidades y capacitar al personal encargado de manejarlos; es crucial contar con un inventario detallado de los equipos necesarios para el funcionamiento del sistema de seguridad con drones se debe mantener un registro actualizado de los drones, baterías, cámaras y demás dispositivos, así como tener un sistema de reposición en caso de averías o pérdidas. Es importante también establecer un plan de mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos el uso de drones para la seguridad de una institución educativa implica cumplir con las regulaciones y normativas legales vigentes en materia de aviación y privacidad, se debe obtener los permisos correspondientes para el uso de drones en espacios públicos, así como cumplir con las leyes de protección de datos personales, es fundamental establecer políticas claras y transparentes en cuanto al uso de imágenes captadas por los drones y resguardar la privacidad de los alumnos y miembros de la comunidad educativa.

Palabras clave— Seguridad operativa, Cumplimiento legal, Control de inventarios, Drones, Registro de activos.

Introducción:

La imperante necesidad de establecer un ambiente educativo seguro y resguardado se revela como un elemento esencial en todas las instituciones, siendo los tecnológicos ubicados en la Ciudad de México testigos de un nivel de inseguridad. En este contexto, el Instituto Tecnológico de Iztapalapa no se sustrae a esta realidad. En respuesta a esta necesidad, se propone la implementación de un sistema integral de seguridad que aborde las áreas operativas, de inventarios y legal, utilizando la metodología DMAIC. Este enfoque permitirá fortalecer la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia, salvaguardar la integridad de alumnos, profesores y personal, y asegurar el cumplimiento de las normativas legales relacionadas con la seguridad.

En particular, el artículo se centra en el área operativa, destacando la importancia de coordinar eficientemente las operaciones necesarias para garantizar la protección mediante el uso de drones. Se aborda la planificación detallada, asignación de responsabilidades y capacitación del personal encargado. Además, se subraya la necesidad de mantener un inventario actualizado de equipos, establecer un sistema de reposición y llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para garantizar el funcionamiento efectivo del sistema.

En cuanto al área de inventarios, se examinan los costos asociados con la implementación y mantenimiento de este sistema, ofreciendo una visión completa de la inversión necesaria y sus potenciales beneficios a largo plazo.

En cuanto al área legal, se destaca la importancia de cumplir con las regulaciones de aviación y privacidad al utilizar drones en un entorno educativo. La obtención de los permisos correspondientes y el respeto a las leyes de protección de datos personales son elementos clave. Se propone el establecimiento de políticas claras en relación con el uso de imágenes captadas por los drones, asegurando la privacidad de los alumnos y miembros de la comunidad educativa.

Descripción del método

Se llevó a cabo una encuesta de carácter cuantitativo con el fin de calcular las variables que sustentan la presente investigación. Entre las variables consideradas se encuentran la inseguridad, las normas y leyes necesarias para volar un dron, así como la seguridad escolar en el ITIZ. La recopilación de datos a través de este método permite obtener información precisa y medible sobre los aspectos relevantes para el estudio, contribuyendo así a un análisis más detallado y fundamentado de los temas abordados.

La encuesta que se realizó se formuló mediante Google Forms (**imagen 1.1**), la cual nos permitió saber de manera significativa los resultados de esta investigación, ayudándonos de una herramienta (QR), (**imagen 1.2**) que fue diseñada especialmente para esta encuesta la cual nos permitió agilizar y recabar los datos en menos tiempo de lo esperado.

1.1 encuesta realizada



1.2 QR de la encuesta

Diseño del Estudio

Se utilizó un diseño de investigación de tipo descriptivo, con el objetivo de explorar la percepción y la experiencia de los estudiantes en relación con la seguridad y los siniestros en el entorno escolar.

Participantes

La muestra consistió en 310 estudiantes del Instituto Tecnológico de Iztapalapa, seleccionados de manera aleatoria dentro de la población estudiantil. se consideró tomar una muestra de más del 10% de la población del instituto ya que se tienen 2 turnos en el mismo.

Instrumento de Recolección de Datos

Se diseñó un cuestionario estructurado que aborda diferentes aspectos relacionados con la seguridad, la percepción de riesgos y la experiencia de los estudiantes en relación con los siniestros. El cuestionario incluyó preguntas cerradas y de escala Likert para medir la actitud y la frecuencia de ocurrencia de los siniestros.

Procedimiento

Se distribuyeron los cuestionarios entre los estudiantes durante un período del 13 de febrero al 22 de febrero del 2024, y se proporcionaron instrucciones claras sobre cómo completarlos. Se aseguró la confidencialidad y anonimato de las respuestas de los participantes.

Análisis y resultados

Los datos recopilados fueron analizados utilizando técnicas estadísticas descriptivas, como el análisis de frecuencias y el cálculo de medias. Además, se aplicó un análisis de regresión para explorar la relación entre las variables independientes y dependientes.

Consideraciones Éticas

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes antes de su participación en el estudio. Se garantiza la confidencialidad y el anonimato de los datos recopilados. El estudio se enfocó en la implementación de un sistema integral de seguridad con drones, abordando áreas operativas, de inventarios y legales, utilizando la metodología

DMAIC. La investigación se centró en las posibilidades de sufrir siniestros como robos, accidentes, etc., y su relación con la frecuencia de ocurrencia de estos eventos entre los estudiantes. (Encuesta COMANDO T.E.C. 2024)

Se llevó a cabo una encuesta con 310 participantes para recopilar datos sobre la percepción y la experiencia de los estudiantes en relación con la seguridad y los siniestros, la cual fue realizada del 17 de febrero a 22 de febrero de 2024

Cabe resaltar que el análisis de los principales retos en la Alcaldía de Iztapalapa, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2020) y la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México, revela una serie de problemáticas que afectan tanto a la población como a las autoridades locales. En primer lugar, se destaca la dinámica delictiva en la zona, con un énfasis en la percepción de inseguridad y la presencia de conductas antisociales. Esta percepción de inseguridad se refleja en el transporte público y otros espacios del entorno, lo que genera preocupación entre los habitantes de la región.

Se observa que las mujeres representan el 51% de las víctimas de delitos a nivel nacional, siendo esta proporción similar en la Ciudad de México. Además, se evidencia que los jóvenes entre 18 y 29 años son uno de los grupos más afectados, junto con adultos entre 40 y 59 años, lo que subraya la vulnerabilidad de estos segmentos de la población. (Encuesta nacional de victimización y percepción sobre seguridad pública 2020)

En cuanto a la concentración espacial de los delitos reportados contra las mujeres, se identifican algunas colonias como puntos críticos, como Central de Abastos, Lomas de San Lorenzo, Desarrollo Urbano Quetzalcóatl, Santa Martha Acatitla y Santa Cruz Meyehualco. Estas áreas han experimentado cambios en la distribución geográfica de los delitos a lo largo de los años, lo que sugiere la necesidad de una vigilancia y respuesta adecuadas por parte de las autoridades.

(INEGI (2019). Encuesta Nacional de índice delictivo. Recuperado de: De Estadística y Geografía, I. N. (s. f.). Incidencia delictiva <https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/>

Dos tipos de delitos predominantes entre 2015 y 2020: el robo en sus diversas modalidades y la violencia familiar. Estos delitos se identifican como los que registraron el mayor número de carpetas de investigación durante ese período. (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito México)

En cuanto a las repercusiones de estos delitos en las víctimas, se señala que más del 85% de estas reportaron sufrir algún tipo de daño. Esta cifra resalta la gravedad y la amplitud del impacto de estos actos criminales en la sociedad. Además, se destaca que el daño sufrido por las víctimas incluye tanto aspectos económicos como no económicos.

A nivel nacional, se indica que el 52% de las víctimas reportaron daños económicos, mientras que en la Ciudad de México este porcentaje es del 60%. Estos datos subrayan la significativa carga financiera que enfrentan las víctimas como consecuencia de los delitos, con un costo que supera los \$6,400 pesos mexicanos, aproximadamente \$320 dólares americanos. (INEGI (2020). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción de la Seguridad Pública (ENVIPE). Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programmeas/envipe/2019/>)

Este análisis del texto resalta la importancia de abordar tanto la prevención como la respuesta a estos delitos, dada su amplia prevalencia y las graves consecuencias que tienen para las personas afectadas y la sociedad en general. Además, indica la necesidad de políticas y medidas efectivas para abordar tanto la seguridad pública como la protección de los derechos y el bienestar de los ciudadanos. (México, 2023)

Percepción de inseguridad (alumnos)

En cuanto a los siniestros, se observó que estos ocurren de manera continua y ocasional, dependiendo del alumno. Entre los siniestros reportados se incluyen robos y accidentes, lo que refleja una preocupación significativa entre los estudiantes por la seguridad de sus pertenencias y su bienestar personal. (Encuesta COMANDO T.E.C. 2024)

Un resultado inesperado fue el descubrimiento de que muchos estudiantes no utilizan el transporte escolar, optando en su lugar por el transporte público. Esta revelación sugiere una posible área de mejora en las políticas de transporte escolar o en la percepción de seguridad asociada con este medio de transporte. (Encuesta COMANDO T.E.C. 2024)

Análisis de los resultados

Este análisis resalta la necesidad apremiante de abordar los desafíos en materia de seguridad en Iztapalapa, lo que subraya aún más la importancia de considerar herramientas como los drones de vigilancia para mejorar la supervisión del trayecto de los estudiantes hacia los institutos. Estas tecnologías pueden ayudar a identificar y prevenir actos delictivos, así como a proporcionar información útil para desarrollar estrategias de seguridad más efectivas y adaptadas a las necesidades específicas de la comunidad.

Los principales hallazgos revelaron que la mayoría de los estudiantes están a favor de la implementación del sistema de drones como medida de seguridad. No obstante, se observó que muchos estudiantes tienen un conocimiento limitado sobre las regulaciones asociadas con el uso de drones.

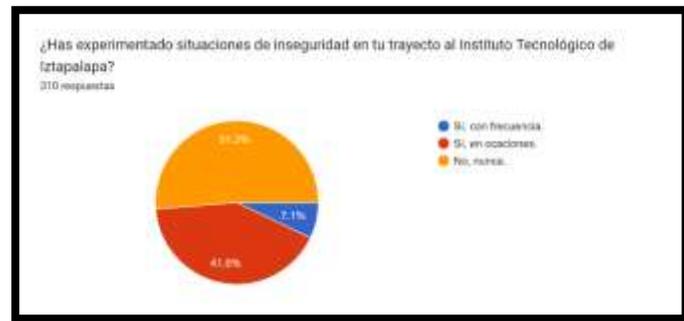
A continuación, y mediante encuestas realizadas a los alumnos del instituto tecnológico de Iztapalapa se muestran resultados convenientes en la aceptación de este artículo fundamentando lo antes mencionado.

(GRÁFICA 1.1)

Gráfica 1.1) Experiencias de inseguridad:

El 49% de los encuestados ha experimentado situaciones de inseguridad en su trayecto al Instituto Tecnológico de Iztapalapa, mientras que el 52% nunca ha experimentado tales situaciones.

Dentro del grupo que ha experimentado inseguridad, la mayoría (42%) lo ha experimentado en ocasiones, mientras que solo un pequeño porcentaje (7%) lo ha experimentado con frecuencia.

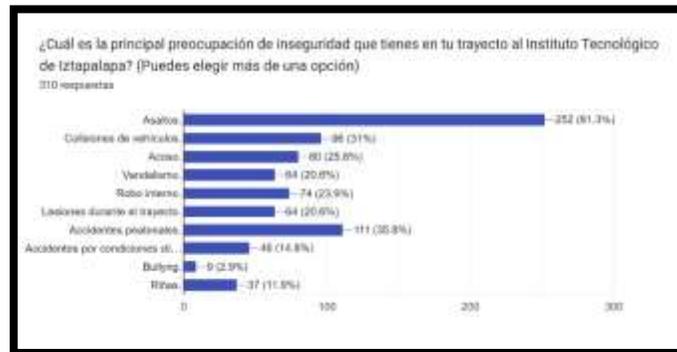


(GRÁFICA 1.2)

(Gráfica 1.2) Principal preocupación de inseguridad:

Asaltos es la principal preocupación de inseguridad, con una abrumadora mayoría del 81% de los encuestados identificándose como una preocupación. Le siguen en importancia los accidentes peatonales con un 36%, colisiones de vehículos con un 31%, y el acoso con un 26%.

Otras preocupaciones también son mencionadas, aunque en menor medida, como el robo interno, vandalismo, lesiones durante el trayecto, y riñas, todas con porcentajes entre el 15% y el 24%.



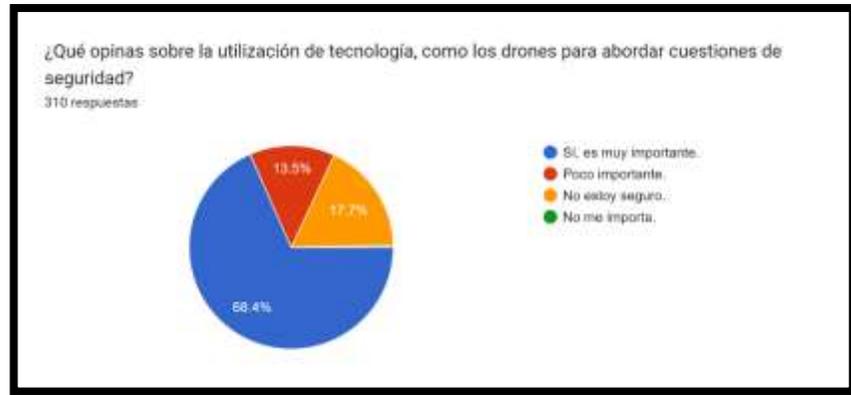
Análisis conjunto gráficas (1.1, 1.2)

En general, estos resultados sugieren que la seguridad en el trayecto al Instituto Tecnológico de Iztapalapa es una preocupación significativa para una parte considerable de la comunidad estudiantil. Los asaltos son la principal preocupación, seguidos por otras formas de inseguridad vial y personal. Estos hallazgos podrían ser útiles para informar medidas de seguridad y políticas dirigidas a mejorar la seguridad en el área.

(GRÁFICAS 2.1)
(Gráfica 2.1) Opinión sobre la utilización de tecnología, como los drones, para abordar cuestiones de seguridad:

La mayoría de los encuestados (68%) considera que la utilización de tecnología, como los drones, es muy importante para abordar cuestiones de seguridad.

Un 13% de los encuestados considera que es poco importante, mientras que un 18% no está seguro y solo un 1% indica que no le importa. Percepción sobre si el uso de drones podría mejorar la seguridad en el campus y reducir la incidencia de robos e inseguridad.

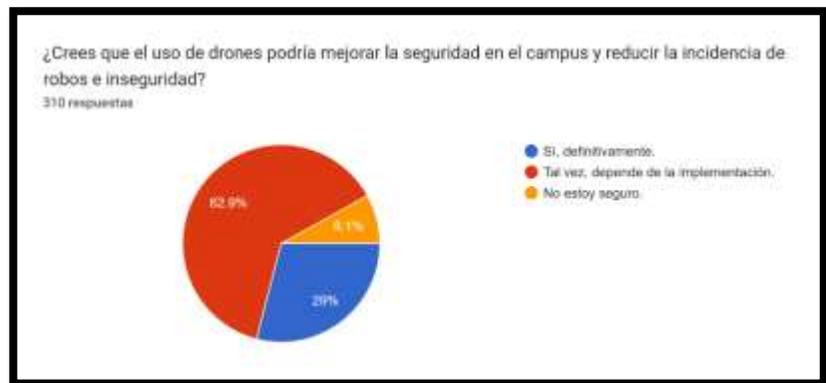


(GRÁFICAS 2.2)
(Gráfica 2.2) Opinión sobre la utilización de tecnología, como los drones, para abordar cuestiones de seguridad:

La mayoría de los encuestados (63%) cree que tal vez el uso de drones podría mejorar la seguridad en el campus y reducir la incidencia de robos e inseguridad, pero que esto depende de cómo se implemente la tecnología.

Un 29% de los encuestados está más seguro y cree que definitivamente el uso de drones podría mejorar la seguridad en el campus.

Un pequeño porcentaje (8%) no está seguro sobre si el uso de drones tendría un impacto positivo en la seguridad del campus.



Análisis conjuntos gráficas (2.1, 2.2)

Estos resultados indican un alto nivel de interés y apoyo hacia la utilización de tecnología, como los drones, para abordar cuestiones de seguridad en el campus. La mayoría de los encuestados perciben que esta tecnología podría ser beneficiosa, aunque reconocen que la efectividad dependerá de cómo se implemente. Estas opiniones pueden ser útiles para guiar decisiones sobre la implementación de medidas de seguridad tecnológicas en el campus.

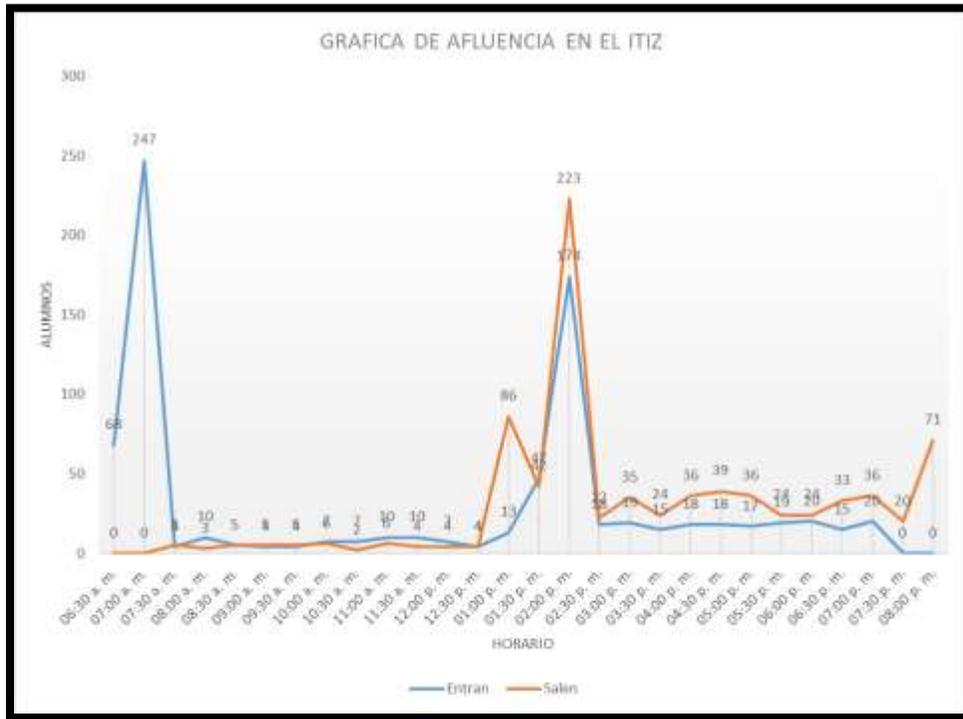
Desde la perspectiva de inversión, es importante contemplar los desembolsos iniciales, abarcando la adquisición de drones, cámaras, baterías y otros dispositivos esenciales. Adicionalmente, se deben incorporar los costos vinculados con la planificación y ejecución del sistema, englobando la capacitación del personal y el establecimiento de la infraestructura técnica necesaria. En el contexto de una inversión propuesta de 150,000 pesos para un sistema de seguridad mediante drones, estos elementos constituirán aspectos críticos a considerar para la viabilidad y eficacia del proyecto.

Desde la perspectiva del costo de operación, se abarcarían elementos como el mantenimiento preventivo de los drones, la reposición de piezas o equipos ante averías, los desembolsos vinculados a la capacitación continua del personal, y cualquier otro gasto recurrente inherente al funcionamiento del sistema de seguridad mediante drones. En cuanto a la estimación propuesta de 30,000 pesos para el costo de operación, estos factores constituirían elementos cruciales a considerar para asegurar la sostenibilidad y eficiencia a lo largo del tiempo en la implementación del sistema.

A través de un análisis detenido, se ha determinado que los drones seleccionados para la ejecución de este proyecto son los DJI MINI 2. Esta elección se basa en la observación sistemática de los horarios de ingreso y salida de los

estudiantes del Instituto Tecnológico de Iztapalapa en un intervalo de 6:30 A.M a 8:00 P.M. Se ha identificado que el período de máxima afluencia de estudiantes se concentra en una ventana de 30 minutos, coincidiendo aproximadamente con la duración de la carga de batería del dron. En virtud de esta sincronización, el uso de los drones DJI MINI 2 se revela como estratégico, proporcionando el tiempo necesario para llevar a cabo monitoreos de manera óptima. Este enfoque se alinea con la eficiencia del sistema propuesto para la seguridad institucional.

(Gráfica 3) Afluencia de alumnos respecto a sus horarios en el ITIZ



Conclusiones

Es importante destacar la eficacia que esta tecnología puede aportar en la prevención y seguimiento de investigaciones de casos específicos, puesto que los drones ofrecen una perspectiva aérea que facilita la vigilancia y el monitoreo de áreas extensas de forma más eficiente. Además, su capacidad para recopilar datos en tiempo real y llegar a lugares de difícil acceso los convierte en una herramienta valiosa para la seguridad.

Sin embargo, es crucial considerar aspectos éticos y legales al implementar drones en actividades de vigilancia. Es fundamental respetar la privacidad de las personas y garantizar que su uso se realice de manera transparente y dentro del marco legal establecido.

La implementación de un sistema integral de seguridad para una institución educativa es una medida esencial para garantizar un entorno seguro para alumnos, personal docente y visitantes.

Al invertir en seguridad, las instituciones educativas demuestran su compromiso con el bienestar de su comunidad, promoviendo un ambiente propicio para el aprendizaje y el desarrollo personal. La presencia de medidas de seguridad adecuadas también puede ayudar a disuadir comportamientos no deseados y a mantener la tranquilidad en el entorno escolar.

Es importante que la implementación de un sistema integral de seguridad se realice de manera planificada y considerando las necesidades específicas de la institución. La colaboración con expertos en seguridad y la capacitación del personal son aspectos clave para asegurar la efectividad y la sostenibilidad de estas medidas.

Con base a los resultados obtenidos sobre la encuesta que se llevó a cabo, se puede concluir que la implementación de un Sistema Integral de Seguridad Institucional en el ITIZ utilizando drones y enfocado en la Metodología DMAIC tendrá un impacto significativo en la prevención y gestión de riesgos. Se espera que las contribuciones significativas de esta investigación sean la mejora en la protección de activos institucionales, la reducción de incidentes de seguridad, y la promoción de un entorno más seguro y confiable para la comunidad. Confiamos que esta propuesta contribuya al saber en el área de tema en investigación al proporcionar un marco metodológico claro y aplicable en instituciones similares.

Referencias

Boletín de la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México (FGJCDMX):

Autor: Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México

Fecha de publicación: 1/09/23

Título: Boletín de Estadísticas Delictivas - Septiembre 2023

URL: <https://www.fgjcdmx.gob.mx/storage/app/media/Estadisticas%20Delictivas/2023/09-boletin-septiembre-2023.pdf>

Boletín del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI):

Fecha de publicación: 19/04/21

Autor: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Título: Boletín de la Encuesta Nacional de Seguridad Urbana (ENSU) - Abril 2021

URL: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/ensu/ensu2021_04.pdf

De Estadística y Geografía, I. N. (s. f.). Incidencia delictiva. <https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/>

(Wachauf, 2023)

Wachauf, D. (2023, diciembre 18). Fuerzas Armadas de México gastan 374 mdp en drones. El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/fuerzas-armadas-de-mexico-gastan-374-mdp-en-drones/>

(Rivera, 2023)

Rivera, R. (2023, noviembre 21). Drones de la Policía ayudan a vigilar la CDMX. Uno TV. <https://www.unotv.com/estados/ciudad-de-mexico/drones-de-la-policia-ayudan-a-vigilar-la-cdmx/>

(Iniciativa sobre regulación de drones es respaldada por la Comisión de Seguridad, s/f)

Iniciativa sobre regulación de drones es respaldada por la Comisión de Seguridad. (s/f). Com.mx. Recuperado el 1 de marzo de 2024, de <https://www.seguridadenamerica.com.mx/34383/iniciativa-sobre-regulacion-de-drones-es-respaldada-por-la-comision-de-seguridad>

(Maritano, 2023)

Maritano, A. P. (2023, abril 19). México – Regular el uso de drones. Diario Jurídico. <https://www.diariojuridico.com/mexico-regular-el-uso-de-drones/>

Colegio de Pilotos Aviadores de México. (2020, 15 de diciembre). Seguridad Aérea, el gran desafío de la normatividad Dron-RPAS en México. Cap. Yuri Yomel Estrada [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Z8y97T7DiN4>

(Universal, 2023)

Universal, E. [@ElUniversalMex]. (2023, agosto 20). Estos “drones policías” muestran cómo ha avanzado la inteligencia en la CDMX: SSC. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=k-dc67S0-Y4>

Gomosis y sus Implicaciones en el Cultivo de Lima Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en la Región Central del Estado de Veracruz

Cárdenas Cágál Angel¹, Gutiérrez Rivera, Beatriz², Hernández Rosas Francisco³,
Robledo Narváez Paula Natalia⁴, Covarrubias Aguilar Luis Manuel⁵, Vergara Monterroza Marlon Julio⁶

Resumen— La región centro de Veracruz posee gran potencial para la comercialización de lima persa. Este cultivo es afectado por Gomosis, que se asocia a la incidencia de hongos, afectando el desarrollo fenológico y en algunos casos la muerte de la planta, lo que impacta en la productividad. Se realizó una encuesta entre productores de la región con visitas en campo. Se describieron los síntomas reportados por los productores y observados en los cultivos de lima persa. Se fundamentó con revisión bibliográfica los efectos sobre la calidad del fruto y desarrollo de la planta. Se reportó Gomosis en el 100% de las huertas. Los principales síntomas observados fueron exudación de goma, marchitamiento general, empezando por los brotes superiores, evolucionando de manera descendente y en algunos casos la muerte de la planta. Se asociaron dos potenciales patógenos. Estos hallazgos permiten identificar líneas de investigación con alternativas de manejo oportuno a este problema.

Palabras clave— *Phytophthora* spp., *Lasiodiplodia* spp., podredumbre del cuello, exudaciones gomosas

Introducción

En México, se cultiva una variedad de limones que incluyen el limón persa o sin semilla (*Citrus latifolia*), el limón mexicano, verde o amargo (*Citrus aurantifolia*) y el limón amarillo o italiano (*Citrus lemon*). Este fruto posee un gran potencial para la comercialización debido a su diversidad de usos, destacándose como fruta fresca para los mercados de exportación, principalmente en Estados Unidos, Europa y Japón. A nivel industrial, se aprovecha integralmente, extrayendo componentes como el aceite esencial, los jugos, el ácido cítrico, la pectina y la cáscara (Fernández-Lambert et al. 2015; Suri, Singh, y Nema 2022). El limón es una fuente valiosa de ácido cítrico, vitamina C, alcaloides, flavonoides, microminerales y oligoelementos. Además de su uso culinario, se ha reconocido por sus propiedades medicinales, como la capacidad para reducir la fiebre, equilibrar la presión arterial y regular el nivel de agua en el cuerpo. También, presenta beneficios para combatir enfermedades de la piel como el acné, estimular el metabolismo y mejorar la salud del tracto digestivo (Irfan et al. 2019; Ramzan et al. 2019). México sobresale como el segundo productor mundial de limones, englobando tanto la lima persa como el limón mexicano, con una producción anual que supera las 3 millones de toneladas (3,101,000 t), destinando el 29 % a la exportación (SIAP 2023). A nivel nacional, el estado de Veracruz se destaca como el principal productor de lima persa, contribuyendo con 859,613 toneladas anuales. El municipio de Martínez de la Torre lidera en volumen de producción. Sin embargo, en los últimos años, la zona central del estado ha experimentado un crecimiento notable en el cultivo de este cítrico. Municipios como Cuitláhuac, Carrillo Puerto, Cotaxtla, Tlalixcoyan y Tierra Blanca han destacado, alcanzando en 2022 las 6050 hectáreas destinadas al cultivo de limón, con una producción de 103,007 toneladas (SIAP 2023).

Por su parte, los rendimientos en la región con 16.43 t/ha/año en promedio, si bien se encuentran por arriba de la media nacional, y tienen un importante margen de incremento, tomando en cuenta el potencial productivo de la zona. Sin embargo, los problemas asociados al cultivo de limón, que han dificultado un mayor aumento en los rendimientos y calidad del fruto, están relacionados con la ausencia de un manejo integrado de plagas y enfermedades. La incidencia de enfermedades se atribuye al ataque de hongos, virus y bacterias que afectan el desarrollo de la planta y la calidad del fruto (Manzanilla-Ramírez et al. 2018). Entre las principales enfermedades más recurrentes en el cultivo de lima persa en México según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER 2017) son: la mancha grasienta, el HLB, la gomosis, la tristeza de los cítricos (CTV) y la fumagina, todas ellas también reportadas para el estado de Veracruz (Contreras-Maya, Ovando-Barroso, y Villegas-Montier 2019).

¹ El M.C. Ángel Cárdenas Cágál es estudiante de posgrado del Colegio de Posgraduados Campus Córdoba. cagal.angel@colpos.mx

² La Dra. Beatriz Gutiérrez Rivera es Profesora Investigadora del TecNM Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

beatriz.gutierrez@itsb.edu.mx (autor corresponsal)

³ El Dr. Francisco Hernández Rosas es Profesor Investigador del Colegio de Posgraduados Campus Córdoba. fhrosas@colpos.mx

⁴ La Dra. Paula Natalia Robledo Narváez es Profesora Investigadora del TecNM Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca p.robledo@itsb.edu.mx

⁵ El M.C. Luis Manuel Covarrubias Aguilar es estudiante de posgrado del Colegio de Posgraduados Campus Córdoba cova_80@hotmail.com

⁶ El Ing. Marlon Julio Vergara Monterroza es estudiante de posgrado del TecNM Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca 248n0008@itsb.edu.mx

La gomosis, una enfermedad provocada por la presencia de hongos, representa una amenaza significativa para el desarrollo de la planta, llegando incluso a causar la muerte de hasta el 35 % de los árboles anualmente, ocasionando pérdidas de producción que pueden alcanzar el 60 % (Leyva-Mirs et al. 2021; Valle-De La Paz et al. 2019). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico sobre la presencia de gomosis en huertas de lima persa en la región central del estado de Veracruz y sus implicaciones en el cultivo.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en la región centro del estado de Veracruz, abarcando los municipios de Cuitláhuac, Cotaxtla, Carrillo Puerto, Tlalixcoyan y Tierra Blanca. Un total de 89 huertas en esta área fueron identificadas mediante la colaboración de una cooperativa citrícola establecida en la comunidad de Joachín, perteneciente al municipio de Tierra Blanca. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario estructurado que constaba de 25 reactivos. En una etapa inicial, el cuestionario fue validado con la participación de 10 productores; posteriormente, se implementó en el resto de las huertas a través de visitas en campo. El cuestionario se diseñó para obtener información detallada sobre las características generales de las huertas y las principales enfermedades identificadas en el entorno. Para definir las características generales de las huertas, se consideraron aspectos como la superficie sembrada del cultivo, la edad de la plantación, el tipo de portainjerto utilizado, la densidad de siembra, el sistema de riego y el tipo de producción. En cuanto al reconocimiento de las principales enfermedades presentes en las huertas de lima persa, se abordaron aspectos relacionados con la presencia de HLB, Gomosis, VTC y Mancha grasienta.

Se realizó una descripción de la principal enfermedad detectada con los síntomas observados en campo. Adicionalmente se describió la enfermedad con base en la literatura enfocándose en los efectos sobre la planta y el fruto.

El análisis de los datos recopilados se llevó a cabo mediante un enfoque estadístico descriptivo, incluyendo la obtención de frecuencias y proporciones. Este proceso de análisis se ejecutó utilizando el software R 4.1.0 en el entorno de desarrollo integrado RStudio 1.4.1717.

Resultados

En el cuadro 1 se detallan las principales características observadas en las huertas de lima persa en la región de estudio. La mayoría de las huertas (73%) presentan dimensiones moderadas, oscilando entre 1 y 5 hectáreas; únicamente el 8% supera las 10 hectáreas plantadas. Destaca la presencia significativa de plantaciones jóvenes (67%), con una edad que no rebasa los 3 años, lo que sugiere un desarrollo continuo de la actividad citrícola en esta área. En cuanto a la densidad de siembra, la mayoría de las huertas (50%) exhiben una densidad de 200-300 árboles por hectárea, aunque algunos productores (6%) ya han adoptado densidades que superan los 500 árboles por hectárea. Respecto al portainjerto, el naranjo agrio es utilizado en la mayoría de las huertas (60%), mientras que el patrón Volkameriano (59%) también posee una amplia aceptación. En términos de sistemas de riego, el 51% de las huertas opta por la microaspersión y un 33% utiliza sistemas de riego por goteo, señalando una adopción progresiva de tecnologías eficientes en la gestión del agua. Sin embargo, las elecciones de sistemas de riego pueden estar condicionadas por factores como la topografía y la disponibilidad de agua. En cuanto a las prácticas de producción, la mayoría de las huertas (68%) sigue métodos convencionales. Un 24% se encuentra en un proceso de transición hacia prácticas más sostenibles, mientras que el 8% ya se dedica a la producción orgánica. Estos datos reflejan una variedad de enfoques en el manejo de las huertas, indicando una diversificación en las estrategias agrícolas y una transición gradual hacia prácticas más sostenibles por parte de los productores.

Superficie sembrada (ha)	%	Edad de la plantación (años)	%	Densidad de siembra (número de árboles)	%	Tipo de portainjerto	%	Tipo de sistema de riego	%	Tipo de producción	%
1_5	73	1_3	67	200-300	50	Naranjo agrio	60	Rodado	16	Convencional	68
6_10	18	4_6	28	301-400	22	Volkameriano	59	Goteo	33	Transición	24
Más de 10	8	7_9	4	401-500	22	Macrophylla	26	Microaspersión	51	Orgánica	8
				Mas de 500	6	Swingle	11				

Cuadro 1. Características generales de las huertas (superficie sembrada del cultivo, edad de la plantación, la densidad de siembra, tipo de portainjerto, tipo de sistema de riego, tipo de producción).

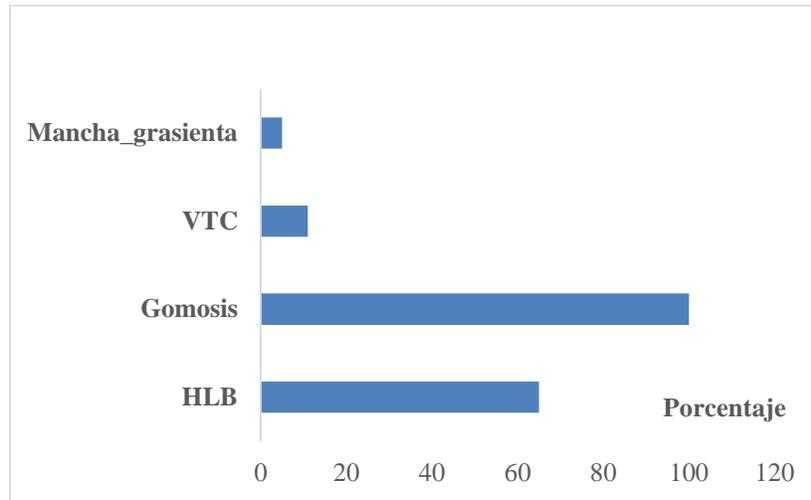


Figura 1. Principales enfermedades identificadas en las huertas de lima persa en la región centro del estado de Veracruz

En la Figura 1, se describe la prevalencia de las principales enfermedades identificadas en las huertas de Lima Persa en la región central del estado de Veracruz. Se destaca especialmente la incidencia del Huanglongbing (HLB) en un 65% de las huertas y la gomosis en el 100%. La gomosis, es una enfermedad que afecta el sistema vascular de los árboles cítricos, se manifiesta de manera generalizada, lo cual podría tener consecuencias significativas para la salud y la productividad de las plantaciones. Los síntomas predominantes comprenden exudación de goma, marchitamiento general, iniciando por los brotes superiores, evolucionando de manera descendente, culminando en algunos casos con la muerte de la planta (Figura 2). La presencia marcada de gomosis en las huertas subraya la necesidad de implementar estrategias efectivas de manejo y control de enfermedades en la citricultura de la región. Se sugiere la adopción de medidas preventivas, el establecimiento de un monitoreo regular y la implementación de prácticas de manejo integrado.



Figura 2. Planta de Lima Persa afectada por la presencia de gomosis

Descripción de la gomosis

La gomosis es una enfermedad que afecta todas las regiones cítricas del mundo. Aunque tradicionalmente se ha asociado principalmente con el ataque de hongos del género *Phytophthora*, investigaciones recientes indican que otras especies pertenecientes a los géneros *Diplodia* y *Lasiodiplodia* también pueden ocasionar la enfermedad de la gomosis de los cítricos (Aloi et al. 2021). Esta patología es sumamente destructiva y puede causar daños irreparables en los huertos. Se ha reportado que la gomosis afecta aproximadamente entre un 10% y un 35% de los árboles de una huerta cada año, ocasionando pérdidas de producción que pueden alcanzar el 60% (Leyva-Mirs et al. 2021; Rajput et al. 2020; Valle-De La Paz et al. 2019).

Las pérdidas debidas a la gomosis pueden manifestarse en diversas etapas del cultivo: desde semilleros afectados por la humedad hasta viveros que experimentan podredumbre del pie y podredumbre de la raíz. En los huertos, la gomosis puede causar estragos mediante la podredumbre del pie, podredumbre fibrosa de la raíz, podredumbre marrón de la fruta, y una mayor propagación del patógeno a frutas adyacentes en cajas de empaque (Graham y Feichtenberger 2015). La aparición de esta enfermedad se ve influida por diversos factores, incluyendo salpicaduras de lluvia, escorrentía, sistemas de riego por aspersión, prácticas de poda, estancamiento de agua, variedades susceptibles, e injertos cercanos al suelo. La multiplicación y diseminación de las esporas del patógeno se favorece en condiciones de humedad relativa superior al 80% y temperaturas oscilantes entre 28 y 32 °C. La infección se inicia a nivel del suelo, donde las zoosporas son transportadas por el agua y se extienden por el tronco hasta las raíces (Alhelí Sáenz Pérez et al. 2019; Vicent, Mira, y Dalmau 2016). Después de transcurrir algunos días desde la infección inicial, emergen síntomas como la decoloración de las raíces, la disminución de las raíces alimentadoras, la marchitez, la coloración amarillenta en las plantas jóvenes, así como la formación de lesiones y la liberación de material gomoso (Rajput et al. 2020).

La secreción de goma, como resultado de la afectación por la gomosis, se manifiesta en diversas plantas enfermas, ya sea en cavidades especializadas o llenando el lumen de elementos traqueales, así como en células parenquimatosas. En las plantas de cítricos, la emisión de goma es una de las manifestaciones más frecuentes de las enfermedades de la corteza. Se ha sugerido que la goma cumple la función de detener o ralentizar el avance de la enfermedad. La formación de goma en las plantas de cítricos resulta de un proceso activo de síntesis de polisacáridos en células especializadas. El tejido productor de goma se diferencia de las células cambiales fusiformes debido a la infección del hongo. Diversos autores atribuyen la formación de la goma a la descomposición de la pared celular. Las paredes celulares que se convierten en goma pueden ser de células del xilema maduro o de células de grupos parenquimatosos especializados que se diferencian en el cambium, para luego desintegrarse y originar tanto la goma como el conducto del lumen. La goma de los cítricos es, básicamente, un polisacárido compuesto por una cadena ramificada de galactosa, con ramificaciones laterales que contienen arabinosa y ácido glucurónico (Gedalovich y Fahn 1985).

Entre los patógenos asociados a esta enfermedad, se ha reportado para el estado de Veracruz la presencia de *Phytophthora* y *Lasiodiplodia* (Acosta-Pérez et al. 2012; Leyva-Mirs et al. 2021)

Efectos sobre la planta de lima persa

El efecto más severo causado por *Phytophthora* spp., es la podredumbre del pie del tallo, también conocida como gomosis, donde en climas muy secos la goma que es soluble en agua no es eliminada del tronco por la lluvia. La infección del vástago se produce cerca del nivel del suelo y produce lesiones que se extienden hasta la unión de la yema en los portainjertos resistentes o suben por el tronco hasta las ramas principales del árbol. El cambium y la corteza interna se dañan y las lesiones se extienden por la circunferencia del tronco, rodeando el cambium y matando al árbol. Los árboles de vivero y los árboles de arboleda jóvenes con una circunferencia de tronco pequeña se pueden infectar totalmente y mueren rápidamente. Los árboles grandes también pueden morir, pero por lo general los troncos están sólo parcialmente dañados, se pueden observar clorosis de las hojas, defoliación, muerte progresiva de las ramitas y brotes de crecimiento débiles. Infección de plantas nuevas en vivero por *Phytophthora* spp., causa damping-off. *Phytophthora* spp., también puede infectar la corteza de la raíz y provocar la descomposición de las raíces fibrosas (Graham y Feichtenberger 2015; Gade y Lad 2018). La pudrición de la raíz puede ser especialmente grave en portainjertos susceptibles en suelo de vivero infestado o en árboles de vivero jóvenes plantados en suelo infestado. En árboles pequeños, la pérdida de un número significativo de raíces puede provocar la muerte del árbol. La pudrición de la raíz también ocurre en portainjertos susceptibles en las huertas donde el daño rara vez mata al árbol, pero disminuye en vigor y producción de frutos (Graham y Feichtenberger 2015; Miele y Rizzon 2017; Williamson-Benavides y Dhingra 2021; Rodrigues da Silva et al. 2021).

Las especies de *Lasiodiplodia* exhiben actividad celulolítica, lo que facilita su penetración y colonización en la planta, de manera similar a un hongo que causa pudrición blanda. Este hongo utiliza el almidón y otros sacáridos presentes en el sustrato inicial de la madera para su desarrollo (Valle-De La Paz et al. 2019). En general, el

hongo Lasiodiplodia provoca síntomas como cáncer de tallo, gomosis en ramas y tallos, tizón de brotes y pudrición de frutos en plantas de cítricos en todo el mundo, especialmente en áreas tropicales y subtropicales. Las plantas infectadas con esta enfermedad pueden morir entre 1 y 3 años después de la primera infección, dependiendo de la parte de la planta afectada. En casos donde el tallo principal se ve afectado, la planta puede morir un año después de la infección, mientras que, si las ramas o ramitas del dosel son atacadas, la muerte puede ocurrir en un plazo de 3 años. Los síntomas de la enfermedad en las plantas de cítricos incluyen la Diplodia húmeda y la Diplodia seca. La Diplodia húmeda se caracteriza por la presencia de gomosis de color amarillo dorado en las ramas o ramitas afectadas, con emisión de un aroma ácido. En etapas avanzadas, la piel de la planta puede desprenderse, provocando incluso la muerte. En ataques severos, las heridas de gomosis se tornan circulares en las ramas y tallos principales, causando la muerte de las partes superiores de la planta y, en casos extremos, la muerte completa de la misma. Por otro lado, la Diplodia seca presenta síntomas más difíciles de identificar al principio, ya que no se observa la presencia de goma. En etapas avanzadas o en ataques severos, la corteza o las ramas pueden desprenderse, formándose pequeños huecos, con pudrición interna y salida del hongo, seguido de secado o incluso la muerte de la planta. Ataques intensos que afectan las ramas principales y tallos pueden provocar la muerte de las partes superiores de la planta, llegando a causar la muerte total de la misma (Dwiastuti y Aji 2021).

Efectos sobre el fruto de lima persa

Durante la enfermedad de la gomosis la absorción de agua y nutrientes minerales se ve afectada y las reservas de carbohidratos en las raíces se agotan por los ataques repetidos. Este daño reduce el tamaño de la fruta y el rendimiento debido a la pérdida de hojas y la muerte regresiva de las ramas del dosel (Graham y Feichtenberger 2015). En varios sistemas hospedadores / patógenos, el progreso de la enfermedad en la fruta da como resultado la disminución o desaparición total del contenido de azúcar de la fruta. Dichos sistemas incluyen: frutos de limón con presencia de *Phytophthora citrophthora*. Este fenómeno se ha relacionado generalmente con la estimulación de la respiración en el tejido infectado. En algunos frutos se ha observado una disminución de los contenidos de glucosa, sacarosa, fructosa, maltosa y rafinosa (Barkai-Golan 2001).

Lasiodiplodia afecta el fruto desde la base del pedúnculo, provocando una rápida decoloración pardusca y descomposición si no se controla. Inicialmente, el síntoma en el fruto se asemeja a un hematoma de color marrón pálido, luego se desarrolla una podredumbre blanda, similar a un escaldado. Cuando el hongo ataca la fruta, la división revela esporas y micelio del hongo en la mitad del fruto cercana al tallo, junto con un ligero aroma ácido. Los efectos de este hongo pueden manifestarse tanto durante el periodo de permanencia en el campo como después de la cosecha, durante el almacenamiento o la entrega. Los efectos en el campo se hacen evidentes cuando la planta comienza a dar frutos. En cambio, los efectos poscosecha pueden surgir cuando la fuente de infección se ha transmitido desde el campo, pero aún no presenta síntomas, o durante un proceso prolongado de desverdecimiento (Dwiastuti y Aji 2021).

Conclusiones

La Gomosis se registró en el 100% de las huertas, manifestándose a través de síntomas característicos como la exudación de goma, el marchitamiento general iniciado en los brotes superiores y su progresión descendente, y en algunos casos la muerte de la planta.

Se consideran dos posibles patógenos relacionados a los géneros *Phytophthora* y *Lasiodiplodia*, por lo que es importante realizar las pruebas de laboratorio correspondientes para la identificación específica del patógeno.

Los resultados resaltan la necesidad de afrontar la gomosis como un problema crítico en la citricultura de la región, en consecuencia, se deben implementar estrategias preventivas y de gestión con la finalidad de asegurar la salud y la productividad a largo plazo de las huertas de lima persa.

Referencias

Acosta-Pérez, JA, CF Ortiz-García, JM Zaldivar-CRuz, M Rodríguez-Cuevas, Bautista-Muñoz CC, y C de la Cruz Castillo-Aguilar. "Identificación del Agente Causal e Importancia de la Gomosis en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco, México," *Universidad y Ciencia*, Vol. 28, No. 3, 2012.

Alhelí Sáenz Pérez, Criseida, Eduardo Osorio Hernández, § Benigno, Estrada Drouaillet, Wilberth Alfredo, Poot Poot, Rafael Delgado Martínez, y Raúl Rodríguez Herrera. "Principales enfermedades en cítricos," *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.10, No. 7, 2019.

Aloi, Francesco, Mario Riolo, Rossana Parlascino, Antonella Pane, y Santa Olga Cacciola. "Bot Gummosis of Lemon (*Citrus × Limon*) Caused by *Neofusicoccum Parvum*," *Journal of Fungi*, Vol. 7, No. 4, 2021.

Barkai-Golan, Rivka. "Chapter 7 Physiological and Biochemical Changes Following Infection,." En *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables*, editado por Elsevier, 2001.

Contreras-Maya, Rosalba, Emanuel Ovando-Barroso, y Angel Villegas-Montier. "Virus de la tristeza en Veracruz," *Avances en investigación agrícola, pecuaria, forestal, acuicola, pesquera, desarrollo rural, transferencia de tecnología, biotecnología, ambiente, recursos naturales y cambio climático.*, 2019.

Dwiastuti, M E, y T G Aji. "Citrus Stem Rot Disease (Lasiodiplodia Theobromae (Pat.) Griff. & Maubl) Problem and Their Control Strategy in Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 752 No. 1, 2021.

Fernández-Lambert, Gregorio, Alberto Antonio Aguilar-Lasserre, Gustavo Martínez-Castellanos, Dra María Leocelia Guadalupe Ruvalcaba Sánchez, Juan Gabriel Correa-Medina, y José Luis Martínez-Flores. "Contexto y Caracterización de la Cadena de Suministro del Limón Persa (Citrus latifolia Tanaka) en Veracruz-México," *Conciencia Tecnológica*, No. 50, 2015.

Gade, R M, y R S Lad. "Biological Management of Major Citrus Diseases in Central India-A Review," *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, Vol. 6, 2018.

Gedalovich, Esther, y Abraham Fahn. "The Development and Ultrastructure of Gum Ducts in Citrus Plants Formed as a Result of Brown-Rot Gummosis," *Protoplasma*, Vol. 127, No. 1, 1985.

Graham, J., y E. Feichtenberger. "Citrus phytophthora diseases: Management challenges and successes," *Journal of Citrus Pathology*, Vol. 2, No. 1, 2015.

Irfan, Shafeeqa, Shahid Mahmood, Muhammad Modassar Ali Nawaz Ranjha, Jawaria Komal Shahzad, Kiran Tanvir Jaangla, Abdullah Bin Masood, Saddam Mustafa, y Corresponding Author. "A Critical Review on Nutritional and Medicinal Importance of Lemon," *Acta Scientific Agriculture*, Vol. 3, No. 6, 2019.

Leyva-Mirs, Santos Gerardo, Marco Antonio Bautista-Cruz, Gustavo Almaguer-Vargas, María Teresa Colinas-Leon, Juan Manuel Tovar Pedraza, y Moisés Camacho-Tapia. "Efectividad de fungicidas y Trichoderma spp. para el control de Lasiodiplodia spp. en huertos de limón 'Persa' en Veracruz," *Revista Mecana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 12, No. 2, 2021.

Manzanilla-Ramírez, Miguel Angel, José Joaquín Velázquez-Monreal, Manuel de Jesús Bermúdez-Guzmán, Karina de la Paz García-Mariscal, Mario Orozco-Santos, y Marciano Manuel Robles-González. "Manejo Integral del cultivo de limón mexicano en un escenario de alta incidencia de HLB," *INIFAP, Folleto para productores* No. 20, 2018.

Miele, Alberto, y Luiz Antenor Rizzon. "Rootstock-scion interaction: 1. effect on the yield components of Cabernet Sauvignon grapevine," *Revista Brasileira de Fruticultura*, Vol. 39, No. 1, 2017.

Rajput, Nasir, Muhammad Atiq, Hamza Tariq, Warda Modassar, y Akhtar Hameed. "Citrus Gummosis: A Formidable Challenge to Citrus Industry: A Review," *International Journal of Biosciences*, Vol. 16, No. 5, 2020.

Ramzan, Iqra, Shafeeqa Irfan, Shahid Mahmood, Abdullah Bin Masood, Muhammad Modassar Ali Nawaz Ranjha, Jawaria Komal Shahzad, Kiran Tanvir Jaangla y Saddam Mustafa. "A Critical Review on Nutritional and Medicinal Importance of Lemon," *Acta Scientific Agriculture*, Vol. 3, No. 6, 2019.

Rodrigues da Silva, Adielle, Delmira da Costa Silva, Kaliane Nascimento dos Santos Pinto, Hermes Peixoto Santos Filho, Maurício Antônio Coelho Filho, Walter dos Santos Soares Filho, Cláudia Fortes Ferreira, y Abelmon da Silva Gesteira. "Epigenetic responses to Phytophthora citrophthora gummosis in citrus," *Plant Science* 313, 2021.

SADER. "Plagas y enfermedades comunes del limón," Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/plagas-y-enfermedades-comunes-del-limon>, 2017.

SIAP. "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola," *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. 2023.
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Suri, Shweta, Anupama Singh, y Prabhat K. Nema. "Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook". *Applied Food Research*, Vol. 2, No. 1, 2022.

Valle-De La Paz, Mairel, Dagoberto Guillén-Sánchez, Daniel Perales-Rosas, Víctor López-Martínez, Porfirio Juárez-López, Edgar Martínez Fernández, Marianguadalupe Hernández-Arenas, Rafael Ariza-Flores, y Adriana Rosalía Gijón-Hernández. "Distribución, Incidencia y Severidad de La Muerte Descendente (Lasiodiplodia Spp.) En Lima Persa En Morelos, Mexico," *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol. 37, No. 3, 2019.

Vicent, A., J.L Mira, y V. Dalmau. "Estrategias para la gestión integrada de las enfermedades causadas por Phytophthora en cítricos," *Vida rural* Vol. 413, No.1, 2016.

Williamson-Benavides, Bruce A., y Amit Dhingra. "Understanding root rot disease in agricultural crops," *Horticulturae* Vol. 7, No. 2, 2021.

Evaluación de Rendimiento de la Tecnología LoRa en un Entorno Industrial de Manufactura

Josué Enrique Chávez Lara¹, M.C. Abelino Reyes Pablo², Ing. Oscar Yael Guzmán Márquez³, Ing. Eli Ruiz Calvo⁴, M.C. Grysel Pimentel Nogales⁵, Dr. Aldo Eleazar Pérez Ramos⁶

Resumen—La monitorización continua del nivel de ruido en entornos industriales de manufactura es esencial para garantizar la salud auditiva de los trabajadores. El diseño e implementación de plataformas del Internet Industrial de las Cosas (IIoT) basadas en redes de sensores inalámbricos, facilitarían las labores de monitoreo y respuesta inmediata para mantener controlados los niveles de ruido. No obstante, antes de implementar dichas plataformas se debe evaluar la tecnología inalámbrica que permita el establecimiento de comunicaciones robustas. En este trabajo se presenta un estudio experimental del rendimiento de la tecnología LoRa en un Entorno de Manufactura utilizando la métrica tasa de entrega de paquetes (PDR). Se realizaron transmisiones LoRaWAN DR0 a DR4 en dicho entorno. Los resultados mostraron que las transmisiones con DR0 son confiables. Sin embargo, es importante lograr un compromiso entre PDR y el número de bytes por paquete transmitido requerido por la aplicación para cumplir con las regulaciones espectrales.

Palabras clave—LoRa, WSN, IIoT, Manufactura, Salud Auditiva.

Introducción

El internet industrial de las cosas (en inglés Industrial Internet of Things, IIoT) ha emergido como el nuevo paradigma de comunicación entre dispositivos, sensores, aplicaciones y equipos de red asociados, que colaboran para recolectar, monitorear y analizar datos de operaciones industriales (Sisinni et al. 2018) Los beneficios que se consiguen al implementar plataformas IIoT son: la habilitación de capacidades de diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo de maquinaria, la reducción de costos y e incremento de la productividad, la identificación de riesgos a la salud de los trabajadores, entre otros, (Magrin et al. 2020). En este último aspecto, el monitoreo continuo del nivel sonoro en ponderación "A" es esencial para evaluar el impacto nocivo del ruido en la salud auditiva de los trabajadores, (DOF, 2001). Contar con una plataforma que permita recolectar esta información permitiría conocer el nivel de ruido del entorno y establecer acciones para mantener estos niveles por debajo de los límites máximos permisibles.

Uno de los temas fundamentales para la implementación de plataformas IIoT es la selección de una tecnología inalámbrica robusta, con la que se deberán establecer enlaces de comunicación confiables a pesar de los desafíos inherentes del canal inalámbrico en un entorno industrial, (Tanghe et al. 2008). En este contexto, trabajos de investigación reportados en (Magrin et al, 2020, Pagano et al 2022 y Queralta et al. 2019), mencionan que la tecnología LoRa ha ganado popularidad en el ámbito industrial, agrícola y urbano por que se pueden implementar sistemas de telemonitoreo de largo alcance utilizando dispositivos de bajo costo y de bajo consumo de energía. Además, posee parámetros de capa física configurables que pueden incrementar la confiabilidad de los enlaces.

Considerando lo anterior, en este trabajo presentamos una evaluación experimental del desempeño de la tecnología LoRa para implementar una red de sensores acústicos inalámbricos (en inglés Wireless Acoustic Sensor Networks, WASN) al interior del laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Oaxaca. Las evaluaciones se realizaron en términos de la tasa de entrega de paquetes (en inglés Packet Delivery Rate, PDR) utilizando las configuraciones DR0 a DR4 de LoRaWAN. Los resultados mostraron que los enlaces inalámbricos con DR0 son confiables. Sin embargo, debido a la duración extendida de la transmisión del mensaje (en inglés Time of Air, ToA) en el medio inalámbrico, se debe considerar el uso de otras configuraciones sin comprometer la confiabilidad del enlace.

¹ Josué Enrique Chávez Lara es Estudiante (20160409) de la carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. 20160409@itoaxaca.edu.mx

² M.C. Abelino Reyes Pablo es Profesor adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. abelino.rp@itoaxaca.edu.mx

³ Ing. Oscar Yael Guzmán Márquez es Profesor adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. oscar.guzman@itoaxaca.edu.mx

⁴ Ing. Eli Ruiz Calvo es Profesor adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. eli.ruiz@itoaxaca.edu.mx

⁵ M.C. Grysel Pimentel Nogales es Profesora adscrita al Departamento de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. grysel.pn@itoaxaca.edu.mx

⁶ Dr. Aldo Eleazar Pérez Ramos es Profesor-Investigador adscrito al Departamento de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca. dr.aldo@itoaxaca.edu.mx (autor corresponsal)

Metodología

Tecnología LoRa/LoRaWAN

LoRa (acrónimo proveniente del inglés Long-Range) es una tecnología inalámbrica de largo alcance, de bajo consumo de energía y baja tasa de datos patentada por Semtech Corporation en 2012. En su capa física (PHY) utiliza el esquema de modulación de espectro esparcido en chirp (en inglés Chirp Spread Spectrum, CSS) que puede ser modificado con diferentes factores de esparcimiento (en inglés Spreading Factors, SFs) que van de los SF7 a SF12. Este parámetro determina en gran medida la tasa de datos y la duración de la transmisión del mensaje conocido como tiempo en el aire (Time of Air, ToA). Otros dos parámetros relevantes de LoRa son el ancho de banda (BW), que pueden seleccionarse desde los 10 KHz hasta 500 KHz y la tasa de codificación (en inglés coding rate, CR). El valor de la tasa de codificación debe elegirse entre 4 opciones: 4/5, 4/6, 4/7 y 4/8. Esto denota que cada 4 bits útiles van a ser codificados por 5, 6, 7 u 8 bits de transmisión dependiendo de su valor utilizando un codificador de Hamming, (Afisiadis et al. 2020). Es importante mencionar que los parámetros BW, SF y CR tienen el mayor impacto en la confiabilidad de la transmisión y el alcance o radio de cobertura, (Queralt et al. 2019).

LoRaWAN es un protocolo de red inalámbrica de área amplia y baja potencia (en inglés Low Power Wide Area Network, LPWAN) que define cómo los dispositivos LoRa o nodos sensores se comunican con las estaciones base (en inglés Gateway, GW) y cómo se gestionan y enrutan los datos en una red IoT, (Queralt et al. 2019). Con este protocolo se determina aspectos como los modos de funcionamiento de los dispositivos, los canales para establecer enlaces entre dispositivos LoRa y el GW, configuración de los parámetros <SF, BW, CR> para determinar las tasas de datos (en inglés Data Rate, DR), aspectos sobre la arquitectura de red, entre otros. En lo que respecta a las DR es importante mencionar que LoRaWAN también determina la cantidad de bytes permitidos para cumplir con las regulaciones emitidas por los organismos reguladores del espectro radioeléctrico en Norteamérica (US915). Por ejemplo, en (Castells-Rufas et al. 2018) se menciona que el tiempo promedio de ocupación de un canal en la banda Industrial Científica y Médica (ICM) de 902-928 MHz no debe exceder los 0.4 segundos en un período de 20 segundos cuando el ancho de banda de la señal LoRa sea igual o mayor a 250 KHz. En el caso de señales con anchos de banda inferiores a 250 KHz, el tiempo promedio de ocupación no será superior a 0.4 s cada 10 segundos.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los parámetros antes mencionados en donde se puede observar que existe limitaciones en el número de bytes por mensaje para cada DR.

Data Rates (Enlaces S# hacia GW)	Configuración LoRa PHY	Número de bytes por paquete	Tasa datos (bps)	ToA (ms)
0	SF10,125KHz,4/5	11	980	248
1	SF9,125KHz,4/5	51	1760	329
2	SF8,125KHz,4/5	51	3125	185
3	SF7,125KHz,4/5	115	5470	195
4	SF8,500KHz,4/5	222	12500	154

Cuadro 1. Configuraciones de LoRa/LoRaWAN para DR, ToA , tasa de datos y bytes por mensaje

Descripción del Entorno Industrial de Manufactura

El laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Oaxaca cuenta con equipo y maquinaria industrial como centros de maquinado vertical de 3 y 5 ejes, rectificadora vertical de superficies, inyectora de plástico, robot soldador, robot industrial Fanuc, Máquina Universal, Torno CNC, etc., distribuidos en un área de 513 m². Cuando funcionan simultáneamente generan un nivel de ruido combinado que se percibe alto. Por lo tanto, es esencial implementar una plataforma que permita monitorear continuamente el nivel sonoro en ponderación "A" para evaluar el impacto nocivo del ruido en el laboratorio hacia la salud auditiva de los trabajadores. Con este propósito, los departamentos de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica del instituto colaboran en el proyecto "Desarrollo de una plataforma para el monitoreo y control de ruido industrial". Contar con esta información permitirá establecer acciones para mantener los niveles de ruido por debajo de los límites perjudiciales. En la Figura 1 se presenta la distribución de las 14 secciones con las que cuenta el laboratorio. Además, se pueden observar rectángulos de color azul señalando las ubicaciones estratégicas para instalar sonómetros inalámbricos y también la ubicación del nodo Gateway (GW). Es importante mencionar que de acuerdo con el tipo de arquitectura de red LoRaWAN se espera implementar una red tipo estrella. No obstante, es posible implementar una red tipo malla para asegurar la entrega de la información hacia el GW si se presentan degradaciones considerables en los enlaces directos. Estas degradaciones podrían ser provocadas por los objetos metálicos que obstruyen los enlaces o por los campos electromagnéticos

generados por el funcionamiento de motores.

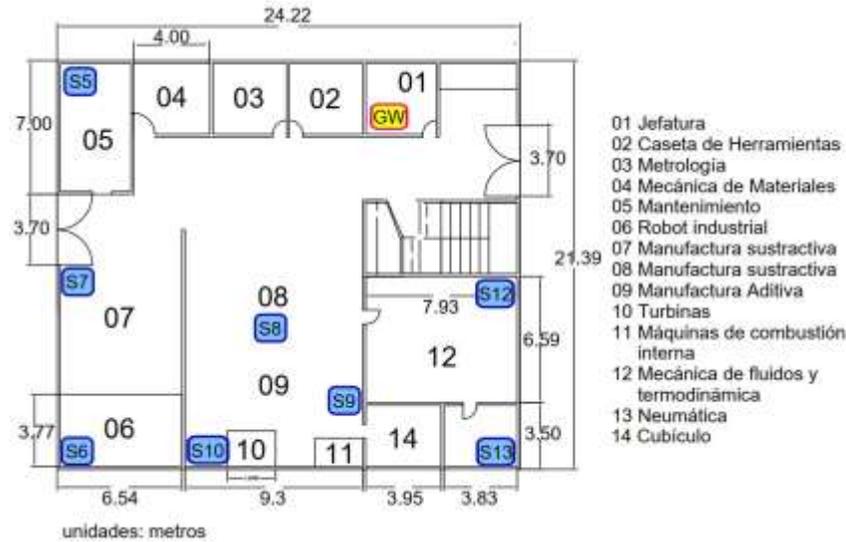


Figura 1. Laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Oaxaca.

Procedimiento

El proyecto “Desarrollo de una plataforma para el monitoreo y control de ruido industrial” se subdivide en tres etapas principales. La primera es la evaluación tecnológica y de rendimiento de sistemas embebidos, sensores acústicos y transceptores inalámbricos para seleccionar los componentes electrónicos que serán utilizados en el diseño y construcción de un sonómetro inalámbrico. La segunda etapa consiste en el diseño y construcción del sonómetro portátil con capacidades para formar redes de sensores acústicos inalámbricos (WASN). En la tercera etapa se desarrollará el software para la recolección, procesamiento, almacenamiento y despliegue del parámetro de nivel sonoro en ponderación “A” de forma automática. Asimismo, se desarrollarán evaluaciones de rendimiento utilizando métricas que permitan medir la capacidad de recolección y confiabilidad de las mediciones obtenidas con la plataforma construida. Contar con la información proporcionada por la plataforma permitirá aplicar acciones para controlar el nivel de ruido en el laboratorio. Como se mencionó previamente, en este artículo se reporta la evaluación de ocho enlaces LoRa entre ubicaciones estratégicas y el GW al interior del Entorno Industrial de Manufactura, cumpliendo con una de las actividades de la primera etapa.

En primer término, se seleccionaron las tarjetas de desarrollo TTGO T-Beam ESP32 LoRa debido a las excelentes capacidades de procesamiento, memoria, consumo de energía, herramienta de desarrollo simple y amplia documentación técnica del microcontrolador ESP32 y el transceptor LoRa SX1276. Ambos dispositivos han sido utilizados ampliamente para diferentes aplicaciones del Internet de las Cosas. Por ejemplo, en (Azhar Muzafar et al. 2022) se reportan los resultados de un estudio sobre el rendimiento de esta tarjeta para una aplicación de monitoreo de parámetros biomédicos en un entorno urbano.

Una vez seleccionado el sistema embebido y el transceptor inalámbrico, se programaron los códigos fuente para habilitar un sistema de comunicaciones LoRa conformado por un nodo transmisor (N#) y el nodo receptor (GW). En la Figura 2 se presentan los diagramas de flujo del código fuente que se programaron en ambos dispositivos. Es importante mencionar que el código contempla la modificación de los parámetros SF, BW y CR de acuerdo con el Cuadro 1 para implementar enlaces con las configuraciones DR0, DR1, DR2, DR3 y DR4. Además, en esta evaluación se configuró el transceptor SX1276 a la máxima potencia (+14 dBm) en 915 MHz. De acuerdo con una evaluación espectral de sitio realizada antes de cada prueba, se pudo comprobar que el canal de comunicaciones se encontraba libre, por lo que solo los efectos del entorno fueron registrados con el indicador de intensidad de señal recibida (en inglés Received Signal Intensity Indicator, RSSI).

Al comprobar que el sistema de comunicaciones LoRa no tuviera errores en el código y en el funcionamiento, se implementó en las ocho ubicaciones mostradas en la Figura 1. La altura de las antenas fue de 1.70 m y se transmitieron 1000 paquetes con la carga útil (bytes) indicados en el Cuadro 1 para cada DR. El nodo GW recibió y

procesó los paquetes, obtuvo el RSSI y también calculó la tasa de entrega de paquetes (en inglés Packet Delivery Rate, PDR). Esta información se envió a una computadora personal conforme a lo programado en el código fuente del receptor. Es importante mencionar que el cálculo de la de PDR se determina dividiendo el número total de paquetes recibidos en GW entre el número total de paquetes transmitidos por S#, multiplicando el resultado por 100 %. En la Figura 3 se presentan fotografías del nodo transmisor NS8 y el nodo GW (receptor) durante el desarrollo de las evaluaciones a dicho enlace. Esta metodología de evaluación se repitió en los ocho puntos señalados en la Figura 1.

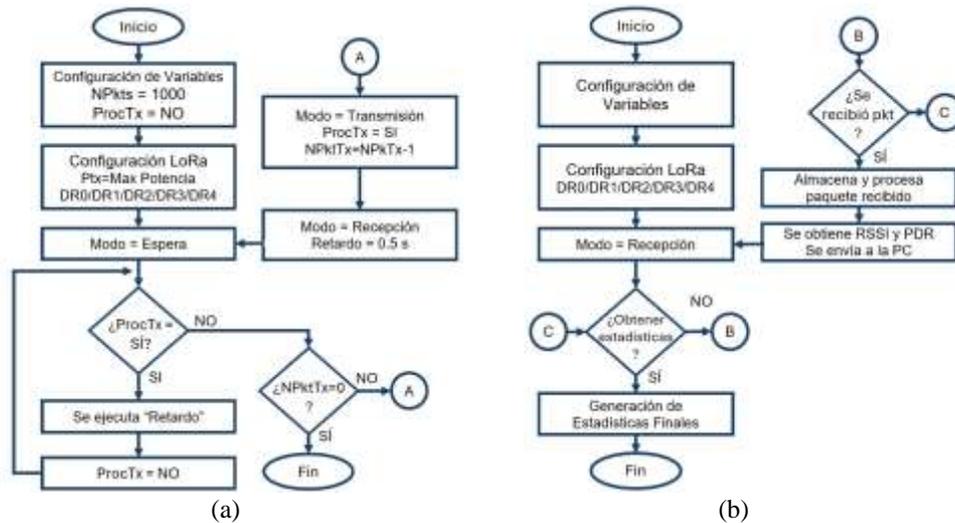


Figura 2. Diagrama de Flujo de los programas principales (a) transmisor; (b) receptor.



(a)



(b)

Figura 3. Enlace S8-GW. (a) Sección de Manufactura Sustractiva; (b) Jefatura del Laboratorio.

Resultados

En el Cuadro 2 se vaciaron los resultados obtenidos de la evaluación realizada a los enlaces LoRa implementados al interior del Entorno Industrial de Manufactura. Se observa que los mejores valores de RSSI y PDR se obtuvieron con la configuración DR0. Sin embargo, es importante considerar que solo se podrán transmitir 11 bytes por paquete cada 10 segundos, esto para cumplir con la regulación emitida por la Comisión Federal de Comunicaciones (en inglés Federal Communications Commission, FCC) de Estados Unidos y el Instituto Federal de las Telecomunicaciones (IFT) en México. Este tema es relevante para la segunda etapa del proyecto debido a que, si se eligiera esta configuración en el sonómetro LoRa construido, la medición de nivel sonoro en ponderación “A” deberá calcularse en el sistema embebido y transmitirse hacia el GW utilizando solo 11 bytes. Si bien el sistema embebido utilizado en estas pruebas tiene la capacidad para aplicar algoritmos de procesamiento digital de señales

acústicas, determinar el nivel sonoro en ponderación y comprimir dicha información antes de transmitirla, es importante evaluar su consumo de energía en estos modos de operación para estimar el tiempo de vida de la carga en las baterías. Además, se deberá evaluar su funcionamiento cuando todos los equipos y maquinaria en el laboratorio se encuentren en operación, esto para registrar el impacto de los campos electromagnéticos sobre el sistema.

En el caso de optar por alguna otra configuración con la que se puedan transmitir un mayor número de bytes por paquete, se puede obtener una PDR promedio en el orden del 99.5% con las configuraciones DR1 y DR2. No obstante, es importante analizar en cuál de las secciones del laboratorio se deberá establecer el enlace con dichas configuraciones, esto para obtener el máximo desempeño del sistema. Por ejemplo, en el enlace S13-GW se tienen equipos, paredes y un cubo de escalera obstruyendo el enlace de aproximadamente 20 metros. Las mediciones obtenidas fueron de -70.4 dBm (RSSI) con 99.4% (PDR) para DR1 y -74.4 dBm (RSSI) con 99.1% (PDR) para DR2. La diferencia de 4 dB entre mediciones RSSI promedio implicó una pérdida de 6 y 9 paquetes por cada 1000 transmitidos. Este número de paquetes perdidos es aceptable en un entorno industrial. No obstante, estos resultados deberán contrastarse con evaluaciones de rendimiento cuando la maquinaria se encuentre funcionando.

Con respecto a los enlaces implementados con la configuración DR4, se registró una PDR que va de los 76.2 % a 81.8 %, esto significa que se perdieron más de 200 paquetes de los 1000 transmitidos. Con esta información podemos determinar que los enlaces implementados con DR4 en este entorno no se recomiendan. Es importante mencionar que la confiabilidad de los enlaces es un tema crucial debido a que las retransmisiones de paquetes perdidos ocasionan un mayor consumo de energía y por ende la reducción del tiempo de vida de las baterías.

Finalmente se puede observar que los enlaces S5-GW, S6-GW y S13-GW tuvieron los niveles más bajos de RSSI promedio. Sin embargo, debido a la robustez de la tecnología LoRa, funcionando a la máxima potencia del transceptor, se pudieron obtener PDR arriba del 99 %.

Enlaces	RSSI (dBm)					PDR %				
	DR0	DR1	DR2	DR3	DR4	DR0	DR1	DR2	DR3	DR4
S5-GW	-73.2	-74	-75.4	-77.7	-86.2	100	99.6	99.6	99	76.2
S7-GW	-66.4	-65.7	-72.9	-73.2	-77.6	99.7	99.4	99.4	99.2	80.7
S6-GW	-69.1	-70.3	-73.3	-73.6	-81.4	99.8	99.6	99.3	99	81.4
S8-GW	-59.6	-60.3	-65	-65.9	-73	99.5	99.5	99.5	99.2	81.8
S10-GW	-66.1	-66.8	-70.2	-70.7	-79.3	99.9	99.3	99.1	99	81.4
S9-GW	-66.2	-67	-70.7	-72	-81.8	99.8	99.6	99.3	99	81
S12-GW	-66.4	-66.6	-68	-71.9	-76.4	99.8	99.7	99.3	99.1	78.5
S13-GW	-70.1	-70.4	-74.4	-84.4	-84.7	99.8	99.8	99.4	99.1	77.6

Cuadro 2. Resultados de las mediciones realizadas en el Entorno Industrial de manufactura

Conclusiones

Los resultados de las evaluaciones realizadas a la tecnología LoRa en un entorno industrial de manufactura mostraron que la configuración DR0 de LoRaWAN permite establecer enlaces inalámbricos confiables. Sin embargo, presenta limitaciones importantes en la cantidad de bytes por mensaje transmitido en el medio inalámbrico debido a las restricciones emitidas por la FCC y la IFT sobre el uso del canal. Por su parte las configuraciones DR1, DR2 y DR3 presentaron valores de PDR inferiores a los obtenidos con DR0, no obstante, tienen la ventaja de poder transmitir más bytes por mensaje. Motivo por el cual es importante realizar un análisis detallado para determinar la cantidad de bytes que transportará la información del nivel sonoro en ponderación "A". Encontrar el compromiso o equilibrio entre el número de bytes y la confiabilidad del enlace, medida con la PDR, es un tema que deberá ser analizado a detalle para obtener el máximo desempeño del sistema. Adicionalmente, los resultados obtenidos con la configuración DR4 muestran que el aumento del ancho de banda de la señal no tiene un impacto benéfico sobre el rendimiento del enlace, al contrario, se obtuvieron los peores valores de PDR.

La contribución principal de este trabajo es la validación de cuatro modos de funcionamiento de la tecnología LoRa en un ambiente industrial de manufactura. La información obtenida de esta evaluación es de suma relevancia para el establecimiento de enlaces de comunicación robusta en la nueva plataforma de monitoreo y control de ruido industrial que se implementará en el laboratorio de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Oaxaca. Adicionalmente los autores de este trabajo sostienen que la metodología de pruebas y resultados presentados pueden servir como referencia para implementar esta tecnología en entornos con altos niveles de atenuación y proporciona información importante sobre la regulación espectral vigente relacionada con el uso del canal para este tipo de señales.

Referencias

- Afisiadis, O., Burg, A., & Balatsoukas-Stimming, A. "Coded LoRa frame error rate análisis," in ICC 2020-2020. IEEE International Conference On Communications. June 2020.
- Azhar Muzafar, M. I. Z., Mohd Ali, A., & Zulkifli, S. "A study on lora sx1276 performance in IoT Health Monitoring," Wireless Communications and Mobile Computing, 2022.
- Castells-Rufas, D., Galin-Pons, A., & Carrabina, J. "The regulation of unlicensed sub-GHz bands: Are stronger restrictions required for LPWAN-based IoT success?," arXiv preprint arXiv:1812.00031. 2018.
- DOF. "NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido". 2001.
- Magrin, D., Capuzzo, M., Zanella, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. "Performance analysis of LoRaWAN in industrial scenarios," IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 17, No. 9, 6241-6250, 2020.
- Pagano, A., Croce, D., Tinnirello, I., & Vitale, G. "A Survey on LoRa for Smart Agriculture: Current Trends and Future Perspectives," IEEE Internet of Things Journal, Vol. 10, No. 4, 3664-3679, 2022.
- Queralta, J. P., Gia, T. N., Zou, Z., Tenhunen, H., & Westerlund, T. "Comparative study of LPWAN technologies on unlicensed bands for M2M communication in the IoT: Beyond LoRa and LoRaWAN," Procedia Computer Science, No. 155, 343-350, 2019.
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., & Gidlund, M. "Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions," IEEE transactions on industrial informatics, Vol. 14, No. 11, 4724-4734, 2018.
- Tanghe, E., Joseph, W., Verloock, L., Martens, L., Capoen, H., Van Herwegen, K., & Vantomme, W. "The industrial indoor channel: large-scale and temporal fading at 900, 2400, and 5200 MHz," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol 7, No. 7, 2740-2751, 2008.

Efecto de las Nanopartículas de Dióxido de Titanio en el Comportamiento Tribológico del Glicerol

Dr. Iván Domínguez López¹, Dr. Adrián Luis García García²,
M. I. Diego Fernando Silva Álvarez³, Ing. Carlos Fernando Castillo Sánchez⁴.

Resumen— En el presente trabajo se evaluó el efecto de las nanopartículas de TiO₂ sobre el desempeño tribológico del Glicerol, en un tribómetro de perno en disco. Se usaron discos de acero AISI 4140, y bolas AISI 52100. Se midió el coeficiente de fricción a velocidades relativas de 0.1 a 0.5 m/s, temperatura de 40°C y presión de contacto de 0.98 GPa. Los resultados obtenidos indican que la viscosidad del Glicerol adicionado con nanopartículas se reduce drásticamente al incrementar la temperatura de 40°C a 100°C. Los coeficientes de fricción promedio, con el lubricante a 40°C se mantienen en el rango de 0.04 a 0.05. Podemos concluir que la adición de nanopartículas reduce en un 14% la viscosidad del lubricante a 40°C, y en un 6% a 100°C. Por otro lado, el coeficiente de fricción se mantiene en valores bajos, sin embargo, se requiere ampliar el estudio a otras condiciones experimentales.

Palabras clave—Tribología verde, Glicerol, Viscosidad, Fricción, Perno en Disco.

Introducción

Un problema asociado con la energía es la eficiencia en su consumo ya que el 20% se utiliza para vencer el efecto de la fricción y un 3% se utiliza en la fabricación de refacciones de piezas desgastadas de acuerdo a lo reportado por Holmberg y Erdemir (2017), de ahí la relevancia de la Tribología.

El estudio tribológico del Glicerol (GL) ha tomado cada vez mayor importancia debido a su potencial uso como lubricante, bajo precio y mínimo impacto ambiental. Por otro lado, el uso de aditivos en los lubricantes busca reducir la fricción y el desgaste, y mejorar su estabilidad oxidativa y resistencia a la corrosión. Diversos aditivos comerciales tienen en su composición elementos como cloro, fósforo, azufre y metales, los cuales pueden impactar negativamente al medio ambiente y a la salud humana. La investigación en el desarrollo de aditivos que sean tribológicamente funcionales y amigables con el medio ambiente está dirigida principalmente a materiales particulados, aceites vegetales, polímeros verdes, y líquidos iónicos: dentro de los primeros se encuentran por ejemplo CuO, TiO₂, ZnO, MgO, Al₂O₃, SiO₂ y óxido de grafeno que son aditivos de baja toxicidad y biocompatibles, Khan et al (2019) y Saleh (2020). Los mecanismos de protección basados en la interacción nanopartícula-superficie que se han propuesto son: rodamiento, pulido, reparación, y película protectora Shafi et al (2018). Existen en la literatura trabajos en los que se ha investigado el efecto de nanopartículas de TiO₂ en fluidos verdes como: aceite de ricino, agua, emulsión aceite agua, aceite de jojoba, en configuraciones de bola en disco y de perno en disco, reportando reducciones en el coeficiente de fricción de un 9 a un 21% Shing et al (2020), Wu et al (2017), Xia et al (2017) y Zaid et al (2021).

En el presente trabajo se estudió el efecto de las nanopartículas de TiO₂ como aditivo del GL, sobre el coeficiente de fricción de bolas de acero AISI 52100 y discos de acero AISI 4140 en un contacto deslizante.

Metodología

Preparación y caracterización de muestras

De una barra de acero AISI 4140 se cortaron discos de 46 mm de diámetro y 6 mm de espesor, los cuales fueron rectificadas y posteriormente desbastados y pulidos con lijas de grano 360, 600, 1000 y 1200, hasta darles un acabado a espejo. Se usaron bolas de acero AISI 52100 de 7.14 mm de diámetro, de la marca SNR. La rugosidad de los discos y de las bolas se midió utilizando un perfilómetro Mintitoyo SJ-41.

Se utilizaron nanopartículas de TiO₂ de 100 nanómetros de diámetro promedio, adquiridas de US Research Nanomaterials, Inc., las cuales fueron mezcladas en una base de Glicerol grado analítico de Sigma Aldrich, en un porcentaje en peso de 4%.

¹ El Dr. Iván Domínguez López es Profesor de Posgrado en el CICATA Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional, México idinguezl@ipn.mx (autor correspondiente)

² El Dr. Adrián L. García García es Profesor de Posgrado en el CICATA Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional, México. agarcia@ipn.mx

³ El M. I. Diego F. Silva Álvarez es estudiante de doctorado en el CICATA Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional, México. dsilvaa2000@alumno.ipn.mx

⁴ El Ing. Carlos Fernando Castillo Sánchez es estudiante de maestría en el CICATA Unidad Querétaro del Instituto Politécnico Nacional, México. ccastillos2300@alumno.ipn.mx

Preparación y caracterización del lubricante

Se utilizó un reómetro Anton Paar Physica, modelo MCR 101 en configuración de cilindros concéntricos bajo la norma ASTM D4741 para obtener las curvas de esfuerzo cortante vs velocidad de cizallamiento a fin de obtener la viscosidad dinámica de los lubricantes: GL, y GL adicionado con nanopartículas de TiO_2 , y a 40°C y 100°C .

Mediciones de coeficiente de fricción

Para realizar los experimentos se utilizó el tribómetro de perno en disco del CICATA-Querétaro: las velocidades de contacto se ajustaron en el intervalo de 100 a 500 mm/s, en incrementos de 100 mm/s, la carga aplicada al perno fue de 5 N (presión de contacto máxima de 0.98 GPa). Como lubricante se utilizó la suspensión de 4% en peso de nanopartículas de TiO_2 en GL a una temperatura de 40°C ya que esa temperatura presentó menores cambios de viscosidad. Se midieron los cambios del coeficiente de fricción en la etapa conocida como running-in, durante los primeros 10 metros de recorrido del perno sobre el disco.

Resultados y Análisis

En la Figura 1 se muestran micrografías representativas de las distintas etapas de pulido de la superficie de los discos, y en la Figura 2 los valores de rugosidad correspondientes a cada etapa, las barras de error representan el error estándar de las mediciones.

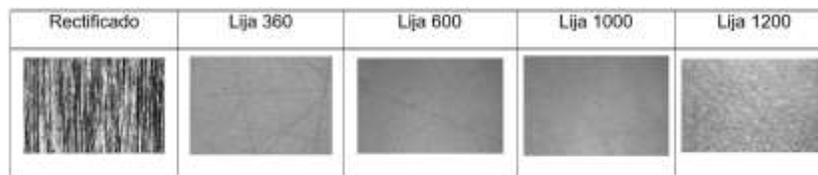


Figura 1. Micrografías de la superficie de los discos en diferentes etapas

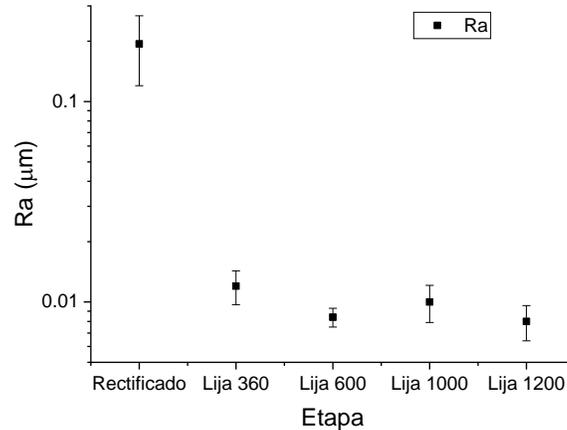


Figura 2. Rugosidad de los discos en cada etapa de pulido.

De la Figura 1 se puede observar que, al avanzar el proceso de pulido las rayas van desapareciendo progresivamente, aunque el espaciamiento que hay entre las rayas es tan grande que los valores de rugosidad promedio de la Figura 2 no muestran cambios significativos a partir de la lija de grano 600.

A continuación, en la Figura 3 se presentan las gráficas de Esfuerzo cortante vs Velocidad de cizallamiento a 40°C y 100°C del GL y de éste adicionado con TiO_2 , la pendiente de las rectas representa la viscosidad dinámica respectiva. Para el GL sin nanopartículas a 40°C es de 273.8 ± 0.7 mPa·s, y de 17.0 ± 0.7 mPa·s a 100°C , lo que representa una reducción de la viscosidad del 94% por efecto de la temperatura. Las viscosidades del Glicerol con nanopartículas de TiO_2 , a 40°C y a 100°C son respectivamente de 239.6 ± 0.9 y de 16.0 ± 0.8 mPa·s, lo que representa una reducción del 93% causada por la temperatura. Por otro lado, la adición del TiO_2 reduce en 14% la viscosidad a 40°C y en 6% a 100°C respecto al GL puro.

En la Figura 4 se muestran curvas típicas del cambio del coeficiente de fricción en función de la distancia recorrida por el perno sobre el disco para las velocidades relativas de 0.1 a 0.5 m/s en incrementos de 0.1 m/s. Se puede observar que, en todos los casos el coeficiente de fricción alcanza un valor estable antes de acumular una distancia recorrida de 0.2 m.

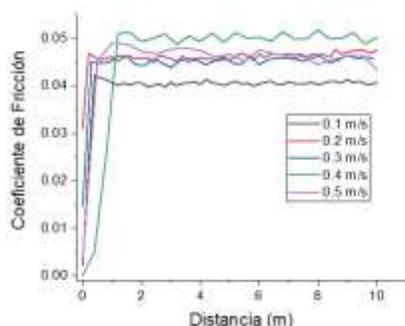


Figura 4. Comportamiento típico del coeficiente de fricción en función de la distancia recorrida, para las velocidades de 0.1 a 0.5 m/s

En la Figura 5 se presentan de manera gráfica los valores promedio de los coeficientes de fricción en función de la velocidad. En todos los casos el coeficiente de fricción se encuentra por debajo de 0.05 y, para velocidades entre 0.3 a 0.5 m/s parece haber alcanzado un valor estable cercano a 0.046.

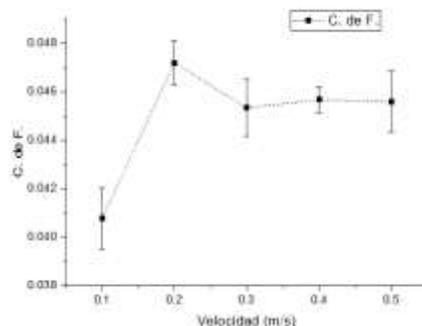


Figura 5. Coeficiente de fricción en función de la velocidad de deslizamiento.

Comparando este valor con el de 0.028 reportado en un trabajo previo del coeficiente de fricción con glicerol puro, bajo las mismas condiciones de carga y temperatura, a una velocidad de 0.4 m/s [REF], es evidente que la adición de nanopartículas de TiO_2 no ayuda a reducir la fricción, lo cual se podría atribuir a la reducción de la viscosidad del lubricante a causa del TiO_2 , lo que podría estar impidiendo la formación, o reduciendo el espesor de la película que separa al par tribológico.

Conclusiones

Los resultados indican que la adición de nanopartículas reduce en un 14% la viscosidad del lubricante a 40°C , y en un 6% a 100°C . Por otro lado, aunque el coeficiente de fricción se mantiene en valores relativamente bajos, y en un valor estable cercano a 0.046 para velocidades de 0.3 a 0.5 m/s con el lubricante a 40°C , la adición de nanopartículas de TiO_2 al GL causa un incremento en el coeficiente de fricción del 64% respecto al obtenido en un estudio previo realizado con GL sin TiO_2 .

Limitaciones y Recomendaciones

El presente estudio se hizo con la intención de explorar el efecto de las nanopartículas sobre el GL utilizando una concentración de nanopartículas de TiO₂ del 4% en peso, por lo que en estudios futuros podría reducirse esta concentración incluso a valores tan bajos como 0.05%. Por otro lado será necesario investigar el efecto de diferentes concentraciones de nanopartículas y de la temperatura sobre la viscosidad del lubricante. Por limitaciones en el equipo utilizado y debido a las características del lubricante, el presente estudio se limitó a velocidades de deslizamiento en el intervalo de 0.1 a 0.5 m/s, pero sería recomendable en estudios futuros ampliar este intervalo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de CONACYT otorgado mediante becas: de Doctorado a Diego Fernando Silva Álvarez, y de Maestría a Carlos Fernando Castillo Sánchez, y al financiamiento del Instituto Politécnico Nacional a través de la Secretaría de Investigación y Posgrado al proyecto IPN- SIP-20230480. También se agradece el apoyo técnico de la Dra. Amira Daniela Calvo López en el uso del reómetro.

Referencias

- Holmberg K, Erdemir A. Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions. *Friction* 2017;5:263-284. <https://doi.org/10.1007/s40544-017-0183-5>.
- Khan I, Saeed K, Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arab J Chem* 2019;12:908–31. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.
- Saleh TA. Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities. *Environ Technol Innov* 2020;20:101067. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101067>
- Shafi, W. K., Raina, A., & Ul Haq, M. I. 2018. Friction and wear characteristics of vegetable oils using nanoparticles for sustainable lubrication. *Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces*, 12(1), 27–43. <https://doi.org/10.1080/17515831.2018.1435343>.
- Singh Y, Chaudhary V, Pal V. Friction and wear characteristics of the castor oil with TiO₂ as an additives. *Mater Today Proc* 2020;26:2972–6. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.612>.
- Wu H, Zhao J, Xia W, Cheng X, He A, Yun JH, et al. A study of the tribological behaviour of TiO₂ nano-additive water-based lubricants. *Tribol Int* 2017;109:398–408. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.01.013>.
- Xia W, Zhao J, Wu H, Jiao S, Zhao X, Zhang X, et al. Analysis of oil-in-water based nanolubricants with varying mass fractions of oil and TiO₂ nanoparticles. *Wear* 2018;396–397:162–71. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.02.031>.
- Zaid M, Kumar A, Singh Y. Lubricity improvement of the raw jojoba oil with TiO₂ nanoparticles as an additives at different loads applied. *Mater Today Proc* 2021;46:3165–8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.437>.

Presencia de Muérdago Enano y Muérdago Verdadero en Municipios de Durango

Dra. Mónica Yazmín Flores Villegas¹, M.C. Daniela Mitzuko Carrillo Aguilar² y Dra. María Berenice González Maldonado³

Resumen— El muérdago verdadero y enano son plantas parásitas que tienen una distribución natural desde México hasta Venezuela. Las plantas parásitas para vivir es necesario que permanezcan en las ramas y troncos de los hospederos, su propagación se da cuando los frutos presentan una explosión, una vez que se encuentra instalado comienza a absorber el agua, nutrientes, y algunas sales minerales necesarias para su desarrollo, debido a que por sí solo no puede obtenerlos, dependiendo del nivel de infestación en el hospedante puede llegar a causar la muerte del arbolado. Para delimitar la presencia de muérdagos en los municipios de Durango, se recopiló información de diferentes fuentes como: la CONAFOR (tanto a nivel país como la promotora de Durango) de los registros obtenidos se analizaron las localidades, municipio y la superficie afectada y así poder determinar la presencia y las hectáreas afectadas por dichas plantas parásitas. Los resultados mostraron que los principales municipios del estado de Durango afectados fueron: Guanaceví con un 20.43% de presencia, el Mezquital con 9.7%, Durango con 17.22%, Ocampo con 5.03%, Pueblo Nuevo con 20.64%, Súchil con 2.14%, San Dimas con 20.11% y Tepehuanes con un 4.64%.

Palabras clave— *Arceuthobium*, *Phoradendron*, Impacto ecológico, Enfermedad.

I. INTRODUCCIÓN

Los principales factores de disturbio en los bosques de clima templado frío en México son las plagas y enfermedades y ocasionan deformaciones, pérdida del crecimiento, debilitamiento y muerte del arbolado (SEMARNAT, 2019). El Muérdago es el nombre común mediante el cual se designa a las plantas hemiparásitas que infestan árboles y arbustos para obtener de ellos agua y sales minerales, ya que son incapaces de absorberlas directamente del suelo. El muérdago toma los recursos que requiere en perjuicio del árbol que parasita (Espinoza et al., 2019; González et al., 2018). De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), existen 10 géneros y se han reportado alrededor de 150 especies y las plantas hemiparásitas que afectan coníferas, se ubican en cuatro géneros; *Arceuthobium* conocidos como muérdagos enanos, mientras *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Struthanthus* se denominan como muérdagos verdaderos (SEMARNAT, 2018). La planta parásita se desarrolla a través de los tejidos primarios y secundarios del hospedero, separando la corteza externa, el cortex, el floema, hasta llegar a la xilema, del que absorben aproximadamente el 90% de los recursos que requieren. Además de absorber agua y sales minerales de la xilema y algunos compuestos orgánicos del floema, los haustorios liberan hacia el árbol reguladores de crecimiento que mantienen abiertas las vías de intercambio de recursos y minimizan las reacciones defensivas del árbol (Vázquez-Collazo et al., 2006). Durango atraviesa por un crecimiento de propagación exponencial de las plagas que afectan principalmente las zonas forestales del estado, el muérdago cada vez se está viendo con más presencia en la zona. El Estado es considerado el principal productor maderable a nivel nacional y los muérdagos representan una amenaza ya que causa considerables pérdidas económicas y un impacto ecológico alto en las regiones donde se presenta (Villaseñor & Espinosa, 1999; Vibrans, 2010). Debido a lo anterior el presente proyecto tuvo como objetivo determinar los principales municipios del estado de Durango con presencia de muérdago verdadero y muérdago enano sobre el género *Pinus* spp. y *Quercus* spp.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A. Recolección de información en campo

Se efectuó una revisión de literatura para localizar publicaciones con información relacionada a la presencia de enfermedades forestales en México, la búsqueda fue principalmente en publicaciones convencionales (artículos científicos, capítulos de libro y libros indizados), además de utilizar motores de búsqueda públicos: Elsevier (Scopus, Science Direct), Springer (SpringerLink) y páginas electrónicas (SciELO, Redalyc, Dialnet, Google Académico). Adicionalmente, se contactó directamente con CONAFOR oficinas centrales ubicadas en Periférico

¹ Dra. Mónica Yazmín Flores Villegas es Posdoctorante del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR- unidad Durango), dentro del área de entomología. Tiene Doctorado en Ciencias Agrícolas y Forestales. (monica.flores@unipolidgo.edu.mx)

² M.C. Daniela Mitzuko Aguilar Carrillo CONAFOR, Monterrey. (mitzuko.aguilar@gmail.com)

³ Dra. María Berenice González Maldonado es Profesora Investigadora titular "C" del CIIDIR-Durango. (magonzalez@ipn.mx) autor corresponsal

Poniente #5360, Colonia San Juan De Ocotán Zapopan, 45019 Zapopan, los cuales proporcionaron una base de datos en Excel con la información general sobre los muérdagos en México (Figura 1 y 2).

Proyecto	Descripción	Agente Causal	Planta	Especie	Número de Ejemplares	Especie de Muérdago	Vigencia		
107/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus alisonae	124 41	111 84 Epile Opuntia Durango	Durango	2103-19
102/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	471	11 32 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
120/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	567 52	16 COMARCA Durango	Durango	2103-19
126/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	6 50	22 Pinar de San Juan	Durango	2103-19
236/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus leiophylla	26 54	18 FRACCÓN El San Juan	Durango	2103-19
237/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	1 4	7 LOTE HUASTECA Durango	Durango	2103-19
238/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Quercus sp.	86 16	26 COMARCA Durango	Durango	2103-19
239/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Adelphi sp.	42 19	20 LOTE 2 T Durango	Durango	2103-19
240/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Adelphi sp.	36 26	26 COMARCA Durango	Durango	2103-19
241/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	26	18 FRACCÓN El San Juan	Durango	2103-19
242/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	116	6 37 FRACCÓN El San Juan	Durango	2103-19
243/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	33	20 14 COMARCA Durango	Durango	2103-19
244/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	22	111 6 Epile Huasteca	Durango	2103-19
245/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	199 1	46 95 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
246/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	60	43 24 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
247/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	115	12 26 COMARCA Durango	Durango	2103-19
248/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus cooperi	213 43	51 84 TAMBORES San Juan	Durango	2103-19
249/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus leiophylla	21	11 84 Comarcal Durango	Durango	2103-19
250/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus leiophylla	23	19 63 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
251/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Quercus sp.	103 82	62 19 LOTE 2 Durango	Durango	2103-19
252/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus leiophylla	39	22 362 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
253/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Quercus dentata	86 17	26 19 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
254/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Anacardium reginum	Pinus douglasiana	152	186 54 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
255/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Quercus dentata	23 11	11 54 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19
256/19	3025-0491276-1119	Muérdago	Plantas Parasitas	Phoradendron sp.	Quercus dentata	22 11	1 54 E.ROJ LA VILA Huasteca	Durango	2103-19

Figura 1. Base de datos proporcionada por la CONAFOR oficinas centrales.

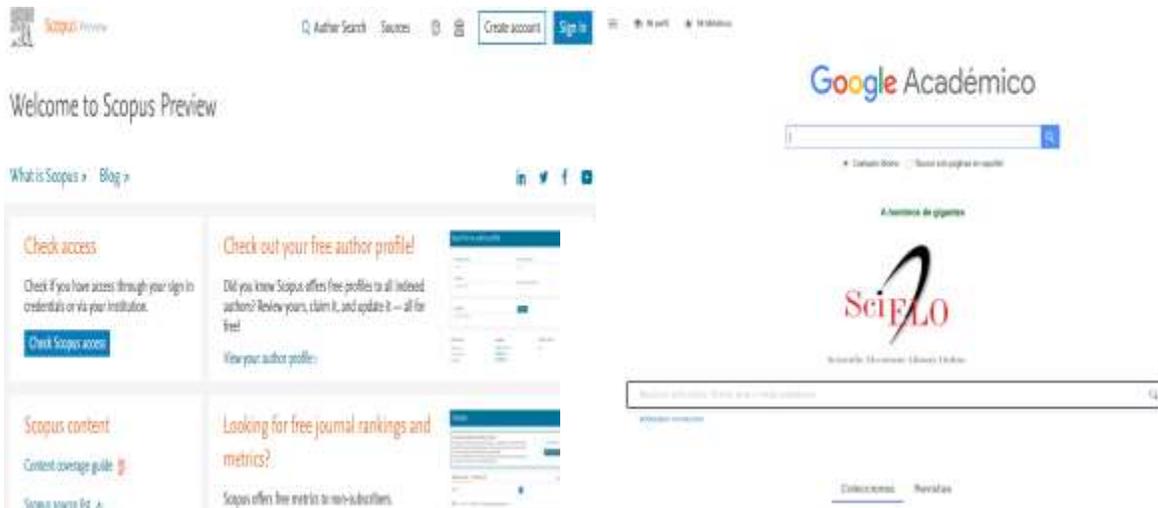


Figura 2. Buscadores que facilitaron la búsqueda de información sobre las plantas parásitas.

Análisis

Para identificar los lugares que se ven afectados por la presencia del muérdago enano y verdadero en el Estado de Durango, se realizaron análisis estadísticos descriptivos con ayuda de Excel, lo que permitió identificar las zonas con mayor presencia y el porcentaje de infección. Para la creación de mapas se utilizó el software ArcGis 10.8.

Durante el 2021 la CONAFOR reportó que la superficie afectada y notificada en México fue de 52,164.38 ha, distribuidas en los siguientes agentes causales de daño: plantas parásitas, insectos descortezadores, insectos defoliadores, enfermedades (pudrición de raíz, royas y cancro resinosa), insectos barrenadores y otras plagas (ácaro rojo de las palmas, chinche del pino, chupador, cochinilla rosada y plantas-trepadoras) ver cuadro 1.

Cuadro 1. Porcentaje total de hectáreas afectadas por el muérdago en Durango

Agente causal	Superficie afectada (ha)	% Superficie afectada (ha)
Plantas parásitas	21,894.96	41.97
Insectos descortezadores	13,840.46	26.53
Insectos defoliadores	11,492.42	22.03
Enfermedades	2,466.93	4.73
Insectos barrenadores	1,717.84	3.29
Otras plagas	751.77	1.44
Total	52,164.38	

Fuente: Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia de Sanidad Forestal de la CONAFOR. (2021).

En la figura 3 se pueden observar los 10 estados con aptitud forestales y con mayor afectación por plagas y enfermedades en el 2022, en donde se observa que la mayoría de las zonas se encuentran de la parte central hacia las zonas sur del país.

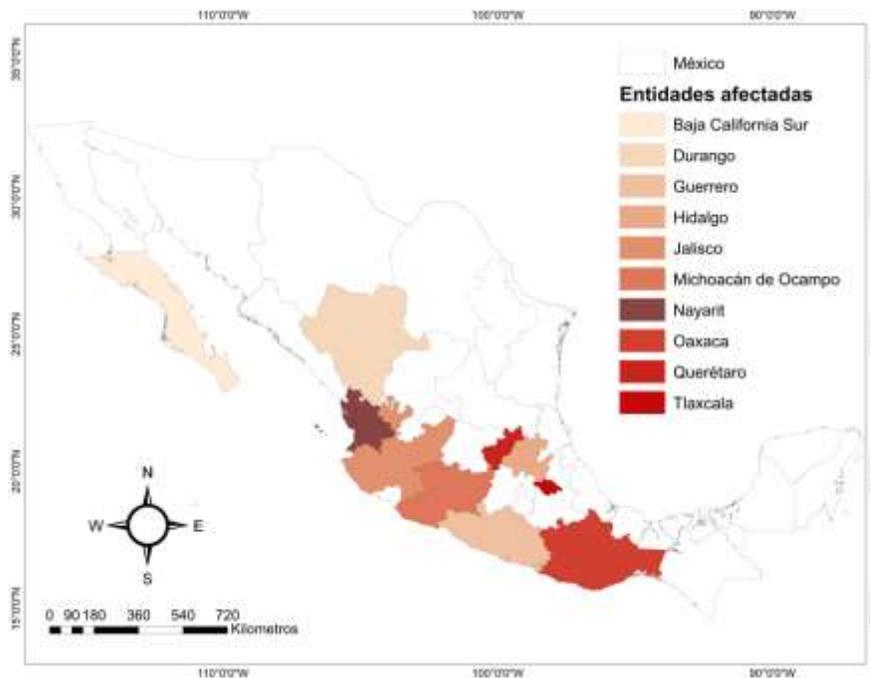


Figura 3. México y los estados más afectados por la presencia de plagas y enfermedades.

El estado de Durango tiene una superficie de 12, 219,753 ha según la serie III de INEGI 2023 y está dividido en 39 municipios, las principales especies aprovechadas son pino “verde” (75% del volumen autorizado), y encino (19%). En base a los resultados obtenidos se observa en el cuadro 2 el total de superficie afectada que es de 11,333.77 ha en el Estado hasta el 2023, además los municipios que reportan mayor presencia de muérdago (enano y verdadero) son Pueblo Nuevo, San Dimas, Guanaceví y Durango.

La superficie forestal del estado alcanza 8.5 millones de hectáreas, de las cuales 5.7 millones se conforman por bosques dando un total de 0.20% de hectáreas afectadas, lo que representa una mínima afectación global, sin embargo los predios que fueron evaluados al ser la afectación muy puntual esta merma mucho el volumen

maderable y el efecto en el ecosistema es preciso, por lo que no se debe de subestimar la presencia de la enfermedad, ya que a nivel nacional se reporta como la tercer afección de las zonas forestales en México.

Cuadro 2. Porcentaje total de hectáreas afectadas por el muérdago en Durango

Municipio	ha afectadas	% de ha afectadas
Durango	1,951.32	17.22
Guanaceví	2,315.78	20.43
Mezquital	1,109.37	9.79
Ocampo	570.63	5.03
Pueblo Nuevo	2,339.04	20.64
San Dimas	2,279.45	20.11
Súchil	242.36	2.14
Tepehuanes	525.82	4.64
TOTAL	11,333.77	

En la figura 4 se puede ver que de los 8 municipios con presencia de muérdago 3 son los que presentan mayores reportes de presencia de la enfermedad ocasionada por las plantas parásitas.

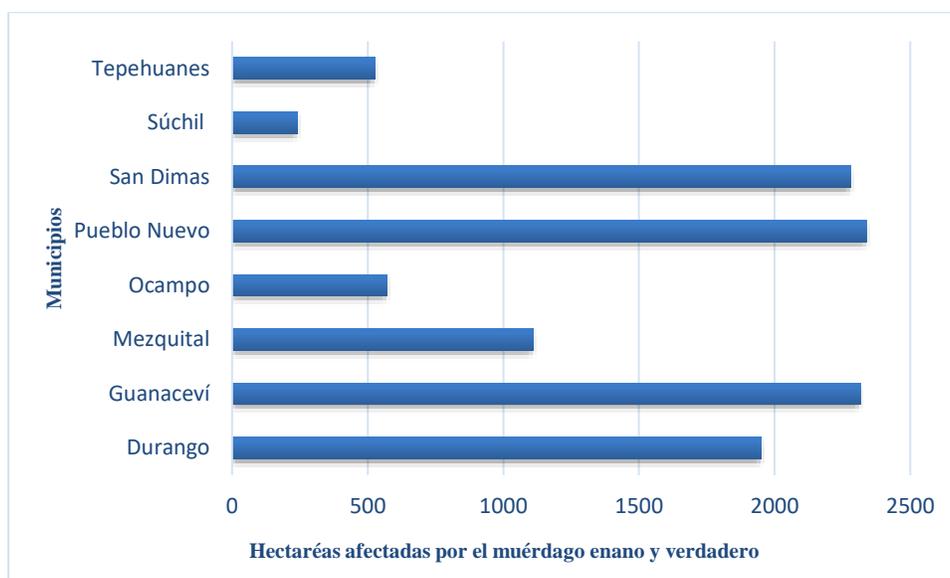


Figura 4. Principales municipios del estado de Durango afectados por la presencia de muérdago verdadero y enano sobre el género Pinus y Quercus.

Se muestran de manera visual (Figura 5) los municipios de Durango con mayor daño ocasionado por plantas parásitas en el 2023, en donde se destacan los que reportaron mayor incidencia del muérdago enano y verdadero (CONAFOR,2023). Lo que cual nos permite tomar acciones de control que permitan disminuir la dispersión de los muérdagos a los municipios contiguos de Durango y así preservar la sanidad forestal de las zonas.

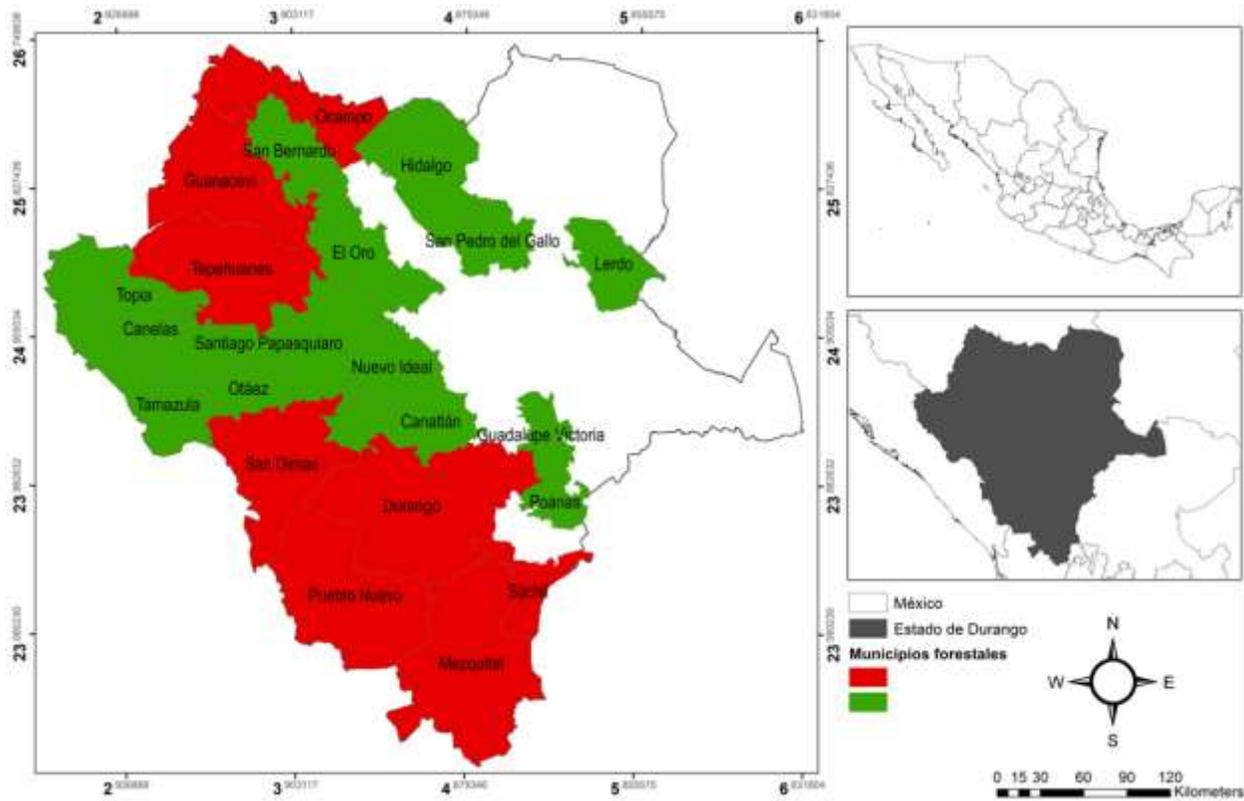


Figura 5. Ubicación geográfica de los municipios de Durango afectados por la presencia de muérdago sobre el género Pinus y Quercus.

III. COMENTARIOS FINALES

La presencia del muérdago enano y verdadero sobre Pinus y Quercus se encuentra en la mayoría de los municipios con potencial forestal, lo que afecta al arbolado en el crecimiento (diámetro y altura), así como disminuye el valor económico de la madera que se comercializa en el país. Por lo que se sugiere tomar las medidas necesarias para combatir la enfermedad una vez que sea ubicada en el predio (Foto, coordenadas), así como dar aviso a las instancias encargadas (CONAFOR), y que en la mayor parte de los sucesos se omite dicha organización.

A. Resumen de resultados

Con el resultado obtenido en la evaluación y por medio de un análisis geoespacial se determinó y comprobó que algunos de los municipios que cuentan con bosques en Durango, están siendo afectados por enfermedades forestales como lo es el muérdago verdadero *Phoradendron* spp. y el muérdago enano *Arceuthobium* spp., que prefieren en la mayoría de los casos árboles más altos, ya que para ellos representa un mejor recurso: más espacio y nutrimentos, y mayor exposición al Sol, afectando directamente los servicios ecosistémicos de la zona principalmente la producción de madera, alimentos y productos de vida silvestre.

B. Conclusiones

Se evaluaron en total los 39 municipios del estado de Durango y se observó que 8 municipios (20 %) tienen presencia de las plantas parásitas (Muérdago verdadero y muérdago enano) sobre el género Pinus y Quercus, debido a lo anterior es importante dar a conocer a los dueños del recurso las estrategias de combate que permita minimizar los efectos negativos en el crecimiento de los árboles y en general de los ecosistemas de la región.

C. Recomendaciones

Se recomienda que los dueños del recurso proporcionen la información pertinente sobre la presencia del muérdago, así como la ubicación del mismo para que las instituciones puedan contar con información vigente,

además de que se les permita acceder a los diferentes programas ofertados por las distintas dependencias gubernamentales y así puedan combatir la enfermedad.

IV. REFERENCIAS

- Espinoza Z. P., Ramírez D. J., Cibrián T. D., Morales V. A., Cibrián L., V., y Martínez R. R. (2019). Modelación de la distribución espacial del muérdago (Santalales: Loranthaceae) en las áreas verdes de la delegación Tlalpan, México. *Revista BOSQUE*. 17-28.
- CONAFOR (2023) Insectos descortezadores Noviembre 2023 Comisión Nacional Forestal. 35p.
- CONAFOR (2019) Insectos defoliadores Enero 2019 Comisión Nacional Forestal. 42p.
- González Correa, R. I., Marulanda Solano, A. F., Olascuaga Acevedo, M. M., Gutiérrez Yepes, J. H., & Ruiz García, M. M. (2018). El muérdago o pajarita, espécimen que afecta los árboles de la zona norte centro histórico de la ciudad de barranquilla. Tesis. Universidad Simón Bolívar. 15-18.
- INEGI. (2023). Censo agropecuario 2022. 355 p. <https://www.inegi.org.mx/temas/forestal/>
- SEMARNAT (Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente). (2006). Programa Estratégico Forestal 2030 Durango. Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. 30p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2018). Cuidado con el muérdago, puede terminar con tus árboles <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/el-muerdago-invasor-silencioso?idiom=es>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2019). Atlas Forestal de México. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Universidad Autónoma Chapingo. México DF. 69 p.

V. NOTAS BIOGRÁFICAS

La **Dra. Mónica Yazmín Flores Villegas** es Posdoctorante del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR- unidad Durango), dentro del área de entomología. tiene Doctorado en Ciencias Agrícolas y Forestales. (monica.flores@unipolidgo.edu.mx)

La **M.C. Daniela Mitzuko Aguilar Carrillo** Trabaja en la CONAFOR Monterrey-México tiene Maestría en Ciencias Agrícolas y forestales.

La **Dra. María Berenice González Maldonado** es Profesora Investigadora titular "C" del CIIDIR-Durango, cuanta con Doctorado en Biotecnología

Decoloración de Aguas Residuales Sintéticas Usando Columnas de Adsorción

Angélica Fuentes-Velázquez¹, Rene Cuesta-Díaz², Arnulfo Rosales-Quintero³, Oswaldo de Jesús Vázquez-Hernández⁴

Resumen— Las aguas residuales sintéticas provenientes de la industria textil, representan una fuente alta de contaminación para los cuerpos de agua debido a que utilizan agua como diluyente en el proceso de teñido y, contienen gran cantidad de residuos de colorantes y pigmentos altamente persistentes y de naturaleza compleja. En este trabajo, se presentan los resultados de la adsorción de colorantes usando dos adsorbentes como carbón activado y zeolita en columnas empacadas. Estas columnas fueron empacadas en varias combinaciones, usando un solo adsorbente, los dos mezclados y en etapas, de este modo se realizaron pruebas de lo cual se pudo obtener una absorbancia de 3.55 hasta 0.02, con esto logrando una remoción de 99.4% de colorante

Palabras clave— Aguas residuales sintéticas, remoción de color, adsorción, carbón activado, zeolita.

Introducción

La industria textil es uno de los sectores industriales clásicos de mayor complejidad, debido a que se trata de un sector muy fragmentado y heterogéneo, formando principalmente por pequeñas y medianas empresas y responsable de generar el 20% de las aguas residuales. Los efluentes industriales se generan principalmente en los procesos de descruce, blanqueo y teñido. En estas etapas se añaden una serie de insumos químicos, tales como tintes, detergentes, agentes estabilizantes, agentes humectantes, dispersantes y penetrantes, así como como sosa cáustica, sal textil, peróxido de hidrógeno, ácido acético, entre otros, los cuales son en su mayor parte lavados y retirados con el efluente. Cabe señalar que el color es el primer contaminante en ser reconocido en el agua, afectando así en primera instancia el valor estético de ésta, así como también la transparencia, sin embargo, también afecta la solubilidad del oxígeno disuelto y otros gases en lagos, ríos y otros cuerpos hídricos.

Existen tratamientos para decoloración de aguas contaminadas con contaminantes y pueden ser químicos como oxidación, coagulación o biológicos como procesos anaerobios y aerobios, estos tratamientos requieren en algunos casos uso de químicos que también pueden contaminar (Kallawar y Bhanvase, 2023). Una alternativa a estos tratamientos es el uso de adsorbentes mixtos, como lo son el carbón activado, cenizas volátiles y arcilla son muy eficaces para eliminar colorantes, (Anjaneyulu *et al.*, 2005). Martínez-Stagnaro *et al.* (2015) estudiaron el proceso de adsorción de tres colorantes azo aniónicos textiles: Yellow GR (Y), Orange G (O) y Red Allura (R), empleando como adsorbentes dos materiales arcillosos conocidos como bentonitas, obteniendo una alta remoción con estos materiales adsorbentes, sin embargo, el rendimiento de adsorción dependerá de las características del agua residual a tratar.

Por lo que el objetivo de este trabajo es estudiar la remoción de color de aguas residuales sintéticas con colorante azul comercial mediante columnas empacadas con diferentes adsorbentes como son el carbón activado y zeolita.

Metodología

Agua residual sintética

El agua residual sintética se obtuvo preparando 11 gramos de colorante comercial “Caballito azul índigo” a un volumen de 20 litros de agua. Para el barrido espectral se hizo una dilución 1:100 ml en agua destilada, de ésta se tomaron 5 muestras 1:10 mL, 2:10 mL, 3:10 mL, 4:10 mL y 5:10 mL.

Para la determinación de color se realizó midiendo la variación de la absorbancia con la longitud de onda mediante un barrido espectral primero con la solución madre y posteriormente con las muestras, en un espectrofotómetro UV-VIS, para el pH se utilizará el equipo PCE-PHD1.

Adsorbentes

Se utilizó carbón activo vegetal malla 12x30 de la marca Watts y zeolita mineral malla 8x16 con porosidad de 35% marca Purikor.

¹ Angélica Fuentes Velázquez es egresada de la licenciatura en Ingeniería Química del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

² René Cuesta-Díaz es Profesor del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez

³ Arnulfo Rosales-Quintero es Profesor Investigador del Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, arquinte@tuxtla.tecnm.mx

⁴ Oswaldo de Jesús Vázquez-Hernández es egresado de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez.

Columnas

Se utilizaron columnas de vidrio de longitud 40 cm y diámetro 5 cm, se empacaron con diferentes cantidades y alturas de adsorbentes como se muestra en el Cuadro 1.

Adsorbente	Altura (cm)	Masa (gr)
Carbón activado (CA)	20	49.55
CA	30	77.17
Zeolita (Z)	20	87.49
Z	30	127.02

Cuadro 1. Masa y altura de adsorbente utilizada.

Para estudiar el efecto de la distribución de los adsorbentes se empacaron las columnas en etapas con diferentes cantidades y alturas de adsorbentes como se muestra en el Cuadro 1. Las letras CA y Z se refieren al carbón activado y la zeolita respectivamente y, en el Cuadro 2 se refiere al orden, se realizaron primeramente pasos por un tipo de adsorbente y luego combinaciones entre ellos, por ejemplo, en la tercera columna con CA-Z primero el agua residual sintética se pasa por una cama de carbón activado, luego zeolita (CA-Z) y, al final de cada columna se agregaron 3 cm de algodón, en el cuarto caso es Z-CA, finalmente en las columnas 5 y 6 se alternaron dos pasos de cada adsorbente más el algodón.

Columna y Adsorbentes	Altura (cm)	Masa (gr)
CA-Z	10-10	26.72-44.31
Z-CA	10-10	45.05-27.31
CA-Z-CA-Z	5-5-5-5	13.31-21.1-13.06-22.08
Z-CA-Z-CA	5-5-5-5	23.46-13.04-22.33-12.48

Cuadro 2. Masa y altura de adsorbente utilizada.

Resultados

Caracterización del agua residual sintética

Para la muestra de agua residual sintética preparada en el laboratorio se realizó el barrido espectral de la variación de la absorbancia en función de la longitud de onda, desde un rango de 180 a 900 nm, con una absorbancia máxima de 3.55 en 260 nm y otro pico de 0.55 en 580 nm abarcando las regiones UV-+Vis, para posteriormente mostrar la absorbancia de las muestras. La determinación de color se puede realizar mediante NMX-AA-017-SCFI-2021) para medición de color verdadero en aguas residuales-mediante coeficiente de absorción espectral en rango de 436 a 620 nm. Los límites establecidos por la NOM-CCA-014-ECOL/1993 para descargas de la industria textil son sólidos sedimentables (1.0 a 1.2 mg/l), sólidos suspendidos totales (SST 100 a 120 ml/l) y pH de 6 a 9.

Columnas empacadas con un solo tipo de adsorbente

Para los tratamientos del agua residual sintética en columnas con un solo adsorbente en cuanto más bajo el valor de la absorbancia mayor es el porcentaje de remoción de color, en el caso del carbón activado muestra mejores resultados de hasta 0.17 de absorbancia en comparación tanto con la Zeolita y la combinación CA-Z (50-50%) con valores de absorbancia de 2.009. Por otro lado, al aumentar la altura si mejora la remoción de color en el CA no así en la Zeolita. Mientras que el pH se neutraliza mejor con la Zeolita que el CA (Cuadro 3), así como la recuperación del volumen tratado.

Parámetro	CA (20cm)	CA (30cm)	Zeolita (20cm)	Zeolita (30cm)	CA-Z(10-10 cm)
V ₀ (mL)	150	150	150	150	150
V _R (mL)	77	50	52	48	120
t (s)	60	60	60	60	60
Absorbancia	0.475	0.17	2.009	3.5	2.096
Longitud de onda	609 (V)	706 (V)	292 (UV)	257(UV)	290(UV)
pH	5.8	9	7	8	7.4
Masa adsorbente (g)	49.55	77.17	87.49	127.02	27.18 - 47.73

Cuadro 3. Resultados de las diferentes columnas de adsorción.

Columnas empacadas con combinaciones de adsorbentes.

Con objeto de mejorar la remoción de color se buscó variar la cantidad y distribución de los adsorbentes, además de agregar un pequeño filtro de algodón al final de la columna (Figura 1). En el Cuadro 4 se encuentran los

resultados donde se observa que al adicionar algodón aumenta la remoción de color como de absorbancia en la Zeolita de 2.009 se reduce hasta 0.699, también un aumento del 33% en promedio del volumen de líquido recuperado al final del paso por la columna para ambos casos. Al comparar el tratamiento con un solo adsorbente contra una mezcla de dos adsorbentes si se observa un incremento en la remoción. Mientras que, al aumentar las combinaciones de 2 a 4 pasos entre capas de adsorbentes de hay una mayor la remoción de color, reflejado en la absorbancia obtenida que se reduce en un orden de magnitud y en todos los casos una mayor recuperación de volumen de líquido.



Figura 1. Implementación experimental de las columnas, a) Z-CA, b) CA-Z, c) Z-CA-Z-CA, d) CA-Z-CA-Z.

Parámetro	CA (20 cm)	Z (20 cm)	CA-Z (10-10 cm)	Z-CA (10-10 cm)	CA-Z-CA-Z (5-5-5-5 cm)	Z-CA-Z-CA (5-5-5-5 cm)
V ₀ (mL)	150	150	150	150	150	150
V _R (mL)	110	100	98	92	97	97
t (s)	90	90	90	90	90	90
Absorbancia	0.189	0.699	0.03	0.019	0.026	0.02
Masa adsorbente(g)	48.67	89.84	26.72-44.31	45.05-27.31	13.31-21.1- 13.06-22.08	23.46-13.04- 22.33-12.48

Cuadro 4. Resultados de las diferentes columnas de adsorción.

Conclusiones

Los resultados demuestran que es posible la remoción de color en aguas residuales sintéticas con adsorbentes, en etapas con dos adsorbentes, en 4 etapas usando dos pasos alternados con dos adsorbentes, y, que la adición de un filtro de algodón mejora la remoción de color y un aumento aproximado del 33% en el volumen recuperado al final del paso por la columna. Se observa que el carbón activado es mejor adsorbente de color que la zeolita. Por otro lado, el incremento de pasos alternados de hasta 4 en este caso de adsorbentes si mejora la remoción de color y es posible clarificar el residuo de acuerdo a los resultados experimentales del presente estudio.

Importante señalar que se utilizó el agua residual sintética con colorante que a diferencia de un agua residual proveniente de la industria textil que contiene mayor cantidad de químicos y sólidos suspendidos, que pueden interferir en el tratamiento, por lo cual si se requiere se pueden utilizar tratamientos previos como coagulación para mejorar los resultados y clarificar adecuadamente el agua residual. Con el presente trabajo se promueve la implementación de soluciones de bajo costo y estudios realizados a nivel laboratorio que pueden escalarse a nivel industrial para tratar los residuos de la industria textil.

Referencias

- Anjaneyulu, Y., Sreedhara Chary, N. & Samuel Suman Raj, D. Decolourization of Industrial Effluents – Available Methods and Emerging Technologies – A Review. *Rev Environ Sci Biotechnol* 4, 245–273 (2005). <https://doi.org/10.1007/s11157-005-1246-z>
- Kallawar, G.A., Bhanvase, B.A. A review on existing and emerging approaches for textile wastewater treatments: challenges and future perspectives. *Environ Sci Pollut Res* 31, 1748–1789 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31175-3>.

Martínez Stagnaro, S., Volzone, C., Huck, L. Nanoclay as Adsorbent: Evaluation for r Removing Dyes Used in the Textile Industry, *Procedia Materials Science* 8 (2015) 586 – 591, doi: 10.1016/j.mspro.2015.04.112.

Determinación de la Calidad del Agua en Tetela del Volcán, Morelos

Tania Verónica Galindo Mendoza¹, D.C Fabiola Avelino Flores², Dra. Claudia Rivera Hernández³, D.C Laura Morales Lara⁴, D.C Rosalía Castelán Vega⁵, D.C Edith Chávez Bravo⁶

Resumen— La buena calidad del agua es necesaria para el consumo y la salud humana. Cuando existe la presencia de bacterias patógenas puede causar infecciones gastrointestinales. En Tetela del Volcán se han reportado este tipo de infecciones posiblemente relacionadas con la calidad del agua del municipio. Para este estudio se seleccionaron 3 zonas de muestreo de una red de distribución de agua potable: manantial, tanque de almacenamiento, llave. De cada muestra de agua se determinaron parámetros para medir su calidad: microbiológicos, pH, conductividad, DQO, DBO₅, T°C y la presencia de Salmonella y E. coli. La calidad microbiológica de todas las muestras de agua se encuentra en los límites permisibles de CT y CF, sin embargo, se identificó Salmonella y E. coli. Los parámetros fisicoquímicos se encuentran bajo norma, se demostró la presencia de Ni y Pb en el manantial y en tanque de almacenamiento. La calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de Tetela del volcán se encuentra bajo norma, se destaca la presencia de Salmonella y E. coli relacionadas con las infecciones gastrointestinales. La detección de Ni y Pb en el agua conlleva a vigilar continuamente la salud de la comunidad.

Palabras clave—patógenos, calidad del agua, agua, contaminación, salud.

Introducción

El agua es un recurso esencial para el uso y consumo humano, sin embargo, factores como el aumento de la urbanización, la industrialización y desecho de productos han incorporado diversos contaminantes. Cuando el saneamiento del agua es deficiente esta se relaciona con la transmisión de enfermedades principalmente por presencia de restos fecales que conlleva microorganismos patógenos que afectan la salud pública. En México las enfermedades más comunes transmitidas por agua son amebiasis, colera, hepatitis, salmonelosis, shigelosis y las enfermedades diarreicas. En Tetela del volcán, Morelos, los servicios de salud reportan como segunda causa de morbilidad en la población de la comunidad las infecciones gastrointestinales por lo que este estudio tuvo como objetivo evaluar parámetros microbiológicos, físicos y químicos para valorar la calidad del agua y su relación con la salud en la población.

Metodología

Procedimiento

Las fases del desarrollo metodológico se dividieron en dos: trabajo de laboratorio y trabajo de campo. En el trabajo de campo se hizo un reconocimiento de la zona de estudio y se eligieron tres zonas de muestro, subsiguientemente se tomaron muestras en diferentes periodos del año, las muestras se tomaron siguiendo lo determinado en la norma NOM-230-SSA01-2002. Posteriormente y a la par se determinaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua, incluyendo en lo fisicoquímicos: pH, T°C, CE, DBO₅ y DQO, cada uno se determinó por el método correspondiente establecido en las normas. Para los parámetros microbiológicos se incluyó la determinación de coliformes fecales y totales por el método del número más probable, se realizó la identificación de los microorganismos patógenos en las muestras por medio de medios selectivos y de identificación específicos para *Salmonella*, *Shigella* y *Enterobacterias*. De forma complementaria se realizó la identificación de los siguientes metales pesados: Cu, Ni, Cd, Pb, Fe, As y Hg; por medio del método de espectrofotometría de absorción atómica.

¹Tania Verónica Galindo Mendoza es estudiante de maestría en el posgrado en ciencias ambientales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. tania.galindom@alumno.buap.mx (autor correspondiente)

²D.C Fabiola Avelino Flores profesora investigadora del centro de investigaciones en Ciencias Microbiológicas del instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. fabiola.avelino@correo.buap.mx

³Dra. Claudia Rivera Hernández es profesora en el instituto de Ciencias de gobierno y Desarrollo Estratégico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. claudia.rivera@correo.buap.mx

⁴D.C Laura Morales Lara profesora investigadora en la facultad de Ciencias químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. laura.morales@correo.buap.mx

⁵D.C. Rosalía Castelán Vega profesora investigadora del departamento de investigación en ciencias agrícolas del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. rosalia.castelan@correo.buap.mx

⁶D.C Edith Chávez Bravo profesora investigadora del centro de investigaciones en Ciencias Microbiológicas del instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. edith.chavez@correo.buap.mx

Fundamento

De acuerdo con Contreras (2023) quien utiliza la prueba de confirmación de coliformes totales por medio de fermentación de lactosa con medio de caldo lauril sulfato de sodio y campanas de fermentación obtuvo como resultado para muestras de agua en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, el Collao, Puno en Perú un numero de coliformes por encima de los límites máximos aceptables según las normas sanitarias del ministerio de salud de Perú. Por otra parte Salazar (2023) demuestra por medio de una estudio realizado en el manantial la Manzanilla en Michiquillay -Cajamarca Perú que encontraron valores de coliformes totales y fecales que sobrepasa los límites máximo permisibles establecidos en la ECA nacional y que estos varían de acuerdo a la época del año es decir época de lluvia y seca. Por lo que los autores proponen ampliar el monitoreo de la calidad del agua así como gestionar su operación y mantenimiento en los manantiales correspondientes en cada estudio.

Resultados

La comunidad de Tetela del Volcán está ubicada en la región de los altos de Morelos, es cabecera del municipio del mismo nombre, tiene una población aproximada de 14,853 habitantes. Cuenta con diferentes fuentes de agua entre ellos se encuentran manantiales que abastecen agua potable a la población y una planta de tratamiento de agua residual que abastece a parte de la población para riego agrícola. Como resultado de la identificación del uso y reúso del agua en la comunidad, se hizo una localización de tres puntos en una red de agua potable que abastece a una parte de la población y que se encuentra en una ubicación con mayor contacto con el recurso.

Los resultados de la determinación de coliformes fecales y totales por la técnica del número más probable (NMP) y comparando con los límites que establece la norma de especificación (NOM-127-SSA1-2021) demuestran que para los puntos P1(Manantial) y P3 (Llave) se cumple con el límite máximo permisible de <1.1, sim embargo para el punto P2 (tanque de almacenamiento) se sobrepasan los límites; para coliformes totales con 5 NMP y 2 para coliformes fecales, al mismo tiempo se demuestra la presencia de *E. coli*, parta este punto y *Salmonella* en los tres puntos de muestreo. La información se presenta en el Cuadro 1.

Parámetro	NMP/100mL			NOM-Especificación
	P1	P2	P3	
CT	<1.1	5	<1.1	NOM-127-SSA1-2021
CF	<1.1	2	<1.1	
<i>E.coli</i>	Ausencia	Presencia	Ausencia	
Salmonella	Presencia	Presencia	Presencia	

Cuadro 1. Calidad microbiológica del agua, de los tres puntos de muestreo de Tetela del Volcán

En la determinación de los parámetros para la calidad fisicoquímica de las muestras de agua los resultados demuestran que no se sobrepasa el límite establecido en la norma la cual establece un rango de 6.5-8.5 para el pH en cuanto a la temperatura se observan temperaturas similares para los tres puntos de muestreo.

Parámetro	NMP/100mL			NOM-Especificación
	P1	P2	P3	
pH	7.34	7.18	6.66	NOM-127-SSA1-2021
C.E	186	836	174	
T°C	17.34	20.3	16	
DBO5	1.7027	1.1	1.1	
DQO	<2.00	<2.00	<2.00	
Cloro libre	0.06	0.06	0.06	
Color aparente	7	13	8	

Cuadro 2. Determinación de los parámetros físico químicos de las muestras de agua

Siendo los metales pesados un riesgo para la salud de la población se determinó su concentración en las muestras de agua por medio de la técnica determinada en la norma de método de prueba correspondiente, los resultados demuestran la presencia de Cu, Pb, As, Hg, sobrepasando el límite máximo permisible establecido en la norma de especificación el Pb para las muestras P1 y P2 con un valor de 0.08 y 0.1 respectivamente. La información se resume en el cuadro 3.

Metal pesado	NMP/100mL			NOM-127-SSA1-2021
	P1	P2	P3	Especificación
Cu	0.012	0.026	0.01308	2
Pb	0.08	0.1	<0.005	0.01
As	0.006	0.007	<0.005	0.025
Hg	<0.005	<0.005	<0.0005	0.006

Cuadro 3. Determinación de metales pesados en las muestras de agua de Tetela del Volcán

Conclusiones

La calidad microbiológica y fisicoquímica del agua procedente de los manantiales que abastecen la red hidrológica de Tetela del Volcán y de las muestras de agua potable de los tanques, se encuentran dentro de norma, se destaca la presencia de Salmonella y *E. coli* relacionadas con las infecciones gastrointestinales por lo que, se considera la santización constante del agua para que se óptima para consumo y uso humano. La detección de Ni y Pb en el agua conlleva a vigilar continuamente la salud de la comunidad, ya que estos contaminantes se les asocia diversos problemas perjudiciales a mediano y largo plazo.

Referencias

Ettxeberri, J.M. y J.A. Blanco Gorrichóa. "Un método óptimo para la extracción de proteínas del mero en Bilbao," *Revista Castellana* (en línea), Vol. 2, No. 12, 2003, consultada por Internet el 21 de abril del 2004. Dirección de internet: <http://revistacastellana.com.es>.

Puebla Romero, T., C. Dominguini y T. T. Micrognelli. "Situaciones inesperadas por el uso de las ecuaciones libres en la industria cocotera," *Congreso Anual de Ingeniería Mecánica*, Instituto Tecnológico y Científico Gatuno, 17 de Abril de 2005.

Washington, W. y F. Frank. "Six things you can do with a bad simulation model," *Transactions of ESMA*, Vol. 15, No. 30, 2007.

Wiley J. y K. Miura Cabrera. "The use of the XZY method in the Atlanta Hospital System," *Interfaces*, Vol. 5, No. 3, 2003.

Contreras Chura, H., Belizario Quispe, G., & Chui Betancur, H. N. (2023). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, el Collao, Puno, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 40(2), 1-5.

OMS. (21 de Marzo de 2022). Agua para consumo Humano. Obtenido de Organización Mundial de la salud: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinkingwater#:~:text=El%20agua%20contaminada%20y%20el,fiebre%20tifoidea%20y%20la%20poliomielitis>.

Salazar, R. S., Correa, A. C., Bueno, J. L., & Cusquisibán, C. P. (2023). Determinación de la calidad físicoquímica y bacteriológica del Manantial La Manzanilla, Michiquillay–La Encañada, Cajamarca. *Revista Caxamarca*, 22(1-2), 106-117.

Hacienda Morelos. (2017). Diagnóstico Municipal 2017. Planeación estratégica, México. Obtenido de https://www.hacienda.morelos.gob.mx/images/docu_planeacion/planea_estrategic_a/diagnosticos_municipales/2017-2/TETELA-DEL-VOLCAN2017.pdf

Marlen, R.-P. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *CENIC, Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.

Contratos Inteligentes Aplicados a la Agricultura

Mónica García Munguía¹, Silvia Soledad Moreno Gutiérrez²,
José Luis Alvarado Reséndiz³, Héctor Daniel Molina Ruiz⁴

Resumen— Se ha desarrollado grandes aplicaciones con el apoyo de la inteligencia artificial y de manera conjunta con la Tecnología Blockchain (TB) surgen los contratos inteligentes siendo un reto su implementación en algunos escenarios o contextos de la sociedad. El contrato en el sector agrícola sigue los mismos lineamientos entre los interesados, siendo un acuerdo legal que contiene responsabilidades, tiempos de entrega, pagos, criterios de calidad del producto y otras consideraciones. La agricultura es uno de los motores económicos donde recae su importancia en la cadena de valor por lo que usar la TB se tendrá transparencia, seguridad y eficiencia durante todo el proceso. La investigación es una revisión sistemática de fuentes de información en el uso de los Smart contracts en el sector agrícola a nivel teórico para realizar una propuesta que automatizará las condiciones a través de su escritura en un lenguaje de programación teniendo una base de valores predefinidos donde se evalúan las condiciones acordadas y ejecutarse automáticamente los códigos sin necesidad de intermediarios por lo que lo hace una propuesta disruptiva, segura y baja en costos al no tener que depender de notarios).

Palabras clave— Contratos inteligentes, inteligencia artificial, Blockchain.

Introducción

En los últimos años se ha desarrollado grandes aplicaciones con el apoyo de la inteligencia artificial y de manera conjunta con la Tecnología Blockchain (TB) surgen los contratos inteligentes lo que se convierte en un reto su implementación en algunos escenarios o contextos de la sociedad.

El contrato en el sector agrícola sigue los mismos lineamientos entre un cliente y un proveedor, siendo un acuerdo legal que contiene responsabilidades, tiempos de entrega, pagos, criterios de calidad del producto y otras consideraciones.

La agricultura es uno de los motores económicos donde recae su importancia en la cadena de valor por lo que usar la TB se tendrá transparencia, seguridad y eficiencia durante todo el proceso.

Es muy importante mantener la autenticidad, garantizar la identidad e integridad del del documento. La identidad se logra mediante un análisis de su procedencia y la relación entre el autor, su depósito y su empleo en el desarrollo de la actividad por el que fue creado el documento (Lemieux, 2017, p. 3). “El carácter más importante del documento de archivo es el hecho de estar relacionado con los que le anteceden y le siguen, como eslabón de una cadena” (Fuster Ruiz, 2001, p. 7). La integridad se garantiza cuando el documento no se ha visto comprometido, es decir, que el documento de origen coincide sin ninguna alteración o manipulación al documento que fue recibido, es posible establecer su autenticidad con un alto grado de certeza (Lemieux, 2017, p. 3), de forma científica se puede lograr gracias a la TB..

Metodología

Procedimiento

La investigación es una revisión sistemática de fuentes de información en el uso de los Smart contracts en el sector agroalimentario a nivel teórico para realizar una propuesta que automatizará las condiciones a través de su escritura en un lenguaje de programación teniendo una base de valores predefinidos donde se van evaluando las premisas y condiciones acordadas para ser ejecutadas automáticamente los códigos pertinentes sin necesidad de intermediarios haciéndolo una propuesta disruptiva, segura y baja en costos al no tener que depender de notarios y certificaciones.

Los términos que se mencionan se han definido desde su aparición y se manejan autores de frontera que su aportación sigue teniendo validez, es el caso del Institute of International Finance, que define a Blockchain como “un registro contable distribuido, descentralizado, público y encriptado, en el cual las personas pueden almacenar información y hacer transacciones seguras sin la necesidad de intermediarios. La información de las transacciones

¹ Mónica García Munguía es Profesor Investigador de la Licenciatura en Ingeniería de Software, de la UAEH en la Escuela Superior de Tlahuelilpan, Hidalgo. monicagm@uaeh.edu.mx

² Silvia Soledad Moreno Gutiérrez es Profesor Investigador de la Licenciatura en Ingeniería de Software de la UAEH en la Escuela Superior de Tlahuelilpan, Hidalgo. silviam@uaeh.edu.mx

³ José Luis Alvarado Reséndiz, es académico de la Licenciatura en Administración de la UAEH en la Escuela Superior de Tlahuelilpan, Hidalgo jose_alvarado4225@uaeh.edu.mx

⁴ Héctor Daniel Molina Ruiz es Profesor Investigador de la Licenciatura en Ingeniería Industrial de la UAEH en la Escuela Superior de Tepeji del Río, Hidalgo. hmolina@uaeh.edu.mx

no está guardada en un archivo central, está representada por transacciones registradas en una hoja de cálculo global o libro mayor que aprovecha los recursos de una gran red peer-to-peer para verificar y aprobar transacciones” (2015).

En las transacciones registradas pueden involucrar cualquier tipo de valor, dinero, propiedad o votos (Beck & Müller-Bloch, 2017, p. 5390) y no se podrán modificar retroactivamente sin alterar todos los bloques subsiguientes; de hecho, los nuevos bloques son validados por pares en la Red, otorgando credibilidad y evitando actividades maliciosas (Wright & De Filippi, 2015, pp. 8-9).

Para Pacheco (2019), Blockchain es un libro digital que es compartido y abarca una lista de bloques conectados y almacenados en una red distribuida, descentralizada y protegida mediante criptografía, sirviendo como un depósito de información irreversible e incorruptible.

Así también es necesario tener en cuenta otros conceptos como :

- Minería: por medio de la minería “se transmiten y confirman las transacciones pendientes a ser incluidas en la cadena de bloques. Este proceso hace cumplir un orden cronológico en la mencionada cadena, protege la neutralidad de la red y permite un acuerdo entre todos los equipos sobre el estado del sistema. Para confirmar las transacciones deberán ser unidas en un bloque que se ajuste a estrictas normas de cifrado y que será verificado por la red, lo que impedirá que cualquier bloque anterior se modifique” (Pacheco Jiménez, 2016, p. 6).

Retamal, Roig, & Tapia, (2017) manifiestan que es una “característica de que cada persona o minera va agregando transacciones a un bloque y en el lapso de 10 minutos aproximadamente se termina el proceso y se pone en posesión del nodo que lo ha minado.

- Token: es un “protocolo descentralizado que toma forma como una cadena alfanumérica y representa un registro en la base de datos descentralizada de consenso de Bitcoin” (Pastor Sempere, 2017, p. 299), Preukschat lo define como una serie de dígitos que representa un registro de las cadenas de bloques, siendo estrictamente un sistema descentralizado (2017).

Blockchain puede utilizarse para que las pequeñas explotaciones agrícolas puedan competir. Si se adaptan las reglas del juego, las microempresas de este sector pueden abastecer a los grandes compradores. Los sensores, la detección en tiempo real, los datos geoespaciales y el seguimiento de los alimentos pueden ayudar a garantizar la calidad esperada y evitar problemas que surgen en la cadena de suministro. Esto es especialmente atractivo para los grandes compradores, como las cadenas de supermercados. A través de controles estrechos y no manipulables, cuyos resultados se almacenan en la cadena de bloques, los compradores pueden entender cómo se han producido los productos.

Entonces un contrato inteligente permite trasladar las cláusulas de un contrato a código informático, teniendo disposiciones que se automatizan para su ejecución, cuando las partes firman el código, aceptan que éste pueda ser autoejecutable eliminando la discrecionalidad humana.

Un contrato inteligente es una herramienta que garantiza el cumplimiento de acuerdo pactados, su uso como su conocimiento aún es limitado en México, países que han implementado esta tecnología logran reducir costos en su redacción, en honorarios de abogados en notarios ya que se encuentran en lenguaje programático o criptográfico (Sklaroff, 2017), a través de una estructura de datos conocida como Blockchains, una vez cumplidas las cláusulas, se tiene el servicio o producto entregado es cuando el contrato puede desencadenar el pago e incluso en los casos que se presenten incumplimientos por uno de los extremos relacionados en el contrato, este puede iniciar el recobro o suspender el bien, (Shields, 2017).

Un aspecto fundamental de los contratos inteligentes es el self enforcement, es decir, su capacidad de ejecutarse así mismos. Cada que pueden ejecutar una operación ante el cumplimiento del suceso definido; se evita la intervención del hombre, que podría calificarse de parcial. Con un algoritmo y en lenguaje criptográfico, se garantiza que el contrato se lleve a cabo ceñido de forma estricta a lo pactado, así no hay alteraciones o cambios a su contenido haciéndolos prácticamente inmutables, pero existe la posibilidad de que se ejecute de forma incorrecta, a causa de errores en su programación, lo cual puede afectar lo pactado en este y es imperativo que las partes acuerden quién asumirá esta clase de riesgos (Padilla, 2020).

Pese a la esta posibilidad, es necesario plantear diferentes escenarios para enfrentarlos mediante acuerdos previos entre las partes. Por tanto, no es posible eliminar en un cien por ciento la posibilidad de errores, a pesar de la capacidad que tienen estos contratos de ejecutarse por sí mismos. Pues bien, en los contratos tradicionales, es usual que los involucrados modifiquen sus cláusulas, aun así, en un smart contract no es posible (Milk, 2017).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) una forma de lograr alimentar a más personas sin agravar la crisis climática, es a través de sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles para lograrlo se requiere de todo el potencial de tecnologías modernas e innovadoras entre ellas la cadena de bloques o TB.

Sus ventajas en la producción de alimentos para consumo humano, es garantizar la rastreabilidad y la transparencia así se tiene la certeza de que estos productos provienen de una fuente inocua o que los materiales se obtienen de un proveedor sostenible, mejorando así la inocuidad de los alimentos y facilitando las retiradas. La cadena de bloques también puede facilitar el comercio y proporcionar mayor seguridad jurídica a los sistemas de tenencia de la tierra, con ello también se asegura el seguimiento de las metas relativas al clima y las medidas de adaptación y mitigación, (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

Actualmente ya existen aplicaciones de Blockchain en el sector de la agricultura, divididas en cuatro segmentos principales:

- Agricultura inteligente
- Cadena de suministro de alimentos
- Seguro agrario
- Transacciones de productos agrícolas

La agricultura inteligente es el proceso de utilizar varios desarrollos tecnológicos modernos para mejorar la eficiencia y confiabilidad y el proceso agrícola. Incluye facetas inculcadoras como las TIC, Internet de las cosas (IoT), varios sensores, tecnología de aprendizaje automático y numerosas máquinas analíticas y de recopilación de datos, como los vehículos aéreos no tripulados, esta información es almacenada de forma segura con TB además de tener transparencia en las cifras y cantidades que se manejan y que sean completamente inmutables.

La cadena de suministro de alimentos en la agricultura se convirtió en un proceso más complejo debido a la globalización teniendo grandes retos que resolver como lo es la seguridad alimentaria, la calidad, la trazabilidad, la confianza y la ineficiencia de la cadena de suministro y como consecuencia se presentan retos en la economía y la salud de los clientes. La TB ayuda a resolver una gran cantidad de estos problemas al permitir un entorno en el que se pueda establecer la confianza entre los productores y los consumidores. La transparencia en este proceso se puede aumentar en gran medida ofreciendo información de producto individual dentro de la cadena de bloques, evitando los proveedores de productos de mala calidad o fraudulentos y en muchos casos eliminarlos por sus malas prácticas. Del lado del consumidor, el uso de Blockchain puede ser útil al ofrecer información confiable y auténtica sobre cómo se producen sus alimentos, la calidad, la seguridad y el respeto al medio ambiente de sus alimentos. Desde el punto de vista de un regulador, les ofrece información precisa a las organizaciones necesarias para ayudarlas a ejecutar regulaciones eficientes.

Wal-Mart, JD.com y Alibaba ya utilizan proyectos de trazabilidad basados en los principios de Blockchain para seguir de cerca todo su proceso de ventas, procesamiento y producción de alimentos.

Los agricultores apuestan a una prima de seguro en su ciclo de cultivo ya que con el cambio climático el proceso agrícola es impredecible y se ven afectados en la calidad de sus cultivos. Esto les da un margen de maniobra para hacer frente a las incertidumbres causadas por los cambios climáticos. Un seguro basado en indemnizaciones tiene numerosos inconvenientes relacionados con la evaluación de daños y la falta de información de la aseguradora, y esto afecta negativamente a los agricultores y a la agencia de seguros por lo que la TB permite el uso de seguros basados en índices mejorando la precisión general del proceso de seguro al activar un pago basado en un índice medible en lugar de la pérdida.

Con Blockchain, la base de los pagos se puede cambiar a un parámetro oportuno y automatizado, como los datos meteorológicos y se puede utilizar para activar el pago final según los términos definidos de un contrato inteligente, además de que las fuentes de datos, incluida la información meteorológica y la información sobre el crecimiento de las plantas, se pueden utilizar automáticamente en el plan de seguro con la ayuda de un oráculo inteligente, así ayuda a mejorar el proceso de pago y la determinación del índice. Etherisc, ayuda a los agricultores a obtener un seguro de cultivos descentralizado que se basa en la TB. El pago de este seguro se basa en datos meteorológicos, lo que mejora la fiabilidad de todo el proceso. Figura 1.

Con las transacciones de compra y venta de productos agrícolas en sitios de comercio electrónico se puede impulsar en gran medida con la ayuda de esta tecnología. Ayuda a este segmento de dos formas clave:

- Seguridad de información
- Gestión de la cadena de suministro

Se utiliza el cifrado de clave privada para validar el proceso de autenticación y en la cadena de suministro, Blockchain se reducen costos de señalización al mejorar la eficiencia general del proceso, mejora la seguridad del proceso de pago con opciones de pago digital con tarifas de transacción cero. El uso de criptomonedas en este método también ayudará a reducir aún más el costo transaccional. Por todo lo antes mencionado el consumidor tiene la certeza de que un proceso de compra en línea de productos agrícolas es seguro y les da confianza, (Pacifex fertilizantes, 2024).

Como ejemplo hipotético se puede tener el caso de un silvicultor que vende la madera y un instituto forestal confirma que la explotación maderera es legal, incluidas sus coordinadas geográficas. Esta información se introduce

en el primer bloque. Con una plataforma geoespacial que aporte datos valiosos e intercambiables, podría utilizarse para confirmar la validez de la declaración anterior. Esto se guarda en el segundo bloque, y el gobierno de cada país en el caso de México, la Secretaría de Agricultura confirma la legalidad de la madera y esto iría en el tercer bloque. Y una organización independiente confirma por separado la legalidad de la práctica de esa madera colocándolo en el último bloque. Así toda la cadena de bloques contiene toda la información que un mayorista necesita para rastrear el origen y legalidad de la madera.

En un caso real, en Papua Nueva Guinea con el aumento de la demanda mundial de carne de cerdo presentó nuevas oportunidades de exportación, pero solo si los agricultores podían demostrar la calidad de su producto. En conjunto con la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la FAO trabajó en un sistema piloto de registros distribuidos, basado en la cadena de bloques, que puede rastrear el ganado y permite a los consumidores comprar con confianza al verificar la historia de los cerdos, (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

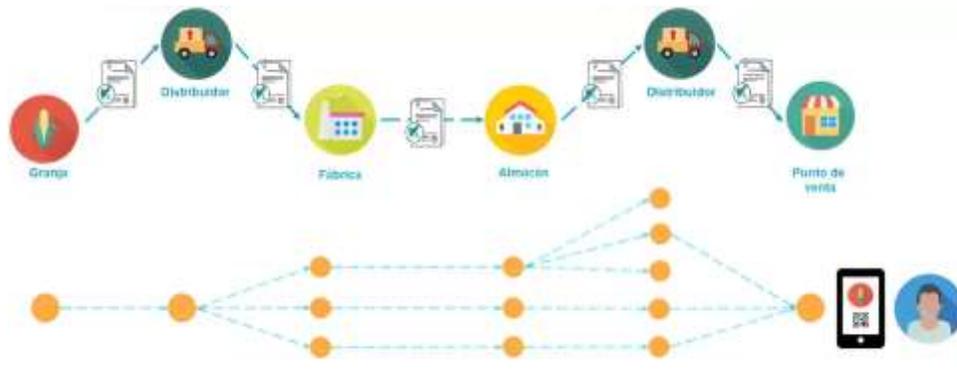


Figura 1. Aplicaciones de Blockchain en la industria alimentaria. Trazabilidad, calidad y gestión de productos.

Resultados

Se ha demostrado que los contratos inteligentes ayudan en el sector agrícola como un apoyo cuando existe la posibilidad de un desastre en este sector surgiendo los bonos verdes o un seguro agrícola haciendo eficaz su trazabilidad donde se aplica un código para seguir el movimiento de un alimento a través de etapas específicas de la producción, transformación y distribución pudiendo identificar cualquier producto alimentario desde la adquisición de las materias primas o mercancías de entrada a lo largo de las actividades de producción, transformación y/o distribución hasta el momento en que el operador realice su entrega al siguiente eslabón en la cadena agroalimentaria; así como la verificación de las respectivas certificaciones..

Conclusiones

Blockchain tiene el potencial de transformar a la industria agrícola al proporcionar transparencia, trazabilidad y seguridad en los procesos de cadena de suministro y gestión de datos. Con la trazabilidad de alimentos se rastrea y verifica cada etapa del proceso de producción de alimentos, desde la siembra hasta la distribución, permitiendo a los consumidores acceder a información detallada sobre el origen, las prácticas agrícolas y los métodos de procesamiento de los productos alimenticios.

Con las certificaciones y etiquetas se registra y verifican con prácticas agrícolas sostenibles, orgánicas, comercio justo, entre otras y permite que los consumidores tomen decisiones informadas.

El financiamiento agrícola: puede facilitar la financiación agrícola al permitir la tokenización de activos agrícolas y acceder a préstamos y financiamiento directamente mediante contratos inteligentes, sin intermediarios financieros tradicionales.

En el área de comercio y pagos se simplifica y agiliza las transacciones comerciales en el sector agrícola, permitiendo pagos rápidos y seguros, eliminando intermediarios y reduciendo costos.

Todo ello se materializa cuando se logra integrar Blockchain en sus cadenas de suministro, en caso de pandemias o brotes se garantiza el origen del producto y relacionarlo o no con este desastre.

Referencias

Beck, R., & Müller-Bloch, C. (2017). Blockchain as Radical Innovation: A Framework for Engaging with Distributed Ledgers as Incumbent Organization. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 5390-5399. doi: <https://doi.org/10.24251/hicss.2017.653>.

- Fuster Ruiz, F. (2001). Archivística, archivo, documento de archivo... *Anales de Documentación: Revista de Biblioteconomía y Documentación*, 2, 1–21. <https://revistas.um.es/analesdoc/article/download/2631/2611/12591>
- Institute of International Finance. (2015). *Banking on the Blockchain: Reengineering the Financial Architecture*. París: Institute of International Finance.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (4 de agosto de 2022). *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1600500/>
- Lemieux, V. (2017). *Blockchain and Distributed Ledgers as Trusted Recordkeeping*
- Mik, E., "Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity", *Law, Innovations and Technology*, 2017, vol. 9, n.º 2.
- Systems : An Archival Theoretic Evaluation Framework [Conferencia]. *Future Technologies Conference 2017 (FTC)*. Vancouver, BC, Canada. <https://goo.gl/2QcBjW>
- Pacheco Jiménez, M.N. (2015). Bitcoin: su comportamiento como medio de pago alternativo a los medios legales de pago. *CESCO* [en línea]. Recuperado de http://blog.uclm.es/cesco/files/2015/12/Bitcoin_su-comportamiento-comomedio-de-pago-alternativo-a-los-medios-legales-de-pago.pdf.
- Pacheco Jiménez, María Nieves. (2019). De la tecnología Blockchain a la economía del token. *Derecho PUCP*, (83), 61-87. <https://dx.doi.org/10.18800/derechopucp.201902.003>
- Pacifex fertilizantes. (2024). Pacifex. Obtenido de <https://pacifex.com.mx/>
- Padilla, J. (2020). Blockchain y contratos inteligentes: aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos. *Revista de Derecho Privado*. núm. 39, 2020, Julio-Diciembre, pp. 175-201
- Pastor Sempere, M.C. (2017). Criptodivisas: ¿Una disrupción jurídica en la Eurozona? *Revista de Estudios Europeos*, 70, 284-318. Recuperado <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6258560.pdf>
- Preukschat, A. (2017). *Blockchain: la revolución industrial de Internet*. España: Ediciones Gestión 2000
- Shields, R. (2017) "Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain", *North of Carolina Banking Institute*, (21), 179
- Sklaroff, F. (2017) *Smart Contracts and the Cost of Inflexibility*. *University of Pennsylvania Law Review*, Vol. 166, 2017 Recuperado de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3008899
- Wright, A., & De Filippi, P. (2015). *Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia*. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2580664>

Evolución y Desafíos en la Verificación y Validación de Dispositivos Médicos en Desarrollo

Ing. Ana Rocío Gómez Ramírez¹

Resumen—Este artículo examina la evolución y los desafíos en la garantía de calidad de dispositivos médicos emergentes durante las etapas de verificación y validación. La introducción contextualiza la importancia de la verificación y validación en el desarrollo de dispositivos médicos. Los objetivos son analizar cómo se están abordando los desafíos y qué innovaciones están surgiendo en este campo. Se empleó una revisión cualitativa de la literatura científica y técnica, con análisis crítico. Los resultados destacan los retos más destacables frente a este proceso. Las conclusiones resaltan la necesidad de continuar avanzando en métodos de verificación y validación para adaptarse a la rápida evolución tecnológica y mejorar la atención clínica. Se espera que este estudio informe prácticas óptimas, estimule la innovación y contribuya al desarrollo de políticas y regulaciones en el campo de dispositivos médicos.

Palabras clave—Verificación, dispositivos médicos, diseño y desarrollo, validación.

Introducción

El proceso de diseño y desarrollo de equipo médico requiere de verificación y validación a un nivel exhaustivo para dar cumplimiento a los estándares regulatorios que rigen esta rama, así como para garantizar la idoneidad para el uso clínico de los dispositivos sobre pacientes. La complejidad que conlleva este proceso presenta varios desafíos en términos de verificación y validación. Este artículo presenta la revisión del camino que se tiene trazado hasta el momento, así como los retos persistentes a los que se hace frente continuamente desde el enfoque de desarrollo de dispositivos médicos.

La importancia de la verificación y validación de equipo médico radica en su impacto directo en la calidad y seguridad de la atención médica proporcionada a los pacientes. Estos procesos son fundamentales para garantizar que los dispositivos médicos funcionen de manera confiable y precisa, lo que a su vez contribuye al diagnóstico temprano, tratamiento efectivo y rehabilitación exitosa de las condiciones de salud de los pacientes.

La verificación y validación son esenciales en todas las etapas del ciclo de vida de un dispositivo médico, desde su diseño y desarrollo hasta su implementación clínica y uso continuo. Al someter los dispositivos a rigurosas pruebas y evaluaciones, se asegura que cumplan con los estándares de calidad, rendimiento y robustez del sistema establecidos, minimizando así el riesgo de errores o fallas que puedan comprometer la salud y seguridad de los pacientes.

Además, la verificación y validación proporcionan la confianza necesaria tanto para los profesionales de la salud como para los pacientes, garantizando que los dispositivos médicos cumplen con las especificaciones y funciones previstas. Esto fomenta la adopción y aceptación de nuevas tecnologías médicas, lo que a su vez impulsa la innovación y mejora continua en el campo de la atención médica.

Metodología

Procedimiento

El estudio se basó en una revisión de la literatura técnica-científica relacionada con la verificación y validación de dispositivos médicos en desarrollo. Se utilizó un enfoque metodológico cualitativo para analizar y sintetizar información relevante sobre avances, desafíos y prácticas actuales en el campo. Los métodos incluyeron la búsqueda sistemática de artículos, revisión de documentos regulatorios y técnicos, así como consulta de investigaciones previas y expertos en el área. Se emplearon técnicas de análisis crítico para evaluar la calidad y relevancia de la información recopilada, y se utilizó la triangulación de datos para garantizar la validez y fiabilidad de los hallazgos.

Resultados

Una de las agencias más antiguas de protección y promoción del desarrollo de productos biológicos, medicamentos, dispositivos médicos, alimentos y cosméticos, es la FDA (Food and Drug Administration), fundada en 1906 en Estados Unidos de América, e inicialmente dedicada sólo a alimentos y medicamentos. Integrando dispositivos médicos a la regulación desde el año 1938 con la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FDA, 2023).

¹ La Ing. Ana Rocío Gómez Ramírez es Gerente de Ingeniería Biomédica en DTM Tecnologías, empresa de diseño y desarrollo de equipo médico y Maestrante en Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería por el CIATEQ. chiogomez10@gmail.com

En el año 1968, la FDA integra estándares de desempeño para equipos de diagnóstico como rayos x, resonancias magnéticas y ultrasonidos, pero no es hasta el año 1970 que se crea una legislación específica para dispositivos médicos (FDA, 2023), dado que estos presentaban diferentes necesidades y problemáticas respecto a los medicamentos, siendo estos últimos, pertenecientes a la rama fármaco-química. En este punto se introduce el concepto de clasificación de dispositivos médicos con base en el riesgo, misma que más tarde, la COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) integraría en sus criterios. La COFEPRIS es un órgano con autonomía técnica, administrativa y operativa, responsable regulación y control de insumos sanitarios y dispositivos médicos en México (COFEPRIS, 2016).

Los conceptos de verificación y validación surgieron a finales de los años 1960 y 1970 a medida que aumentaba el uso de software en sistemas de energía militar y nuclear. Inicialmente, este tipo de proyectos comenzaron a desarrollar sus propios estándares y formas para cubrir la necesidad de la verificación y validación de los sistemas (O'Connor, R. V., 2011).

La verificación y validación como parte del diseño y desarrollo, es llamada por varias instituciones regulatorias en el ámbito de Dispositivos Médicos, por su parte, la verificación según el International Vocabulary of Metrology (IVM) es la provisión de evidencia objetiva de que un elemento dado cumple con los requisitos especificados. En cuanto a la validación, es la verificación de que los requisitos especificados de un equipo son adecuados para el uso previsto (JCGM, 2021). John E. Lincoln plantea la verificación de producto, particularmente de un dispositivo médico, como parte del proceso de validación, en el que cada etapa es probada de manera que los requerimientos del producto (elementos de entrada) han sido cumplidos de acuerdo con los requerimientos de salida y el producto en sí mismo (John E. Lincoln, 2010). Las definiciones de verificación y validación también se encuentran alineadas a la ISO 9001 y al nivel de maduración tecnológica TRL (del inglés Technology Readiness Level), en el que se establece el sistema de escalonamiento de desarrollos tecnológicos (Manning C, 2021). En síntesis, la verificación y validación son procesos esenciales que garantizan el cumplimiento normativo y demuestran que un dispositivo médico no solo cumple con los requisitos especificados, sino que también es adecuado para el propósito para el que fue diseñado (Milizia, 2024).

La verificación se realiza en todas las etapas y niveles del proceso de diseño y desarrollo del dispositivo. Se fundamenta en un enfoque de tres pasos que incluye pruebas, inspecciones y análisis, de acuerdo con Johari (2024) y Chilka V. K. et al (2029). Cualquier método que demuestre el cumplimiento con un requisito de diseño es válido. Los diseños complejos generalmente requieren una gran variedad de actividades de verificación dividida en etapas. Para llevar a cabo el proceso de verificación y validación con una dirección adecuada, cada fabricante debe elegir y emplear las técnicas de verificación específicas de acuerdo con la naturaleza del diseño. El propósito de los controles de diseño es asegurar una supervisión efectiva y evaluar la exhaustividad de su aplicación.

La validación de equipo médico incluye pruebas en un ambiente real controlado, donde se pueden integrar pruebas preclínicas con animales como sujetos de prueba o pruebas clínicas con aplicación en humanos. Otra de las pruebas de validación puede ser la usabilidad sumativa (MPE, 2023). Tal como suena, las pruebas de usabilidad sumativa resumen los logros del proceso de diseño probando un sistema similar a la producción al final de este. En general, valida qué tan utilizable y seguro es tu producto a través de mediciones definidas, reduciendo el riesgo de sorpresas costosas.

En todos los casos, las verificaciones y validaciones generan documentación como parte del proceso en sí mismo, siendo este punto la piedra angular de acuerdo con Milizia L. (2024). Dentro de los documentos se pueden encontrar: análisis de modo de fallas y efectos, condiciones de las pruebas, formatos de registro, reportes e informes de verificación y validación, protocolos de pruebas, registros de inspección, estudios preclínicos y clínicos. Todo ello conforma el expediente del diseño y desarrollo del equipo médico, donde se puede encontrar el histórico del proceso. La parte de la documentación se vuelve extremadamente relevante para la trazabilidad, confiabilidad, demostración de cumplimiento, reproductibilidad, gestión del riesgo y mejora continua de los procesos (Chilka V. K. et al, 2019).

El inicio del proceso de verificación y validación son las entradas, provenientes de necesidades y convertidas en requerimientos para el diseño o también llamadas entradas de diseño, en lo que respecta al equipo de Medical Product Design (2023), y como lo podemos observar en la figura 1, en donde además, se presenta que la verificación y la validación son procesos iterativos y deben ser adaptados.



Figura 1. Proceso de verificación y validación de equipo médico. Chilka V. K. et al.

El personal hospitalario, los usuarios finales, frecuentemente tiene expectativas muy diferentes de cada diseño de dispositivos médicos y por cada tipo de dispositivo, por lo que las variables a considerar nunca son totalmente definidas. La verificación y validación de los dispositivos busca garantizar la funcionalidad, usabilidad y fiabilidad de estos, cumpliendo las expectativas de los usuarios, a su vez que los requisitos regulatorios, sin embargo, los choques entre las diferentes necesidades de usuario hacen de este punto uno de los retos menos controlables del proceso. La incorporación de elementos por opinión no es suficiente, es necesario contar con procesos profesionales para obtención de la evidencia de obtención y cumplimiento de las especificaciones (MPE, 2023).

El proceso en sí mismo de la verificación y validación representa un reto para los desarrolladores, dado que puede llegar a ser abrumador y complejo si solo se toma la perspectiva general de todas las variables a considerar. (MPE, 2023) Esto se debe a que la verificación y validación de dispositivos médicos implica una serie de pasos minuciosos que abarcan desde la interpretación de las necesidades del usuario en especificaciones de diseño hasta la realización de pruebas detalladas y exhaustivas para garantizar el cumplimiento de los requisitos y la seguridad del dispositivo. Además, cada etapa del proceso requiere una comprensión profunda de las normativas y estándares aplicables, así como la coordinación de múltiples equipos y recursos. Por lo tanto, abordar adecuadamente la verificación y validación exige un enfoque meticuloso y organizado que considere la mayoría de los aspectos involucrados, desde la planificación inicial hasta la implementación y documentación final.

Como parte de los retos que enfrenta la verificación y validación de equipo médico, están los diferentes niveles de complejidad que comprenden los dispositivos, donde se incluyen los marcos regulatorios aplicables específicamente, incorporando estándares nacionales e internacionales, tipos y clasificaciones de dispositivos médico, sistemas y subsistemas por los que se componen los equipos.

Entre los aspectos generales que integran los dispositivos médicos candidatos a verificación se encuentran los siguientes: sistemas neumáticos, eléctrico-electrónicos, térmicos, biológicos, electromecánicos, interfaces de usuario, desempeño de procesadores, entre otros, que se pueden sintetizar en hardware, firmware y software

Otro desafío importante en el proceso de verificación y validación de equipo médico es la planificación, ya que puede requerir una considerable inversión de tiempo y recursos financieros (Chilka V. K. et al, 2019). Sin embargo, una definición precisa y estratégica de las pruebas puede ayudar a optimizar estos recursos de manera significativa. En relación con el tiempo, es necesario considerar divisiones de actividades definidas para no encontrar inconvenientes en el ciclo de vida del diseño y desarrollo del proyecto.

La planificación adecuada implica identificar de manera clara y exhaustiva todos los aspectos que deben ser evaluados durante el proceso de verificación y validación. Esto incluye la definición de los objetivos de las pruebas, la selección de los métodos y herramientas más adecuados para llevarlas a cabo, la asignación eficiente de recursos humanos y financieros, y el establecimiento de plazos realistas.

Al planificar cuidadosamente las pruebas, se pueden evitar redundancias y asegurar que cada paso del proceso contribuya de manera efectiva a la obtención de resultados significativos. Además, una planificación estratégica permite identificar posibles riesgos y desafíos de manera anticipada, lo que facilita la implementación de medidas preventivas y correctivas.

Un reto que no se puede omitir en esta revisión es la validación clínica de los dispositivos médicos, dado que es pertinente generar los protocolos de acuerdo con los comités de ética aplicables y de los fundamentos clínicos que le correspondan, generados por grupos multidisciplinarios que incluyan la parte médica, desarrolladores, gestores, considerando en todo momento, la seguridad y condiciones adecuadas de los sujetos de prueba, independientemente de su especie. Además de la alta cantidad de variables que comprenden los estudios clínicos per se (Goldsack J. C. et al, 2020). Por otra parte, para que el proceso de validación pueda estar completo, se pueden llegar a requerir comparaciones con otros equipos de propósitos similares, evidencia documental de artículos donde se plasme el funcionamiento conocido de los sistemas y subsistemas individualmente o en conjunto, y/o modelados matemáticos (Krüger N., 2020).

En última instancia, abordar adecuadamente la verificación y validación requiere un enfoque meticuloso y organizado que considere todas las facetas del desarrollo del dispositivo médico, desde la concepción hasta la implementación y documentación final. Solo a través de una planificación cuidadosa y una ejecución rigurosa se puede garantizar la calidad, seguridad y eficacia de los dispositivos médicos, lo que a su vez contribuye al avance de la atención médica y el bienestar de los pacientes.

Conclusiones

Como conclusión, resalta la necesidad de métodos de verificación y validación sofisticados frente a la complejidad creciente de dispositivos médicos. Se espera que esta investigación informe sobre el panorama de este proceso y permita la mejora continua en la seguridad y eficacia de los dispositivos médicos, encaminando así, hacia el cumplimiento cabal, que garantice

Las actividades de validación y verificación están más estandarizadas que en el pasado, lo que ha optimizado el proceso de fabricación en general y el proceso de aprobación. Se presenta la mejora mediante pruebas automatizadas, herramientas de diagnóstico y recopilación de datos, herramientas de documentación. Estos medios permitirán una evaluación más exhaustiva y eficiente de la seguridad y eficacia de los dispositivos médicos, contribuyendo así a la mejora continua de la atención médica.

Limitaciones

El artículo se centra en la verificación y validación de equipo médico desde una perspectiva técnica y regulatoria. Sin embargo, podría beneficiarse de una discusión que aborde otros aspectos importantes, como la ética en el desarrollo de dispositivos médicos o el impacto socioeconómico de estas tecnologías.

Recomendaciones

Podría ser útil incluir o trabajar con la perspectiva de otros actores clave en el proceso de diseño y desarrollo, como los usuarios finales y los pacientes.

Referencias

- Chilka V. K. et al. "Validation and Verification of Medical Devices". Pharma Research Bulletin, EDU Spread. 5 de agosto de 2019.
- "Estrategia COFEPRIS". *Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios*, CEFEPRI. 13 de diciembre de 2016.
- "A History of Medical Device Regulation & Oversight". *Food and Drug Administration*, FDA. 21 de agosto de 2023.
- Goldsack J. C. et al. "Verification, analytical validation, and clinical validation". Nature Partner Journals, Digital Medicine. 14 de abril de 2020.
- "The Ultimate guide to Validation & Verification of Medical Devices". Johari Medtech. 2024.
- John E. Lincoln. "Medical Device Product Verification and Validation". *Journal of Validation Technology*, Device Validation Forum. 2010.
- "International Vocabulary of Metrology". *Joint Committee for Guides in Metrology*, JCGM. 11 de febrero de 2021.
- Krüger N. "Design Validation vs Design Verification for Med Device Development". Perforce, Application Lifecycle Management. 14 de enero de 2020.
- Manning C. "Technology Readiness Level". NASA. 27 de septiembre de 2021.
- "Breaking Down the Verification and Validation Processes for Medical Devices". *Medical Product Design*, MPE. 6 de junio de 2023.
- Milizia L. "Ensuring Compliance: The Crucial Role of Verification and Validation in Medical Device Development". *Together Tech*. 24 de enero de 2024.

O'Connor, R. V. "Systems, Software and Services Process Improvement". *18th European Conference*, Springer. 27 – 31 de junio de 2011.

Modelado con Clustering Difuso del Ángulo de la Rodilla en la Marcha Humana

Ing. Fabiola Gutierrez Suarez¹, Dr. Julio César Salgado Ramírez²,
Mtro. Alexander Azpeitia Ponce³, Ing. Gabriel González Paredes⁴, Dr. Julio Cesar Ramos Fernández⁵

Resumen— La idea de analizar la secuencia de la marcha en humanos surge de la necesidad de contar con un modelo descriptivo, ya que cada persona camina de manera diferente y sin tomar en cuenta aún, diagnósticos de patologías en la marcha. En algunos trabajos utilizan mediciones con sensores de inercia, Kinect, galgas extensiométricas, entre otros. Sin embargo, su calibración, adecuación electrónica y procesamiento de datos no es evidente.

En este trabajo se usan mediciones de un sistema de cámaras VICON BONITA B10, se calculan los ángulos de la flexión-extensión de la rodilla con geometría analítica y se procesa los datos con el algoritmo de clustering difuso, en una arquitectura de modelado Takagi-Sugeno. Este artículo se enfoca en mostrar el modelado difuso de los ángulos de la rodilla de humanos, que se espera contribuya a modernizar los métodos de diagnóstico y rehabilitación en la marcha humana, con patologías en la rodilla.

Palabras clave—algoritmo, análisis biomecánico, clustering, marcha, VICON.

Introducción

En este trabajo se muestra el análisis de los ángulos de flexión-extensión que se forman en la rodilla durante el ciclo de la marcha en humanos; usando algoritmos de reconocimiento de patrones con clustering y lógica difusa, se aplican diferentes arquitecturas para generar un modelo de la marcha, las mediciones usadas en este estudio tienen la cualidad de tener parámetros dinámicos, en contraste con los métodos actuales de medición de ángulos en el cuerpo humano como el goniómetro, puede ser una puerta para modernizar los métodos de diagnóstico y rehabilitación existentes. El análisis de la marcha es un conjunto de herramientas que nos permiten comprender la función y la estructura del sistema musculoesquelético durante la actividad de caminar, Andrea Ancillao (2016) menciona que, “la posibilidad de disponer de datos cuantitativos puede apoyar en el diagnóstico y tratamiento de diversas patologías.”

Marco teórico

Lógica difusa

Es un enfoque matemático que permite manejar la incertidumbre y la imprecisión en los datos de una manera más flexible que la lógica clásica. Mientras que en la lógica clásica los valores son estrictamente verdaderos o falsos, en la lógica difusa los valores pueden estar en un continuo entre 0 y 1, representando grados de pertenencia.

ERMS

ERMS (Error Root Mean Square) el cual está descrito por la siguiente ecuación:

$$Error = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{x}_i(t) - x_i(t))^2}{N}} \quad (1)$$

Donde $\hat{x}(t)$ representa la aproximación del modelo en el tiempo t (dato calculado) y $x(t)$ representa los datos medidos, este tipo de error se utiliza aquí para obtener una medida de error cuantificable entre el modelo obtenido y los datos reales.

Fuzzy C-Means

Es un algoritmo de agrupamiento que permite el modelado de un proceso continuo, utilizando modelos

¹ Ing. Fabiola Gutiérrez Suárez, estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Pachuca. fabiolagutierrez@micorreo.upp.edu.mx

² Dr. Julio César Salgado Ramírez, secretario académico de la Universidad Politécnica de Pachuca y codirector del presente proyecto. csalgado@upp.edu.mx

³ Mtro. Alexander Azpeitia Ponce, egresado de la Maestría en Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca y precursor del presente proyecto. alexanderazpeitiaponce@gmail.com

⁴ Ing. Gabriel González Paredes, estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Pachuca. gabrielmtics2022@micorreo.upp.edu.mx

⁵ Dr. Julio César Ramos Fernández, profesor investigador a cargo del laboratorio LANAVEX de la Universidad Politécnica de Pachuca. jramos@upp.edu.mx (autor correspondiente)

locales definidos para grupos de formas esféricas en el dominio de variables de entrada. Los datos del sistema real se agrupan como áreas hiperesféricas que pueden superponerse parcialmente en clusters, estos se refieren a grupos o conjuntos de datos que son similares entre sí, en términos de características específicas. El número de clústeres es establecido a priori por el usuario. Cada cúmulo de datos corresponde teóricamente a un funcionamiento homogéneo del sistema, que puede ser en forma de modelo lineal local. La mayoría de los algoritmos de agrupación en clústeres difusos se basan en la optimización de la función objetivo:

$$J(Z; U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m * D_{ikA}^2 \quad (2)$$

El algoritmo FC-mean se puede describir como sigue:
Dado un conjunto de vectores de datos Z se define el número de clusters $1 < c < N$ y el grado de fusificación $m > 1$ un valor de tolerancia $e > 0$ y un número de iteraciones l . Se inicia de manera aleatoria la matriz de partición U . Se puede calcular los centros de cluster v_i haciendo:

$$v_i^l = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik}^{l-1})^m * z_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik}^{l-1})^m}, \quad 1 \leq i \leq c \quad (3)$$

Para cada vector de datos, se calcula su distancia euclidiana con cada cluster:

$$D_{ikA}^2 = (z_k - v_i^l)^T * (z_k - v_i^l), \quad 1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq N \quad (4)$$

La matriz de partición U :

Si $D_{ikA} > 0$ para $1 \leq i \leq c, 1 \leq k \leq N$

$$\mu_{ik}^l = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{D_{ikA}}{D_{jkA}}\right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (5)$$

Si no:

$$\mu_{ik}^l = 0 \text{ si } D_{ikA} > 0. \text{ y } \mu_{ik}^l \in [0,1] \text{ con } \sum_{i=1}^c \mu_{ik}^l = 1 \quad (6)$$

Los tres pasos anteriores se repiten hasta que

$$||U^l - U^{l-1}|| < e. \quad (7)$$

En este trabajo se utilizó la función FCM de Matlab, para realizar el aprendizaje de las diferentes pruebas de modelos, la cual tiene como parámetros de entrada:

$$[Centers, U] = fcm(data, Nc, options) \quad (8)$$

Data: Es la matriz de datos de aprendizaje, que se desea particionaren características difusas.

Nc: Es el número de clusterings o particiones difusas.

Options: que contiene a m (grado de fuzzificación), *iter* (número máximo de iteraciones), *error* (error mínimo definido por el usuario).

Esta función devuelve una matriz que contiene las coordenadas de cada centro de cluster y una matriz de partición difusa U , que contiene el grado de pertenencia de cada dato respecto a cada cluster.

Modelo difuso Takagi-Sugeno (TS)

Según Babuška, R. (1996) es un modelo difuso basado en reglas, en el que hay una relación entre variables de una proposición antecedente con las variables de una proposición consecuente en forma de polinomio o una función matemática.

De esta forma, una regla del tipo TS, se puede ver como la *i-ésima* regla de la siguiente forma:

$$R_i: \text{ Si } x \text{ está en } A_i \text{ entonces } y_i = f_i(x) \text{ para } i = 1, 2, \dots, k \text{ reglas.} \quad (9)$$

Se dice que el modelo TS se puede identificar en los consecuentes con parámetros lineales, si y_i es de la forma $y_i = \mathbf{a}_i^T \mathbf{x} + b_i$. En este trabajo se propone un modelo TS afín.

La fórmula de inferencia del modelo TS es como sigue:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^K \mu_i (\mathbf{a}_i^T \mathbf{x} + b_i)}{\sum_{i=1}^K \mu_i} \quad (10)$$

NARX

Los sistemas dinámicos invariantes en el tiempo son modelados en general por funciones estáticas, por medio del concepto de *estado* del sistema. El estado siguiente a otro se puede calcular haciendo:

$$\mathbf{x}(t + 1) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \quad (11)$$

Donde $\mathbf{x}(t)$ es el estado y $\mathbf{u}(t)$ es la entrada al sistema, ambos en el tiempo t , y \mathbf{f} es una función estática llamada función de transición de estado. Una de las funciones de transición de estado más común es el modelo NARX (por sus siglas al inglés, Nonlinear Auto Regresive with eXogenous input) el cual se describe como:

$$y(t + 1) = f(y(t), y(t - 1), \dots, y(t - n_y + 1), u(t), u(t - 1), \dots, u(t - n_u + 1)) \quad (12)$$

Donde $y(t), y(t - 1), \dots, y(t - n_y + 1)$ denotan las salidas en los eventos anteriores del modelo y $u(t), u(t - 1), \dots, u(t - n_u + 1)$ representan las entradas en eventos anteriores del modelo, además n_y, n_u son números enteros que se establecen de acuerdo al orden del modelo y que usualmente las establece el usuario.

Estimación de consecuentes por mínimos cuadrados

La fórmula de defusificación del modelo TS es lineal en los parámetros consecuentes \mathbf{a}_i, b_i , por lo que estos parámetros pueden ser estimados a partir de los datos por métodos de mínimos cuadrados.

Sea una matriz diagonal $Q_i = \text{diag}[U_i(t)]_{t=1}^N$, que contiene en su diagonal los grados de pertenencia de cada dato respecto al i -ésimo cluster; los parámetros de cada modelo local de los consecuentes pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\theta = [\mathbf{X}^T Q_i \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T Q_i \mathbf{x} \quad (13)$$

Donde $\mathbf{X} = [\mathbf{T}^T \mathbf{x}^T(k - 1) \mathbf{x}^T(k - 2) \dots \mathbf{x}^T(k - n) \mathbf{1}^T]$, tal que \mathbf{T} es el vector tiempo, \mathbf{x} es el vector de datos $\mathbf{x}_j(k - j)$ son los vectores de datos en atraso y $\mathbf{1}$ es un vector de tamaño N con un 1 en cada una de sus entradas.

Es decir, en la matriz θ se encuentra contenido los parámetros de cada modelo local, un conjunto de parámetros para cada regla.

Metodología

Material

La base de datos utilizada en este artículo fue tomada de Azpeitia, A. (2020), para el muestreo de datos se utilizaron 10 cámaras VICON modelo Bonita B10, y 21 marcadores reflejantes pasivos colocados en el cuerpo humano según los protocolos (Davis et al. 1991 y plug and gate de Vicon Motion Systems 2016). Las mediciones se realizaron bajo el consentimiento informado de los sujetos de estudio en el Laboratorio Nacional en Vehículos Autónomos y Exoesqueletos (LANAVEX) de la Universidad Politécnica de Pachuca, Hidalgo, México. Las mediciones de este trabajo contienen parámetros de la marcha, por ejemplo: longitud y tiempo de zancada, velocidad de la marcha, cadencia, tiempo de recorrido total, entre otros.

Procedimiento

En esta sección se describen las etapas que se proponen en este trabajo, para el desarrollo del modelo difuso TS para modelar la marcha humana solamente con el ángulo de la rodilla.

Preprocesamiento de datos

Para el análisis de datos de este proyecto, se tomaron en cuenta los marcadores colocados en la cadera, rodilla y tobillo de la pierna derecha, las posiciones de estos marcadores están representadas en un espacio tridimensional $[X, Y, Z]$, dado por el sistema de medición VICON.

Con la ayuda del software de visualización Blender, se corrobora que los marcadores a analizar estén correctamente posicionados y etiquetados. Posteriormente se realiza la limpieza de los datos, obteniendo solamente las ubicaciones de los marcadores de cadera, rodilla y tobillo. Para la obtención del ángulo de flexión-extensión de la rodilla, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\theta = 180 - \arccos\left(\frac{|\vec{BA} * \vec{BC}|}{|BA| * |BC|}\right) \quad (14)$$

La Figura 1, es una representación de los puntos de interés en el cuerpo humano, se definieron los marcadores como puntos en el espacio llamados A, B y C.

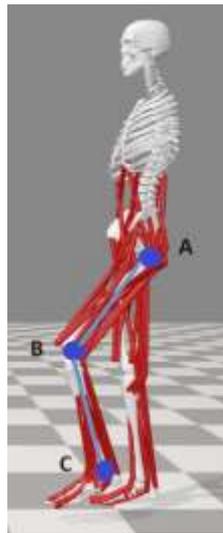


Figura 1. Representación de vectores.

Estructura de los modelos

Se probaron diferentes arquitecturas para las reglas difusas TS que modelan el ángulo de la marcha del humano, las diferentes pruebas se realizaron con 3, 4, 5 y 6 entradas, verificando el error medio cuadrático de cada arquitectura, la propuesta de 3 entradas resultó con menor ERMS.

La arquitectura de los modelos consiste en:

- El algoritmo FCM que calcula los centros de clusters (*centers*) y la matriz de partición (U), el número de clusters será el número de reglas, para este análisis resultaron 5 clusters.
- El algoritmo de mínimos cuadrados ponderados por los valores de disparo de cada regla difusa, se utiliza para calcular de manera óptima los parámetros consecuentes.

Un parámetro importante del algoritmo FCM, es el grado de fusificación m , de acuerdo a L. Foulloy (2003), este valor se sugiere se encuentre en el intervalo $\in [1.1, 3]$ al colocar dicho parámetro se probaron valores de m entre 1.1 y 3.5, en este caso se fijó el valor de m en 2.85.

Identificación difusa

Se calculan los centros de cluster y la matriz de partición U por medio de la función FCM de Matlab, con los parámetros de entrada descritos en la sección de marco teórico. Como se inicializa la matriz de partición U con valores aleatorios, los clusters que la función FCM calcula, no tienen un orden creciente o decreciente, se propuso un algoritmo para ordenar los centros de cluster de acuerdo al vector tiempo de menor a mayor; claramente los renglones de la matriz de partición U se reordenaron también con relación a los centros de cluster.

A continuación, se calcularon los parámetros consecuentes de cada regla, en este caso, el número de reglas que se utilizaron es igual al número de clusters; en este trabajo se utilizó un modelo TS afín, los parámetros de cada función lineal se calculan con el método de mínimos cuadrados, por medio de la ecuación (13).

Prueba de parámetros (modelo difuso)

Para esta etapa se utilizó el modelo NARX, como se muestra en la Figura 2, probando con diferentes entradas al modelo y verificar su comportamiento.

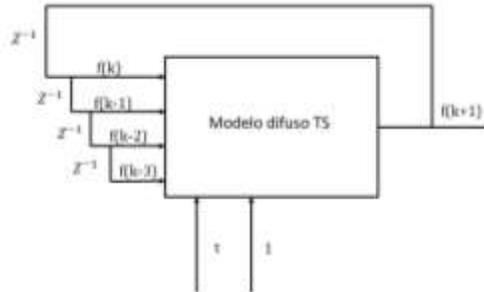


Figura 2. Arquitectura NARX.

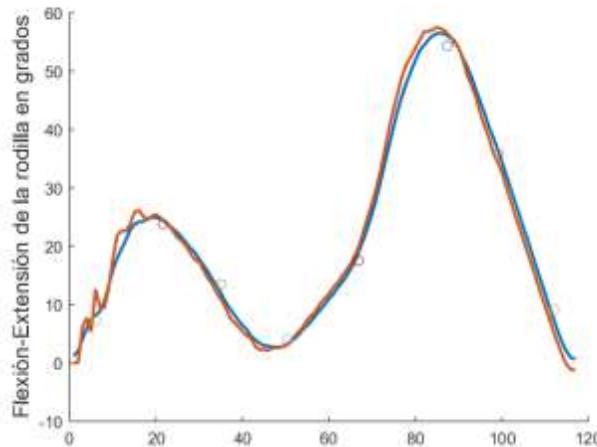
El conjunto de reglas TS para el sistema difuso es como sigue:

$$R_i: \text{Si } Z_k \text{ está en } c_i \text{ Entonces } \hat{x}(k+1) = a_i t + b_i x(k) + h_i \quad \text{con } i = 1, \dots, 5$$

Aquí $Z_k = [t, x(k), 1]$, $c_i = [ct_i, cx_i, 1]$, (ct_i, cx_i) son los centros de cluster, y h_i es un parámetro de compensación.

Resultados

En la Gráfica 1, se muestra la secuencia de los ángulos de la rodilla formados en un ciclo de marcha de la pierna derecha de una persona denotados por la línea azul; la línea roja representa el modelo propuesto, el ERMS resulta en 1.6554, para una ejecución de 3 atrasos.



Gráfica 1. Secuencia de marcha de la rodilla con modelo.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación permiten simular el comportamiento de la marcha, con ello facilitar la predicción y comprensión de sistemas complejos y dinámicos, como en este caso, mediante la medición de ángulos de la rodilla.

La prospectiva a futuro es probar modelos con patologías de la marcha, comparados con modelos de la marcha normal, esto para poder distinguir y diferenciar parámetros importantes entre ambas y obtener información relevante.

Referencias

Azpeitia, A. (2020). Desarrollo de un sistema mecatrónico para el análisis de la marcha humana (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Pachuca.

Andrea Ancillao (2016) Analysis and Measurement of Human Motion: Modern Protocols and Clinical Considerations. J Robot Mech Eng Resr 1(4): 30-37.

Babuška, R. (1996). Fuzzy systems, modeling and identification. Delft University of Technology, Department of Electrical Engineering Control Laboratory, Mekelweg, 4.

Davis, R.B., Ounpuu, S., Tyburski, D., & Gage, J.R. (1991). A gait analysis data collection and reduction technique.

L. Foulloy, commande floue tome 2 : de l'approximation a l'apprentissage. 2003.

Vicon Motion Systems. (2016). Plug-in Gait Reference Guide.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al Laboratorio Nacional en Vehículos Autónomos y Exoesqueletos (LANAVEX) de la Universidad Politécnica de Pachuca y al posgrado de Tecnologías de la Información y Comunicaciones perteneciente al (SNP) de CONAHCYT, con números de CVU: 1237237 y 1237604.

Notas Biográficas

La **Ing. Fabiola Gutiérrez Suárez** es estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Pachuca. fabiolagutierrez@micorreo.upp.edu.mx

El **Dr. Julio César Salgado Ramírez** es secretario académico de la Universidad Politécnica de Pachuca, Dr. en Ciencias de la Computación, egresado del Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional. Perteneció al núcleo básico de la Maestría en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y está adscrito al Programa Educativo de Ingeniería Biomédica. csalgado@upp.edu.mx

El **Mtro. Alexander Azpeitia Ponce** es egresado de la Maestría en Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Pachuca y precursor del presente proyecto. alexanderazpeitaponce@gmail.com

El **Ing. Gabriel González Paredes** es estudiante de la Maestría en Tecnologías de la Información y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Pachuca. gabrielmtics2022@micorreo.upp.edu.mx

El **Dr. Julio César Ramos Fernández** es Dr. en ciencias de la computación por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Dr. en Ciencias de la Ingeniería en aplicaciones industriales, por la Universidad de Sur de Toulon-Var, doctorado doble por el programa de intercambio académico México-Francia. Profesor investigador del programa educativo de posgrado en mecatrónica y TIC. Responsable técnico del Laboratorio Nacional en Vehículos Autónomos y Exoesqueletos de la Universidad Politécnica de Pachuca. jramos@upp.edu.mx

Muro Ecológico Prefabricado: Panel Prototipo de Bahareque Hecho con Madera, Bambú y Mortero Estabilizado con Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar

Dr. Joel Guzmán González¹, Dr. Francisco Nieves Garnica²,
Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo³, Melany Dioselina Martínez Marín⁴

Resumen—El artículo presenta los resultados de una investigación llevada a cabo por el Cuerpo Académico UV-CA-469 Sustenta y Aprende, en colaboración con estudiantes que cursan experiencia recepcional en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana, campus Córdoba, Veracruz. Consiste en describir el diseño y la construcción de un muro ecológico prefabricado hecho a base de panel de bahareque mejorado con madera, bambú y mortero estabilizado con fibras de bagazo de caña de azúcar, utilizando el sistema constructivo de Bahareque o bareque de la arquitectura de tierra. La metodología para la construcción del muro ecológico se basa en la investigación sobre construcción de tierra del arquitecto Gernot Minke, y en la incorporación de la investigación del cuerpo académico, en la que se realizaron pruebas para mejorar la resistencia de la tierra a la humedad, que se integran como mejoras al panel.

Palabras clave—Muro ecológico, bahareque, bagazo, estabilización de la tierra.

Introducción

El trabajo muestra los resultados del diseño y construcción de un panel ecológico prefabricado hecho con base al sistema constructivo de bahareque, se revisó la bibliografía pertinente, que permitió conocer algunos detalles sobre el tema, posteriormente a lo analizado, se propusieron materiales diferentes a los convencionales, esto posibilitó agregar el bagazo de la caña de azúcar, un sobrante en los ingenios de la zona oriente de las grandes montañas del Estado de Veracruz.

A partir de los datos que se retomaron de la investigación sobre el mejoramiento de la tierra en el sistema constructivo de bahareque, se realizaron pruebas para implementar el bagazo, logrando utilizar este material de desecho de manera más eficiente y sustentable como estabilizante para el mortero del bahareque, mejorando las cualidades del producto final.

Debido a estas pruebas, se puede comprobar la construcción del muro ecológico, permitiendo crear un nuevo material de construcción sustentable, aplicable en las zonas que cuenten con las mismas condiciones donde fue elaborado.

Metodología

La metodología sobre la construcción en tierra, Bahareque, de Gernot Minke.

Las fases de la metodología consisten en:

1. Analizar la composición física de la tierra.
2. Realizar pruebas de expansión, retracción y plasticidad.
3. Agregados y aditivos.
4. Preparación del material.
5. Elaboración de la estructura (marco y tejido).
6. Aplicación del relleno (mortero de tierra, arena y cal) y curado.
7. Aplicación del revestimiento.
8. Hallazgos y conclusiones.

¹ Dr. Joel Guzmán González, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. joguzman@uv.mx;

² Dr. Francisco Nieves Garnica, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. fnieves@uv.mx

³ Dr. Roberto de Jesús Olavarrieta Marengo Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. rolavarrieta@uv.mx

⁴ Melany Dioselina Martínez Marín, estudiante Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz.

Desarrollo

Al analizar el sistema constructivo del panel prefabricado convencional, podemos mencionar que, este consiste en una estructura de perfiles de acero galvanizado, relleno con colchonetas de fibra de vidrio y revestido con panel de yeso. Este proceso de fabricación en talleres especializados presenta la desventaja de altos costos de traslado de elementos, carencia de mano de obra especializada y por último la implementación de materiales no degradables, nocivos para el medio ambiente.

En contraste, el sistema constructivo de Bahareque consiste en elementos verticales y horizontales que forman una malla, rellena con barro mezclado con paja picada u otras fibras de manera que los elementos estén cubiertos. El sistema actúa de forma que, la mayor parte de los esfuerzos constructivos que recibe la tierra son absorbidos por una estructura hecha de material vegetal que funciona como esqueleto. Gracias a las propiedades de estos materiales los elementos elaborados con este sistema tienen la cualidad de facilidad constructiva, economía de materiales y confort térmico, lo que permite minimizar el uso de materiales invasivos para el ambiente.

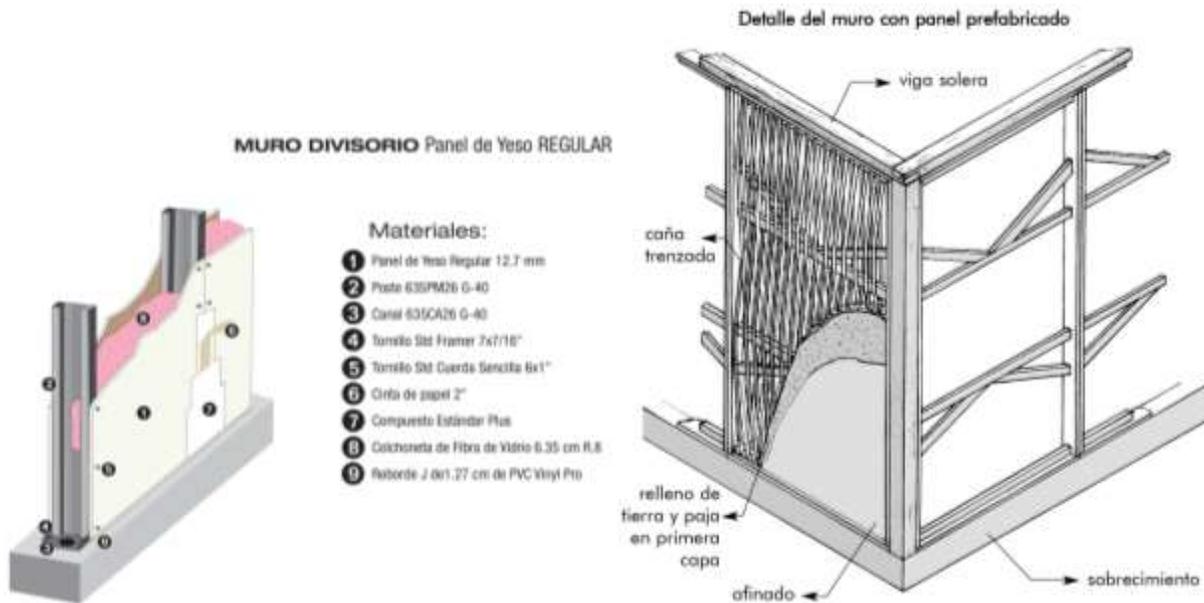


Figura 1. Comparación del panel de yeso regular y el panel prefabricado de bahareque
Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

Materiales alternativos

El sistema constructivo de Bahareque hace uso de materiales naturales, estos son accesibles a todo usuario por su bajo costo y facilidad constructiva, ya que no se requiere de herramientas especializadas. La madera y el bambú son materias primas, que por su composición poseen cualidades de resistencia mecánica altamente favorable, un bajo peso en relación al volumen es fácil de trabajar y acoplar mediante uniones simples, además de ser excelentes aislantes acústicos, lo cual, es beneficioso para la estructura del panel.

La tierra es el material fundamental en este sistema constructivo ya que, por su composición granulométrica, consistente en arenas, limos y arcillas en determinadas proporciones, dota a la tierra de cualidades como la plasticidad, retracción, porosidad y humedad, necesarias para su manipulación.



Figura 2. Muestra de tierra

Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Con el fin de mejorar estas cualidades, se implementan elementos externos que ayudan a la estabilización de la tierra. En el caso de esta investigación, se implementó el bagazo de la caña de azúcar, ya que al ser un residuo fibroso este conforma una especie de red a la que se adhieren las partículas del suelo, esto controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el curado. Finalmente, la cal se utiliza en el recubrimiento, con el propósito de proteger del agua el elemento de tierra, además, por su propiedad alcalina, repele la mayor parte de los gérmenes, hongos y plagas.

COMPONENTE	PORCENTAJE
Fibra de bagazo	45%
Sólidos insolubles	2-3%
Sólidos solubles	2-3%
Agua	50%

Figura 3. Tabla 1. Componentes del bagazo

Fuente: Cortés García, R. (2007). El bagazo de la caña de azúcar: usos y derivados.

Procedimiento constructivo

La estructura del panel de Bahareque consiste en un bastidor rectangular de madera (barrote) con dimensiones de 3.5" x 1.5". La forma del bastidor consta de dos partes, cuatro travesaños y cuatro semi diagonales con el propósito de estabilizarlo. Las medidas de este serán de 2.20 m. de alto y 1.10 m. de ancho, con un espesor de 0.06 m.

El tejido de bambú es una estructura auxiliar destinada a sostener y consolidar el relleno en el muro. Esta consiste en rejillas o latillas de bambú con dimensiones de entre 3 y 5 cm. x 2.50 m. A continuación, se tejerá el panel alternando las rejillas hasta haber completado el ancho de este, procurando que las rejillas queden fuertemente presionadas unas con otras para mayor rigidez. Al final se deberá recortar y afinar los extremos de la rejilla salientes de la estructura.

El material de relleno, compuesto por tierra y fibras de bagazo, permite lograr un material liviano, permeable al vapor de agua y con características elásticas necesarias para responder a los movimientos de la estructura. El barro resultante se compacta sobre el tejido de bambú, de tal manera que, todos los elementos estén cubiertos con al menos 2 cm. de la mezcla.

El revestimiento tiene como propósito proteger la superficie de barro contra la erosión de las lluvias. Posterior al curado del relleno se limpian la superficie, a continuación, con una herramienta de absorción se humedece la superficie. Posteriormente se escarifica la superficie con el fin de mejorar el agarre del revoque. Finalmente se aplica el revoque a base de tierra, arena y cal.

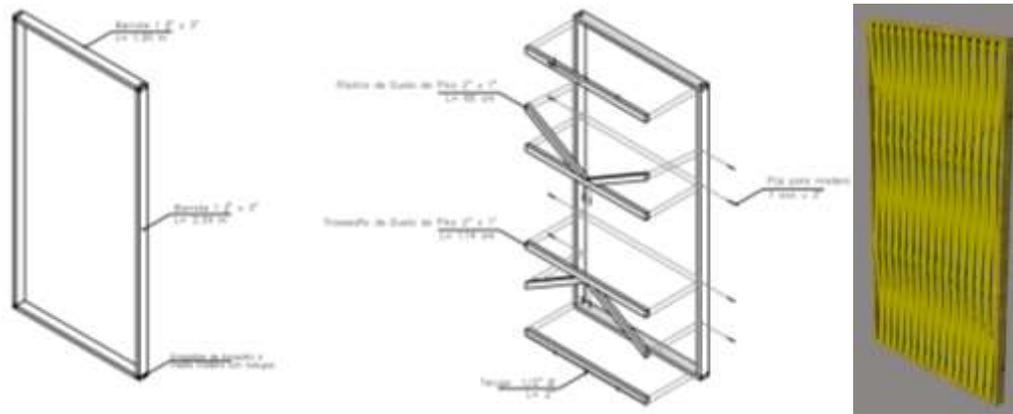


Figura 4. Estructura del panel de Bahareque
Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Ensayos para conocer la composición de la tierra

Para determinar que un suelo es apropiado para su aplicación es necesario conocer su composición. Por tal motivo, es imprescindible realizar ensayos de campo simples, en función de las observaciones y la técnica constructiva aplicada, se obtiene la granulometría de la tierra, la retracción del suelo y la capacidad de trabajo, para posteriormente mejorar sus deficiencias.

Test del vidrio

Este test es fundamentado en la sedimentación diferenciada de los constituyentes de la tierra. Consiste en colocar una porción de tierra, seca y desmenuzada, en un recipiente de vidrio cilíndrico, liso y transparente, hasta cerca de 1/3 de su altura; adicionar agua hasta 2/3 de la altura, agregando un poco de sal, esto ayuda a separar las partículas de arcilla; se tapa el recipiente y agita vigorosamente la mezcla hasta dispersar completamente la tierra en el agua; dejar en reposo por 1 hora, realizar nuevamente la agitación y colocar el recipiente en reposo durante al menos 24 horas, sobre una superficie horizontal. Cada uno de los componentes de la tierra decantan en tiempos diferentes, formando distintas capas que se pueden visualizar.



Figura 5. Prueba de sedimentación, transcurridos 10 min, 1 hora, 24 horas.
Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

De esta prueba, se infiere que la muestra de tierra está compuesta de 0.5 cm. de arcilla, equivalente a 10%, 4.5 cm. de limo, equivalente a 90%. Demostrando que la tierra necesita ser mejorada agregando arena y arcilla para su implementación al panel.

Test de enrollado

Esta prueba relaciona la plasticidad con el tipo de tierra. El procedimiento consiste en tomar una porción de tierra y adicionar agua hasta que, resbalando sobre una superficie lisa y plana, sea posible formar un cilindro del tamaño de un cigarrillo; amasar el cilindro de modo que forme una cinta de 3 a 6 mm. de espesor y del mayor largo posible. Aplicando la prueba se pudo obtener un tipo de cinta corta, ya que fue posible formarla con un largo de 15 cm. con dificultad. Se difiere que la tierra tiene clasificación arcillo-limosa, logrando una plasticidad mediana.



Figura 6. Prueba de enrollado

Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Test de la bola

Esta prueba indica el tipo de tierra en función de su propiedad de cohesión. Consiste en tomar una porción de tierra seca y agregar agua hasta un 25% de humedad; hacer una bola con diámetro de entre 2 y 3 cm.; dejar la bola caer de una altura aproximada de un metro. Evaluando la forma de su esparcimiento, que fue mínimo, se puede identificar que la tierra es arcillosa con un óptimo grado de cohesión.



Figura 7. Prueba de la bola, esparcimiento mínimo.

Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Test de resistencia seca

El test identifica el tipo de tierra en función de su resistencia. Este consiste en moldear la tierra con un 25% de humedad hasta formar una bola con diámetro de entre 2 y 3 cm; dejar secar al sol por dos o más días; tentar aplastar o romper la bola. Su comportamiento se clasifica como resistencia media, ya que es posible reducir los pedazos a polvo con poca resistencia, con ello interpretamos que se trata de tierra arcillo limosa.



Figura 8. Prueba de resistencia

Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Dosificación

Dado que la investigación sigue en curso, se presenta un avance de la dosificación a utilizar en el proyecto. Para establecer la aplicación de este material, se tomó como referencia la investigación del cuerpo académico “Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot para mejoramiento de la tierra en el sistema constructivo de bahareque.”, en la que se realizaron pruebas para mejorar la resistencia de la tierra a la humedad. Las especificaciones de la dosificación son las siguientes: Cal con tierra y bagazo: mezcla de fibra, adición de fibras en peso sobre tierra, desde un 25% al 100%, agua/cal:20%/40%.

Estabilización con fibras de bagazo

Los estabilizantes por fricción sirven para conformar una red a la que se adhieren las partículas del suelo y que controla su desplazamiento, dilatación y retracción durante el fraguado. A la mezcla de cal y tierra activada con agua, se le agregó como estabilizante el bagazo de la caña de azúcar, por su cualidad fibrosa. La adición de esta fibra modificó la textura de los componentes del mortero haciéndolo más áspero, notándose un incremento en la adherencia con la estructura.



Figura 9. Prueba de estabilización de la tierra mediante agregado de fibra de bagazo
Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Conclusiones

Con el objetivo de construir de manera sostenible, se retomaron los conocimientos del sistema constructivo de Bahareque. Lo cual se logró al construir un muro ecológico prefabricado, esto para mejorar el sistema constructivo tradicional y dignificar los materiales que se ocupan en el prototipo.

De los materiales utilizados, la tierra es el principal elemento, pero este material tiene limitantes, en este caso en particular la tierra que en su mayoría es limosa, ésta presenta dificultades para manejarla debido a su baja cantidad de arcilla y abundante limo. Por esta razón, se utiliza como estabilizador el bagazo de caña de azúcar, aprovechando este material de desecho con cualidades fibrosas. Con esto se mejoran las cualidades del muro ecológico.

Como limitante, el bagazo no se puede conseguir fuera de la temporada de producción. Este material se genera durante la zafra, tiempo que dura el proceso mediante el cual se cosecha la caña y se fabrica el azúcar, comprende entre los meses de noviembre y julio.

Referencias

- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). *Bahareque: Guía de construcción parasismica*. CRATerre-EAG. Obtenido de https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/cooperation/es/construccion/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf
- Cortés García, R. (2007). *El bagazo de la caña de azúcar: usos y derivados* (Primera ed.). Xalapa, Ver., México: Universidad Veracruzana. doi:9688347647
- Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2). Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8976>
- López Camarena, M. (2023). Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot para mejoramiento de la tierra en el sistema constructivo de bahareque. *Academia Journals*, 15(6), 110-115. Obtenido de file:///C:/Users/migue/Downloads/2.-Arquitectura%20de%20tierra%20%20Monserrat.pdf
- Martínez Marín, M., & Miralrio Soriano, M. Á. (2023). *Muro ecológico prefabricado: prototipo de panel a base de bahareque mejorada con madera, bambú y mortero estabilizado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Trabajo practico científico, Universidad Veracruzana, UV-CA-469 Sustenta y Aprende.
- Martins Neves, C., Borges Faria, O., Rotondaro, R., Cevallos Salas, P., & Hoffmann, M. (Octubre de 2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra - Prácticas de campo. *PROTERRA*. Obtenido de https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/05/2a_PP-Selecci%C3%B3n-de-suelos_2009.pdf
- Minke, G. (1994). *Manual de construcción en tierra* (Primera ed.). Fin de siglo. Obtenido de https://d1.capsf.ar/wp-content/uploads/sites/3/2021/10/Manual_de_construccion_en_tierra_-_Gernot_Minke_-1.pdf

Muro ecológico prefabricado: Modulación de panel Bahareque aplicado a un proyecto Arquitectónico

Dr. Joel Guzmán González¹, Dr. Francisco Nieves Garnica²,
Dr. Simón Rahme Escobedo³, Miguel Ángel Miralrio Soriano⁴

Resumen—En este artículo, se presentan los resultados de la investigación llevada a cabo por el Cuerpo Académico UV-CA-469 Sustenta y Aprende, en colaboración con estudiantes que cursan experiencia recepcional en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Veracruzana, campus Córdoba, Veracruz. Ésta consiste en describir el proceso de diseño y modulación de un panel propuesto con el sistema constructivo de Bahareque perteneciente a la arquitectura de tierra, mejorando sus cualidades al implementar como agregado fibras de bagazo de la caña de azúcar. Con el propósito de integrarlo al proyecto de un habitáculo adaptado a este panel, teniendo la finalidad de ser progresivo, ligero, económico, fácil de construir y sostenible, con la ventaja de no requerir mano de obra y herramientas especializadas.

Palabras clave—Panel ecológico, bahareque, modulación, diseño, habitáculo.

Introducción

El trabajo muestra la construcción de un panel ecológico prefabricado hecho con base al sistema constructivo de bahareque, además de la propuesta de modulación de un habitáculo, exponiendo su forma de aplicación. El diseño del habitáculo parte del sistema de modulado japonés “ken”, un módulo rectangular de proporción 2:1. Posterior a la revisión y consulta de bibliografía pertinente, la selección de materiales y la realización de pruebas, se realizó el diseño apropiado del panel de bahareque, abarcando desde su estructura principal (bastidor), hasta la estructura auxiliar (tejido de bambú), y cómo éstas interactúan con el relleno.

Ya que se realizó el diseño del panel, se comenzó con el diseño del habitáculo, modulando en base al ken, el cual generó un módulo cuadrado de 3.60m. x 3.60m., obteniendo un espacio confortable para el usuario. Debido a la modulación el proyecto tiene la opción de ser adaptado en necesidad de más espacios.

Metodología

Siguiendo la metodología aplicada en el trabajo de experiencia recepcional Muro ecológico prefabricado: Panel prototipo de Bahareque estabilizado con fibras de bagazo de caña de azúcar. Además, la metodología de Kenzo Tange Metabolismo y Metamorfosis.

Modulación

1. Análisis del contexto.
2. Programa funcional.
3. Diagramación espacial.
4. Modulación.
5. Estructura.
6. Materiales.
7. Detalles.

Referencias bibliográficas

López Camarena, M. (2023). Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot para Mejoramiento de la Tierra en el Sistema Constructivo de Bahareque.

Krieger, P. (2005). Kenzo Tange (1913-2005) Metabolismo y metamorfosis.

¹ Dr. Joel Guzmán González, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. joguzman@uv.mx;

² Dr. Francisco Nieves Garnica, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. fnieves@uv.mx

³ El Dr. Simón Rahme Escobedo, Profesor de tiempo completo Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba Ver. srahme@uv.mx

⁴ Miguel Ángel Miralrio Soriano, estudiante de la Facultad de Arquitectura, Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz.

Desarrollo

Al analizar el sistema de modulación japonés “ken”, podemos decir, que la modulación consiste en el diseño de un sistema compuesto por elementos repetitivos separados, similares en tamaño, forma y funcionalidad, estos pueden conectarse entre sí, reemplazarse o agregarse.

Durante la segunda mitad de la Edad Media Japonesa, apareció la unidad de medida denominada *ken*, la cual determina la distancia entre dos pilares o elementos estructurales de madera. El concepto *ken* está relacionado a un sistema modular y estético conocido como *kawari*. Este utiliza el *ken* como dimensión base para los tamaños y posiciones de los componentes de una edificación, volviendo este sistema racional y eficiente, facilitando la construcción.

Se implementó este método para lograr el diseño y construcción del panel ecológico prefabricado, implementándolo en un módulo que esté en proporción (largo, alto y ancho), armonía, simetría y estética. Con el fin de diseñar un habitáculo, estético en proporción, que sea de bajo costo, de rápida construcción, implementando materiales alternativos y sustentables, con la ventaja de ser adaptable a las necesidades del habitante al permitir poder anexar más espacios.

Diseño y modulación del panel

Después de haber investigado y consultado distintas fuentes bibliográficas, se desarrolló el diseño del panel, definiendo: materiales para la estructura principal, medidas, detalles del marco tales como métodos de unión y ensambles, diseño de la estructura auxiliar, las medidas y el acomodo de las rejillas de bambú, las características del material de relleno, proporciones de tierra y agregados como el bagazo de caña de azúcar, tiempo de secado y tipo de recubrimiento.

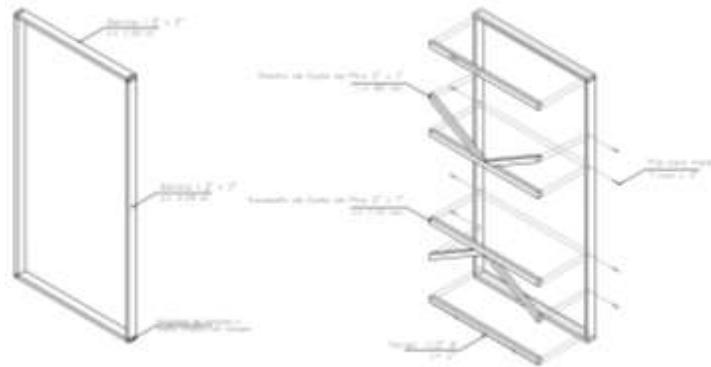


Ilustración 1. Estructura del marco

Nota: Elaborado por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Modulación a través del Ken

Para llegar a al módulo de 3.60 m. x 3.60 m. se aplicó el método del *ken*, una proporción de 2:1. Logrando el acomodo de cuatro elementos; generando un espacio proporcionado en relación con el tamaño del panel. Como resultado, se obtiene un módulo ideal para replicar y distribuir.

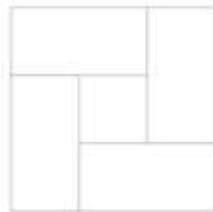


Ilustración 2. Diseño del módulo principal

Nota: Elaborada por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Modulación y diseño del habitáculo

Para modular el habitáculo, se optó por seguir la metodología de Kenzo Tange, la cual se basa en el ken, para dar la proporción y el orden, generando espacios que a la vista sean estéticos, ordenados y que al ser construidos y/o ensamblados, sean de mayor rapidez y facilidad. La idea es que, al ser un habitáculo modulado los habitantes puedan incorporar nuevos espacios a través de la adición de un nuevo módulo hecho con el panel ecológico.

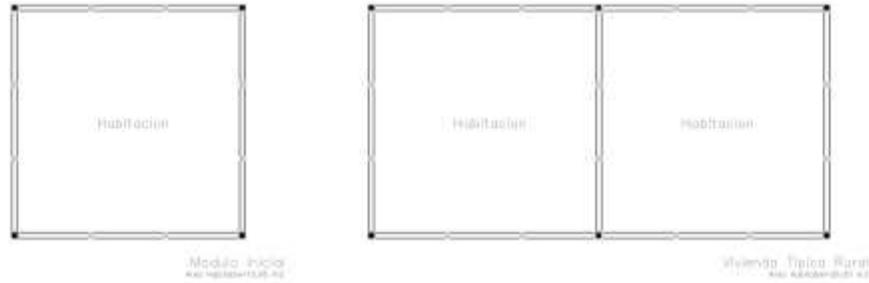


Ilustración 3. Planta de espacios modulados 1-2
Nota: Elaborada por Miguel Ángel Miralrio Soriano

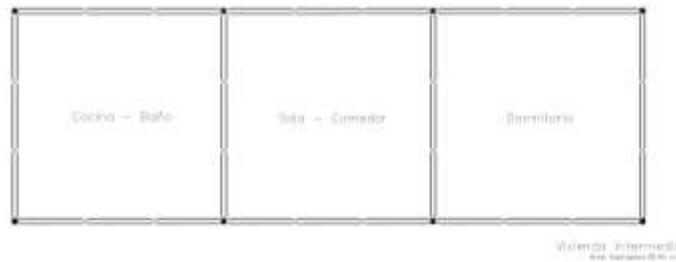


Ilustración 4. Planta de espacios modulados 3
Nota: Elaborada por Miguel Ángel Miralrio Soriano

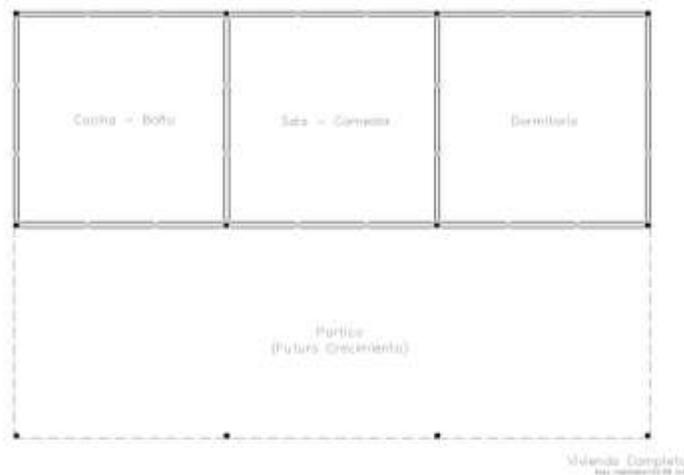


Ilustración 5. Planta de espacios modulados 4
Nota: Elaborada por Miguel Ángel Miralrio Soriano

Trazado y replanteo

Para realizar el inicio de la construcción de un habitáculo, la primera actividad consiste en trasladar el diseño realizado sobre el papel al terreno. El trazado correcto es de suma importancia porque de ello depende el éxito de las siguientes etapas de la construcción. Ya una vez preparado el terreno, limpio y nivelado. Se procede a definir lo que se conoce como líneas “maestras” o de referencias.

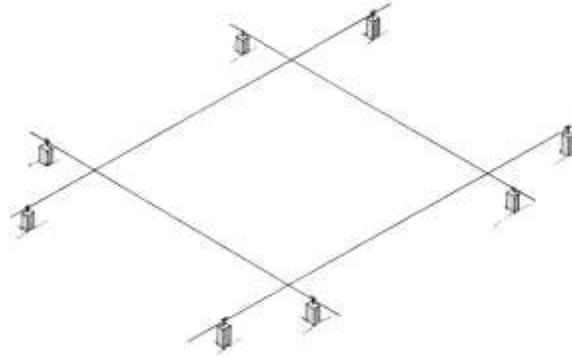


Ilustración 6. Instalación de estacas y vallas

Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica

Cimentaciones y desplante

Como sabemos, el trabajo principal de las cimentaciones es la de transmitir las cargas de la construcción al suelo. El peso de la estructura debe estar sobre el terreno que debe ser un suelo estable para no tener problemas de asentamiento lo cual se derive en problemas de agrietamiento. Sobre el cemento se colocará una hilada de block la cual servirá de soporte de los paneles y a su vez, de contención para el firme.

De igual manera se le colocarán clavos de 3” pulgadas a los polines de madera en la parte inferior, para darle adherencia al concreto donde se hundirán, estos se unirán a manera de “camotes” para que trabajen independientemente de la cimentación del desplante de los blocks.

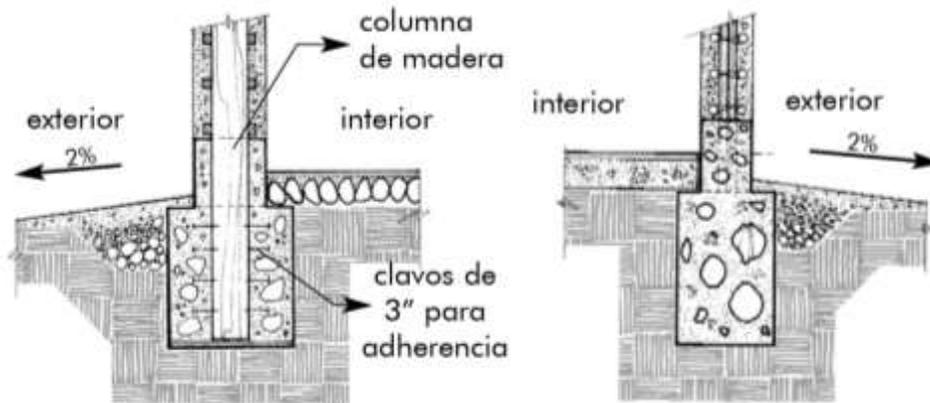


Ilustración 7. Cimentación, columna empotrada en cemento y cimentación de concreto ciclópeo para desplante.

Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

Estructura

El panel ecológico prefabricado a base de bahareque es un bastidor de madera, entretejido con bambú de manera que permite su auto fijación mediante tensión y presión. Los paneles después de ser colocados sobre el desplante de block constituyen los muros, los cuales serán revocados con el mortero de tierra y el bagazo de caña de azúcar, en una primera capa y luego un recubrimiento o acabado final.

Estos son fijados entre sí ya sea con clavos o con pijas a una estructura de polines de madera de 3" x 3" que permite realizar un mejor ensamble. Dichos polines están anclados al suelo, esto permite desplazar las cargas, por lo tanto, los paneles no están sometidos a una carga excesiva que comprometa su estabilidad y resistencia.

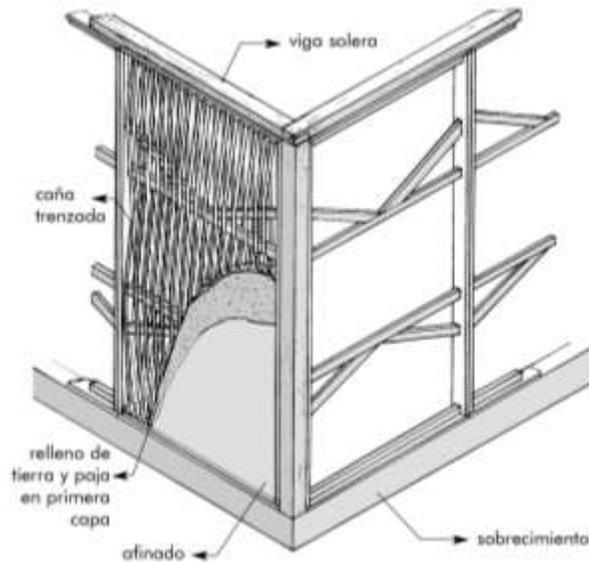


Ilustración 8. Detalle del muro con panel prefabricado.

Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

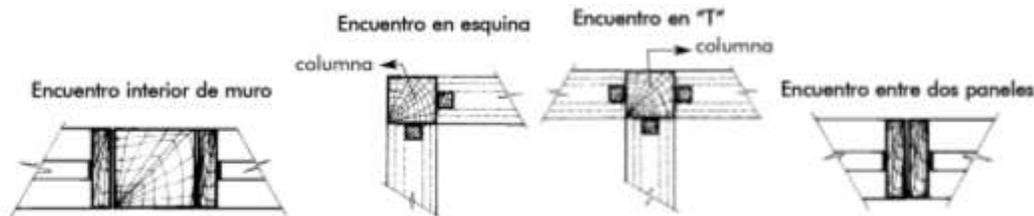


Ilustración 9. Detalles de encuentros del panel prefabricado.

Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

Cubierta

Para el sistema constructivo de bahareque se recomienda utilizar techos o cubierta ligeras que repartan su carga de manera homogénea sobre los muros. Además, es necesario considerar los aleros, ya que estos son parte fundamental de la protección del muro, estos no deben ser menores de 50 cm. ni mayores de 1 m. Las planchas onduladas, (zinc) son fáciles de colocar y además son económicas, su desventaja es que permite el paso del calor y el ruido.



Ilustración 10. Detalles de traslape de cubierta de lámina.

Fuente: Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción parasísmica.

Conclusiones

El objetivo de este proyecto es construir de manera sostenible, gracias a la investigación realizada se retomaron los conocimientos del sistema constructivo de Bahareque. Esto permitió diseñar un muro ecológico prefabricado, siendo ligero, económico y fácil de construir, haciendo de este elemento, el eje principal para el diseño de un habitáculo, creando un espacio funcional y práctico. Gracias al diseño modulado, este proyecto tiene la cualidad de ser adaptado en necesidad de más espacios.

Como limitante podemos mencionar que la construcción del modelo de habitáculo no fue posible debido a cuestiones de espacio, tiempo y recurso económico como de personal para realizarlo. Dejando este proyecto como “abierto” para futuros investigadores que estén interesados en este tema, aclarando que el diseño está sujeto a modificaciones, consciente de que el proyecto siempre puede ser mejorado.

Bibliografía

- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). *Bahareque: Guía de construcción parasísmica*. CRATerre-EAG. Obtenido de https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/cooperation/es/construccion/guia-de-construccion-bahareque-parasismica.pdf
- Krieger, P. (2005). Kenzo Tange (1913-2005) Metabolismo y metamorfosis. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 227-241. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/aiie/v27n87/v27n87a10.pdf>
- López Camarena, M. (2023). Arquitectura de Tierra: Descripción de la Aplicación Metodológica de Gernot para Mejoramiento de la Tierra en el Sistema Constructivo de Bahareque. *Academia Journals*, 15(6), 110-115. Obtenido de file:///C:/Users/migue/Downloads/2.-Arquitectura%20de%20tierra%20%20Monserrat.pdf
- Martínez Marín, M., & Miralrio Soriano, M. Á. (2023). *Muro ecológico prefabricado: prototipo de panel a base de bahareque mejorada con madera, bambú y mortero estabilizado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Trabajo practico científico, Universidad Veracruzana, UV-CA-469 Sustenta y Aprende.
- Minke, G. (1994). *Manual de construcción en tierra* (Primera ed.). Fin de Siglo. Obtenido de https://d1.capsf.ar/wp-content/uploads/sites/3/2021/10/Manual_de_construccion_en_tierra_-_Gernot_Minke_-1.pdf

Disminución de la Distorsión e Incremento en la Penetración en Uniones de Acero AISI 1018

Edwin Omar López Ortiz¹, Gladys Yerania Pérez Medina²

Resumen— La soldadura GMAW es de los procesos más utilizados en la industria automotriz por su versatilidad y en esta investigación se usó para unir aceros de baja aleación cuya aplicación es en ejes automotrices. Estos ejes están compuestos de dos fundas de acero en los cuales se tienen porcentajes de penetración de la soldadura inferiores al 60% y presentan un grado de distorsión, el cual es indeseable en el ensamble final. Utilizando un acero AISI 1018 como material base, se llevaron a cabo diferentes pruebas en placas rectangulares en unión a tope, usando el proceso GMAW robótico con el fin de incrementar el porcentaje de penetración y disminuir el grado de distorsión. Para medir la distorsión se utilizó un escáner, la penetración se observa por medio de macroataque. A través de experimentación se encontraron las mejores variables para incrementar la penetración y disminuir el grado de distorsión.

Palabras clave—soldadura,GMAW,acero,penetración,distorsión

Introducción

La soldadura es un proceso que facilita las actividades en la industria, utilizado en el ensamblaje y la manufactura. Debido a la constante innovación, los requisitos son más exigentes en los nuevos productos. La distorsión y sus diferentes tipos son fenómenos que ocurren al elevarse la temperatura; en una zona del material, se genera expansión y contracción de manera no uniforme. El objetivo es reducir la distorsión e incrementar la penetración en uniones de acero 1018. Al modificar las variables de velocidad de avance y voltaje del proceso, se logrará aumentar la penetración en uniones de acero 1018 mediante el proceso GMAW robótico en valores superiores al 70%. Además, el uso del escáner Handy Scan proporcionará la información necesaria sobre la distorsión generada en el material, al realizar un análisis dimensional y crear una nube de puntos que formarán una malla. Cuando no se utiliza un medio de sujeción en alguna parte de la pieza, tiende a haber una mayor distorsión. En el caso de las propiedades mecánicas de los componentes soldados, es clave predecir y disminuir la distorsión durante los procesos de soldadura. Además, la distorsión puede ocasionar un incremento en el costo de producción, así como posibles retrabajos en las piezas. Para minimizar los impactos de la distorsión, es necesario tener en cuenta ciertos parámetros y condiciones durante el proceso de fabricación.

En las juntas a tope la distorsión angular es la que se presenta en mayor frecuencia y el problema más grande en este tipo de unión.

La penetración por lo tanto en esta investigación es una variable respuesta que determina la calidad de la soldadura en uniones a tope

Metodología

Procedimiento

El material base utilizado es un acero AISI 1018 cuya composición química se encuentra en la Tabla 1: C: 0.15%, Si: 0.27%, Mn: 0.86%, Cr: 0.18%, Mo: 0.04%, Ni: 0.15%, Al: 0.01%, y Cu: 0.28%. Los parámetros de voltaje, velocidad de avance y velocidad de alimentación usados en esta investigación se describen en la Tabla 2. Las probetas tienen las siguientes dimensiones: 200 mm de largo, 150 mm de ancho y 16 mm de espesor, como se muestra en la Figura 1. Además, cuentan con un ángulo de bisel de 40 grados y una profundidad de bisel de 10 mm (ver Figura 2). El aporte es un ER60-6, acorde al material base utilizado. La mezcla de gases utilizada para la soldadura consiste en un 80% de argón y un 20% de CO₂. La Figura 3 muestra el equipo de soldadura empleado de la marca Lincoln 500 con un robot Kuka, este equipo es capaz de soldar en todas las posiciones y materiales, desde aceros al carbono, aceros inoxidables y aluminio, entre otros. Un sistema de sujeción de 4 puntos con el fin de reducir la distorsión y evitar el movimiento de la pieza al momento de ser soldada se presenta en la Figura 4. Para el escaneo, se empleó un escáner Handy Scan Black junto con el software VX Elements cuyo equipo se presenta en la Figura 5. Este procedimiento genera una nube de puntos mediante el uso de targets magnéticos colocados en las piezas. El láser registra la información, que posteriormente se transforma en una digitalización tridimensional en el software.

¹ Edwin Omar López Ortiz es estudiante de Maestría en COMIMSA, Saltillo, Coahuila. edwin.lopez@alumnos-comimsa.mx

² Dra Gladys Yerania Pérez Medina es Profesor Investigador en COMIMSA, Saltillo, Coahuila USA gladys.perez@comimsa.com

%	C	Mn	Si	P	S
Composición	0.15-0.20	0.60-0.90	0.15-0.30	0.04 max	0.05 max

Cuadro 1 Composición química acero AISI 1018

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Voltaje	30	25	28	27	28	27	28	29
Velocidad de aporte(in/min)	320	450	450	400	450	420	450	420
Velocidad de avance (cm/min)	0.3	0.22	0.22	0.22	0.22	0.2	0.2	0.2
Calor de entrada (Joules)	22500	31500	36196	30927	36425	35478	39060	37975

Cuadro 2 Parámetros utilizados

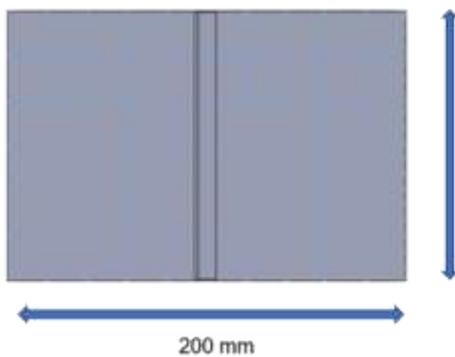


Figura 1 Dimensiones de las probetas

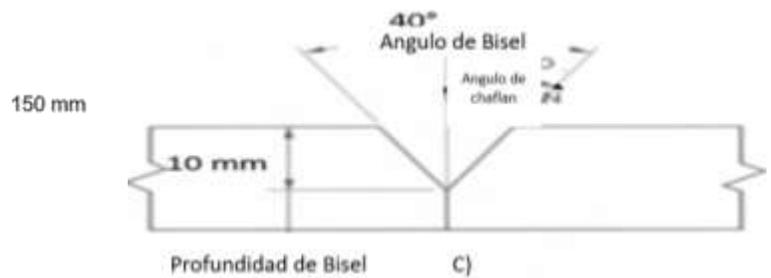


Figura 2 Especificaciones de la junta



Figura 3 Lincoln 500 Robot Kuka



Figura 4 Clampeo de 4 puntos

Después de obtener los escaneos de la pieza punteada y llevar a cabo la soldadura, se alinean en el software Geomagic. La función de este software es mostrar las diferencias dimensionales entre los dos escaneos; en este caso, la pieza punteada antes de soldar, que sirve como referencia, y la pieza después de aplicar la soldadura.



Figura 5 Escáner Handy Scan

En relación con la caracterización metalográfica, se llevó a cabo el corte mediante un equipo STRUERSS Discotom-10, el montaje se realizó con un STRUERSS Citopress-20, y el desbaste se efectuó utilizando lijas de granulometría 80-800. Se aplicó un reactivo químico Nital al 2% para el proceso. La observación con microscopía se efectuó utilizando un microscopio óptico Nikon Eclipse MA200, y para una visualización más detallada, se utilizó un estereoscopio Nikon SMZ 745T.

Resultados

Se realizaron 8 probetas, las cuales se presentan en la Figura 6. La Prueba 1 presenta porosidad debido a las variables utilizadas, con un voltaje alto; en general, el resto de las pruebas tienen una buena apariencia superficial, de acuerdo con la inspección visual solo presentando un cráter en la salida de la antorcha debido a la falta de permanencia. La Figura 7 muestra los macroataques. En la Prueba 1, se observa una zona afectada por el calor no tan significativa, y la zona de fusión presenta porosidad, debido a los parámetros, una velocidad muy alta acompañada de baja velocidad de alimentación. La penetración es de tan solo el 61.56%.

En la Prueba 2, los resultados no fueron satisfactorios debido a la gran porosidad generada, añadiendo oscilación al proceso. La Prueba 3 también arrojó resultados insatisfactorios, con gran porosidad generada y oscilación añadida. En la Prueba 4, el voltaje incrementó respecto a la primera prueba y, debido a ese aumento y la disminución de la velocidad, aumenta el tamaño de la zona afectada por el calor (ZAC), con un tamaño de 3.3 y 4 mm, y la penetración es del 63%.

En la Prueba 5, con un voltaje más alto, se incrementa un poco la zona ZAC, pero la soldadura tiene una buena apariencia. El tamaño de la zona ZAC es de 4.78 y 4.9 mm, y la penetración incrementa debido a la velocidad de avance menor, alcanzando un 74.62%. En la Prueba 6, el voltaje es menor respecto a la prueba anterior, y la velocidad de avance también es menor. La penetración es menor debido a la menor velocidad de alimentación. La zona ZAC disminuyó un poco con una longitud de 4.34 mm y 4.75 mm. El cordón tiene una apariencia visual buena de acuerdo con la inspección visual, solo muestra 2 poros en el refuerzo de la soldadura y es un área que se descarta por estar al final del cordón, en donde el valor de los diámetros no es significativo y la penetración es del 59.93%.

En la Prueba 7, la soldadura tiene buena apariencia y no presenta defectos. La zona ZAC tiene una longitud de 4.2 y 4.97 mm. La penetración mejora debido a la disminución de la velocidad de avance e incremento de velocidad de alimentación y el ligero aumento del voltaje, llegando a un 65.43%. En la Prueba 8, el cordón tiene buena apariencia, sin defectos, y la zona ZAC se mantiene cercana a los valores anteriores de longitud de 4.47 y 4.61 mm. El incremento del voltaje ayudó en el aumento de la penetración, que se encuentra en un 78.68%.



Figura 6 Probetas soldadas

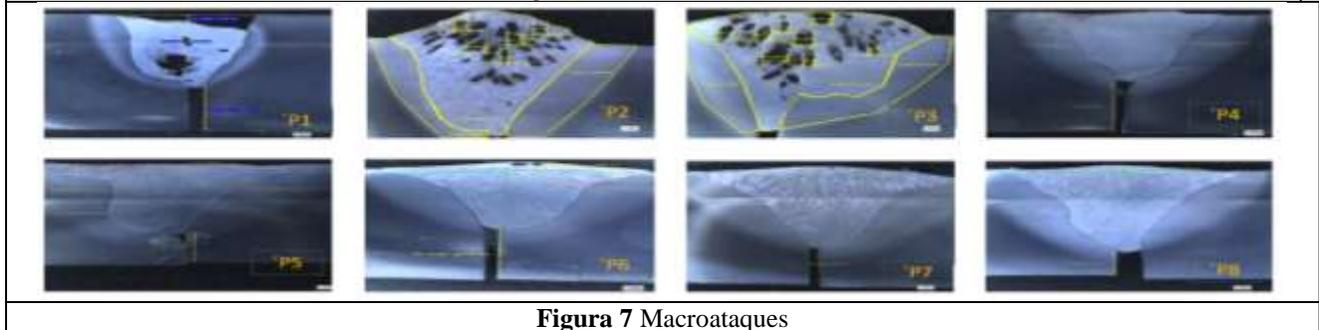


Figura 7 Macroataques

La Figura 8 presenta, de acuerdo a los parámetros de voltaje y velocidad de avance de soldadura utilizados, las microestructuras obtenidas de la soldadura número 8 en la zona afectada por el calor y en la zona de fusión. Principalmente, se observan contenidos de perlita en la zona oscura y Ferrita Acicular con algunas áreas de Ferrita Widmanstatten y Ferrita Aliotromórfica.

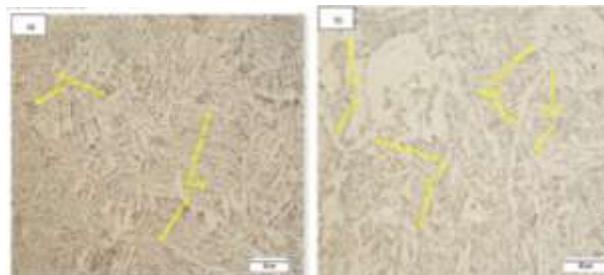


Figura 8. a) Zona ZAC 50x Perlita (P) y ferrita acicular (F A.C) b) Zona de fusión 50x Perlita (P) Y ferrita acicular (F.Ac) , ferrita widmanstatten (FW) y ferrita aliotromorfica (F.A)

Análisis

El clampeo contribuye a reducir el grado de distorsión, como se aprecia en la Figura 9 en el eje "X" de la unión 8 en donde los valores -0.05 mm, 0.05 mm y 0 mm se encuentran dentro de tolerancia ya que el valor máximo y mínimo es de 0.1 mm, -0.1 mm.

A la distancia de 25 mm, se produce un cambio dimensional significativo de 0.2 mm acorde a las tolerancias de la pieza fuera de especificación, y se señala la zona de la probeta donde se localiza este cambio con un recuadro rojo. La Figura 10 del eje "Y" indica que la distorsión en ese eje no fue significativa ya que los valores se encuentran dentro de la tolerancia con un valor mínimo de -0.07 mm. El eje "Z" corresponde a la dirección del espesor de la placa, el cual experimentó una mayor distorsión a 12 mm de distancia en donde el valor fue de -0.15 mm y los valores que se encuentran a las distancias de 4 y 8 mm se encuentran dentro de las especificaciones. Este resultado era más esperado debido a su cercanía con los límites del material base, como se muestra en la Figura 11.

La Figura 12 muestra el análisis con el software Geomagic, en el cual, en la superposición de escaneos la mayor parte de la pieza se encuentra dentro de las tolerancias de ± 0.1 mm (zona verde), como se espera. Cerca del cordón de soldadura, debido al efecto del calor, es donde hay un mayor cambio de dimensiones.

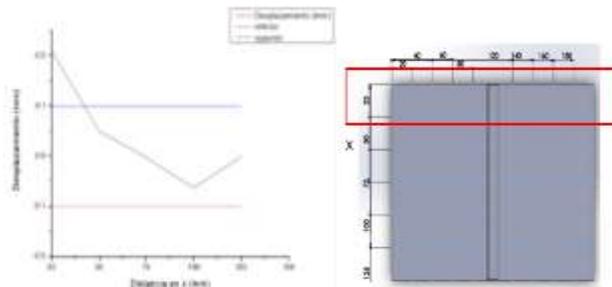


Figura 9. Distorsión eje x de la probeta

Conclusiones

La probeta 8 con las variables de 29 Volts, 420 in/min de alimentación y una velocidad de avance de la soldadura de 0.20 m/min es la que presenta mejores resultados respecto a penetración con un 78%, casi alcanzando el 80%, esto debido al incremento de voltaje y la disminución de la velocidad de avance. La distorsión se presenta en pocas zonas de la probeta esto quiere decir que es un resultado favorable, por lo tanto indica que el sistema de sujeción ó clampeo y los parámetros utilizados son idóneos como se aprecia en el eje “X” ver Figura 9, se distorsiona en mayor porcentaje en los extremos de la placa debido a que es más propenso por su lejanía con el sistema de sujeción, el eje “Y” como se muestra en la Figura 10 se encuentra dentro de las tolerancias indicadas y el eje “Z” en la Figura 11 que es referente a la dirección del espesor a la distancia de 12 mm tiene un valor de -0.15 mm por lo cual el grado de distorsión es mayor además las otras 2 distancias se encuentran dentro de las tolerancias establecidas.

Referencias

- Daniyan, I.A., Mpofu, K., “Investigation of Distortion, Stress and Temperature Distribution during Assembly of the Suspension System of a Rail Car”, Elsevier, p. 1793-1800, 2019
- V.D Kalyankara, Prassan Shahb, “A review on methodologies to reduce welding distortion”, Elsevier, p. 24741-24749
- Myoung Soo Han, Daewoo Shipbuilding y Marine Eng.Co,Ltd, “A study on the simplified scheme for the assessment of the welding-induced buckling sensitivity in thin plate panels”, J of welding and joining, p. 264-268
- Mayank Pandit, Shruti Sood, Prithu Mishra, Pradeep Khanna, “Mathematical analysis of the effect of process parameters on angular distortion of MIG welded stainless steel 202 plates by using the technique of response surface Methodology”, Elsevier, p 1 – 10 2020.
- Shakti Soni, Nakul Aggarwal, “Optimization of Distortion in Welding”, International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering, p 128-133 2015
- S. Mounika1, D.V.N.J. Jagannadha Rao, “Effect of Weld Pass Sequencing On Temperature Distribution and Residual Stresses in Gmaw”, Journal of Thermal Energy Systems, p 23-40 2019
- Ahmet Irfan Yukler, Memduh Kurtulmus, Ezgi Dogan, “Angular Distortion in Butt Arc Welding”, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND APPLICATION, p 138-144 2018
- Rongwei Yu, Yong Huang, Yong Peng, Kehong Wang, “Monitoring of butt weld penetration based on infrared sensing and improved histograms of oriented gradients”, Journal of Material Research and Technology, p 3281-3292 2023

Notas Biográficas

El Ing. Edwin Omar López Ortiz es estudiante de posgrado de COMIMSA-Salttillo, en Saltillo, Coahuila, México. Estudió ingeniería en Materiales con especialidad en proceso de fundición en el Instituto Tecnológico de Saltillo.

La Dra. Gladys Yerania Pérez Medina. es profesor-investigador en COMIMSA y labora en el laboratorio de Toyota en USA. La Dra. tiene diversas publicaciones en aplicaciones para procesos de soldadura

Obtención de Bioetanol a Partir de Cáscara de Plátano por el Proceso de Destilación Simple

Implementación de Mesa de Trabajo en Laboratorio Escolar

Dulce Magdalena Martínez Almendáriz Dra.¹, Dr. Eduardo Javier Cedillo Salazar²,
MI. Jorge Armando de los Santos Rodríguez³

Resumen: En un esfuerzo continuo por promover la investigación y la educación sostenible, se realizó este proyecto que dejara una huella duradera en las futuras generaciones de estudiantes, dicho proyecto tiene dos componentes esenciales que están diseñados para enriquecer la experiencia educativa y fomentar la conciencia sobre el medio ambiente y las tecnologías sostenibles, uno de los aspectos destacados de este proyecto es el diseño e implementación de una mesa de trabajo para obtener bioetanol, lo que permitirá a los estudiantes aprender sobre la producción de bioetanol de una manera práctica y participativa, a través de experimentos controlados y demostraciones en el laboratorio, los estudiantes podrán comprender los principios detrás de la destilación simple y la producción de este biocombustible renovable.

Este enfoque práctico enriquecerá la comprensión teórica y proporcionará a los estudiantes habilidades prácticas relevantes para la industria, ya que al momento de diseñar pruebas de laboratorio podrán interpretar y analizar los resultados de manera estadística y por lo tanto aplicar el conocimiento de manera directa.

Palabras clave—Bioenergía, bioetanol, destilación simple, medio ambiente, biomasa.

Introducción

La relación entre la bioenergía y el bioetanol se establece a través del proceso de destilación simple, que es crucial en la producción de bioetanol, también conocido como etanol o alcohol etílico obtenido a partir de fuentes biológicas. La bioenergía implica el aprovechamiento de la energía almacenada en materiales orgánicos, como plantas o residuos agrícolas, para generar combustibles sostenibles.

En el caso del bioetanol, la bioenergía se utiliza para cultivar y cosechar biomasa rica en azúcares, como caña de azúcar o maíz. Posteriormente, estos materiales se someten a procesos fermentativos mediante microorganismos que convierten los azúcares en alcohol. La destilación simple es una etapa crucial en la purificación del bioetanol, donde se separan los componentes no deseados para obtener un producto más puro y apto para su uso como biocombustible.

En resumen, la bioenergía alimenta el proceso desde la producción de biomasa hasta la obtención de bioetanol, y la destilación simple desempeña un papel esencial en la purificación de este alcohol obtenido de fuentes biológicas para su aplicación como una fuente de energía renovable.

Metodología

El procedimiento a seguir para la fabricación del bioetanol fue el siguiente:

1. Para el primer paso que se llevó a cabo en este proyecto de la obtención del bioetanol, se realizó la obtención de la materia prima siendo esta la cascara de plátano.
2. El siguiente paso que se realizó es la cocción de las cascara de plátano previamente pesada y cortada.
3. En un punto donde el agua este hirviendo se dejó aproximadamente durante unos veinte minutos y al cumplir este lapso de tiempo se apagó la parrilla eléctrica y se retiró la olla de encima para esta pasar a un estado de reposo por

Dulce Magdalena Martínez Almendáriz Dra. Es Profesora de Ingenierías en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila Monclova, Coahuila dulce.martinez@utrcc.edu.mx (autor corresponsal)

¹ El Dr. Eduardo Javier Cedillo Salazar es Profesor de Ingenierías en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila Monclova, Coahuila eduardo.cedillo@utrcc.edu.mx

¹ El MI. Jorge Armando de los Santos Rodríguez Profesora de Ingenierías en la Universidad Tecnológica de la Región Centro de Coahuila Monclova, Coahuila jorge.delossantos@utrcc.edu.mx

cinco minutos, posteriormente la cascará de plátano se pasó a una licuadora para ser licuado y convertirse en una pasta homogénea.

4. La pasta homogénea ya licuada, se pasó a un proceso de fermentado por un lapso de ocho días.

5. Cumplido el tiempo de fermentado, se procedió a colarse para obtener un líquido que contiene agua y alcohol (bioetanol), el cual será nuestro material para empezar la destilación simple, además de obtener también una pasta que no pasa por el colador fino.

6. Al líquido obtenido se le realizó la destilación simple y se tomaron registros de tiempo y concentración de alcohol, ph y temperatura durante el proceso.

7. La pasta que se queda en el colado se utilizará como alimento para gallinas siendo así que nada se desperdiciará y todo será aprovechado en este proyecto.

Lo anterior mencionado se representa en la figura 1.



Figura 1 : Diagrama de Flujo para proceso de obtención de Bioetanol

Además del proceso ya antes mencionado, se procedió a diseñar una mesa de trabajo en el laboratorio de energías renovables de la UTRCC, que permitirá a los estudiantes aprender sobre la producción de bioetanol de una manera práctica y participativa, a través de experimentos controlados y demostraciones en el laboratorio como se muestra en la Figura 2 y 3.



Figura 2: Diseño de mesa de trabajo para la obtención de Bioetanol



Figura 3: Diseño de mesa de trabajo para la obtención de Bioetanol

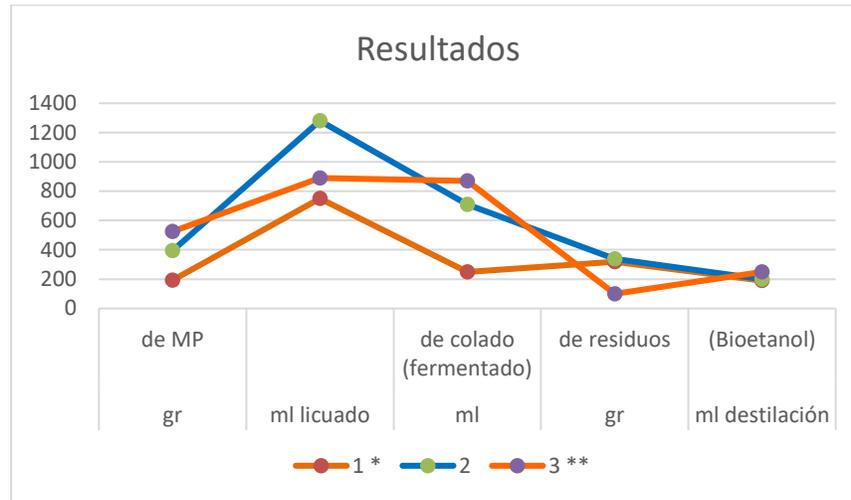
Resultados

Las fórmulas juegan un papel importante en el proceso de producción de bioetanol, un biocombustible ampliamente utilizado derivado de fuentes renovables, para lo cual podemos determinar las fórmulas químicas que nos permite identificar, contar y medir diversos químicos involucrados en el proceso de producción de bioetanol como el agua, la oxidación, fermentación, control de calidad, etc. Esto es necesario para controlar y optimizar el proceso, en el cuadro 1 se muestran los resultados de las pruebas base del proceso de obtención del bioetanol.

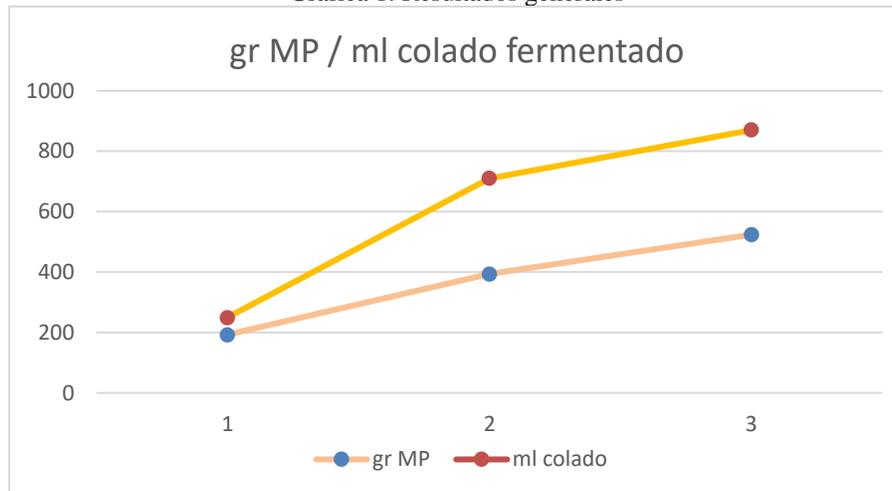
# de Prueba	gr de MP	ml licuado	ml de colado (fermentado)	gr de residuos	ml destilación (Bioetanol)	Temp. °C	ph	Tiempo De	Observaciones
1 * no se coló adecuadamente	193	750	250	318	190	80	7	16 días	La mezcla se tornó acida y no se pudo realizar la destilación
2	394	1,280	870	337	200	88	4	8 días y 4 hrs con 25 min.	Olor a alcohol muy fuerte, pero poca reacción inflamable.
3 ** se agregó una cucharada de levadura	524	890	710	100	250	70	4	8 días y 3 hrs con 18 min	Olor menos fuerte y mayor reacción inflamable.

Cuadro 1. Resultados de las pruebas base del proceso de obtención del bioetanol

Análisis Estadístico



Grafica 1. Resultados generales



Grafica 2. Relación de gr de MP vs ml de líquido colado después del fermentado

Conclusiones

1. Se logró diseñar e implementar una mesa de trabajo, para el proceso de obtención de bioetanol.
2. En la prueba 3 se obtuvo 250 ml de Bioetanol al 20 % en primera destilación, a partir de 524 gr de cascara de plátano.
3. Se tiene área de oportunidad en el proceso, controlando el tiempo de fermentado, la temperatura y el ph.
4. Se encontró que se puede realizar una segunda destilación para separar el agua del alcohol de plátano
5. Se realizó un informe detallado con cada paso a realizar para la obtención del Bioetanol, para uso de los estudiantes de la carrera de Energías Renovables.

Referencias

- 1.- Repsol. (s/f). Bioetanol. Repsol Energía del Futuro. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/bioetanol/index.cshtml>
- 2.- FAO. (s/f). Bioetanol: una guía para productores y consumidores. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/ar589s/ar589s.pdf>
- 3.- Universidad Autónoma de Querétaro. (s/f). Bioetanol. <https://quimica.uaq.mx/index.php/extension/bioetanol>

- 4.- Bioplatanolblog. (2016). Bioplatanol_2-1_esme_ana. WordPress. https://bioplatanolblog.files.wordpress.com/2016/04/bioplatanol_2-1_esme_ana.pdf
- 5.- Udep. (s/f). Bioetanol como fuente de energía. Repositorio Institucional PIRHUA. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3305/ING_592.pdf?sequence=1

Sistema de Visión para la Detección de la Posición de Pines de una Bocina Automotriz

Erik Joan Moya Antuna¹, Dr. Luis Carlos Méndez González²,
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón³, MC. Abel Eduardo Quezada Carreón⁴

Resumen— Se diseñó un sistema de visión, capaz de detectar y verificar, la posición de los pines que ensamblan una parte de la bocina automotriz. Este sistema ofrece una solución automatizada y precisa para una tarea que anteriormente se realizaba manualmente, presentando ventajas significativas en términos de eficiencia y precisión. A través de la implementación de tecnología de visión artificial y algoritmos de procesamiento de imágenes, el sistema es capaz de identificar con exactitud la posición de los pines y verificar su correcto ensamblaje. Este enfoque no solo mejora la calidad del producto final, sino que también reduce los costos y el tiempo de producción. La ponencia explora en detalle el diseño, funcionamiento y aplicaciones prácticas de este sistema de visión, destacando su relevancia y potencial en la industria automotriz.

Palabras clave—visión, posición, diseño, detección.

Introducción

En los últimos años, una de las direcciones que ha intentado proponer soluciones para superar la situación planteada es la visión por computadora. Esta disciplina de la ingeniería mecatrónica emplea una computadora para, a través de la Cámara o dispositivo que realice la función de sensor de imagen recibe información relevante de varios objetos en el mundo físicamente. La detección automatizada de los defectos se ha convertido en un área de investigación prometedora, con un impacto muy alto y directo en el dominio de aplicación de la inspección visual (Gómez et al., 2020).

La inspección visual automatizada puede ayudar a mantener la calidad del producto, al encontrar las limitaciones de tiempo en la inspección visual automatizada en unidades de producción en masa de alta velocidad, empleando diferentes técnicas en la configuración de un sistema de visión para lograr altas tasas de inspección los sistemas de visión por computadora pueden ayudar a lograr una mayor eficiencia y flexibilidad en la fabricación. Al realizar un desarrollo de un algoritmo de visión artificial para detectar y contar objetos en una línea de producción, mediante una cámara para adquirir datos y procesar estos datos para desarrollar el algoritmo, pueden ajustarse dinámicamente para satisfacer la demanda del mercado, optimizando así la eficiencia operativa y minimizando los tiempos de inactividad.

El reconocimiento de patrones en la visión artificial se enfoca en el desarrollo de algoritmos y técnicas para identificar patrones en imágenes y videos. Algunas de las tareas más comunes en este campo incluyen la detección de objetos, la segmentación de imágenes, el seguimiento de objetos y el reconocimiento de acciones humanas (Fernández et al., 2022).

La visión por computadora está desempeñando un papel cada vez más importante en la transformación digital de la industria y la sociedad en general. A medida que la tecnología continúa evolucionando y los algoritmos se vuelven más sofisticados, es probable ver aún más avances en el campo de la visión por computadora y su aplicación en una amplia gama de sectores y escenarios prácticos.

Metodología

Actualmente, en las empresas dedicadas a la fabricación de bocinas automotrices, se enfrentan a desafíos similares en cuanto a la garantía de calidad y la eficiencia de las pruebas realizadas. Actualmente, las pruebas de posición de pines en las bocinas se llevan a cabo de manera manual, lo que puede resultar en errores y variabilidad en los resultados.

Estos errores pueden afectar la calidad del producto final y, en última instancia, la satisfacción del cliente. Para abordar estos desafíos, se tomó la decisión del desarrollo de un sistema de visión automatizado para que detecte

¹ Erik Joan Moya Antuna alumno de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. al219467@alumnos.uacj.mx

² Dr. Luis Carlos Méndez González es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. luis.mendez@uacj.mx

³ Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón es profesor investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Luis.picon@uacj.mx

⁴ Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín, es profesor investigador del departamento de ingeniería eléctrica y computación en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. ivan.perez@uacj.mx

de la posición de los pines en la bocina automotriz. Este sistema estaría diseñado para realizar pruebas de manera rápida y precisa, eliminando la necesidad de intervención manual y reduciendo la posibilidad de errores humanos.

Para ello, primeramente, se realizó una investigación para seleccionar marca y modelo de la Cámara a utilizar en el sistema de visión, se identificaron los criterios clave de selección, como la resolución de la cámara, la velocidad de adquisición de imágenes, la sensibilidad a la luz, la capacidad de procesamiento integrado y la compatibilidad con los algoritmos de visión necesarios para detectar los pines con precisión. Según los estudios de la evaluación de las características técnicas de las cámaras, como la resolución, la velocidad de adquisición de imágenes y la precisión de detección, es esencial para garantizar el éxito de la implementación del sistema automatizado (García, A., & Martínez, E. (2019)).

Luego, se evaluaron las opciones disponibles en el mercado, centrándonos especialmente en los productos ofrecidos por Cognex, una reconocida empresa en el campo de la visión artificial. Se examinaron las diferentes series de cámaras que ofrecen, durante este proceso de evaluación, se realizaron pruebas prácticas utilizando muestras representativas de los pines que se deben detectar. Esto permitió evaluar la calidad de imagen, la capacidad de procesamiento de la cámara y la precisión de detección en condiciones reales.

Además, se consideró la facilidad de integración de la cámara en la línea de producción existente, incluyendo aspectos como la compatibilidad de interfaces, el tamaño físico de la cámara y la disponibilidad de herramientas de desarrollo de software. Finalmente se optó por el modelo de cámara *INSIGHT 2800* basado en el equilibrio entre el rendimiento de la cámara, la adecuada para nuestra aplicación específica y el costo. Ver Figura 1.



Figura 1. Modelo de Cámara seleccionada.

Una vez que se obtuvo la cámara para el sistema de visión, se prosiguió a la realización del armado del equipo para la instalación en la estación de remachado en la línea de producción con todos los elementos fundamentales para su funcionamiento, tales como cables y accesorios para poder encontrar la mejor ubicación y hacer la colocación de la cámara donde sea lo mejor visible los pines de la bocina sin obstruir en el proceso. Como se puede observar en la Figura 2 y 3.

Asimismo, se verificó el equipo, donde se prosiguió a la calibración y entrenamiento del sistema de visión y poder realizar pruebas en tiempo real, para así poder detectar los errores que existían y realizar las modificaciones necesarias que se fueran requiriendo para su óptimo funcionamiento.



Figura 2. Cámara montada en estación de remachado.

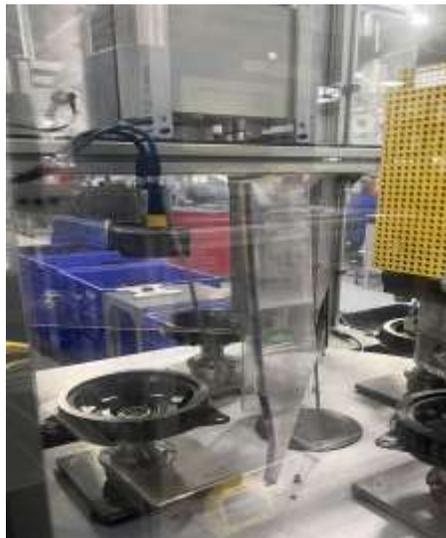


Figura 3. Cámara montada en estación de remachado.

Resultados

El sistema de visión desarrollado ha demostrado ser eficiente en la detección precisa de la posición de los pines en una bocina automatizada. Durante las pruebas realizadas, se logró una alta tasa de éxito en la identificación de los pines, con un margen de error mínimo. La implementación de un algoritmo sólido y el uso de software especializado como Cognex VisionPro permitieron un procesamiento rápido y preciso de las imágenes capturadas. Esta elección garantizó una respuesta ágil del sistema, aspecto crucial en entornos industriales donde la velocidad es un factor crítico.

Además, la interfaz gráfica proporcionada facilitó la configuración del sistema y la interpretación de los resultados. Los usuarios pudieron realizar ajustes en tiempo real y visualizar de manera clara y comprensible la información recopilada durante las pruebas, lo que nos permitió tomar decisiones informadas para mejorar el proceso de producción., gracias a las funciones de hoja de cálculo integradas en el software. Ver figura 4 y 5.



Figura 4. Detección correcta de los pines en la interfaz.

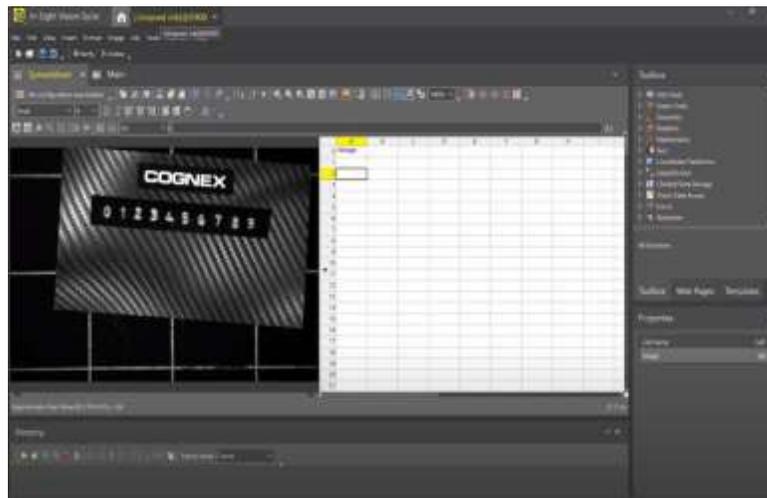


Figura 5. Interfaz gráfica hoja de cálculo *spreadsheet*.

Con la implementación del sistema de visión, se experimentó una transformación notable en el proceso de producción. La precisión y la consistencia en la detección de la posición de los pines han mejorado significativamente, lo que se traduce en una reducción de bocinas defectuosas y un aumento en la confiabilidad. Esto no solo permite cumplir con los estándares de calidad más exigentes, sino que también optimiza los tiempos de producción al minimizar los retrabajos y desperdicios.

Además, el proyecto del sistema de visión presenta un grado considerable de innovación. A diferencia de los métodos manuales utilizados previamente, este sistema proporciona una solución tecnológica avanzada que combina algoritmos sólidos y software especializado para lograr resultados precisos y consistentes. A pesar de su sofisticación, el sistema ha sido diseñado para ser relativamente fácil de usar, lo que garantiza un rápido aprendizaje y una integración fluida en el entorno laboral.

En un mercado donde la competencia es feroz y la calidad es un factor determinante, contar con un sistema de visión que permita realizar pruebas de manera eficiente y confiable es crucial para mantener nuestra posición competitiva (Smith & Johnson, 2022). Aunque la inversión inicial pueda parecer significativa, los beneficios a largo plazo en términos de calidad del producto, eficiencia operativa y satisfacción del cliente hacen que este proyecto sea una inversión valiosa para el futuro de nuestra compañía.

Conclusiones

Al finalizar la implementación del sistema de visión para aplicaciones automotrices, se confirma que este proyecto marca un gran avance para la compañía. Este sistema no solo cumple con lo que se necesita, sino que también hace que el proceso de fabricación sea mucho mejor. Con el sistema, ahora se puede detectar la posición de los pines en las bocinas de manera precisa y eficiente, lo que mejora la calidad y la eficiencia de la producción.

Desde el principio, se aseguro de seguir cada paso del plan cuidadosamente. Esto ayudó a implementar el sistema de manera rápida y sin problemas, asegurando de cumplir con los plazos establecidos. Además, estar al tanto del proyecto permitió identificar oportunidades para hacer mejoras y ajustes en el camino, lo que ha contribuido al éxito general del proyecto.

Pero esto no es el final del camino, es solo el principio. Se seguirán buscando formas de hacer que el sistema sea aún mejor y más útil en diferentes áreas de la compañía. Esto significa explorar nuevas tecnologías y evaluar cómo poder mejorar lo que ya se tiene, sin gastar más de la cuenta. En resumen, el proyecto del sistema de visión para detectar la posición de los pines en las bocinas automotrices ha sido un éxito. Se seguirá trabajando para mejorar el sistema y garantizar que continúe beneficiando sus operaciones en el futuro.

Referencias

Gómez, A., et al. (2020). "Detección automatizada de defectos en inspección visual: un enfoque prometedor." *Revista de Ingeniería Mecatrónica*, 15(2), 45-58.

Fernández, L., et al. (2022). "Avances recientes en técnicas de reconocimiento de patrones en visión artificial." *International Journal of Computer Vision*, 30(2), 205-218.

García, A., & Martínez, E. (2019). Selection Criteria for Industrial Vision Systems: Insights from the Automotive Sector. *International Conference on Industrial Automation*, 112-124.

Smith, J., & Johnson, R. (2022). The Importance of Vision Systems in Automotive Manufacturing: A Case Study. *Journal of Manufacturing Technology*, 35(3), 112-124.

Análisis Ergonómico sobre Desórdenes por Trauma Acumulativos (DTA), de Trabajadores en una Empresa de Recubrimientos y Pintura

Dra. Raquel Muñoz Hernández¹, Dr. Saúl Rangel Lara²

Resumen— En el presente trabajo se realizó una evaluación ergonómica en las estaciones de trabajo del proceso de recubrimiento y pintura para piezas metálicas en una empresa del giro automotriz para identificar la existencia de desórdenes por trauma acumulativos (DTAs). Se evaluaron los principales factores de riesgo en cada estación de trabajo, considerando factores como: entorno laboral, métodos de trabajo y factores individuales. Los métodos aplicados fueron Plibel y Ergotec. Los resultados indicaron la existencia de riesgo potencial en dos estaciones de trabajo. Se hace una propuesta con la finalidad de disminuir las lesiones musculoesqueléticas.

Palabras clave—riesgo, lesiones, estación de trabajo.

Introducción

En la actualidad los avances tecnológicos se desarrollan tan vertiginosamente que es muy difícil mantenerse al margen del uso de nuevos equipos e innovaciones, creando la sensación de mayor control sobre el medio o sistemas en los cuales se implementan; sin embargo hay factores que no cambian; como es la naturaleza del ser humano, en lo referente a la vulnerabilidad física y emocional, independientemente del tipo de actividad que desarrolle.

Los docentes en el desempeño de su actividad, no son la excepción, sin embargo es poco estudiado su espacio de trabajo, dónde posiblemente no se hayan contemplado en su diseño criterios ergonómicos, y probablemente exista el riesgo a corto, mediano o largo plazo de sufrir malestares físicos o psicosociales, disminuyendo la eficacia y productividad laboral.

En los últimos años se ha incrementado la cantidad de empresas a nivel mundial tanto en el sector manufacturero como de servicios, de tal manera que la Organización Internacional del Trabajo (OIT), [1], reporta que anualmente ocurren más de 317 millones de accidentes en el trabajo y cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo. El coste de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), global de cada año, implicando además de las pérdidas humanas, pérdidas financieras.

Con base en lo anterior en 2008, la OIT adoptó el Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo y Medio Ambiente, que tiene como objetivo crear conciencia mundial sobre la magnitud y las consecuencias de los accidentes, las lesiones y las enfermedades relacionadas con el trabajo y los riesgos disergonómicos.

Su implementación ha sido complicada, debido a que las condiciones de seguridad y salud en el trabajo difieren enormemente entre países, sectores económicos y grupos sociales, inclusive entre tipos de trabajo y profesiones. Para el caso de México la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), establece los mecanismos (Leyes, Reglamentos, Normas, entre otras), mediante los cuales se rigen las relaciones Laborales y de Seguridad y Salud así como el mantenerlos actualizados según las propias necesidades de la sociedad y vigilar el cumplimiento de los mismos.

Por otro lado, la salud de los trabajadores impacta directamente en su desempeño laboral y para que las finanzas de un país sean sanas, es necesario un constante incremento en la productividad. Lo cual implica efectividad y eficiencia en el desempeño individual y organizacional. Con frecuencia se confunden entre si los términos productividad, eficiencia y efectividad: la efectividad es el logro de objetivos y la eficiencia es alcanzar los fines con el mínimo de recursos. La productividad es una combinación de ambas, ya que la efectividad está relacionada con el desempeño y la eficiencia con la utilización de recursos. (Felsing, 2012).

La productividad se ha convertido en algo común en las naciones que se esfuerzan por alcanzar un desarrollo tal que mejore el nivel de vida de su población, reduzca sus niveles de inflación, sane sus finanzas internas y externas, logre niveles de competencia internacional para enfrentar la globalización comercial e impulse su nivel tecnológico. (Mercado Mercado, R. & Flores, D. (2017).

¹Dra. Raquel Muñoz Hernández, Profesora de Tiempo Completo en la Universidad Politécnica del Valle de México, Estado de México, México. raquel.munoz@upvm.edu.mx

²Dr. Saúl Rangel Lara, Director de División Ing. Industrial en la Universidad Politécnica del Valle de México, Estado de México, México. industrial@upvm.edu.mx

Para incrementar la productividad; la organización requiere de una eficiente administración de los recursos disponibles para lograr los resultados deseados en cada una de las etapas del proceso. Desde un enfoque sistémico, elevar la productividad requiere del esfuerzo y la combinación de los recursos materiales, humanos y financieros de una empresa. (Mercado Mercado, R. & Flores, D. (2017).

Las consecuencias de la actividad realizada por el individuo se refleja en la eficiencia del cumplimiento de los objetivos asignados por la empresa y en la salud física, mental y expectativas del trabajador; donde el proceso cognitivo delimita la ejecución de la labor y los niveles de productividad alcanzados; pues se parte del principio de que el operador humano rendirá tanto como lo permitan las circunstancias, por consecuencia, si las circunstancias son mejores, la productividad aumenta. (OIT, 2012).

La ergonomía es una disciplina de gran relevancia en la actividad humana, y tiene la finalidad de mejorar la interacción de los individuos con su entorno físico. Las consecuencias de no considerar los aspectos ergonómicos en las estaciones de trabajo y métodos productivos, genera una interfaz hombre-máquina inadecuada, propiciando en las personas sobrecargas físicas y/o mentales, que en situaciones extremas, pueden llegar a causar serias enfermedades. La Ergonomía en la práctica, multidisciplinar, se apoya en conocimientos generados por otras ciencias y disciplinas que se ocupan del individuo, como las ciencias de la salud, la psicología, sociología, diseño e Ingeniería Industrial, entre otras. El término ergonomía proviene de las palabras griegas ergon (trabajo) y nomos (ley, norma o doctrina); la primera referencia a la ergonomía aparece en el libro “Compendio de Ergonomía” del polaco Wojciech Jastrzebowki (1857). (Muñoz, R. 2017).

La International Ergonomics Association (IEA), define la ergonomía como “la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de la interacción entre los seres humanos y los demás elementos de un sistema”, entre los objetivos de la ergonomía está contemplado el logro de la satisfacción en el trabajo, considerando las responsabilidades, actitudes, creencias y valores para el desarrollo personal así como las “diferencias individuales y culturales”.(IEA. 2016).

Con base en lo anterior, surgió el interés por realizar el presente trabajo con la finalidad de conocer la situación laboral que prevalece en los trabajadores y se enfoca principalmente productividad del desempeño y los factores Ergonómicos, por considerar que esta disciplina está poco explotada en México para analizar los riesgos ergonómicos de las tareas de trabajo, tanto doméstico como industrial, que permite identificar aspectos que pueden constituir un riesgo para el sistema músculo-esquelético y provocar Disfunciones Traumáticas Acumulativas (DTA's).

Tales enfermedades son ocasionadas debido a que en el cuerpo humano aún no se ha podido determinar con precisión los límites físicos de ligamentos, tendones, discos intervertebrales, cápsulas articulares, músculos y otras estructuras involucradas en el movimiento. Esta dificultad deriva de que los límites varían por motivos tan diversos como la predisposición genética, la edad o los esfuerzos acumulativos. Esta complejidad ha sido abordada por la biomecánica, identificando las condiciones en que los movimientos someten a las diferentes estructuras corporales a niveles de tensión que aumentan la probabilidad de producir lesiones. Estas condiciones son identificadas como sobreesfuerzos o sobrecarga y se explican mediante el efecto que producen determinadas posturas, la manipulación de cargas, la frecuencia con que se realizan los movimientos o la combinación de estos factores sobre determinados segmentos o estructuras corporales.

Estas condiciones son identificadas en Ergonomía, como factores de riesgo y constituyen el foco de análisis. (Figueroa, M.E. 2011).

Durante el proceso se trabaja la lámina, donde se trazan plantillas y la maquina corta una forma determinada, para llevarla al área correspondiente: Recubrimiento o Pintura. Dentro de la producción el área se encuentra limitada por la falta de herramientas u elementos que tecnifiquen su proceso y elimine en un porcentaje la intervención de operarios y eviten todas las problemáticas ergonómicas producida por la manipulación de elementos que consta en realizar un sistema de rieles o pista con ejes giratorios que permitan el deslizamiento de las piezas hasta el alcance del operario por los 10 metros de espacio del patio y empujar hasta el alcance de la grúa.

La jornada laboral depende de la demanda de trabajo diario que se tenga; por lo general, el turno de trabajo inicia a las 7:00 y termina a las 16:00, teniendo 8 horas laborales diarias ya que una hora corresponde al almuerzo diario de cada trabajador. En ocasiones el operario trabaja hasta 12 horas por razones de finalización del trabajo originado por el aumento de la demanda.

Debido a los accidentes ocasionado por caídas de cargas pesadas, los operadores usan guantes de lana para proteger las manos de la formación de ampollas y éstos a su vez se encuentran en malas condiciones (con huecos), debido a que no han sido repuestos en el transcurso del tiempo.

La empresa no cuenta con una gestión del talento humano en cuanto al área de formación, capacitación e inducción del personal, debido a que no se observa herramientas o medios que sean utilizados para difundir temas de seguridad o materia de interés empresarial.

No se ha realizado un análisis de tareas para evaluar los posibles riesgos laborales y de esa manera poder controlarlos. El uso de equipos de protección personal no es evidente en las áreas críticas del trabajo puesto que los trabajadores no poseen los equipos necesarios.

Se ha presentado ausentismo y 4 de 10 trabajadores presentan lesiones en la piel y dolor articular, que también ocasionan una reducción de la eficiencia y una pérdida de la productividad de cada trabajador y como consecuencia final se refleja en pérdidas de la producción, la mala calidad del producto y generan pérdidas en ventas para la empresa. El 68% del trabajo productivo de la empresa es de tipo operativo, por lo que los trabajadores que desempeñan funciones en áreas que tienen una mayor exposición al riesgo, y al no estar controlados mediante un sistema basado en la prevención, la probabilidad de que ocurra un accidente laboral es alta.

Metodología

Existen diversos Métodos, pero los adecuados para el caso y aplicados por sus características fueron Plibel y Ergotec. Las Variables que se midieron, y analizaron fueron, Tipo de Actividad, Postura, Agarre, Alcance, Vibración, Estrés mecánico, Repetitividad, Carga, Peso, Género, Volumen, Recorrido, Ayuda Mecánica.

Método Plibel: Es un método de análisis de riesgo de lesiones músculos esqueléticos diseñados en forma de Listado de Verificación o Checklist, con relevancia en cinco regiones del cuerpo. Kemmlert realizó el estudio de lesiones músculo esquelético en 200 puestos de trabajo evaluando las condiciones ergonómicas y los posibles cambios para la validación del método. El Checklist tiene formato de preguntas con respuestas SI y NO para detección de las áreas con más probabilidad de riesgo de lesión (Das) Sumatoria de las respuestas SI se consideran como mayor riesgo de lesión en el grupo muscular predominante. De acuerdo a los autores (Ascencia *et al* Bastante y Diego, 2012).

Método Ergotec: El Dr. Enrique De la Vega creó ERGOTEC tomando como base un método realizado por TheJoyce Institute Training Design Team (1992). Es un método para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo, cuyo objetivo es eliminar o minimizar las causas de los DTA'S relacionados con el trabajo. La evaluación ergonómica de este método se hace con una lista de verificación durante la recolección de datos y su evaluación. La lista contiene sólo preguntas significativas. Los posibles resultados de esta evaluación son puestos de trabajo Clasificados como de bajo, mediano o alto riesgo. (Ascencia, *et al* Bastante, y Diego, 2012).

El sistema se inicia al ingresar las piezas del área de producción, las piezas se someten a desengrase en soluciones alcalinas calientes se aplican por inmersión de los productos en una solución acuosa de las mismas, y favorecen la impregnación del zinc fundido con la superficie del acero, a temperatura comprendida entre 440°C y 460°C. A continuación pasan al área de acabado para eliminar rebabas, gotas punzantes y adherencias superficiales de cenizas restos de sales y finalmente, se someten a inspección. Cabe destacar que las actividades las desarrollan los trabajadores de forma manual, es decir no cuentan con procesos sistematizados y los trabajadores aspiran los solventes y pinturas, además de permanecer de pie para realizar el trabajo de aplicar las soluciones y para desplazar las cadenas de las cuales penden las piezas; generando aplicación de fuerza por encima de los hombros.

Procedimiento

Previamente se les explicó a los treinta trabajadores el motivo y los objetivos del estudio, se solicitó su autorización por escrito y participaron voluntariamente. Se llevó a cabo la evaluación con todos los elementos que conforman el área de trabajo, de los cuales tres son mujeres.

Posteriormente la información de los datos recabados se procesó en el Metrixx Vr, que es un software que aplica la tecnología de la realidad virtual para la evaluación ergonómica de diferentes estaciones de trabajo; donde evalúa por diferentes metodologías los riesgos de ocurrencia de daños por traumatismos acumulativos o por fatiga; de la misma forma es una guía virtual para conocer y profundizar sobre las evaluaciones de condiciones de trabajo en cualquier empresa o industria. Metrixx Vr, también sirve de ayuda para la Toma de ediciones en cualquier aspecto referente a la Ergonomía. Este programa abarca diferentes géneros, es decir, se pueden evaluar actividades administrativas, como las que realiza una secretaria o actividades en manufactura como las que se realizan en una línea de ensamble. Se aplicaron el Método Plibel y Ergotec por considerar los aspectos físicos afectados en las actividades desarrolladas.

Resultados

Resultados obtenidos con el Método Plibel.

Se llevó a cabo la medición de cada uno de los trabajadores y se aplicaron los cuestionarios que especifica el método; dando como resultado como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Resultados del Método PLIBEL

Se puede observar como los mayores daños se encuentran en: Cuello, Hombro y Espalda (86%) y Pies (75%).

Resultados obtenidos con el Método Ergotec.

Se llevó a cabo la evaluación de los trabajadores; dando como resultado que en ejecución del trabajo (67%), Riesgo de lesiones por DTA (71%), y gasto metabólico de energía (66%), de un rango de 60%-80% tiene alta intensidad. En lesiones por manejo de materiales (95%), tiene una Alta intensidad. Como se muestra en el la Figura 2.



Figura 2. Resultados de evaluación con el Método Ergotec.

De acuerdo a los resultados se observa que existen altos porcentajes de adquirir enfermedades musculoesqueléticas por Disfunciones traumático Acumulativas, al ejecutar las actividades en el proceso productivo.

Conclusiones

Los trabajadores presentan un alto riesgo de adquirir enfermedades por movimiento repetitivo o posición forzada:

- Tendinitis del manguito de los rotadores.
- Epicondilitis.
- Epitrocleitis.
- Síndrome de compresión del nervio cubital.
- Síndrome del pronador.
- Síndrome cervico-braquial.
- Tendinitis, tenosinovitis de los tendones de la muñeca y mano.
- Síndrome del túnel carpiano.
- Síndrome de guyón.
- Afecciones osteoarticulares

- Enfermedad de köhler).
- Síndrome angioneurótico de la mano predominantes en los dedos índice y medio acompañados de calambres de la mano y disminución de la sensibilidad.
- Compromiso vascular unilateral con fenómeno de raynaud o manifestaciones isquémicas de los dedos y lesiones de columna por las cargas excesivas repercutiendo en su desempeño y por lo tanto en la productividad de la empresa.

Propuestas:

Se sugiere crear un procedimiento en el que se incluyan apoyos mecánicos para el trabajador, específicamente en el levantamiento de cargas pesadas.

También crear un ambiente favorable, donde el trabajador tenga la apertura de comentar cómo percibe y de qué manera le afectan las condiciones en su estación de trabajo.

En particular, se puede señalar que también el trabajador puede tener lesiones o enfermedades preexistentes, es conveniente considerar:

*Examen de Admisión

*Estaciones de trabajo adecuadas y capacitación continua de los trabajadores en mecanismos y técnicas correctas de levantamiento y transporte de cargas.

*Se recomienda implementar en las áreas de trabajo, diez minutos de acondicionamiento físico previo al inicio de la jornada laboral para reforzamiento, elasticidad y fuerza del sistema musculoesquelético de la espalda.

*Apoyos visuales con las características y/o especificaciones más detalladas de cómo debe realizar su tarea y postura al ejecutar las tareas.

*Incorporar equipo de protección adecuado y suficiente.

*Capacitación sobre Ergonomía y Salud Ocupacional.

Referencias

- Ascencia Cuesta, S., Bastante, M. J., & Diego, J. A. (2012). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo. Madrid, España: Paraninfo, S.A. Cruz G., J., & Gamica, G. (2010). Ergonomía Aplicada. ECOEDICIONES.PP. 17, 30, 58-60, 90.
- Cuesta, Sabina, Bastante Ceca, Maria Jose, Diego Mas, Jose Antonio, 2012. Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo. P.p.66-80 Diario oficial de la federación: órgano constitucional de los Estados Unidos Mexicanos,(21 de mayo de 2007). Diario Oficial de la Federación 2007, págs. 46-49.
- Felsinger, E. & Runza Felsinger, E. & Runza P. (2012). Productividad: Un Estudio de Caso en un Departamento de Siniestros. Tesis de Maestría publicada.
- Figueroa, M.E. (2016). Ergonomía aplicada a las tareas del hogar. Recuperado el 22 de junio de 2017 del sitio web de la universidad de Chile. www.revistas.uchile.cl/index.php/RTO/article/viewFile/162/142+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx&client=firefox-b-ab
- IEA. (2016). Asociación Internacional de Ergonomía. Recuperado 8 de Octubre de 2016 de sitio web Asociación Internacional de Ergonomía: <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- Mercado Mercado, R. & Flores, D. (2017). Productividad: base de la competitividad. México. Limusa.
- Muñoz, R. (2012). Análisis de ergonomía organizacional y su relación con la productividad del desempeño académico en la educación superior. Tesis de doctorado. UDF.
- OIT. (2012). Productividad laboral y distribución. En Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, I 291-298) Suiza: OIT.

Apéndice Cuestionario utilizado en la investigación

Cuello, hombro y parte alta de la espalda **Codos, antebrazos y manos** **Pies** **Rodillas y caderas** **Espalda baja**

1. Está la superficie a desnivel, inclinada o resbalosa? Si No

2. Está el espacio muy limitado para los movimientos de trabajo o materiales? Si No

3. Están las herramientas y el equipo mal acondicionados para el trabajador o la tarea? Si No

4. Está la altura de trabajo incorrectamente ajustada? Si No

5. Está la silla de trabajo mal diseñada o mal ajustada? Si No

6. (Si el trabajo es realizado de pie): ¿No hay la posibilidad de que se siente o descanse? Si No

7. Existe fatiga por el trabajo realizado por pedales? Si No

8. Es cansado el trabajo realizado por las piernas? a) Considerablemente subiendo a un banco o step? b) Brincos repetidos, hincarse profundamente, c) Una pierna es usada más para soportar el cuerpo.
a Si No a Si No a Si No
b Si No b Si No b Si No
c Si No c Si No c Si No

9. Se efectúa trabajo repetido cuando la espalda está? a) Ligeramente hacia el frente, b) Notablemente hacia el frente, c) Doblada hacia los lados o ligeramente torcida, d) Severamente torcida.
a Si No a Si No a Si No
b Si No b Si No b Si No
c Si No c Si No c Si No
d Si No d Si No d Si No

10. Se efectúa trabajo cuando el cuerpo está? a) Hacia enfrente, b) Doblado hacia los lados o ligeramente torcidos, c) Severamente torcidos, d) Extendido hacia atrás.
a Si No a Si No a Si No
b Si No b Si No b Si No
c Si No c Si No c Si No
d Si No d Si No d Si No

11. Son las cargas levantadas manualmente? a) Periodos de levantamientos repetitivos, b) El peso de las cargas, c) Agarraderas de las cargas difíciles o inusuales, d) Ubicación inusual de carga.
a Si No a Si No a Si No
b Si No b Si No b Si No
c Si No c Si No c Si No
d Si No d Si No d Si No

e) Manejarlo más allá de los límites de lo largo del brazo, f) Manejarlo debajo de la altura de la rodilla, g) Manejarlo de la altura del hombro arriba.
e Si No e Si No
f Si No f Si No
g Si No g Si No

12. Es repetido o incómodo cargar, empujar o jalar las cargas? Si No Si No Si No

13. Cuando se efectúa trabajo para sostener algo ¿El brazo tiene que alcanzar hacia adelante o para el lado sin soporte? Si No

14. Existe repetición de: a) Movimientos similares de trabajo, b) Movimientos similares de trabajo más allá de distancias cómodas de alcance.
a Si No a Si No
b Si No b Si No

15. Existe trabajo repetitivo? Factores de importancia que se deben considerar: a) Peso de los materiales de trabajo o herramienta, b) Agarraderas inusuales de los materiales de trabajo o herramientas.
a Si No a Si No
b Si No b Si No

16. Existen altas demandas en la capacidad visual? Si No

17. El trabajo repetitivo, con el antebrazo y mano, es efectuada con: a) Movimientos de torsión? b) Movimientos que requieren fuerza?
a Si No
b Si No

REGION DEL CUERPO	*NPS	EVALUACION	PORCENTAJE	PRIORIDAD
CUELLO, HOMBRO Y PARTE ALTA DE ESPALDA	26			
CODOS, ANTEBRAZOS Y MANOS	9			
PIES	8			
RODILLAS Y CADERAS	8			
ESPALDA BAJA	21			
TOTAL	72			

*NPS= Numero de Preguntas Significativas

Análisis y Clasificación de Señales ECG por Medio de Redes Neuronales Profundas

M.I José Enrique Naranjo Blanco¹, Ing. Floriberto Canseco de la Rosa²,
M.I. Víctor Manuel Jiménez Ramos³, Ing. Roberto Tamar Castellanos Baltazar⁴, Dr. Carlos Mauricio Lastra Domínguez⁵

Resumen— La prevalencia global de enfermedades cardíacas como principal causa de muerte destaca la importancia del análisis del electrocardiograma (ECG) para su detección. Sin embargo, el ECG está propenso a ruido y artefactos que distorsionan las características morfológicas, dando lugar a diagnósticos erróneos. Este estudio propone una metodología integral que incorpora técnicas de procesamiento de señales, como el filtrado Wiener y wavelet, para preservar la morfología del ECG. Posteriormente, se emplean redes neuronales profundas LSTM para la clasificación de patologías cardíacas, centrándose en ritmo sinusal normal y fibrilación auricular. Los resultados de las matrices de confusión revelan diferencias significativas en las características en el dominio del tiempo y frecuencia. En conclusión, este trabajo destaca la superioridad de las características en el dominio de la frecuencia, mejorando la capacidad discriminante del clasificador y ofreciendo resultados más efectivos que en el dominio del tiempo.

Palabras clave— Electrocardiography, transformada wavelet, filtro de Wiener, filtro Butterworth, Redes Neuronales, LSTM

Introducción

La problemática de las enfermedades cardíacas como una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial ha generado una urgencia en mejorar los métodos de diagnóstico, especialmente en países con recursos limitados (WHO 2021). Las tradicionales técnicas médicas, como la angiografía, no solo son costosas sino que también plantean serias preocupaciones de salud y se ven restringidas por la escasez de profesionales en el campo de la salud. Esto ha llevado a la investigación y desarrollo de sistemas de diagnóstico automatizado basados en técnicas de aprendizaje automático, (Wasimuddin et. al., 2020).

La implementación de estos sistemas representa una solución asequible, eficiente y confiable para la detección temprana de enfermedades cardíacas. No obstante, tanto los datos del electrocardiograma (ECG) como la información del paciente suelen mostrar desequilibrios, lo cual supone un desafío para que el aprendizaje automático tradicional opere de manera imparcial. A lo largo del tiempo, diversos investigadores han propuesto soluciones a nivel de algoritmo para abordar este problema. Un ejemplo notable es el trabajo de Lastra 2019 et. al., que propone un método basado en filtro UFIR (*unbiased finite impulse response*) para predecir características morfológicas PQRST. Asimismo, otro estudio emplea filtros wavelet y Savitzky Golay para suavizar la señal ECG.

Algunas investigaciones, como las mencionadas en (H. D. Hesar et al., 2019, H Hesar and M. Mohebbi, 2021, Khreis D. et al 2020, Manju, et. al. 2020, Akhbari et. al., 2018), se centran en identificar problemas a partir del dominio del tiempo mediante la aplicación de estimadores basados en filtros de Kalman. En contraste, otros trabajos se basan en el uso de estimados insesgados, como el UFIR (Olivera 2022, et. al., Lastra 2019). Estos esfuerzos han buscado proporcionar resultados más precisos; sin embargo, presentan limitaciones relacionadas con la búsqueda de los mejores parámetros y la susceptibilidad a fuentes externas, como el ruido y artefactos generados por sistemas naturales, como movimientos musculares o procesos como la respiración. A pesar de los avances significativos, la necesidad persistente de optimizar parámetros y la influencia de factores externos indican que aún hay desafíos pendientes en la búsqueda de la perfección en la detección automática de enfermedades cardíacas.

La introducción de la inteligencia artificial (IA) en el campo de la medicina ha revelado que los sistemas de diagnóstico de enfermedades cardíacas basados en aprendizaje automático (MLBDD) ofrecen una alternativa económica y versátil, (Nankani D. and Baruah R. D., 2020, Shaker et. al., 2020, Wasimuddin et. al., 2020).

¹ El M.I. José Enrique Naranjo Blanco, es coordinador hospitalario Andalucía Occidental, Sevilla, Andalucía, España. jenaranjo@serveo.com

² El Ing. Floriberto Canseco de la Rosa, es profesor profesor del departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México / IT Oaxaca, floriberto.canseco@itoaxaca.edu.mx

³ El M.I. Víctor Manuel Jiménez Ramos, es profesor profesor del departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México / IT Oaxaca, victor.jimenezr@itoaxaca.edu.mx

⁴ El Ing. Roberto Tmar Castellanos Baltazar es profesor y director del departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México / IT Oaxaca roberto.castellanos@itoaxaca.edu.mx

⁵ El Dr. Carlos Mauricio Lastra Domínguez, es profesor-investigador, departamento de Ingeniería Electrónica, Tecnológico Nacional de México / IT Oaxaca, carlos.lastre@itoaxaca.edu.mx (Autor corresponsal)

Este estudio es un trabajo preliminar que propone analizar la viabilidad y efectividad de aplicar IA para diagnosticar anomalías en un ECG, buscando demostrar la capacidad de esta tecnología para identificar patologías cardíaca que pueda derivar en una arritmia o trastorno del funcionamiento normal del corazón.

Metodología

Esta investigación sigue una metodología integral que comienza con la adquisición de datos de electrocardiograma (ECG) afectados por ruido. Luego, se aplican varios filtros, evaluando métodos como Chebyshev, Wiener y wavelet mediante el cálculo del Error Cuadrático Medio (RMSE) en niveles específicos de ruido. Este procedimiento contribuye a identificar el filtro más eficiente. Las señales ECG utilizadas provienen del banco de base de datos Phisyonet, y mediante Matlab, se examinan características y parámetros de las ondas PQRST para clasificar señales de pacientes sanos y aquellos con arritmias.

Posteriormente, se extraen las señales QRS de dos tipos de ECG: una señal correspondiente a un ritmo sinusal normal (señal sana) y otra a un ECG con fibrilación auricular (señal enferma). Estas señales se introducen en una red neuronal configurada con *Long Short-Term Memory* (LSTM) (Hochreiter, S., and J. Schmidhuber, 1997) para predecir el tipo de patología mediante una matriz de confusión.

El proceso se divide en dos escenarios: extracción de características en el dominio del tiempo y extracción de características en el dominio de la frecuencia. En el dominio del tiempo, se analizan las características temporales de las señales, mientras que en el dominio de la frecuencia, se extrae la entropía espectral como característica distintiva. Este enfoque integral permite evaluar tanto aspectos temporales como frecuenciales, mejorando la capacidad de la red neuronal para discriminar entre señales sanas y afectadas por fibrilación auricular.

Filtro wavelet

Un filtro wavelet es una herramienta matemática útil para procesar y analizar señales e imágenes. Está particularmente relacionada con la transformada wavelet, cuyo objetivo es descomponer una señal o imagen en diferentes componentes frecuenciales. La transformada wavelet tiene una ventaja para capturar información tanto para alta y baja frecuencia. La transformada wavelet utiliza funciones localizadas tanto en el dominio del tiempo como el de la frecuencia. Esto proporciona una representación más eficiente para señales que contienen características locales y globales. La transformada wavelet se puede expresar en tiempo continuo o discreto. Para nuestro análisis, se utilizó la transformada Wavelet en tiempo discreto. Por lo tanto, la forma general de la transformada wavelet en tiempo discreto se define como:

$$W(j, k) = \sum_n x(n) \cdot \psi_{jk}(n). \quad (1)$$

Donde:

j y k son los índices de escala y desplazamiento

$x(n)$ es la señal de entrada

$\psi_{jk}(n)$ es la función wavelet madre discreta

Filtro De Wiener

Es una técnica de procesamiento de señales para mejorar la calidad de una señal contaminada por ruido. La función principal del filtro Wiener es minimizar el efecto del ruido con base a la relación señal-ruido (SNR) de la entrada. También, se puede considerar como un filtro adaptativo debido a que sus parámetros se pueden ajustar en función de las características específicas de la señal y el ruido asociado. El filtro de Wiener involucra el cálculo de espectros de potencia para señal original y el ruido. La representación del filtro de Wiener en el dominio de la frecuencia es la siguiente:

$$H(f) = \frac{S_{xx}(f)}{S_{xx}(f) + S_{nn(x)}/S_{xx}(f)} \quad (2)$$

Donde:

$H(f)$ es la función de transferencia del filtro de Wiener

$S_{xx}(f)$ es el espectro de potencia de la señal original

$S_{nn}(f)$ es el espectro de potencia del ruido

Cabe mencionar, que la aplicación del filtros de Wiener implica multiplicar la transformada de Fouier inversa de $H(f)$ con la señal contaminada en el dominio de la frecuencia.

Redes neuronales LSTM

Las Redes Neuronales (RN) LSTM son utilizadas comúnmente en tareas que involucran datos secuenciales, como el procesamiento del lenguaje natural, la traducción automática, el reconocimiento de voz y las series temporales, Hochreiter, S., and J. Schmidhuber, 1997. La característica clave de las LSTM es su capacidad para retener y recordar información a largo plazo, evitando los problemas de desvanecimiento del gradiente que pueden ocurrir en las RN tradicionales.

Estas redes utilizan unidades de memoria especiales llamadas "celdas de memoria" y mecanismos de compuerta que permiten controlar el flujo de información. Estas compuertas, como la de olvido, entrada y salida, permiten a las LSTM aprender patrones complejos y relaciones a largo plazo en los datos secuenciales. En este trabajo, utilizamos este tipo de red neuronal para clasificar señales ECG sanas y enfermas.

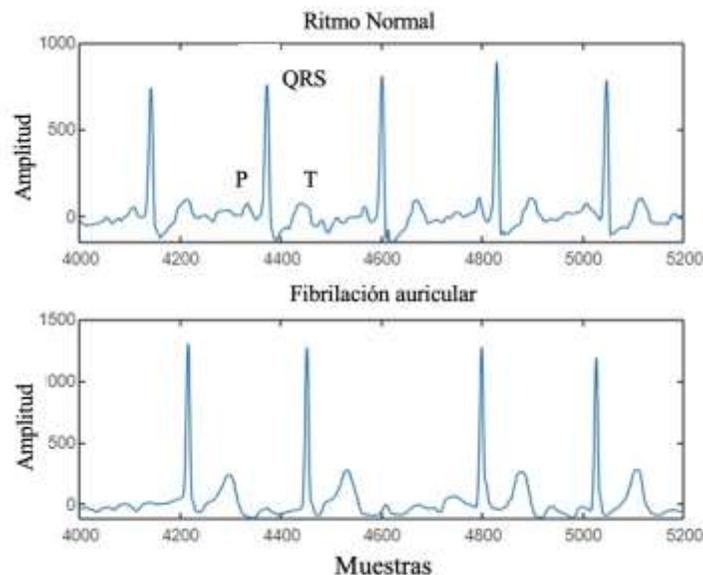


Figura 1. Señal ECG con ritmo normal y señal ECG con fibrilación atrial. QRS: complejo QRS, P: Onda P.

Resultados

Análisis de error cuadrático medio

La estimación de la señal de ECG por los filtros estudiados se compara en términos de RMSE. El error cuadrático medio se determina mediante la ecuación 6.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{i=0}^L (\tilde{x}_i - y_i)^2}, \quad (3)$$

donde es la muestra de señal de ECG estimada por los filtros, es la muestra de señal de referencia de ECG y es el tamaño de las muestras. \tilde{x}_i y_i L

Tabla 1. Valores de error de las técnicas de filtrado utilizadas condierando como referencia el registro:

Person_01/rec de physionet

RUIDO (DB)	F1 BW P. BAJO	F2 BW P. ALTO	F3 Wiener	F4 F. BANDA	F5 WAVELET
------------	------------------	------------------	-----------	----------------	---------------

-15 dB	1.5359	5.3710	0.1217	5.6055	0.3257
-10 dB	0.8545	2.9770	0.1173	3.1082	0.2298
-5 dB	0.5066	1.7117	0.1164	1.7887	0.1616
0 dB	0.2882	0.9597	0.1158	0.9996	0.1201
5 dB	0.1587	0.5495	0.1151	0.5631	0.1163
10 dB	0.0938	0.3201	0.1132	0.3151	0.0873

Bajo diferentes niveles de ruido, el filtro de Wiener produce mejores rendimientos desde -15dB hasta 5dB. La transformada wavelet tiene el mejor desempeño cuando la señal ECG tiene ruido asociado de 10 dB.

Cabe informar Este procedimiento es independiente del proceso de clasificación. El objetivo de la aplicación del filtrado es conocer la variabilidad presente en las señales al aplicarle ruido o tener alguna perturbación externa.

Clasificación por medio red neuronal LSTM en el dominio del tiempo

Inicialmente, configuramos un conjunto balanceado formado por 9856 pulsos QRS, donde 8870 son de entrenamiento, 4430 datos ECG con fibrilación atrial (FA) y 4430 datos con ritmo normal. Los datos restantes hacen parte del conjunto de prueba contando con 490 señales de FA y 490 señales normales. Procederemos al entrenamiento de la red neuronal cuya matriz de confusión es representada en la figura (2). El proceso de prueba arrojó 420 datos ECG Normales y 137 datos bien clasificados cuya sensibilidad, Especificidad, tasa de verdaderos positivos (VPP) y tasa de verdaderos negativos (VPN) están indicados en la tabla

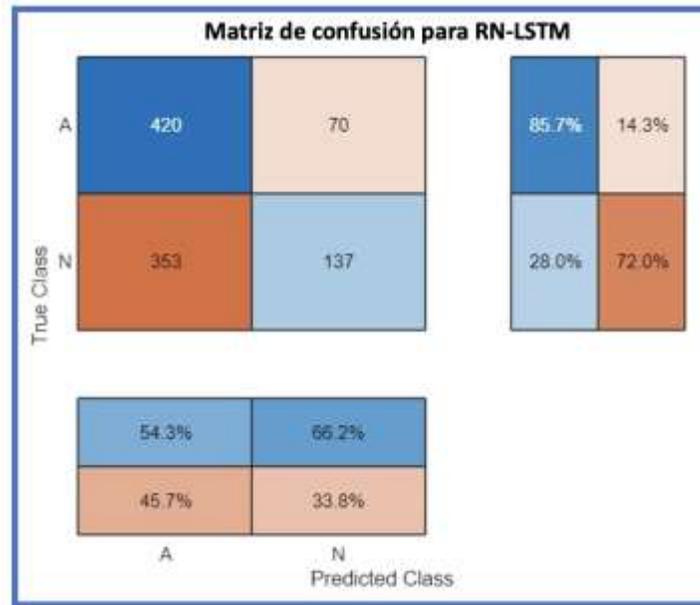


Figura 2: Matriz de confusión. True Class: Valores reales. Predicted Class: Predicción de clases. A: Datos ECG con fibrilación atrial. N: Datos ECG con ritmo normal

Tabla 2: Desempeño en el entrenamiento y prueba de la red neuronal considerando la metricas (MET): Sensibilidad, especificidad, tasa de verdaderos positivos y tasa de verdaderos negativos.

	Procedimiento	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
MET	Entrenamiento	55,33%	69,50%	86,91%	29,83%
	Prueba	54,33%	66,18%	85,71%	27,96%

Clasificación por medio red neuronal LSTM en el dominio de la frecuencia

En el anterior experimento se consideraron características en el dominio del tiempo. Ahora, vamos extraer características de entropía en el dominio de la frecuencia (Ver figura) y posteriormente entrenamos la red neuronal. En este caso particular, el desempeño de la red neuronal tienen una mejora, lo cual lo podemos observar por medio de Como pueden ver la tabla 2, el desempeño aumento aproximadamente un 20%.

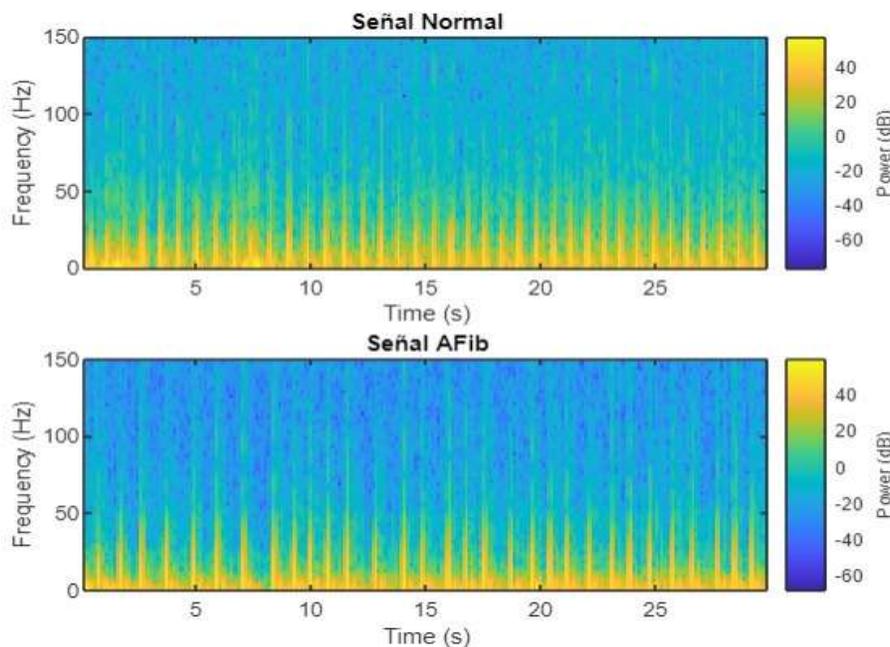


Figura 3: Representación espectral de una señal ECG normal y Señal de fibrilación auricular (AFib).

Tabla 2: Desempeño en el entrenamiento y prueba de la red neuronal considerando la metrcas (MET): Sensibilidad, especificidad, tasa de verdaderos positivos y tasa de verdaderos negativos.

	Procedimiento	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
MET	Entrenamiento	79,26%	89,44%	91,01%	76,18%
	Prueba	77,06%	83,91%	85,71%	74,49%

Conclusiones

El análisis de la señal ECG se llevó a cabo sometiéndola a diversas condiciones de ruido con el fin de evaluar su variabilidad mediante el cálculo del error cuadrático medio (RMSE). En este contexto, se observó un rendimiento superior del filtro de Wiener, en comparación con otros filtros. Este experimento contribuye significativamente a nuestra comprensión del impacto de la variabilidad del ruido en la capacidad de visualizar patrones y características de la señal ECG. Adicionalmente, se experimentó con registros ECG bajo dos condiciones diferentes: normal y fibrilación atrial. Se extrajeron características temporales y, posteriormente, características en el dominio de la frecuencia mediante una red neuronal LSTM. Se destacó que esta última metodología logró una mayor precisión en términos de sensibilidad y especificidad. Es importante resaltar que las características en el dominio de la frecuencia fortalecieron la capacidad discriminatoria de la red neuronal LSTM.

Como trabajo futuro, se proyecta llevar a cabo experimentos con señales sometidas a diferentes niveles de ruido, extrayendo tanto características temporales como frecuenciales.

Referencias

Akhbari M., Nasim Montazeri Ghahjaverestan, Mohammad B. Shamsollahi, and Christian Jutten. ECG Fiducial Point Extraction Using Switching Kalman Filter. Computer Methods and Programs in Biomedicine Vol. 157, 2018, pp. 129–36.

- H. D. Hesar and M. Mohebbi, "A Multi-Rate Marginalized Particle Extended Kalman Filter for P and T Wave Segmentation in ECG Signals," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 23, No. 1, 2019, pp. 112-122.
- H. D. Hesar and M. Mohebbi, "An Adaptive Kalman Filter Bank for ECG Denoising," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, Vol. 25, No. 1, 2021, pp. 13-21.
- Lastre-Domínguez C., Shmaliy Y. S., Ibarra-Manzano O., Muñoz-Minjares J., Morales-Mendoza L. J., et al., "ECG Signal Denoising and Features Extraction Using Unbiased FIR Smoothing," *BioMed research international*, Vol. 2019, 2019.
- Manju B. R., y Sneha M. R. "ECG Denoising Using Wiener Filter and Kalman Filter." *Procedia Computer Science* Vol. 171, 2020, pp. 273–81.
- N. Raheja and A. K. Manocha, "Wavelet and Savitzky–Golay filter based denoising of electrocardiogram signal: An improved approach," In *Emergent Converging Technologies and Biomedical Systems*, Vol. 1040, 2023, pp. 317–326.
- Nankani D. and Baruah R. D., "Investigating Deep Convolution Conditional GANs for Electrocardiogram Generation," *2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, Glasgow, UK, 2020, pp. 1-8.
- S. Khreis, D. Ge, H. A. Rahman, and G. Carrault, "Breathing Rate Estimation Using Kalman Smoother with Electrocardiogram and Photoplethysmogram," in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 67, no. 3, 2020, pp. 893-904.
- Shaker A. M., Tantawi M., Shedeed H. A. and Tolba M. F., "Generalization of Convolutional Neural Networks for ECG Classification Using Generative Adversarial Networks," in *IEEE Access*, vol. 8, 2020, pp. 35592-35605.
- Wasimuddin, M., Elleithy K., Abuzneid A. -S., Faezipour M. and Abuzaghleh O., "Stages-Based ECG Signal Analysis from Traditional Signal Processing to Machine Learning Approaches: A Survey," in *IEEE Access*, Vol. 8, 2020.
- World Health Organization. (2021, June 11). Cardiovascular diseases (CVDs). Retrieved from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Hochreiter, S., and J. Schmidhuber. "Long short-term memory." *Neural computation*. Vol. 9, Number 8, 1997, pp.1735–1780.

Análisis Estructural de la Sujeción del Mecanismo de Arrastre Dinámico en Ductos Revestidos

Ing. Francisco Javier Nieves González¹, Dr. Luis del Llano Vizcaya²,
Dr. José Luis Sánchez Gaytán³

Resumen— El desarrollo de un sistema de sujeción que permite un óptimo desempeño en el desplazamiento del dispositivo así como el arrastre del cable de vida y de los instrumentos de medición que puedan utilizarse en el análisis de los pozos con geometría horizontal. El requerimiento principal para el desarrollo del dispositivo es que pueda introducirse en pozos con tubería revestida de hasta 5 pulgadas de diámetro interno, lo cual se logra desarrollando el mecanismo de sujeción a través del uso de componentes mecánicos que transmiten el movimiento y fuerza a un sistema de eslabones, esto permite mover todos los elementos que en las pruebas de laboratorio realizadas se pudo comprobar que el análisis realizado a través del Método del Elemento Finito están dentro de los parámetros establecidos para su funcionamiento.

Palabras clave— Pozo Petrolero, Sistema de Tracción, MEF, Mecanismo de Sujeción.

Introducción

Para la extracción de combustibles, ya sea petróleo o hidrocarburos gaseosos, se realizan perforaciones en el suelo llamados Pozos Petrolíferos o Pozos Petroleros, los cuales ayudan a la determinación de yacimientos, sus dimensiones y poder lograr la producción. Existen diferentes tipos de pozos: de tiro vertical, inclinados, tipo horizontal. La perforación del pozo tipo horizontal se realiza cuando la ubicación del yacimiento se encuentra en una zona con dificultad para acceder y realizar otro tipo de perforación.

Para que la operación de estos pozos siga siendo útil, se realiza la inspección de ellos mediante la introducción de diferentes herramientas de medición que llegan al fondo del pozo, las cuales ayudaran a determinar su vida útil. Para la introducción de estas herramientas en pozos de tiro vertical y de poca desviación se realiza mediante gravedad, no presentando dificultad para ello; en cambio para la introducción de estas herramientas en pozos horizontales de requiere de un sistema de tracción que permita que las herramientas lleguen a los puntos de interés a analizar.

La fabricación de sistemas de tracción que ayuden a estas herramientas de medición llegar dentro de las desviaciones y hasta la parte horizontal de estas tuberías permite hacer un análisis mejor para saber las condiciones del pozo. Dado que los pozos siguen en producción, se requiere que el sistema de tracción cuente con suficiente fuerza para estabilizar las herramientas de medición en cierto punto en específico, el tipo de anclas que deberán usarse deben a su vez tener la resistencia a las condiciones extremas en las que se encuentra el pozo (lodos, ácidos, agua, aceite, etc.)

Metodología

El objetivo de esta investigación es diseñar y validar un mecanismo de sujeción confiable que permita y garantice el mejor desempeño en funcionamiento para profundidades de pozo de hasta 5 km de longitud en tubería revestida con un diámetro interno de 5 pulgadas; para cumplir con este objetivos se desarrolló una metodología de 4 pasos, donde se han concluido hasta el momento el paso 3 y se está trabajando en el paso 4.

1. Investigación del estado del arte
2. Investigación de requerimientos del sistema de tracción
3. Alternativas de diseño
4. Determinación y validación de diseño de sistema de sujeción

1. Investigación del estado del arte.

Se consultaron fuentes bibliográficas para identificar si existe algún sistema de tracción pudiera servir de referencia para el desarrollo de la investigación. El desarrollo de sistemas de tracción por empresas que dan servicio a compañías encargadas en la extracción de combustibles fósiles presentan una limitada gama de productos, en las cuales el sistema de sujeción que se utiliza no está estandarizada, esto permite que los nuevos mecanismos utilizados

¹ Ing. Francisco Javier Nieves González es Estudiante de la Maestría en Ciencia y Tecnología en el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro Qro. fnieves@posgrado.cidesi.edu.mx

² Dr. Luis del Llano Vizcaya es Académico del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Qro. lvizcaya@cidosi.edu.mx

³ Dr. José Luis Sánchez Gaytán es Académico del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, Querétaro, Qro. lgaytan@cidosi.edu.mx

en dichos sistemas puedan ser usados sin tener el problema de derechos de patente, excepto de los sistemas que cuenten con ello.

- **MaxTrac PSTT (Schlumberger)**: Schlumberger es una empresa mundial dedicada a la prestación de servicios en el ramo petrolero, la cual viene desarrollando este tipo de tractores, los cuales son utilizados mayormente en el mar del norte de Europa.

- **Modular Downhole Tractor MDT001 (Sondex)**: Sondex es una empresa filial a General Electric Company, la cual desarrollo un sistema de tracción muy similar al de Seawell Norge, incorporando también ruedas en el sistema, pero además cuenta con el mecanismo de anclaje visto en los otros equipos.

- **Understanding Downhole Tractor (SmarTract)**: Tractor desarrollado por la empresa Smart Completions LTD tipo oruga, el cual cuenta con brazos de anclaje independientes, los cuales operan de manera intermitente permitiendo así el avance del sistema dentro de los ductos.

- **MDT Downhole Tractor (Server)**: Seawell Norge AS es la empresa noruega desarrolladora del modelo MDT, la cual muestra una variante en la sujeción y estabilidad del sistema al incorporar ruedas en el mecanismo de anclaje, siendo esto una innovación respecto a los mecanismos estudiados, sin ser un determinante para el objeto de estudio en cuestión.



Figura 1. a) MaxTrac PSTT. b) Tractor MDT001. c) Understanding Downhole. d) MDT Downhole Tractor.

2. Investigación de requerimientos del sistema de tracción

Para el diseño del sistema de tracción se requiere de un sistema modular que cumpla con los siguientes requerimientos, así como los descritos en la tabla 1:

- Capacidad de carga de arrastre mínima de 100 kg
- Velocidad de arrastre mínima de 144 m/hr
- Temperatura de operación máxima de 200 °C
- Presión de operación máxima de 1600 kg/cm²
- Capacidad para trabajar en pozos inclinados y horizontales.
- Comunicación y alimentación compatible con cables utilizados en la exploración.
- Compatible con herramientas de medición y accesorios estándares

Tabla 1: Requerimientos específicos del sistema de tracción

Tiempo máximo de operación	5.0 h
Voltaje de alimentación	600 VCD
Diámetro externo del instrumento	73.025 mm
Longitud de instrumento contraído	5.50 m
Longitud de instrumento extendido	6.0 m

3. Alternativas de diseño

El diseño del mecanismo del sistema de tracción consistirá en una secuencia de movimientos de los 3 módulos que lo constituyen los cuales son: Módulo 1 (Ancla A), Módulo 2 (Arrastre) y Módulo 3 (Ancla B);

empezando cuando en la introducción se llegue a un punto de la desviación en donde con el uso de la gravedad y peso de los instrumentos no permita avanzar más, iniciando con la sujeción del módulo 3, en consecutivo la apertura del módulo 2, sujeción del módulo 1, cierre de módulo 3, cierre de módulo 2 y apertura de módulo 3, siendo esta la secuencia de operación para el avance (arrastre) del sistema.

- 1 **Posición inicial**
- 2 **Abre ancla A**
- 3 Abre arrastre
- 4 Abre ancla B
- 5 Cierra ancla A
- 6 Cierra arrastre
- 7 Abre ancla A
- 8 Cierra ancla B
- 9 **Cierra ancla A**
- 10 **Posición inicial**

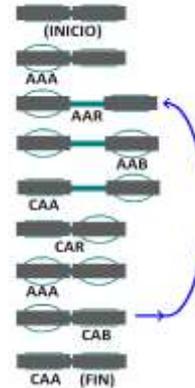


Figura 2. Secuencia de operación de sistema de tracción

Con el desarrollo de un primer prototipo permite determinar los movimientos que se requieren para el funcionamiento de dispositivo. La fabricación de este prototipo se realiza con material en acero al carbono y partes comerciales que permitieron cumplir con las dimensiones mencionadas en los requerimientos.

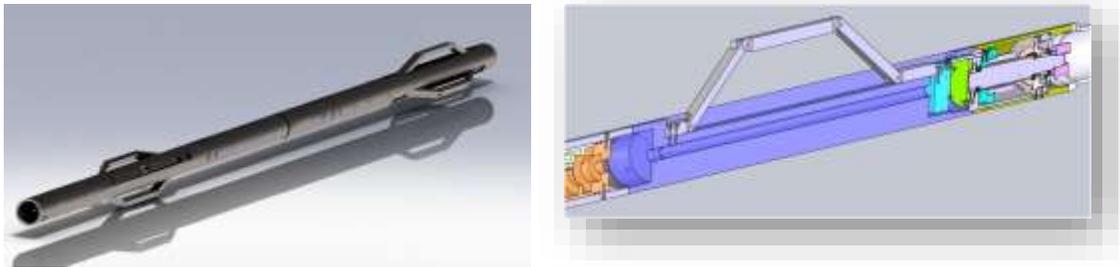


Figura 3. a) Vista general del prototipo. b) Vista de corte lateral de sistema de sujeción.

En las primeras pruebas de laboratorio con este prototipo se observa que el sistema de sujeción tiene desventajas en los movimientos de apertura y cierre en sus elementos, siendo estos no homogéneos y ni repetitivos.



Figura 4. Movimiento de apertura de ancla.

Con este antecedente se realiza la mejora en el sistema de sujeción, habiendo una reducción en la longitud de los elementos que conforman este sistema y siendo más robusto el elemento que hace contacto con la tubería revestida garantizando una mayor área de agarre. La fabricación de estos elementos se realiza con material de mejores propiedades y tratamientos que permiten una estabilidad mecánica para el desempeño y aplicación.

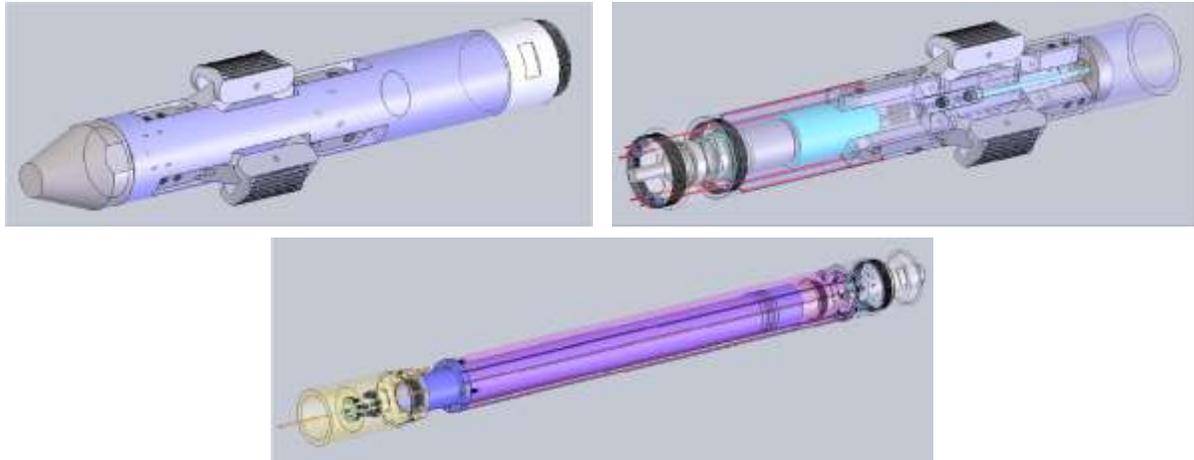
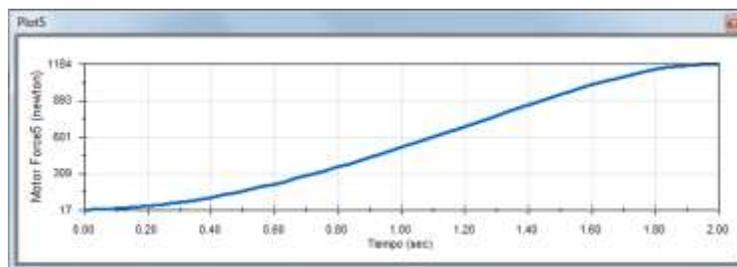


Figura 5. a) Módulo 1 (ancla A). b) Módulo 3 (ancla B). c) Módulo 2 (arrastre)

4. Determinación y validación de diseño de sistema de sujeción

Se realiza análisis de movimientos con un desplazamiento radial de 26 mm y una fuerza de 814 N (que representa 1/3 de la fuerza máxima de empuje sobre el mecanismo a partir de aplicación de torque de 4 N-m sobre el motor impulsor) obteniendo la gráfica 1 que representa la fuerza de contacto de elemento de contacto respecto al tubo de 5 pulgadas de diámetro interior; al aplicar el desplazamiento de 3 a 26 mm de apertura del mecanismo en un periodo de 2 segundos se obtiene un valor máximo de 1184 N.



Grafica 1. Fuerza de contacto del elemento

Con estos resultados se realiza el análisis estático de los elementos del sistema de anclaje para la obtención del factor de seguridad con el valor máximo descrito, para considerar que un factor de seguridad sea aceptable debe ser igual o mayor a 1, los cuales resultan entre 1.21 y 9.97 en los componentes como se muestran en la figura 6.

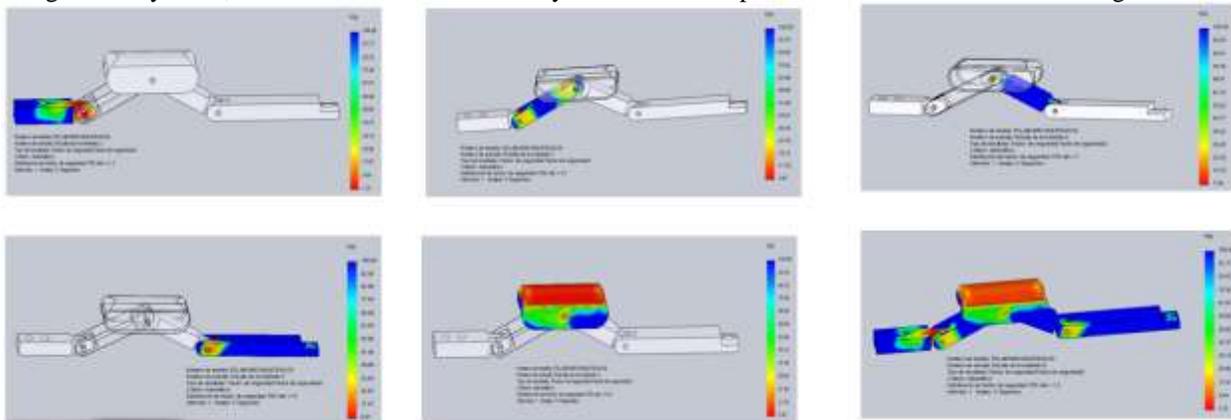


Figura 6. Análisis FEM de los elementos de sistema de anclaje

Con estos análisis se determina que esta alternativa de diseño cumple con los requerimientos mecánicos para el funcionamiento del dispositivo, siguiendo con la fabricación de los módulos para la realización de pruebas de laboratorios.

Resultados

Con la realización de pruebas de laboratorio se determina la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema de tracción.

A la potencia mecánica acumulada se le aumenta la pérdida de eficiencia del motor y del controlador y finalmente se le suma la potencia de la etapa de control y la potencia de la herramienta de medición.

- Eficiencia del motor de 85%. ($22.00W / 0.85 = 25.88W$, Potencia entrada del motor)
- Eficiencia del controlador de 70%. ($25.88W / 0.7 = 36.97W$, Potencia entrada controlador)
- Potencia de etapa de control **2.5W**.
- Potencia de herramienta de medición **10W**.

POTENCIA TOTAL: $2 \times 36.97 + 2.5 + 10 = 86.45 \text{ W}$ requerida para arrastrar hasta **15 Kg** de cable por una distancia de hasta **100 m** a una velocidad máxima de **26.47 m/h** con un tiempo máximo de operación de **3.78 horas**.

En la cuadro 1 se muestra un resumen de diferentes combinaciones de parámetros, donde las entradas principales son el **peso del cable**, la **distancia máxima de recorrido** y el **tiempo de recorrido**, y las salidas principales son la **potencia total requerida** (solo para el **sistema de tracción**) y los **parámetros del motor y el controlador**.

Peso Total	Kg	280	280	230	180	155	145	145
Peso Cable	Kg	150	150	100	50	25	15	15
Fuerza	N	2200	2200	1800	1400	1200	1150	1150
Distancia	m	1000	1000	667	334	167	100	100
Velocidad	m/hr	90	50	50	50	50	50	27
Tiempo operación	Hrs	11.1	20	13.3	6.6	3.3	2	3.8
Torque Husillo	Nm	4.06	4.06	3.34	2.61	2.25	2.10	2.10
Pot. Mecánica	W	160	80	65.5	51	44	41	22
Velocidad Husillo	RPM	375	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	100
Velocidad Motor	RPM	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Reductor	N:1	13.33	26.67	26.67	26.67	26.67	26.67	50.0
Torque Motor	mNm	304.50	152.25	125.25	97.88	84.38	78.75	42.0
Pot. Elec. Motor	W	228.57	114.29	93.57	72.86	62.86	58.57	31.43
Pot. Elec. Driver	W	326.53	163.27	133.67	104.08	89.80	83.67	44.90
Arrastre + Anclaje	W	653.06	326.53	267.35	208.16	179.59	167.35	89.80

Cuadro 1. Resumen de parámetros del sistema de tracción.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en laboratorio podemos determinar que el diseño cumple con los objetivos planteados.

Con el diseño de este sistema de tracción se tiene un precedente para poder desarrollar este tipo de instrumentos nacionales a un menor costo de fabricación y operación en comparación con la utilización de los equipos de las empresas extranjeras las cuales ofrecen solamente la operación del equipo y entrega de resultados.

Limitaciones

Dentro de las limitaciones para el desarrollo de este tipo de equipos son las partes comerciales, las cuales llegan a ser de manufactura especial incrementando el costo del desarrollo. Con lo que se adquirió se pudo comprobar a nivel laboratorio que el equipo cumple con los tiempos y movimientos requeridos.

El tiempo para desarrollar este prototipo fue limitado, lo que dificultó también en la manufactura de las piezas mecánicas que por sus dimensiones fuera necesario más tiempo para su realización dejando menos tiempo para las pruebas físicas.

Referencias

VV. AA. "Diseño de Perforación de Pozos" (en línea), consultada por Internet el 16 de junio del 2022. Dirección de internet: <https://oilproduction.net/files/Diseno%20de%20perforacion.pdf>.

Henderson, Bruce. "SmarTract, Understanding Downhole Tractor", SPE, SmarTract, Inc.; Diciembre 12, 2000.

PSTT-S, "MaxTRAC Production Services Tractor", Schlumberger; Agosto 2004.

Server, "MDT Downhole Tractor"; Seawell Norge AS; www.seawell.no

MDT001, "Modular Downhole Tractor"; Sondex Wireline, www.sondex.com; October 2009

Thomson. "Thomson Ball Screws, Trapezoidal Screws and Lead Screws" (en línea), consultada por internet el 30 noviembre del 2022. Dirección de internet: https://www.thomsonlinear.com/downloads/screws/Precision_Screws_ctuk.pdf.

Hibbler, R. "Mecánica de Materiales". Pearson. 9na ed., 2017

Beer, F.P. & Johnston, E.R. "Mechanics of Materials", Mc Graw Hill Education. 17th ed., 2014

Diseño del Proceso de Reutilización de Baterías de Litio

Ing. César Andrés Parra Gómez¹ Dr. Marco Antonio Meraz Melo²

M.C. Luis Ricardo Morales Juárez³ Dr. Odilón Vázquez Cuchillo⁴ Dr. Eduardo González Flores⁵

RESUMEN—El presente trabajo se origina de la problemática del incremento en el uso de las baterías de litio en la movilidad eléctrica y dispositivos de consumo, se realiza un análisis de celdas recuperadas para determinar el estado de vida de cada celda, con el fin de obtener una clasificación de esta, se destaca que el 70% de las celdas es posible reutilizarlas, se analiza una muestra de 24 unidades y el tiempo necesario para realizar la prueba eléctrica de cada celda es de 10.4 horas. Con la metodología obtenida a partir del experimento, se propone el equipo mínimo necesario para llevar a cabo el desarrollo a una mayor capacidad de procesamiento. Se obtiene un proceso productivo de 7 estaciones. Se determina que el proceso obtiene un beneficio socioeconómico para almacenar energía en proyectos fotovoltaicos. También se facilita la obtención de celdas certificadas para reparación de paquetes de baterías de vehículos eléctricos.

Palabras clave—baterías de litio, reutilización, proceso industrial, experimento estadístico

Introducción

Diseñar un proceso para la reutilización de baterías de química de litio, mediante el análisis de su durabilidad basado en la caracterización eléctrica y el análisis de factibilidad técnico-económica, que permita definir sus posibles usos.

En México la venta de vehículos híbridos y eléctricos se ha incrementado un 474% desde 2016-2021 (Statista, 2022), y se estima que la venta siga en aumento dentro de los próximos años. Es un hecho que en algún momento el correcto desecho, reutilización y reciclaje de las baterías que usan estos vehículos representará un serio problema a nivel ambiental. Actualmente existen empresas que se dedican al reciclaje y reutilización de baterías de Pb-ácido las cuales son las más utilizadas a nivel automotriz e industrial. Tanto los vehículos de motores térmicos como los de motores eléctricos emplean baterías, las de ácido y las de iones de litio respectivamente, mismas que tienen diferencias en cuanto a su química, su tratamiento, análisis y densidad energética. Las baterías en las que se enfocará el presente trabajo son las baterías de iones de litio. (Hardik Keshan, 2016)

A su vez durante los últimos años la demanda por las materias primas necesarias para la fabricación de baterías ha estado en aumento, algunos autores han considerado que el litio es el nuevo “oro blanco” (Statista, 2022)

Una batería de un EV (*Electric Vehicle*) (Greenwood, 2018) constituidas por celdas individuales, se puede representar como un arreglo matricial de $m \times n$ donde m son las celdas en serie, y n las series en paralelo. En la

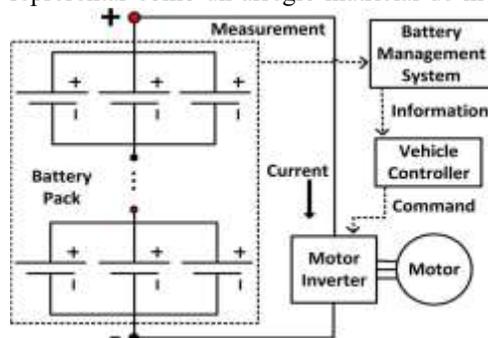


Figura 1 se muestra que las celdas están dentro del cuadro punteado, en este caso hay 3 celdas en paralelo y dos en serie, acompañado de sus componentes elementales de todo el paquete de batería

Dada la electrónica de protección que contienen estas baterías, tales como las BMS (*Battery Management System*), o el PDM (*Power Distribution Module*) (Bergveld, 2001), llegan a convertir a todo el conjunto en una batería obsoleta, pero esto no significa que cada una de las celdas que componen las baterías queden inutilizables. Es un hecho

¹Investigador, Instituto Tecnológico de Puebla, cesarparra290496@gmail.com

²Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Puebla. marco.meraz@puebla.tecnm.mx

³Docente investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Puebla ricardo.morales@puebla.tecnm.mx

⁴Docente investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Puebla odilon.vazquez@puebla.tecnm.mx

⁵Docente investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Puebla eduardo.gonzalez@puebla.tecnm.mx

que cada una de las celdas reducen su vida útil, pero aún se pueden usar para aplicaciones que no sean tan exigentes con la capacidad de almacenaje de energía y con la capacidad de descarga. (Rallo , 2020)

Algunos autores (Li, Wang, & Tan, 2017) (Montes & Etxandi-Santolaya) plantean que el porcentaje de celdas que aún se pueden utilizar de un EV es de un porcentaje de 60-70%, algunos casos de reutilización para estas celdas es para almacenaje de energía para inmuebles los conocidos power walls, estas baterías aunque tengan una baja de despeño, aún tienen una mejor densidad de energía comparadas con las baterías de plomo-ácido, o reutilizarlas para aplicaciones como aparatos electrónicos, ya sean laptops , cigarros electrónicos, módems, entre otros, y aunque el precio de las celdas nuevas en el mercado vaya con una ligera tendencia a la baja , jamás se va a poder comparar el precio de una batería nueva a una reutilizada, y para determinar si una celda aún se puede utilizar , existen métodos de verificación de la vida útil de la batería, que no requieren altos conocimientos o recursos , todo esto para unirse al modelo de economía circular.

Por lo anterior se plantea la realización de este proyecto, que represente una guía para aquellos interesados en establecer una planta de reciclaje de estos elementos.

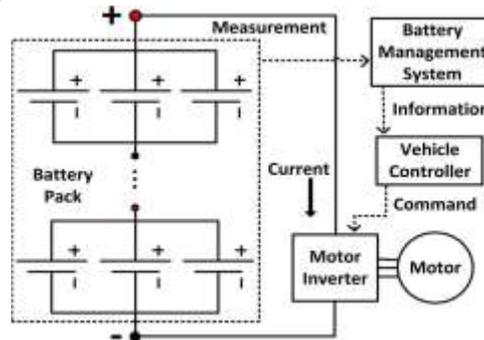


Figura 1 Diagrama de bloques típico de un EV (Xianzhi & Rui , 2015)

METODOLOGÍA

En cada una de las etapas del proyecto existen varias referencias dentro del estado del arte, donde se analizan y comparan los diferentes métodos que se puede utilizar, teniendo ventajas y desventajas de cada uno de estos. Después tomando el conocimiento del estado del arte aplicarlo y contextualizarlo hacia la localidad, describir procesos eléctricos, mecánicos, para devolver los residuos a la economía, y a su vez plantear posibles modelos de negocio que han funcionado para diversas plantas de reciclaje en diferentes partes del mundo.

Se propone un modelo para el proceso de reutilización para disminuir la contaminación por elementos como litio y cobalto.

Para realizar este modelo se describe enseguida la secuencia de actividades propuestas para este proceso. (ver **Figura 2**)

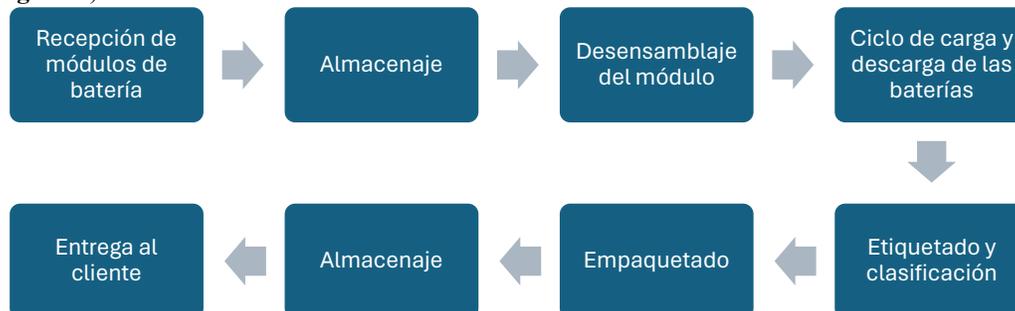


Figura 2 Proceso de recuperación de baterías.

Para definir el estado de vida de la batería se toman en cuenta distintos factores (Ambrose, 2020) (Catton & Walker , 2019), que en conjunto van a darnos una clasificación de cada celda analizada. Cabe destacar que para los

ejemplos descritos a continuación solamente se tomaran en cuenta celdas de tipo 18650 de LiCoO2. Los parámetros que se analizarán dentro de esta sección serán:

- Capacidad en descarga (mAh)
- Baja de voltaje en almacén (mV)
- Impedancia interna (Ω)

Las variables de capacidad en descarga se obtienen del dato mostrado en el equipo para cargar cada celda. Para obtener la capacidad en descarga se requiere que la celda esté completamente cargada es decir que la celda este en 4.2V. (Nanyang technological university, 2020)

Cuando el voltaje de cada celda llegue a 4.2V se medirá la impedancia interna, la cual se puede obtener fácilmente calculando la resistencia del circuito

Si se conocen todos los valores con excepción de RI entonces la fórmula correspondiente a la intensidad de corriente que pasa por el circuito será.

$$I = \frac{V}{R} \qquad \frac{V_i}{R_i} = \frac{V_L}{R_L} \qquad Z = (V_i - V_L) * \frac{R_L}{V_L}$$

A partir de ese punto se medirá la cantidad de Ah que puede otorgar la batería hasta que llegue a su límite inferior que en este caso se plantea a 3.0V .

Posteriormente se volverá a cargar la celda a su voltaje nominal de 3.7 y pasará a almacenaje para que pasadas 48 h se mida su voltaje, para determinar la diferencia de voltaje que existe. Esto con el fin de determinar si la celda aun es capaz de retener la carga de energía.

Con el fin de determinar la capacidad de almacenamiento de cada celda de segundo uso, se llevó a cabo el siguiente experimento estadístico en el cual se analizan los factores; capacidad descarga, temperatura, impedancia interna. Se comparan los métodos de obtención de las celdas estos son: equipos electrónicos. Herramientas eléctricas inalámbricas, celdas genéricas comerciales nuevas, celdas de proveedores de “confianza” nuevas. Para la medición se tomaron 6 réplicas por combinación. En total se tienen 16 experimentos y se repiten para cada variable a analizar

Se realiza una comparativa entre tipo de fuente de celdas, comparando del grupo “nuevas “con el grupo “usadas, también se comparan los grupos entre tipo de proveedor, de renombre o genéricas.

Se realiza el análisis en Minitab un Diseño de experimentos de 4 tratamientos, se repite para cada variable de respuesta, capacidad, impedancia y temperatura

Se muestra el Cuadro de datos iniciales para la capacidad de las 6 réplicas para cada fuente de obtención de las celdas

El siguiente experimento, cada celda completa el ciclo de carga/descarga en un rango de tiempo de 6- 8 h, esto depende de las condiciones iniciales de cada celda. El equipo puede analizar 4 celdas a la vez. Se muestran los resultados en el Cuadro 1.

ID	SOURCE	REP No	MAH DIS	IMPED	AVG TEMP	ID	SOURCE	REP No	MAH DIS	IMPED	AVG TEMP
A1	DEV	1	1820	173	47.5	C1	N GEN	1	2216	51	42.1
A2	DEV	2	1594	171	52.9	C2	N GEN	2	2390	62	29.6
A3	DEV	3	1271	166	43.9	C3	N GEN	3	2408	54	31.2
A4	DEV	4	1840	151	52.3	C4	N GEN	4	2378	61	28.7
A5	DEV	5	1782	164	55.9	C5	N GEN	5	2497	59	30.7
A6	DEV	6	1389	179	51.3	C6	N GEN	6	2513	58	28.0
B1	TOOL	1	2218	78	55.4	D1	N ORIG	1	2853	52	32.1
B2	TOOL	2	2860	61	49.1	D2	N ORIG	2	2972	52	29.8
B3	TOOL	3	2710	68	59.4	D3	N ORIG	3	2916	51	28.0
B4	TOOL	4	3018	65	57.6	D4	N ORIG	4	3012	53	30.0

B5	TOOL	5	2109	62	45.2	D5	N ORIG	5	2831	51	29.6
B6	TOOL	6	2876	71	48.9	D6	N ORIG	6	2969	52	29.3

Cuadro 1 Datos obtenidos del experimento.

RESULTADOS

Se realizó un ANOVA de un solo factor con 6 réplicas, para las cuales se obtuvo lo siguiente:
Se muestran los Cuadros de resultados para las 3 variables de respuesta mostrados en los Cuadros 2,3 y 4 para el método de Tuckey y LSD de Fisher respectivamente usando un intervalo de confianza del 95 %

SRC	N	Media	Desv.Est.	Agrupación Tuckey	Agrupación LSD Fisher
N ORIG	6	2925.5	241.0	A	A
TOOL	6	2632	106.5	A	B
N GEN	6	2400.3	71.9	B	B
DEV	6	1616	377	C	C

Cuadro 2. Comparaciones en parejas tuckey y LSD Fisher para Capacidad de descarga(mAh)

SRC	N	Media	Desv.Est.	Agrupación Tuckey	Agrupación LSD Fisher
DEV	6	167.33	9.61	A	A
TOOL	6	67.5	4.23	B	B
N GEN	6	57.5	0.753	C	C
N ORIG	6	51.833	6.35	C	C

Cuadro 3 Comparaciones en parejas tuckey y LSD Fisher para Impedancia interna(mΩ)

SOURCE	N	Media	Agrupación Tuckey	Agrupación Fisher
DEV	6	48.98	A	A
TOOL	6	42.64	A	B
NGEN	6	31.72	B	C
NORIG	6	29.795	B	C

Cuadro 4 Comparaciones en parejas tuckey y LSD Fisher para temperatura promedio(°C)

Con esto se construye la clasificación de las baterías como lo propone el autor (Selamat & Nawawi, 2021) (Rallo, 2020) en 3 categorías:

Clase A: 3500-3000

Clase B: 2999-2200

Clase C: 2199- 1900

Residuos < 1899 o <50°C

Para comparar los resultados obtenidos en el experimento, se contrastan con los datos registrados en la base de datos de pruebas.

Con base a los resultados de la comparativa de medias, para la variable de respuesta de capacidad de descarga, existen diferencias significativas entre los grupos de celdas nuevas vs celdas recuperadas estas diferencias significativas permanecen en las variables de respuesta de impedancia interna y temperatura promedio. Cabe destacar que la media del grupo TOOL de las celdas se obtuvo una media de 2632mAh y NGEN una media de 2370, Celdas recuperadas obtienen mejor capacidad de descarga que celdas nuevas genéricas. Se estima que se obtuvo este resultado dadas las fuentes de obtención de cada celda. Por otra parte, en cuanto a los resultados de celda de Temperatura promedio Este grupo de celdas fue el que obtuvo mayores valores promedio, dadas las condiciones de trabajo normales de cada celda. Con esto se determina que a pesar de que las celdas del grupo Tool obtuvo mejores resultados en

capacidad de descarga, no se conserva estas diferencias significativas para el análisis de temperaturas. Los resultados obtenidos, se encuentran dentro del rango descrito dentro de lo que propone el autor (Hossain & Mody, 2017)

PROCESO PRODUCTIVO

Acorde al proceso descrito en la sección anterior, se describirá el proceso de manufactura. Como se muestra en la figura, se requieren 7 estaciones para el proceso: almacén, despiece, estación eléctrica, clasificación, empaque, almacén de residuos, almacén de producto terminado.

Almacén: En esta estación se guardan los paquetes completos de baterías recibidos, de diversas fuentes.

Despiece: Para los paquetes de baterías que estén ensamblados, se procede a retirar todos los elementos del chasis del paquete, pueden ser elementos plásticos, cubiertas metálicas, etc. Posterior a esto se procede a la desconexión del BMS, para poder separar cada una de las celdas de manera individual.

Estación eléctrica: en esta estación entran las celdas separadas, para su diagnóstico, se comprueba que el voltaje no esté por debajo de los 2.5v, las que no cumplan el requisito se desecharán. Las celdas que estén en buen estado se someten al banco de pruebas, en el cual se obtienen las características eléctricas: Capacidad de descarga, impedancia interna y temperatura de operación. Una vez analizadas se procede a etiquetar cada celda con sus características, así como número identificador.

Clasificación: Una vez identificadas cada celda se procede a separarlas según su clasificación: A, B, C, residuos. Las celdas que no cumplen los requisitos serán descargadas completamente para que puedan ser llevadas a una empresa de reciclaje de residuos. Cabe destacar que también serán clasificadas en función del formato de empaquetamiento de cada celda (formato cilíndrico 18650, 20700, prismático, etc.).

Empaque: En esta estación se procede al empaque de paquetes de celdas, en función del pedido que sea recibido en la empresa.

Almacén de producto terminado: Una vez empaquetadas las celdas se disponen a su espera para ser enviadas.

En la figura 3 se observan las 7 estaciones separadas y las tareas básicas que se llevan a cabo en cada una de ellas.

Con el anterior análisis se considera el precio por celda reutilizada toma en cuenta los costos energéticos y de herramental utilizado usando una amortización a 5 años. El precio de celdas nuevas se considera en precios al público mediante plataformas digitales

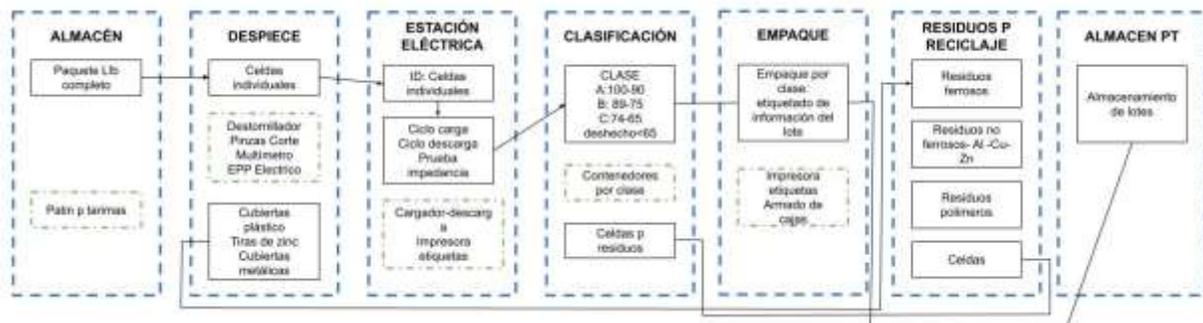


Figura 3 Diagrama de bloques del proceso productivo separado por estaciones.

Fabricante	Estado	Modelo	kWh	Costo(mxn)	Costo/kWh
LG	nueva	18650	0.0148	214	14459.45
Samsung	nueva	18650	13.6	197	14485.29
Panasonic	recuperada	18650	9.25	23	2486.48
LG	recuperada	18650	9.25	25	2702.70

Cuadro 5. Comparación de costo por kWh de distintas baterías en pesos mexicanos.

CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado se obtuvo que el porcentaje de celdas que pueden ser reutilizadas fuente de dispositivos electrónicos está dentro del rango propuesto por ((Nanyang technological university, 2020)). Los

beneficios de poner a disposición del público en general dispositivos certificados de almacenamiento de energía supone un incremento en el interés por crear proyectos que aprovechen estos recursos.

Se obtiene que el precio por kWh de un paquete de celdas reutilizadas puede significar el ahorro de hasta un 150% comparado con celdas nuevas.

La creación de este tipo de empresa se verá complementado con empresas dedicadas a reciclar los elementos químicos encontrados en este tipo de celdas, así como, empresas que se dediquen a la reparación de paquetes de batería para uso residencial, industrial y de movilidad.

Cabe destacar que la implementación del proceso contribuye a que salgan al mercado productos certificados en cuanto a la capacidad energética se refiere a pesar de que sean productos reutilizados. Y con esto surge un giro industrial escaso a nivel mundial pero que al presente ha resultado con ganancias económicas comprobadas, reducción de desechos sólidos y beneficio social para cada país en el que se ha implementado.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrose, H. (2020). Reuse and Recycling of Lithium-ion Batteries for Motor Vehicles. *Background information for the California lithium-ion battery recycling advisory group*. California: Union of concern Scientist.
- Bergveld, H. (2001). *BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS*. Eindhoven: niversity Press Facilities, Eindhoven.
- Catton, J., & Walker, S. (2019). Design and Analysis of the Use of Re-Purposed Electric Vehicle Batteries for Stationary Energy Storage in Canada. *MDPI Batteries*.
- Greenwood, D. (2018). Automotive Batteries 101. *WMG University of Warwick*, 24.
- Hardik Keshan, J. T. (2016). Comparison of Lead-Acid and Lithium Ion Batteries for Stationary Storage in Off-Grid Energy Systems. *ET Clean Energy and Technology*.
- Hossain, E., & Mody, J. (2017). A Comprehensive Review on Second-Life Batteries: Current State, Manufacturing Considerations, Applications, Impacts, Barriers & Potential Solutions, Business Strategies, and Policies. *Portland General Electric (PGE)*.
- König, A., & Nicoletti, L. (2021). An Overview of Parameter and Cost for Battery Electric Vehicles. *World Electr. Veh. J.*, 12-21.
- Li, J., Wang, Y., & Tan, X. (2017). *Research on the Classification Method for the Secondary Uses of Retired Lithium-ion Traction Batteries*. Retrieved from ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/>
- Ll., C. (2016). *Assessing Electric Vehicles Battery Second Life Remanufacture and Management*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Montes, T., & Etxandi-Santolaya, M. (n.d.). Procedure for Assessing the Suitability of Battery Second Life Applications after EV First Life. *Batteries 2022*, 8-122.
- Muhammad, U., & Ghulam, A. (2021). Characteristics of Battery Management Systems of Electric Vehicles with Consideration of the Active and Passive Cell Balancing Process. *World Electric Vehicle Journal*.
- Nanyang technological university. (2020). *Repurposing of lithium ion batteries*. Singapore: Singapore battery consortium.
- Pagliaro, M., & Meneguzzo, F. (2019). Lithium battery reusing and recycling: A circular economy insight. *Heliyon*, 7.
- Rallo, H. (2020). Second life batteries of electric vehicles: Analysis of use and management models. *Universidad Politecnica de Catalunya*.
- Saez, A., Martinez, E., & Stroe, D. (2021). Sizing study of second life Li-ion batteries for enhancing renewable energy grid integration. *IEEE*.
- Selamat, M., & Nawawi, Z. (2021). Comparison of Batteries Used in Electrical Vehicles. *Atlantis Highlights in Engineering*.
- Statista. (2022, febrero 3). *México: volumen de ventas de vehículos eléctricos e híbridos 2016-2021*. Retrieved from <https://es.statista.com/estadisticas/1114981/volumen-ventas-vehiculos-electricos-hibridos-mexico/>
- Tsiropoulos I., & Tarvydas, D. (2018). Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications. *Joint Research Centre*.
- Xianzhi, G., & Rui, X. (2015). Study of the Characteristics of Battery Packs in Electric Vehicles With Parallel-Connected Lithium-Ion Battery Cells. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS*.

Sistema Embebido de Visión Artificial para Seguimiento de Carril en un Vehículo Autónomo

Carlos Santiago Ramírez Gutiérrez¹, Dr. Luis Alberto Morales Hernández²,
Dr. Irving Armando Cruz Albarrán³

Resumen — Hoy en día, la detección de carriles dentro de los Sistema Avanzados de Asistencia al Conductor juega un papel de vital importancia para alertar al conductor cuando no se está dentro de estos o para realizar el control de un vehículo autónomo. El objetivo de esta investigación es la detección de líneas de carril para su aplicación en vehículos autónomos. El algoritmo dentro del sistema embebido incluye preprocesamiento de imagen, detección de bordes mediante Canny y validación de líneas con la transformada de Hough. Se realizaron pruebas bajo distintas perturbaciones, tanto de forma estática como en un vehículo autónomo a escala, los resultados evidencian una precisión de 83 % y un error de 17 %. Esto último, muestra la eficacia del algoritmo en líneas continuas, aunque con limitaciones en líneas discontinuas y condiciones adversas. La investigación contribuye a comprender las aplicaciones y limitaciones de la detección de carriles en entornos desafiantes.

Palabras clave—Vehículo Autónomo, ADAS, transformada Hough, carril.

Introducción

Los vehículos autónomos representan una innovación revolucionaria en varios campos, como en el transporte, generando un cambio en cómo se concibe y se experimenta la movilidad. Estos vehículos pueden ser capaces de moverse sin la intervención directa de un conductor humano. La autonomía se alcanza al incorporar elementos como sistemas avanzados de sensores, inteligencia artificial y *machine learning* para poder permitirle al vehículo interpretar el entorno que lo rodea, y así proveer apoyo como control de cruce adaptativo, detección de punto ciego, freno de emergencia, aviso de salida de carril (*LDW*), y el asistente de mantenimiento de carril. A este tipo de tecnología incluida dentro del vehículo se le conoce como Sistema Avanzado de Asistencia al Conductor, o *ADAS* por sus siglas en inglés (Antony y Whenish, 2021). De acuerdo con la SAE J3016, existen seis niveles de autonomía, que van desde el nivel 0 hasta el nivel 5, siendo el primero cuando solo hay características limitadas como alertas y asistencia momentánea, y el último cuando existe una autonomía completa, es decir, el vehículo puede ser capaz de manejar en cualquier condición sin la necesidad de la intervención de un conductor humano. Sin embargo, el nivel 5 solo existe teóricamente, y, por lo menos en Estados Unidos, solo se permite el uso comercial de vehículos autónomos de nivel 2, los niveles 3 y 4 no están aprobados debido a consideraciones de seguridad (Venkata y Ashwin, 2023).

La detección de carriles forma un papel fundamental en los *ADAS* y vehículos autónomos, debido a que estos dividen el camino para garantizar que los automóviles se conduzcan de manera segura. Ser capaz de detectarlos asegura que se mantengan en su posición asignada para evitar colisionar con otro vehículo (Zakaria et al., 2023). De ahí que, investigadores han abordado este tema de vital importancia, por ejemplo, Nandan Bangalore et al. 2019 muestran el procedimiento general para la detección de carril, dividiéndolo en tres segmentos principales, el preprocesamiento de la imagen, la detección del carril y el seguimiento del carril. Por otra parte, Kaur y Kumar (2015) mencionaron algunas de las técnicas usadas, tres de estas basadas en la transformada de Hough y una en el modelo HSI. Al final se resaltan algunos aspectos importantes, el primero es que la mayoría de las técnicas funcionan mejor con carriles rectos, y no con curvas; el segundo aspecto es que los métodos tienen una alta precisión con imágenes de buena calidad, pero se tienen resultados pobres en condiciones con lodo, neblina, ruido, polvo, entre otros. En relación con esto último Huang y Liu (2021) realizaron un trabajo con la finalidad de conocer cuáles son las limitaciones prácticas de algoritmos basados en la transformada de Hough en escenarios complejos, para esto se realizaron pruebas en distintas situaciones, como en carriles con lluvia, nieve, de noche, en un entorno urbano, entre otros; en este se menciona que el algoritmo funciona correctamente siempre y cuando las líneas de los carriles tengan un contraste lo suficientemente alto en relación a la superficie, pues la binarización de la imagen forma un papel fundamental en la obtención de los límites del carril. En relación con la curvatura de los carriles Dorj et al. (2020) propusieron un algoritmo para detectar carriles en curvas pronunciadas, para esto segmentaron la imagen de la cámara en dos regiones,

¹ Carlos Santiago Ramírez Gutiérrez estudiante de Ingeniería Electromecánica, con línea terminal en Mecatrónica, Universidad Autónoma de Querétaro, campus San Juan del Río México. cramirez43@alumnos.uaq.mx (autor corresponsal)

² Dr. Luis Alberto Morales Hernández. Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Querétaro, campus San Juan del Río México. luis.morales@uaq.mx

³ Dr. Irving Armando Cruz Albarrán. Profesor-Investigador, Universidad Autónoma de Querétaro, campus San Juan del Río, México. irving.cruz@uaq.mx

cercana y lejana, la primera se usa para detectar carriles rectos con la transformada de Hough y la segunda se usa para las curvas, utilizando el filtro de Kalman y la ecuación de la parábola. De manera similar, en el algoritmo propuesto por Pannu et al. (2015) se segmenta la imagen en tres regiones, posteriormente se obtienen las líneas de Hough y se comparan para poder predecir la forma del carril.

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un algoritmo de detección de carriles, basado en la transformada de Hough, que funcione en situaciones complejas. Para probar su funcionamiento se hace uso de videos y de un vehículo autónomo a escala 1:10. La metodología se conforma por el preprocesamiento de la imagen, detección del carril y, en el caso del vehículo a escala, el control del seguimiento del carril.

Metodología

En la figura 1 se muestra la metodología seguida para la implementación del algoritmo de detección de carriles. Se conforma por tres procesos, el preprocesamiento, la detección de carril, y el control de seguimiento. Para el primero se toma la imagen RGB adquirida por la cámara digital y se modifica la saturación de las marcas del carril, posteriormente se convierte a escala de grises, después se transforma en una imagen binaria para obtener la información más relevante, se filtra y se define la región de interés para eliminar la información irrelevante dentro de la imagen. Para la detección del carril se utiliza la detección de bordes de Canny y la transformada de Hough. Finalmente, este método se implementó y probó en un vehículo autónomo a escala.



Figura 1. Metodología seguida para el procesamiento de la imagen y la detección del carril.

Preprocesamiento de Imagen

Esta parte es esencial para reducir el ruido de la imagen y el tiempo computacional requerido. Se conforma de los siguientes pasos básicos:

Modelo de Color HSV. Es una transformación no lineal del espacio de color RGB, y se basa en tres parámetros, el primero es el *matiz H*, que va de 0° a 360° y corresponde a un color RGB, el segundo es la *saturación S*, representa la distancia al eje de brillo, y puede tomar un valor de 0 a 1, y el tercero es el *valor V* (López del Alamo et al., 2013).

Conversión de RGB a Escala de Grises. Las imágenes tomadas por la cámara son representadas generalmente por el espacio de color RGB, conformado al mezclar varias intensidades de rojo (R), verde (G) y azul (B) (Ecuación 1).

$$P_{RGB}(x, y) = \begin{Bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{Bmatrix} \quad (1)$$

donde $P_{RGB}(x, y)$ corresponde al píxel en RGB ubicado en la posición x, y , dentro de la imagen y $R(x, y), G(x, y)$ y $B(x, y)$ son sus componentes.

Debido a los distintos patrones de colores de la carretera, la imagen se convierte a escala de grises para reducir el tiempo computacional, debido a que se pasa de tener 3 canales por píxel a un único canal. Existen varios métodos para poder convertir la imagen, como el de luz, promedio y el de luminosidad, siendo este último el método más sofisticado, ya que da un peso distinto a cada color, por ejemplo, al color verde le da un mayor valor pues el ojo humano es más sensible a este (Biswas et al., 2011). La conversión de un píxel en RGB a escala de grises, considerando el método de luminosidad esta dado por la Ecuación 2:

$$P_{gris}(r, c) = 0.3R(r, c) + 0.59G(r, c) + 0.11B(r, c) \quad (2)$$

donde P_{gris} es el píxel en escala de grises resultante al considerar los valores de R, G y B del píxel ubicado en la posición x, y dentro de la imagen.

Filtrado. Para reducir el ruido se le aplica un filtro Gaussiano a la imagen en escala de grises, de esta forma se logra suprimir información contenida dentro de la imagen.

Selección de la región de interés ROI. La región de interés es la parte de la imagen que se desea procesar, la cámara puede capturar objetos que no son realmente necesarios, por lo que es necesario definir una región concreta, que elimine en su mayoría los elementos no deseados y mantenga los bordes del carril. Este se representa con una máscara binaria cuyos píxeles toman un valor de 1 (Bangalore et al., 2019). La máscara se puede crear considerando un polígono, en este caso se considera uno de cuatro lados (Figura 2), para formarlo es necesario conocer la ubicación de los cuatro píxeles que conforman los vértices del polígono. Existen varias maneras de obtener las coordenadas, si se usa *Python* es posible utilizar la librería *matplotlib*.



Figura 2. Máscara para mantener el contenido dentro de la región de interés.

Detección de Carril

Detección de Bordes. Los bordes se dan con un cambio en la intensidad de una imagen, su detección permite identificar los límites de un objeto. En el contexto de este trabajo, los límites de los carriles están definidos por el cambio brusco de intensidad entre las marcas del carril y la carretera, como se muestra en la Figura 3. Hay metodologías simples que permiten identificar bordes, como el método de Roberts o Sobel, sin embargo, la detección de bordes de Canny es más robusto, es decir, es menos propenso a ser afectado por el ruido de la imagen, debido a que utiliza dos umbrales distintos para detectar bordes intensos y débiles, en lugar de los otros métodos que solo utilizan un umbral (Mathworks, 2023).



Figura 3. Imagen con la detección de bordes de Canny aplicada.

Validación de líneas. Uno de los algoritmos más eficientes para la detección de líneas es la transformada de Hough, usado en líneas rectas. Estas pueden expresarse con dos variables, m y b (pendiente y ordenada al origen, en el sistema de coordenadas cartesiano) o r y θ (para el sistema de coordenadas polar). Un punto en el espacio puede ser intersecado por más de una línea, cada una tiene sus respectivos parámetros $m - b$ o $r - \theta$, dependiendo del sistema de coordenadas que se esté utilizando. Si hay más de un punto en el espacio, estos parámetros se grafican en el espacio de Hough, y para determinar qué línea define estos puntos, se considera el lugar donde se cruzan la mayoría de las líneas (Figura 4).

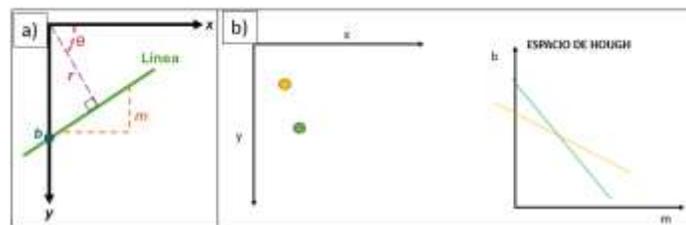


Figura 4. Representación gráfica de la transformada de Hough. a). Representación de la recta, b) Dos puntos graficados en el espacio de Hough.

Optimización. Hay veces en las que se detectan varias líneas juntas en lugar de una única línea. Una de las posibles soluciones es agrupar las líneas en función a sus pendientes, si tienen pendientes positivas se consideran líneas derechas, por otro lado, si su pendiente es negativa se considera una línea izquierda. Después de agruparlas se promedian los valores de las pendientes (m) y de las intersecciones (b), para obtener una sola línea para la derecha y para la izquierda, como se muestra en la Figura 5.

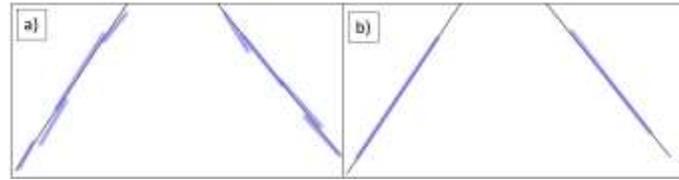


Figura 5. Proceso de optimización. a). Líneas detectadas antes de la optimización, b) Líneas detectadas después de la optimización.

Control para el Seguimiento del Carril (Vehículo autónomo)

Para realizar el control se toma como referencia el centro de la imagen, y para obtener la posición actual se toman los puntos inferiores de las líneas, izquierda y derecha, y se promedian sus coordenadas en x . Finalmente, con el punto de referencia y la posición actual se calcula el error, figura 6.

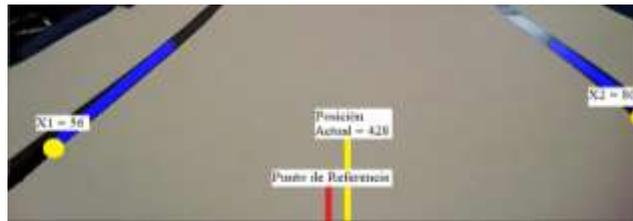


Figura 6. Parámetros considerados para el control de seguimiento del carril.

Resultados

En la figura 7 se muestra el resultado del procesamiento de la imagen en cada paso de la metodología, que consta de modificar la saturación en el espacio de color HSV, convertir la imagen de RGB a escala de grises, aplicar un filtro para reducir el ruido presente, definir la región de interés para conservar las zonas más relevantes, aplicar la detección de bordes, utilizar la transformada de Hough y una optimización para obtener las líneas del carril y finalmente, se aplica un control de seguimiento en el vehículo autónomo a escala. Es importante mencionar que, modificar la saturación de las líneas del carril permitió que durante el proceso de detección de bordes se obtuvieran unos resultados mejor definidos, mejorando así, la precisión; en otros casos permitió que líneas que no se encontraban en condiciones óptimas pudieran ser detectadas más fácilmente.

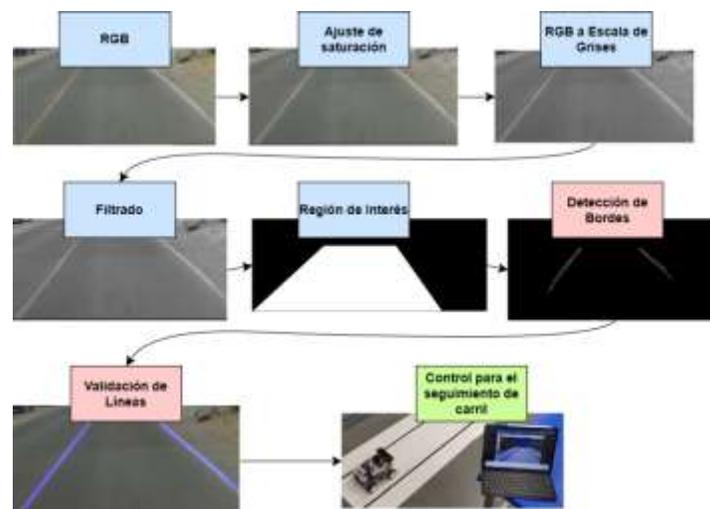


Figura 7. Resultados obtenidos para cada paso de la metodología.

Las pruebas se realizaron en distintas situaciones, en caminos con líneas continuas y discontinuas, con presencia de marcas en el suelo, como cruces peatonales, topes o sombras, así mismo, se tomaron muestras de noche, entre otras. En la figura 8 se muestran los resultados del algoritmo.

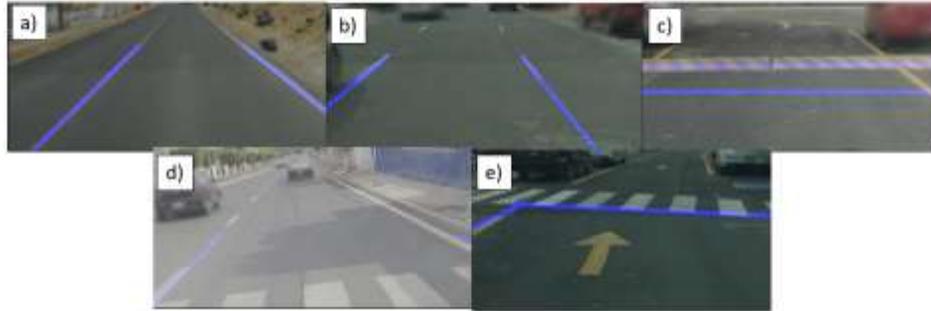


Figura 8. Resultados de pruebas del algoritmo en distintos escenarios, a) con líneas continuas, b) con líneas discontinuas, c) con topes, d) con sombras y d) con cruces peatonales.

El metodo también se probó en un vehículo autónomo, considerando carriles rectos, con curvas, y con líneas continuas y discontinuas, como se muestra en la figura 9. Con curvas muy cerradas se detectaba únicamente la línea externa del carril, para poder realizar el seguimiento se implementó un controlador para ajustar la posición angular del vehículo con base en la pendiente de la recta.



Figura 9. Pruebas realizadas con el vehículo autónomo. a) Pista de pruebas con líneas con perturbaciones, b) detección en carriles rectos, c) detección de curvas, d) detección con líneas discontinuas.

Durante las pruebas, se tomaron 42 muestras, en el 83% se pudo detectar correctamente el carril, es decir, solo hubo fallas en 7. De estas, en 5 se detectó una sola línea, y en el resto se detectaron dos de manera incorrecta. Los errores se debieron principalmente a que las marcas del carril no estaban correctamente pintadas, generando que en el caso de las líneas discontinuas existiera un espacio muy grande entre cada segmento. En las muestras que se detectaron erróneamente las líneas fue porque era un cruce peatonal o un tope. En las figuras 10 se muestran las gráficas de los resultados y el valor real de las pendientes por cada muestra, para las rectas izquierda y derecha.

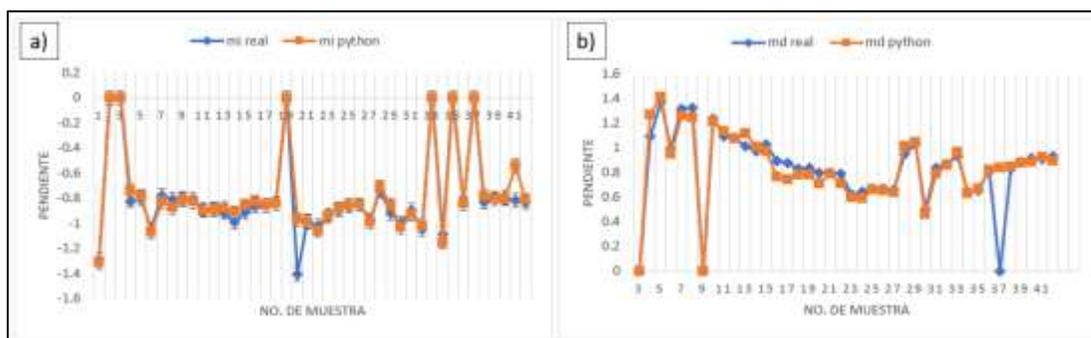


Figura 10. Gráficas de resultados. a) Pendientes para la recta izquierda (m_i), b) pendientes para la recta derecha (m_d).

Finalmente, en la figura 11 se muestra el error porcentual de las rectas que se detectaron correctamente. Se obtuvo un error promedio de 4.7705% para la línea izquierda y de 4.8913% para la derecha.

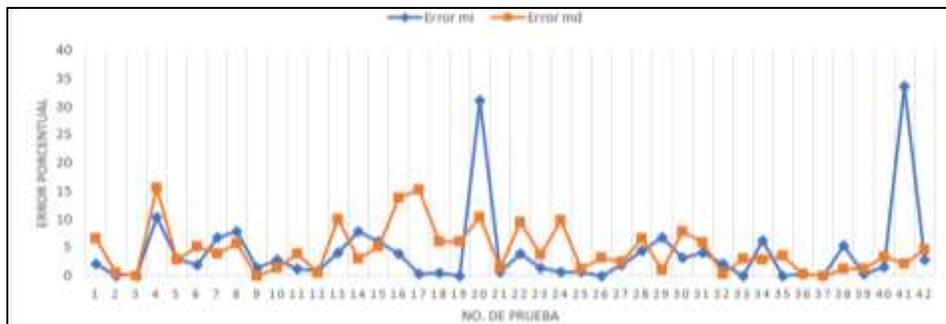


Figura 11. Gráfica del error porcentual obtenido para cada muestra, *mi* se refiere a la pendiente izquierda y *md* a la derecha

Conclusiones

En el presente trabajo se muestra un método para la detección de líneas de carril para aplicación en vehículo autónomo a escala, basado en procesamiento de imágenes y transformada Hough. Los resultados que se obtuvieron fueron buenos, con una precisión del 83% y un error del 17%. Tras la implementación se pudieron observar los siguientes puntos de interés: a) Modificar la saturación de las imágenes para resaltar los colores de las líneas del carril permitió aumentar la probabilidad de detectarlas correctamente, sin embargo, no funciona en todas las situaciones, pues en algunos casos las marcas se encuentran en mal estado, generando que sea complicado modificar sus tonos; b) Definir correctamente la región de interés es muy importante para una detección adecuada, pues si no se hace correctamente es posible establecer una zona en la que no siempre pasen las líneas, también es debido a esto que los cruces peatonales, u otras marcas, alteran el resultado, incluso si un automóvil cercano llegará a entrar dentro de la región de interés las lecturas también se pueden ver afectadas y, c) Aunque en la mayoría de las situaciones el proceso de filtrado ayuda a mejorar la identificación de líneas, pues elimina el ruido en imágenes con poca iluminación o con sombras, este puede afectar la medición si las marcas del camino se encuentran muy despiñadas. En futuros trabajos se buscará mejorar el algoritmo para reducir los problemas causados por cruces, topes u otros objetos ajenos al carril, así como, mejorar la detección en zonas con poca iluminación.

Referencias

- Antony, M.M., y Whenish, R. "Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)," *Automotive Embedded Systems*, 2021, 165 – 181.
- Bangalore, N., Gong, J., Zhou, H., Bi, D. Lan, J. y Qie, L. "An Overview of Recent Progress of Lane Detection for Autonomous Driving," *2019 6th International Conference on Dependable Systems and Their Applications*, 3 de enero de 2020.
- Biswas, D., Nag, A., Gosh, S., Pal, A. Biswas, S. y Banerjee, S "Novel Gray Scale Conversion Techniques Based on Pixel Depth," *Journal of Global Research in Computer Science* (en línea) , Vol. 2, No. 6, 2011, 118-121.
- Dorj, B., Hossain, S. y Lee D.J "Highly Curved Lane Detection Algorithms Based on Kalman Filter," *Applied Sciences*, Vol. 10, No. 7, 2020, 1-22.
- Huang, Q. y Liu, J. "Practical limitations of lane detection algorithm based on Hough transform in challenging scenarios," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 1, No. 13, 2021, 1 - 13
- Kaur, G. y Kumar, D. "Lane Detection Techniques: A Review," *International Journal of Computer Applications*, Vol. 112, No. 10, 2015, 4 – 8.
- López del Alamo, C.J., Fuentes, L., Romero, C., y Ramos, W. "A novel approach for image feature extraction using HSV model color and filters wavelets," *2013 XXXIX Latin American Computing Conference (CLEI)*, 7 de octubre de 2013.
- Mathworks "Detección de Bordes" *MathWorks* (en línea), 2023, consultada por Internet el 16 de febrero del 2024. Dirección de internet: <https://la.mathworks.com/help/images/edge-detection.html>.
- Pannu, G., Ansari, M. y Gupta, P. "Design and Implementation of Autonomous Car using Raspberry Pi" *International Journal of Computer Applications*, Vol. 113, No. 9, 2015, 22 – 29.
- Rahul Kosuru, V. y Kavasseri Venkitaraman, A. "Advancements and challenges in achieving fully autonomous self-driving vehicles," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, Vol. 18, No. 01, 2023, 161-167
- Zakaria, N., Shapiai, M., Abd Ghani, R., Mohd, M, Ibrahim, M, y Wahid, N. "Lane Detection in Autonomous Vehicles: A Systematic Review," *IEEE Access*, Vol. 11, 2023, 3729 – 3765.

Efecto de la Adición de Nanopartículas de TiN en Revestimientos Base Ni-Cr-B sobre Acero D2 Procesados por Plasma Transferido por Arco: Evaluación Mecánica y Tribológica

Ing. Rico Cervantes Juan Manuel¹, Dr. Héctor Manuel Hernández García²,
Ph. D. Muhammad Naeem³, Dr. Juan Carlos Díaz Guillén⁴, Dra. Rita Muñoz Arroyo⁵, Dr. Felipe Alejandro Hernández García⁶

Resumen— En este trabajo se estudiaron los efectos de la adición de 0.03% y 0.05% de nanopartículas de TiN en el metal de aporte Ni-Cr-B para obtener revestimientos por plasma transferido por arco (PTA). El módulo elástico del revestimiento con 0.05% de TiN tuvo un alto valor de 187 GPa. medido por nanoindentación. Mientras que, en los revestimientos sin TiN fue de 113 GPa. Comparativamente, el mejor desempeño tribológico se observó en el revestimiento con 0.05% de TiN, obteniéndose una pérdida volumétrica de 0.40 mm³ bajo una carga de 6 N evaluada por Pin-on-Disk, debido a la combinación del refinamiento microestructural y adición del TiN. En contraste, el revestimiento sin TiN presentó una mayor pérdida volumétrica de 0.90 mm³. Los revestimientos compuestos son factibles de aplicar en la rehabilitación de componentes de la industria minera o de la construcción.

Palabras clave—Nanopartículas, Nitruro de titanio, PTA, Tribología, Nanoindentación.

Introducción

El proceso de plasma transferido por arco (PTA), es una técnica para la rehabilitación de componentes metálicos que están sujetos a fricción con otros materiales de la industria minera y de la construcción, y de esta forma reducir costos por reemplazo. Este proceso tiene la ventaja de depositar altas tasas de polvo metálico sobre sustratos metálicos para obtener revestimientos con mayor espesor, así como mejorar la resistencia al desgaste. Se han estado obteniendo revestimientos compuestos de matriz metálica base níquel y cobalto a partir de la adición de partículas cerámicas o polvos nanoestructurados con materiales grafénicos/metales de transición que han sido estudiados por H. M. Hdz-García et. al (2020). Básicamente, el PTA es empleado para depositar una serie de cordones de soldadura a partir de un metal de aporte en forma de polvo metálico, con el fin de obtener un revestimiento sobre la superficie de una pieza metálica. Este proceso de tratamiento superficial funde un polvo metálico a través de un arco transferido, el cual permite soldarse por fusión-solidificación sobre la superficie. La nanoestructuración permite mejorar las propiedades mecánicas y de desgaste como es reportado en el estudio llevado a cabo por J Molina Claros et al. (2017) donde emplearon mezclas de metal de aporte base Ni con la adición 0.5, 1 y 2% de nanopartículas de WC sobre un acero ASTM A36. En estudios llevados a cabo por Xinghua Zhang et al. (2013) sugieren que las partículas cerámicas de TiC inmersas en los revestimientos mejoran las propiedades mecánicas, así mismo obtuvieron una alta relación resistencia/peso, con un incremento máximo en el valor de la dureza de 90 Rockwell A. Además, el incremento del 50% de TiC mejora la resistencia de desgaste a altas temperaturas debido a la formación combinada de capas de óxido de hierro y titanio. En otro estudio de investigación llevado a cabo por D. Yung, et. al (2017), se establece que la adición de TiC en revestimientos sobre acero inoxidable austenítico forma una fase intermetálica entre la interfaz de la matriz y carburos, que provee una mejora a la resistencia al desgaste. Mohammed Mohaideen (2016) reporta la resistencia al desgaste del revestimiento con Stellite 6 en un acero inoxidable, formándose una gran cantidad de carburos. que incrementan la dureza, resistencia a la corrosión a alta temperatura. En este sentido, se plantea la adición de nanopartículas de TiN para estudiar los efectos mecánicos y tribológicos de los revestimientos obtenidos por PTA.

Metodología

Procedimiento de preparación metalográfica de las muestras sin y con revestimientos

En esta sección se describe a detalle la preparación metalográfica de las muestras. Se cortaron muestras empleando una cortadora marca Struers modelo Discotom-10 con refrigeración, el tipo de disco de corte utilizado fue

¹ Ing. Juan Manuel Rico Cervantes es estudiante de maestría en COMIMSA, Saltillo, Coahuila. juan.rico@alumnos-comimsa.mx

² Dr. Héctor Manuel Hernández García es Profesor Investigador en COMIMSA, Saltillo, Coahuila. hmanuelhdz@comimsa.com

³ Ph.D. Muhammad Naeem es Profesor Investigador en Women University of Azad Jammu and Kashmir, Bagh, Pakistan. mnaeem@wujk.edu.pk

⁴ Dr. Juan Carlos Díaz Guillén es Profesor Investigador en CONAHCYT-COMIMSA, Saltillo, Coahuila. jcarlos@comimsa.com

⁵ Dra. Rita Muñoz Arroyo es Profesora Investigadora en Universidad Autónoma de Coahuila, Arteaga, Coahuila. munoz.r@uadec.edu.mx

⁶ Dr. Felipe Alejandro Hernández García es Posdoctorante en CINVESTAV-Querétaro, Juriquilla, Querétaro. hdez.alejandro@gmail.com

de SiC marca Struers 20A25. Posteriormente, los cortes se biselaron sobre una lija de granulometría 80 adherida en un disco giratorio. Biseladas las muestras, se llevó a cabo la etapa del desbaste usando lijas de granulometrías de 80 a 800 Grit que estaban adheridas sobre discos giratorios. Después se pulieron a espejo con paños microcloth impregnados de pasta de diamante de granulometría de 1 μm . En la etapa del revelado de las microestructuras, el acero D2 se le reveló por inmersión usando el reactivo químico Nital 5 por 3 s. En el caso de los revestimientos, se llevó a cabo un ataque electrolítico preparando una mezcla de reactivos químicos: 4 ml de HNO_3 , 5 ml de H_2SO_4 y 10 ml de H_3PO_4 que se vertieron en una vasija de acero inoxidable conectada a una fuente de poder. En este caso se empleó 3 V y 5 A por 3 s para revelar la microestructura. En ambos casos, después del revelado microestructural se pasó a la etapa de limpieza colocando la muestra bajo un flujo de agua del grifo y, mediante frotamiento con un algodón impregnado de alcohol se secaron bajo un flujo de aire. Finalmente, todas las muestras se inspeccionaron bajo diferentes aumentos en un microscopio óptico de platina invertida marca Nikon modelo MA200.

Caracterización de la materia prima por microscopía electrónica de barrido (MEB-EDS)

En el caso del polvo de nanopartículas de TiN se adquirieron tamaños de $\sim < 80$ nm de la marca SkySpring Nanomaterials, Inc. Ambos polvos se inspeccionaron en un equipo de microscopía electrónica de barrido marca TESCAN, modelo MIRA-3 con un detector EDS para realizar análisis químico de área.

Mezcla del metal de aporte base Ni (Ni-Cr-B) con nanopartículas de TiN

Se emplearon dos tarros de alúmina de 750 ml para llevar a cabo las mezclas. Posteriormente, se pesaron por separado 350 g del metal de aporte base Ni y, se vertieron 0.03 y 0.05 % de TiN por separado, con el fin de llevar a cabo la mezcla. El tarro con la mezcla se posicionó sobre rodillos giratorios de caucho a 150 rpm por 24 h con el objetivo de obtener una mejor incorporación del TiN entre el metal de aporte y, que parte se impregne sobre las superficies de las partículas metálicas del metal de aporte. Posteriormente, los polvos se pasaron y cribaron en un equipo de vibración empleando un tamiz final malla No. 60 ASTM E (250 μm) para evitar aglomeraciones de partículas.

Medición del módulo elástico por nanoindentación del metal base (acero D2)

La medición del módulo elástico se llevó a cabo en un equipo de nanoindentación marca Rtec empleando una carga de 100 mN usando un tiempo de carga de 10 s y un tiempo de permanencia de 2 s. El material de la punta del indentador es de diamante y es de tipo Berkovich de forma piramidal tetragonal. Cabe mencionar que los valores de los módulos elásticos se emplearon para fines comparativos con los revestimientos nanoestructurados de TiN.

Parámetros para procesar revestimientos sin y con TiN por PTA

Se aplicaron cinco cordones adyacentes entre ellos, con el fin de cubrir completamente el área del acero D2 a revestir. En este sentido, los parámetros para obtener los revestimientos por PTA son resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros empleados para obtener los revestimientos por PTA

PARÁMETROS	VALORES
Amperaje para el base Ni (A)	100
Amperaje para los revestimientos Ni+TiN3 y Ni+TiN5(A)	120
Voltaje para el base Ni (V)	22.7
Voltaje para los revestimientos Ni+TiN3 y Ni+TiN5 (V)	23.6
Flujo de gas protección (L/min)	3.77
Flujo de gas plasma (L/min)	2.5
Tasa de alimentación del metal de aporte (g/min)	2.6 - 3.3
Velocidad de avance para el base Ni de forma manual (mm/s)	2.83

Prueba tribológica de pin on disk y caracterización de las huellas por técnicas de microscopía en revestimientos sin y con TiN

La prueba pin-on-disk se llevó a cabo según la norma ASTM G99-17 (2017), en condiciones secas y sin aditivos. En un equipo Anton Paar modelo TRN con los parámetros de la Tabla 2, utilizando una bola de alúmina de radio de 3 mm como contraparte.

Tabla 2. Parámetros para la prueba de desgaste Pin on Disk

Carga (N)	Distancia (m)	Radio de huella (mm)	Velocidad (cm/s)
1	1000	6	10
3		5	
6		3	

Discusión de los resultados

La Tabla 3 resume la composición química del acero D2 reportada por la ficha técnica del proveedor. Se observa un contenido de carbono de 1.29 % e.p. que permite designar este acero como de alto carbono. Así mismo, se aprecia un alto contenido de cromo (Cr) de 12.1 % e.p. que se adiciona como aleante al acero para formar carburos tipo $C_{23}C_6$, principalmente. Otros elementos químicos de aleación se detectaron en pequeños contenidos como lo son: 0.755 % e.p. de vanadio (V), 0.662 % e.p. de molibdeno (Mo) y 0.292 % e.p. de manganeso (Mn). En este caso, el V y el Mo son formadores de carburos, sin embargo, el Mo juega un rol importante en la templabilidad del acero y, el V eleva la resistencia a la tensión por precipitación de carburos de alta estabilidad térmica (VC) como es reportado por G. Thewlis (2017). Mientras el Mn, es un elemento que endurece el acero por solución sólida para mejorar la tenacidad. El Si, es un elemento químico de aleación que contribuye a la desoxidación del acero durante el procesamiento. Además, mejora la dureza del acero a través de solución sólida en la ferrita. La ficha técnica del metal de aporte reporta la composición química y la dureza del polvo metálico base NiCrB marca Durum (Tabla 4).

Tabla 3. Composición química en % e.p. del acero D2.

Fe	Cr	C	V	Mo	Si	Mn
84.37	12.1	1.29	0.755	0.662	0.531	0.292

Tabla 4. Composición química en % e.p. y dureza en escala Rockwell C del metal de aporte de la ficha técnica.

Metal de aporte	Ni	Cr	Fe	Si	C	B	Dureza
NiCrB	78.0	10.0	4.0	3.0	2.5	2.5	40-48

Descripción y análisis de las nanopartículas de TiN por microscopía electrónica de barrido (MEB) y espectroscopía de energía dispersiva (EDS)

En la Figura 1 se aprecian nanopartículas de nitruro de titanio (TiN) de morfologías irregulares formando aglomerados entre ellas. El tamaño promedio de las nanopartículas de TiN medidas de forma aleatoria se resumen en la tabla de la Fig. 1. Se aprecia a detalle una mayor cuantificación del Ti y menores contenidos de C y N. Se postula que el C es una impureza.

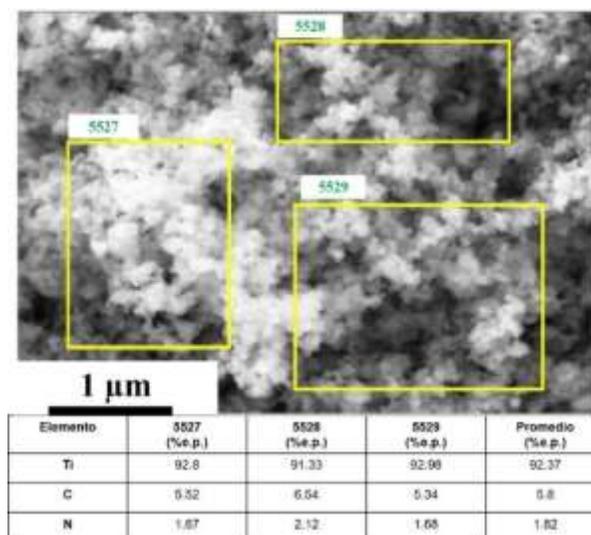


Figura 1. Micrografía y tabla del análisis químico de nanopartículas de TiN caracterizado por MEB-EDS.

Análisis de los revestimientos sin nanopartículas de TiN

En la Figura 2 (a-b) se muestran microestructuras del revestimiento Ni-Cr-B bajo diversas ampliaciones por microscopía óptica. Se aprecia a detalle una microestructura fina dendrítica en el revestimiento con diferentes direcciones de crecimiento, que indica la extracción del calor, así como las fuerzas de arrastre del charco de soldadura (Fig. 2-a).

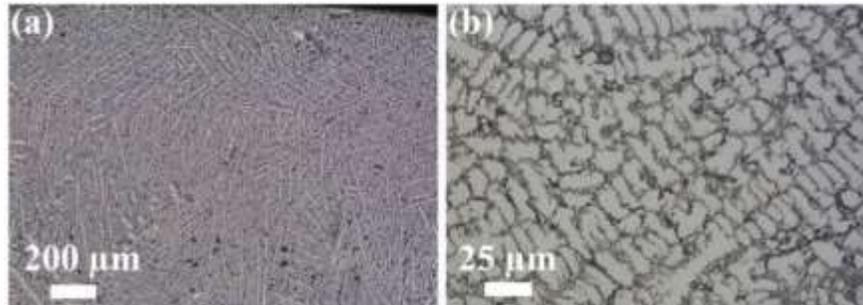


Figura 2. a) Microestructura dendrítica del revestimiento NiCrB (muestra Ni) y b) Alta ampliación de formación de compuestos entre los espacios interdendríticos del revestimiento NiCrB.

Identificación de las principales zonas en las microestructuras de los revestimientos compuestos.

En la Figura 3 (a-b) se identifican tres zonas etiquetadas como REV (revestimiento), ZAC (zona afectada por el calor) y MB (metal base), así como una franja de una zona parcialmente fundida (ZPF). Comparativamente, el ancho de la franja de la ZPF de la muestra Ni+TiN3 (que contiene 0.003% de NP's de TiN) es de 0.085 mm, que es mayor a la ZPF de la muestra Ni+TiN5 que tiene un ancho de 0.067 mm. Lo anterior indica un posible efecto del modo de enfriamiento para la muestra Ni+TiN3 (contiene 0.003% de NP's de TiN), ya que es consistente con el ancho de la ZAC con un valor de 0.438 mm, que es casi el doble del ancho de la ZAC de la muestra Ni+TiN5 (Fig. 3b). Es importante mencionar que la muestra Ni+TiN5 se enfrió dentro una caja refractaria. Mientras tanto, a altas ampliaciones se observa una solidificación en el REV con mayor fracción líquida en la muestra Ni+TiN5, ya que se aprecian mayores espacios interdendríticos comparados con el REV de la muestra Ni+TiN3 que se tardó en colocar dentro de un refractario cubierto con cal calcinada y colcha cerámica (Fig 3 (a-b)).

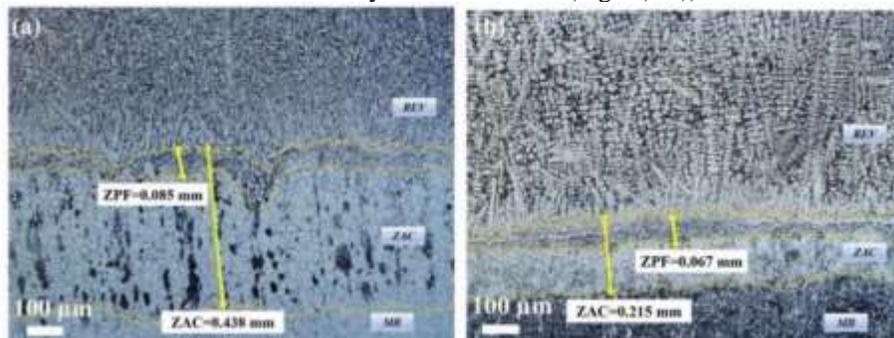


Figura 3. Micrografías de las zonas identificadas de los revestimientos con adición de TiN: a) Muestra Ni+TiN3 y b) Muestra Ni+TiN5.

En la Tabla.5 se resume el promedio del porcentaje de dilución calculado a partir de las mediciones de los revestimientos sin y con adición de TiN. En el caso del revestimiento base Ni-Cr-B tiene un menor porcentaje de dilución de 42%. Con base a los parámetros de la Tabla 1 y la ecuación (1) se determinó una entrada de calor de 802.12 J/mm. Mientras que en el caso de los revestimientos compuestos con adición de 0.03% (Ni+TiN3) y 0.05% (Ni+TiN5) se calculó una entrada de calor de 1000.70 J/mm. Comparando las entradas de calor, se deduce que este al ser depositado en los revestimientos compuestos se suministra en mayor grado al adicionar el TiN. No obstante, el modo de enfriamiento contribuye a obtener un valor menor del ancho de la ZAC de 0.215 mm en la muestra Ni+TiN5.

$$Q = \frac{VI}{v} \dots \dots \dots (1)$$

Donde Q es la entrada de calor (J/mm); V es el voltaje (Volts); I es la corriente (A) y v es la velocidad de avance (mm/s).

Tabla Error! No text of specified style in document.. Porcentaje de dilución promedio de los revestimientos.

REVESTIMIENTO	DILUCIÓN (%)
Ni	42.0±1.0
Ni+TiN3	55.3±0.2
Ni+TiN5	43.0±0.5

Determinación de las propiedades mecánicas elásticas por la técnica de nanoindentación

En la Tabla 6 se muestran los valores de los módulos elásticos medidos por la técnica de nanoindentación. Se observa que el incremento de contenido de NP's de TiN, incrementa la propiedad elástica debido a una mayor cantidad de TiN que actúa como un reforzamiento de la matriz de Ni. En contraste, sin la adición del TiN los revestimientos procesados sin y con 0.003% TiN tienen menores valores de 113 GPa y 123 GPa, respectivamente.

Tabla 6. Módulos elásticos medidos por nanoindentación

Muestra	E (GPa)
Metal base	95
Revestimiento Ni-Cr-B	113
Revestimiento Ni+TiN3	123
Revestimiento Ni+TiN5	187

Determinación de la pérdida volumétrica medida por la técnica de Pin on Disk.

Las pérdidas volumétricas en esta sección se calcularon empleando la Norma ASTM-99, con la ecuación (2).

$$V = \frac{\pi(r_h)(w_h)^3}{6(r_s)} \dots \dots \dots 2$$

Donde V, es el volumen perdido (mm³); r_h, radio de la huella (mm); w_h, ancho de la huella (mm³) y r_s, el radio de la esfera del pin (mm).

En la Figura 4 se muestra el gráfico de barras de la pérdida volumétrica de las superficies de las muestras MB, Ni, Ni+TiN3 y Ni+TiN5. Comparativamente, se aprecia que la muestra MB presenta mayores pérdidas volumétricas en función del incremento de la carga de 1N, 3N y 6N (Fig. 4). La aplicación del revestimiento de Ni-Cr-B (muestra Ni) presenta una ligera mejora en la pérdida volumétrica, no obstante, no es relativamente resistente al desgaste en comparación con los revestimientos compuestos reforzados con TiN, ya que es notable la disminución de la resistencia al desgaste bajo cargas de 6 N de ~ 0.9 mm³. La adición de 0.003% de TiN al metal de aporte (Ni+TiN3) para obtener un revestimiento compuesto presenta un incremento en la resistencia al desgaste a 6 N alcanzando una pérdida volumétrica de ~ 0.46 mm³ debido a un efecto combinado del refinamiento dendrítico y el TiN. En el caso del Ni+TiN5 tiene una pérdida de 0.40 mm³ debido al mayor espaciado dendrítico y sólo actúa el efecto del TiN.

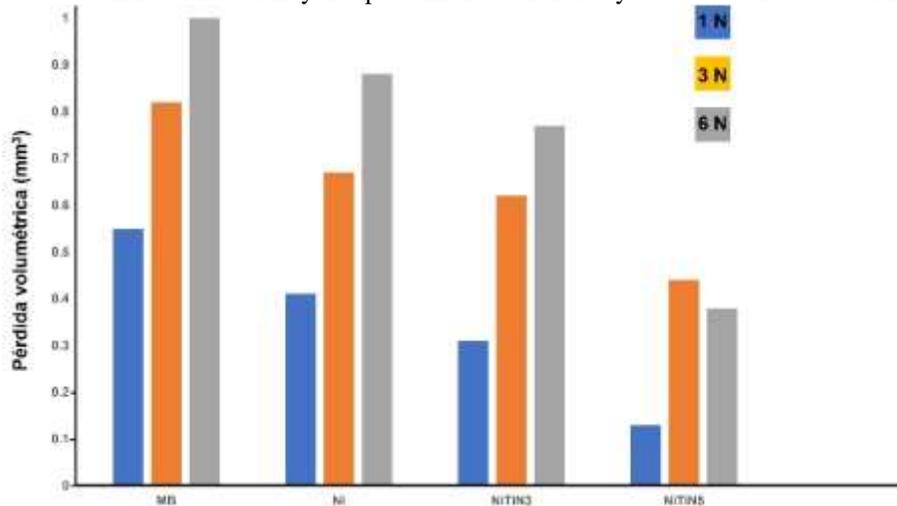


Figura 4. Gráficos de barras de la pérdida volumétrica aplicando cargas de 1, 3 y 6 N sobre los revestimientos evaluados por pin on disk: metal base (MB), Ni-Cr-B (Ni), Ni+TiN3 y Ni+TiN5

Conclusiones

- 1) El control del modo de enfriamiento permite disminuir la dilución y reducir el ancho de la ZAC debido a que ralentiza la difusión de los átomos sustitucionales del MB hacia el revestimiento y viceversa como se analizó para la muestra Ni+TiN5.
- 2) La muestra Ni+TiN3 tiene un valor de elástico de 123 GPa debido al refinamiento de la microestructura, así mismo tiene un mayor ancho en la ZAC de 0.438 mm debido a la alta velocidad de enfriamiento.
- 3) La muestra Ni+TiN5 tiene mejor desempeño de resistencia al desgaste con una pérdida volumétrica de $\sim 0.4 \text{ mm}^3$ a 6 N debido a efecto del contenido de 0.005% de TiN y mayor valor del módulo elástico de 187 GPa.

Referencias

- ASM-Handbook, "Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose. ASM International," ASM-Handbook, vol. 2, 1990.
- ASTM G99, "Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus," ASTM International, vol. 14, no. 2016, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1520/G0099-17.Copyright.
- D. Yung, A. Zikin, I. Hussainova, H. Danninger, E. Badisch, and A. Gavrilovic, "Tribological performances of ZrC-Ni and TiC-Ni cermet reinforced PTA hardfacings at elevated temperatures," *Surf Coat Technol*, vol. 309, 2016, pp. 497–505, 2017, doi: 0.1016/j.surfcoat.2016.11.099.
- G. Thewlis, "Classification and quantification of microstructures in steels". *Mater. Sci. and Techno.*, vol. 20, 2004, pp. 143–160.
- H. M. Hdz-García, R. Muñoz-Arroyo, M. Alvarez-Vera, A. Bahrami, A.I. Mtz-Enriquez, J.C. Díaz-Guillen, F.A. Hernández-García, J.L. Acevedo-Dávila, L. Santiago-Bautista. Wear resistance of graphenic-nickel composite coating on austenitic stainless steel. *Mater. Letters*, 281, 2020, 128769.
- J. Molina-Claros et al., "Characterisation of PTA processed overlays without and with WC nanoparticles," *Surf. Engin.*, vol. 33, no. 11, pp. 857–865, 2017, doi: 10.1080/02670844.2017.1323442.
- M. Mohaideen, Ferozhkhan, et. al. "Plasma Transferred Arc Welding of Stellite 6 Alloy on Stainless Steel for Wear Resistance". *Procedia Technology*, 25, 2016, 1305–1311.
- X. Zhang et al., "High temperature wear resistance of Fe-28Al-5Cr alloy and its composites reinforced by TiC," *Tribol Int*, vol. 61, 2013, pp. 48–55, doi: 10.1016/j.triboint.2012.12.005.

Notas Biográficas

El **Ing. Juan Manuel Rico Cervantes** es estudiante de posgrado de COMIMSA-Salttillo, en Saltillo, Coahuila, México. Estudió ingeniería en Materiales con especialidad en metalurgia y aceración de la Soldadura en el *Instituto Tecnológico de Morelia*, Morelia, Michoacán, México. Realizó sus prácticas profesionales en el Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales en la evaluación de la obtención y análisis de grafeno por métodos mecánicos de molienda.

El **Dr. Héctor Manuel Hernández García**. es profesor-investigador en COMIMSA. El Dr. obtuvo la maestría y doctorado en ciencias de la metalurgia y cerámica por el Cinvestav-Salttillo. Tiene diversas publicaciones en aplicaciones de la nanotecnología en procesos de soldadura y en otras temáticas. Actualmente, tiene distinción en el SNII nivel 2.

El **Dr. Muhammad Naem** es Profesor Asistente de Física en la Women University of Azad Jammu and Kashmir en Bagh, Pakistan. Es doctor en filosofía por la Quaid-Azam University en Islamabad Pakistan (2017). Ha publicado diversos artículos científicos en revistas internacionales indizadas relacionadas con física de plasmas e incremento en propiedades superficiales de materiales metálicos.

El **Dr. Juan Carlos Díaz Guillén** es Profesor Investigador en la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales en Saltillo Coahuila, México. Es doctor en ciencia de materiales por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. Unidad Chihuahua México (2012). Cuenta con diversas publicaciones en revistas científicas internacionales en tópicos relacionados con la ingeniería de superficies.

La **Dra. Rita Muñoz Arroyo** es profesora-investigadora en la Universidad Autónoma de Coahuila, facultad de Sistemas en Arteaga, Coah. La Dra. tiene maestría y doctorado en ciencias de la metalurgia y cerámica por el Cinvestav-Salttillo. Tiene diversas publicaciones. Actualmente, estudia temáticas de aleaciones de Al-Li/Grafeno, además, tiene distinción en el SNII nivel 1.

El **Dr. Felipe Alejandro Hernández García** está realizando una estancia posdoctoral en el Cinvestav-Querétaro y tiene doctorado en Ciencias de los Materiales del Cinvestav-Querétaro. Sus publicaciones abordan temáticas del uso de películas delgadas y desarrollo de revestimientos nanoestructurados.

La Necesidad de una Norma Oficial Mexicana para la Evaluación de la Ventilación en Espacios Laborales en México

Dr. Carlos Alberto Rivera Vergara¹, Dra. Virginia García Pinedo²,
M.A. Elsa Michelle Contró Esparza³, M.C. Rodolfo Nájera Sánchez⁴, MA. Héctor Manuel Rada Ríos⁵

Resumen—Los sistemas de ventilación industrial son cruciales para el confort y rendimiento de los trabajadores. Una ventilación inadecuada puede generar problemas de temperatura y humedad, impactando negativamente en la salud de los trabajadores. Actualmente no existe una norma que supervise la ventilación en interiores, es por eso, por lo que se llevó a cabo una revisión sistemática de las regulaciones de ventilación en los lugares de trabajo en México, aplicando criterios de inclusión específicos para la LFT, RFSST, las NOM STPS y las NOM SS. Los hallazgos revelan que la falta de oxígeno y el aumento de humedad debido a la ventilación mecánica controlada pueden causar problemas. Finalmente, se identificó la carencia en México de una normativa específica que regule las condiciones de ventilación en los lugares de trabajo. Dentro de las conclusiones y discusiones, se observa la necesidad de crear una normativa específica que evalúe la humedad, temperatura y velocidad del aire, con el objetivo de minimizar los riesgos de enfermedades profesionales.

Palabras clave—Salud y Seguridad Ocupacional, Riesgos Laborales, Sistemas de Ventilación Industrial, Regulaciones de Ventilación Interior en Centros de Trabajo, Normas Oficiales Mexicanas, Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Introducción

En los últimos años, el área de seguridad industrial ha experimentado un notable auge en las industrias de todo el mundo. A pesar de estos esfuerzos, todavía existen muchas áreas de oportunidad para mejorar las condiciones laborales de los trabajadores en la mayoría de los países (*Organización Internacional del Trabajo*, s. f.).

Los sistemas de ventilación industrial están estrechamente relacionados con el confort y la comodidad de los trabajadores. Cuando la ventilación es inadecuada, el rendimiento de los trabajadores disminuye con el paso de las horas (Echeverri Londoño, 2011). Además, la mala ventilación puede provocar problemas como fluctuaciones de temperatura, pérdida de energía, corrientes de aire descontroladas, humedad excesiva e incluso sobrecalentamiento (S&P, 2021).

El impacto en la salud de los trabajadores es de suma importancia, pero también debemos considerar que una mala ventilación puede tener consecuencias económicas para la empresa. Cuando la ventilación es inadecuada, el rendimiento de los trabajadores disminuye, lo que afecta los indicadores de producción y productividad (Guerrero & Barrios, 2007). Además, el manejo deficiente de la ventilación podría ser una causa potencial de la generación de desechos o scrap (F. Vargas Marcos & Gallego Pulgarín, 2005), ya que el confort del trabajador se vería comprometido. En conjunto, esto puede crear un ambiente laboral negativo, tanto física, como emocional, e incluso económicamente, al no lograr los objetivos deseados (Guerrero & Barrios, 2007).

En la actualidad, con la diversificación de empresas y la complejidad de sus operaciones y procesos, se utilizan nuevas sustancias y diversos productos químicos (Vargas Marcos, 2005), muchos de los cuales son altamente tóxicos no solo para los seres humanos, sino también para todos los seres vivos del planeta. Esto puede dar lugar a la emisión de contaminantes a la atmósfera en forma de gases, vapores o partículas (aerosoles), incluso cuando están dispersos, alcanzando concentraciones que exceden los límites permitidos (Valle Flores, 2019). Entre las diferentes metodologías de control aplicables a los ambientes internos, la ventilación es, sin duda, el procedimiento más utilizado para diluir o capturar los contaminantes generados (Calera Rubio et al., 2005).

En México, al igual que en muchos otros países, se han logrado avances significativos en cuestiones de seguridad industrial. La Secretaría del Trabajo ha modificado varias normas existentes y ha publicado otras nuevas

¹ Carlos Alberto Rivera Vergara, Dr., es Profesor en el CONALEP 296 Don Benjamín Salinas Westrup; Jefe de Proyectos de Investigación de la Academia de Ciencias Económico-Administrativas en el Tecnológico Nacional de México campus Nuevo León; y Profesor de Posgrado en la Universidad de Pedagogía Aplicada, carlos.rv@nuevoleon.tecnm.mx

² Virginia García Pinedo, Dra., es Profesora y Jefa de Proyectos de Investigación de la Academia de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México campus Nuevo León, virginia.gp@nuevoleon.tecnm.mx

³ Elsa Michelle Contró Esparza, MA., es Profesora y Jefa del Departamento de Ciencias Económico-Administrativas en el Tecnológico Nacional de México campus Nuevo León, elsa.ce@nuevoleon.tecnm.mx (autor corresponsal)

⁴ Rodolfo Nájera Sánchez, MC., es Profesor y Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, campus Nuevo León, rodolfo.ns@nuevoleon.tecnm.mx

⁵ Héctor Manuel Rada Ríos, MA., es Jefe del Departamento de Desarrollo Académico y Profesor de la Academia de Ciencias Económico-Administrativas en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Nuevo León, hector.rr@nuevoleon.tecnm.mx

para evaluar las condiciones en las que los trabajadores desempeñan sus labores. Un ejemplo relevante es la NORMA Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, que aborda los factores de riesgo psicosocial en el trabajo, identificándolos, analizándolos y previniéndolos (DOF - *Diario Oficial de la Federación*, s. f.-a). Esta norma ha tenido un gran impacto en la vida laboral.

Así mismo, la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008 establece las condiciones de seguridad en edificios, locales, instalaciones y áreas de trabajo. En su apartado 8, se aborda específicamente la ventilación y el confort, proporcionando pautas para evaluar y garantizar una ventilación adecuada en los centros de trabajo (Alarcon, 2008).

Es fundamental que se establezcan regulaciones específicas para evaluar y garantizar una ventilación interior adecuada en los entornos laborales, ya que esto no solo afecta la salud y el bienestar de los trabajadores, sino también su productividad y eficiencia. Este proyecto se enfocará en demostrar la necesidad de una Norma Oficial Mexicana específica que evalúe las condiciones de ventilación interna en las empresas. Aunque en el pasado existió la NOM-016-STPS-1993, que se refería a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo con respecto a la ventilación (DOF - *Diario Oficial de la Federación*, s. f.-a), actualmente no hay una regulación específica que evalúe exhaustivamente este aspecto.

Ventilación interior

La ventilación en los centros de trabajo es un aspecto crucial para garantizar la salud y el bienestar de los trabajadores. Según la Norma Oficial Mexicana (NOM-016-STPS-1993), emitida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) en México, se establecen las siguientes diferencias entre la ventilación exterior e interior (DOF - *Diario Oficial de la Federación*, s. f.-b):

Tabla 1 Comparación entre ventilación exterior e interior

	Ventilación Exterior	Ventilación Interior
Definición	**Suministro de aire fresco desde el entorno exterior hacia el interior de los espacios de trabajo.**	**Movimiento y renovación del aire dentro de los espacios de trabajo.**
Propósito	<ul style="list-style-type: none"> • Aportar oxígeno necesario para la respiración de los trabajadores. • Evacuar olores desagradables y gases tóxicos generados en el interior. • Renovar el aire viciado y mantener una buena calidad del ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir la acumulación de contaminantes y humedad. • Distribuir uniformemente el aire en todas las áreas. • Proporcionar confort térmico y calidad del aire.
Ventilación artificial utilizada	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de ventilación • Equipos de extracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de ventilación • Equipos de extracción • Red aerúlica de conductos • Bocas de extracción y tomas de aire • Purificadores y deshumidificadores de aire

En la tabla 1, observamos que la ventilación exterior se enfoca en la entrada de aire fresco desde el exterior, mientras que la ventilación interior se centra en mantener un ambiente saludable y confortable dentro de los centros de trabajo. Es fundamental considerar ambas para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

Metodología

Procedimiento

Se llevó a cabo una revisión sistemática con base en la pregunta **¿cuáles son las regulaciones para la ventilación de interiores en áreas laborales en México?** Con el propósito de analizar las leyes, reglamentos y normatividades que evalúan el riesgo laboral al que están expuestos los trabajadores al interior de una oficina, edificio, instalación o unidad productiva.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos de publicadas en los sitios oficiales de las leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas consultadas, tal como se indica en la tabla 2.

Tabla 2 Búsqueda bibliográfica en bases de datos oficiales

Marco Legal revisado	Fuente documental	Dependencia	Sitio web oficial de consulta
Ley Federal del Trabajo - LFT	Secretaría de Gobernación	Secretaría del Trabajo	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/156203/1044_Ley_Federal_del_Trabajo.pdf
Ley General de Salud - LGS	Secretaría de Gobernación	Secretaría de Salud	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/416013/Ley_General_de_Salud.pdf
Reglamento Federal de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social - RFSTPS	Secretaría de Gobernación	Secretaría del Trabajo y Previsión Social	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134257/Reglamento_Federal_de_Seguridad_y_Salud_en_el_Trabajo.pdf
Reglamento de la Ley General de Salud En Materia De Control Sanitario De Actividades, Establecimientos, Productos Y Servicios - Reg_LGS	Secretaría de Gobernación	Secretaría de Salud	https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MCSAEPS_281204.pdf
Normas Oficiales Mexicanas de la STPS - NOM's STPS	Centro de Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad y Salud en el Trabajo	Secretaría del Trabajo y Previsión Social	https://asinom.stps.gob.mx/Centro/ConsultaNoms.aspx
Normativas internacionales relacionadas con la ventilación interior	ISO.org	<ul style="list-style-type: none"> Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado ASHRAE Asociación Española de Normalización UNE 	https://www.iso.org/obp/ui/es/

Los criterios para determinar la selección de los artículos fueron establecidos con base en la pertinencia y aplicación de cada instancia tomando en cuenta la pregunta de investigación, mismos que se describen en la tabla 3.

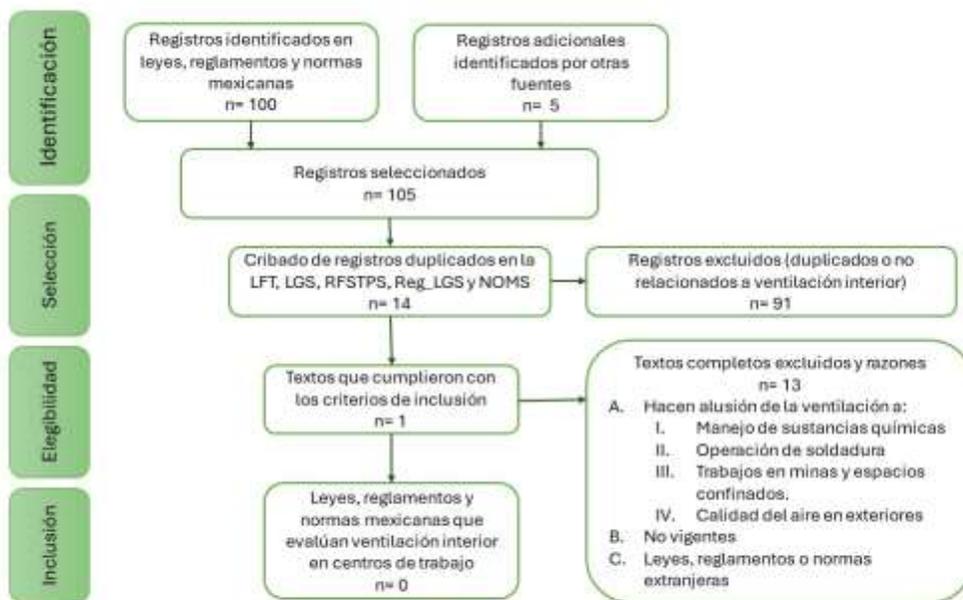
Tabla 3 Criterios de inclusión y exclusión

Instancia reguladora	Criterios de inclusión del registro	Criterios de exclusión del registro
LFT:	<ul style="list-style-type: none"> Incluir disposiciones relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo. Buscar secciones específicas que aborden la ventilación en los centros laborales. 	Excluir disposiciones relacionadas con ventilación al exterior.
RFSTPS y Reg_LGS	<ul style="list-style-type: none"> Examinar las normas específicas sobre condiciones de seguridad e higiene en el trabajo. Buscar secciones que traten sobre ventilación y calidad del aire interior. 	Excluir disposiciones duplicadas en: <ul style="list-style-type: none"> En la LFT y en las NOM's STPS y SS.
NOM's STPS y SS:	<ul style="list-style-type: none"> Incluir todas las NOM relacionadas con ventilación y salud ocupacional. Buscar aquellas que establezcan requisitos específicos para la ventilación en áreas laborales. 	Excluir NOM's que hagan alusión de la ventilación a: <ul style="list-style-type: none"> Manejo de sustancias químicas Operación de soldadura Trabajos en minas y

		espacios confinados. <ul style="list-style-type: none"> • Calidad del aire en exteriores
Criterios generales:	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la búsqueda a documentos vigentes y actualizados al 2024. • Considerar solo normas aplicables a México. 	Excluir leyes, reglamentos y normativas <ul style="list-style-type: none"> • No vigentes • Extranjeras

En la tabla 4, se observa que la intervención se basó en la selección de los criterios de evaluación de los riesgos de ventilación en interiores en los centros laborales de México, así como en la comparación de la regulación del control de riesgos. Se analizaron 100 registros identificados en las leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas, adicionalmente se identificaron otras fuentes, de las cuales 2 son de origen extranjero, y 3 proyectos de norma mexicana, dando un total de 105 registros. En el cribado de los registros, con base en el criterio de excluir aquellos duplicados o no relacionados a la ventilación interior, quedaron fuera 91 registros, y se seleccionaron 14. Los textos que se excluyeron por los criterios de hacer alusión a la ventilación en el manejo de sustancias químicas, operación de soldadura, trabajos en minas y espacios confinados, así como los que evalúan la calidad del aire en exteriores, fueron 7, de los no vigentes se excluye 1, de las leyes y reglamentos extranjeros se excluyen 2, y los proyectos de norma representaron 3 registros.

Tabla 4 Flujo de la selección de estudios incluidos en la revisión



Resultados

Después de realizar un intensivo análisis de los registros observados en las Normas de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social, así como de las de la Secretaria de Salud y algunas otras, tanto nacionales como internacionales, donde se buscó todo lo que hubiera en ellas relacionado con la ventilación de interiores, especialmente en áreas de trabajo donde no existen procesos de manufactura, o transformación, si no más bien áreas como oficinas, escuelas, departamentos, entre otros centros laborales, se integra la información recolectada y hallazgos en la tabla 5.

Tabla 5 Análisis de los registros

SECRETARIA	Ley, Reglamento, NOM	Registros excluidos	Hallazgos
SECRETARIA DEL TRABAJO (STPS)	Ley federal del trabajo	Capítulo XIII, Artículo 343-C	Este apartado no hace mención a la ventilación de áreas de interiores solo hace referencia a minas
	Reglamento Federal del Trabajo	TÍTULO TERCERO, Capítulo Primero, Artículos 18-V, 22-XI, 25-IX, 30-VII.	Registros duplicados en diferentes normas
	NOM-STPS	NOM-001-STPS-2008, NOM-002-STPS-2010, NOM-005-STPS-1998, NOM-010-STPS-2014, NOM-023-STPS-2003, NOM-027-STPS-2008, NOM-033-STPS-2015,	Solo la norma 1, 2, 5, 10, 23, 27 y 33 hacen referencia a la ventilación de las áreas de trabajo, sin embargo, la única que se considera como auditable para ventilación interior es el apartado 8 de la NOM-001-STPS-2008 y las sugerencias de la guía 1 , las demás hacen alusión de la ventilación en casos muy específicos, tales como, el manejo de sustancias químicas, operación de soldadura, trabajos en minas y espacios confinados.
SECRETARIA DE SALUD	Ley de salud	No aplica	No hay referencias que hablen sobre la ventilación
	Reglamento De La Ley General De Salud	Capítulo III, Artículo 73	La referencia que hace en material de ventilación se hace en forma general, sin especificar la ventilación al interior.
	Ley del Seguro Social	No aplica	No hay referencias que hablen sobre la ventilación
	Reglamento de la ley del seguro social	No aplica	No hay referencias que hablen sobre la ventilación
	NOM SSA SSA1, SSA2, SSA3	NOM-016-SSA3-2012, NOM-020-SSA1-2021, NOM-021-SSA1-2021, NOM-022-SSA1-2019, NOM-023-SSA1-2021, NOM-025-SSA1-2021, NOM-026-SSA1-2021	Se excluyen por ser normas que evalúan la Calidad del Aire Ambiental (al exterior)
OTRAS NORMAS	La ASHRAE Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado	No aplica	Se excluye debido a que es una organización extranjera que establece estándares y guías relacionados con la ventilación y la calidad del aire interior (IAQ). Sin embargo, vale la pena hacer la comparación.
	UNE Asociación Española de Normalización	Nom Española : UNE-EN ISO 7730	Se excluye por ser norma extranjera
	(ISO 7730:2005) Norma NMX-C-577-ONNCCE-2020	NMX-C-577 - 04/09/2020	Se excluye por ser Proyecto de Norma Mexicana (estándar mexicano) de Calidad del Ambiente Interior, no está aprobada.
	NMX-57-ONNCCE-2020	NMX-57-ONNCCE-2020	Se excluye por ser Proyecto de Norma Mexicana (estándar mexicano) de Calidad del Ambiente Interior, no está aprobada.

Conclusiones

Tras un análisis exhaustivo de más de 100 leyes y regulaciones mexicanas, se ha llegado a la conclusión de que **México carece de una legislación adecuada** en cuanto a la normativa de ventilación interior. Esto incluye espacios industriales como oficinas, locales comerciales, departamentos y viviendas. La normativa actual se centra en evaluar las condiciones de áreas que involucran el manejo de sustancias químicas, minas y zonas de soldadura, es decir, lugares donde se llevan a cabo procesos industriales.

Los hallazgos subrayan la imperiosa necesidad de establecer una normativa específica que atienda con prontitud el riesgo asociado al incremento en el uso de sistemas de ventilación artificial en espacios cerrados. La implementación de una norma oficial que delimite regule y monitoree los peligros de una ventilación deficiente en los lugares de trabajo, tiene el potencial de reducir significativamente la incidencia de enfermedades tanto comunes como ocupacionales. Además, esta medida podría ser un factor clave para potenciar la productividad laboral al proporcionar un entorno de trabajo más saludable y confortable

Referencias

- Alarcon, J. L. (2008). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008*.
- Calera Rubio, A. A., Roel Valdés, J. M., Casal Lareo, A., Gadea Merino, R., & Rodrigo Cencillo, F. (2005). Riesgo químico laboral: Elementos para un diagnóstico en España. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 283-295.
- DOF - *Diario Oficial de la Federación*. (s. f.-a). Recuperado 12 de marzo de 2024 de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5541828&fecha=23/10/2018#gsc.tab=0
- DOF - *Diario Oficial de la Federación*. (s. f.-b). Recuperado 12 de marzo de 2024, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4711721&fecha=06/07/1994#gsc.tab=0
- Echeverri Londoño, C. A. (2011). *Ventilación industrial*. Sello Editorial de la Universidad de Medellín. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2609>
- Guerrero, J., & Barrios, Y. I. P. (2007). Productividad, trabajo y salud: La perspectiva psicosocial. *Revista Colombiana de Psicología*, 16, 203-234.
- Organización Internacional del Trabajo*. (s. f.). Recuperado 12 de marzo de 2024, de <https://www.ilo.org/global/lang--es/index.htm>
- S&P. (2021, mayo 18). Normativa mexicana de ventilación y Calidad del Aire Interior | S&P. *S&P Sistemas de Ventilación*. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/normativa-mexicana-ventilacion/>
- Valle Flores, N. M. (2019). Aportes Para Creación De Un Programa De Higiene Y Seguridad Laboral Para Prevenir Accidentes Y Riesgos. *Revista Enfoques*, 2(8), 265-287. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v2i8.47>
- Vargas Marcos, F., & Gallego Pulgarín, I. (2005). Calidad ambiental interior: Bienestar, confort y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 243-251. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272005000200011>
- Vargas Marcos, G. P. (2005). *Calidad del aire interior: Riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización*. 79, 243-251.

Notas Biográficas

El **Dr. Carlos Alberto Rivera Vergara** concluyó sus estudios de licenciatura como Ingeniero en Seguridad Industrial en el Instituto Universitario Tecnológico De Los Trabajadores, tiene Maestría en Gestión Ambiental por la Universidad Autónoma del Noreste, y es Doctor en Seguridad Industrial Internacional por la Universidad de Pedagogía Aplicada, en Nuevo León. Se desempeña como profesor a nivel medio superior, de asignaturas relacionadas con las ciencias básicas en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica CONALEP 296. Es profesor a nivel superior y Jefe de Proyectos de Investigación de la Academia de Ciencias Económico-Administrativas en el Tecnológico Nacional de México campus Nuevo León. Imparte cátedra de posgrado en la Universidad de Pedagogía Aplicada en Nuevo León, México.

La **Dra. Virginia García Pinedo** terminó sus estudios en Ingeniería Industrial con Especialidad en Calidad y Productividad en el Instituto Tecnológico de Nuevo León. Su maestría en Prevención de Riesgos Laborales, y su doctorado es en Seguridad Industrial Internacional, ambos por la Universidad de Pedagogía Aplicada en Nuevo León, México. Es profesora a nivel superior en la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, campus Nuevo León.

La **M.A. Elsa Michelle Contró Esparza** terminó sus estudios de Licenciatura en Administración con Especialidad en Mercadotecnia en el Instituto Tecnológico de Nuevo León. Su maestría en Administración por la Escuela de Estudios Multinacionales y es aspirante al grado de Doctor en Artes y Humanidades en la Universidad de Estudios Multinacionales en Nuevo León, México. Ha trabajado integrando grupos académicos multidisciplinarios para generar proyectos de investigación y emprendimiento a nivel licenciatura, es Profesora y Jefa del Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, y Miembro Titular del Subcomité de Ética en el Tecnológico Nacional de México, campus Nuevo León. Ha publicado artículos desde el 2019.

El **MC. Rodolfo Nájera Sánchez** concluyó sus estudios de Licenciatura en Biología, y Maestría en Ciencias con Especialidad en Botánica por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Es Jefe del Depto. de Ingeniería Industrial y Ambiental en el Tecnológico Nacional de México, Instituto T de Nuevo León.

El **Lic. Héctor Manuel Rada Ríos** concluyó sus estudios de Licenciatura en Administración de Empresas por el Instituto Tecnológico de Nuevo León, y Contaduría Pública en la Universidad Lux. Maestría en Administración por la Universidad de Estudios Multinacionales. Es Jefe del Departamento de Desarrollo Académico y Profesor de la Academia de Ciencias Económico-Administrativas, así como Miembro del Subcomité de Protección Civil en el Tecnológico Nacional de México, campus Nuevo León. Sus servicios de consultoría son en las áreas de Contabilidad, Finanzas y Administración de Centros Educativos.

Diseño e Implementación de Ambientes Virtuales para la Capacitación y Entrenamiento en Subestaciones Eléctricas de Media Tensión

Joseph Aaron Rodríguez Cabello¹, Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa²,
David Arturo Sánchez Aguilar³

Resumen— En este trabajo se propone el diseño de una subestación eléctrica basada en realidad virtual para la capacitación y entrenamiento de personal del ámbito eléctrico, partiendo de las consideraciones físicas y matemáticas que involucra al diseño, además fue consideradas normativas nacionales e internacionales que se aplican en el área eléctrica. Basada en una metodología Design Thinking se observó una problemática relacionada a la capacitación y entrenamiento del personal que trabaja dentro de una subestación eléctrica, por lo que, se propone diseñar una herramienta que atienda este factor, haciendo uso de modelos matemáticos, modelado 3D e implementación de realidad virtual. Como resultado se obtuvo un ambiente virtual para la capacitación y entrenamiento, que consiste en un recorrido virtual de la subestación eléctrica, donde se muestra la instalación de los principales elementos que conforman a la instalación eléctrica, con el fin de que el ambiente y el sistema desarrollado permita al usuario tener un mayor conocimiento práctico y teórico del área eléctrica.

Palabras clave—Realidad Virtual, subestación eléctrica, normativas, capacitación, aprendizaje.

Introducción

La realidad virtual (RV) es una herramienta tecnológica imprescindible para la transición a la industria 4.0, aportando conocimiento e información de utilidad para la optimización de los procesos. Se puede definir a la RV como la representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real [1]. Así mismo es necesario considerar 3 pilares fundamentales que la constituyen: realismo, implicación e interactividad [2]. Por otro lado, un sector industrial que siempre está a la vanguardia de la tecnología debido a la importancia que esta tiene a nivel mundial es la industria eléctrica. Debido al proceso y las condiciones a las cuales opera para su generación, transmisión, distribución y mantenimiento de la energía eléctrica [3].

La seguridad es clave en la maniobra e interacción de tareas de mantenimiento dentro de la subestación eléctrica. Por tal motivo, herramientas tecnológicas como la RV está siendo implementadas para la capacitación y entrenamiento en este campo. En la literatura se han reportado diferentes metodologías que utilizan RV enfocadas al sector eléctrico, de las cuales se puede destacar trabajos relacionados a sistemas de entrenamiento de realidad virtual para el monitoreo de indicadores de la calidad e la energía en una subestación [4], de la misma manera sistema de entrenamiento y capacitación en el área eléctrica de subestaciones por medio de realidad virtual con un enfoque mas centrado en el aislamiento de los transformadores [5].

En este sentido, las subestaciones eléctricas al ser instalaciones que manejan altos niveles de tensión se debe tener especial cuidado, debido a que no cualquier persona tienen la capacidad y entrenamiento para el desarrollo de actividades dentro de una subestación, en especial personal nuevo y personal con poca experiencia, ejemplo de ellos son los alumnos recién egresados los cuales en su mayoría son los más expuestos a accidentes eléctricos debido al poco tiempo en contacto con este tipo de ambientes y la nula o poca experiencia con estos mismos, esto representa un gran problema ya que como menciona OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) en EE. UU. en un estudio realizado en 2018 se obtuvo un índice que arroja un resultado que indica que de 4779 muertes de trabajadores en la industria 86 son a raíz de la electrocución, que además de 5 a 10 accidentes laborales están relacionados con un arco eléctrico y que 1 de cada 3 trabajadores del sector eléctrico han sufrido un accidente debido a un arco eléctrico [6].

Es por eso que se propone una metodología para el desarrollo de una subestación eléctrica de media tensión basada en realidad virtual para la capacitación y entrenamiento a partir del diseño ingenieril, la aplicación de normativas y estándares nacionales e internacionales, así como la implementación de tecnologías emergentes.

¹ Joseph Aaron Rodríguez Cabello es estudiante de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río, Querétaro. josephaaronrc@gmail.com (autor correspondiente)

² El Dr. Emmanuel Reséndiz Ochoa es Profesor de Ingeniería Electromecánica en la Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río, Querétaro. emmanuel.resendiz@uaq.mx

³ David Arturo Sánchez Aguilar es estudiante de Arquitectura en la Universidad Autónoma de Querétaro, San Juan del Río, Querétaro. david-arturo00@hotmail.com

Metodología

Planteamiento del problema

La primera parte de este trabajo fue identificar la problemática que involucra la carencia del uso de tecnologías que permitan capacitar y entrenar al personal que se involucra en trabajos dentro de una subestación eléctrica, y que permita la prevención así prevenir accidentes a la comunidad universitaria y en todo caso a personal de empresas, se decide llevar a cabo un ambiente de una subestación eléctrica de media tensión en realidad virtual con el fin de tener un ambiente que permita la capacitación a partir de la implementación de tecnologías emergentes.

En segunda instancia para el desarrollo de este proyecto se realiza la revisión literaria de trabajos relacionados al uso de la realidad virtual (RV) en sistemas de entrenamiento y capacitación, así como las principales normativas y estándares tanto nacionales como internacionales que se implementan en el diseño de una subestación eléctrica. Una vez obtenida toda la información se organiza para identificar patrones y aspectos en los cuales mejorar, en este caso se puede observar que si bien se busca estudiar fenómenos de la vida real no hay como tal un precedente de algún cálculo para el desarrollo de uno de estos ambientes tomando como referencia las subestaciones eléctricas.

Con el fin de que el diseño sea o más real posible se hace uso de los datos consultados, el primero de ellos es para conocer cómo es que se distribuye la energía eléctrica en la ciudad de San Juan del Río, para esto se consulta un documento del CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) [7] y en base a la información obtenida se puede notar que la mayoría de las empresas de la región, son alimentadas con una tensión en el primario de 115 kV.

La subestación será de media tensión, teniendo un transformador de 115 kV a 4.16 kV con una capacidad de 7 MVA, ya que la mayoría de las empresas de la región tienen una carga promedio de esta potencia, se alimentarán dos motores de 800 hp con voltajes nominales de 2300/4160 V, igualmente se considera el uso de áreas comunes por lo que otro transformador o dos serán requeridos para reducir el nivel de tensión.

Diseño de Subestación Eléctrica y Selección de Componentes

Previo a proponer algún diseño, se realiza una investigación rápida de los componentes comerciales y en base a la información recabada se decide por el diseño de la Figura 1 el cual representa la subestación eléctrica en un diagrama unifilar bajo la Norma NMX J 136 ANCE 2019 Abreviaturas y símbolos para el diseño e interpretación de diagramas, planos y equipos eléctricos [8].

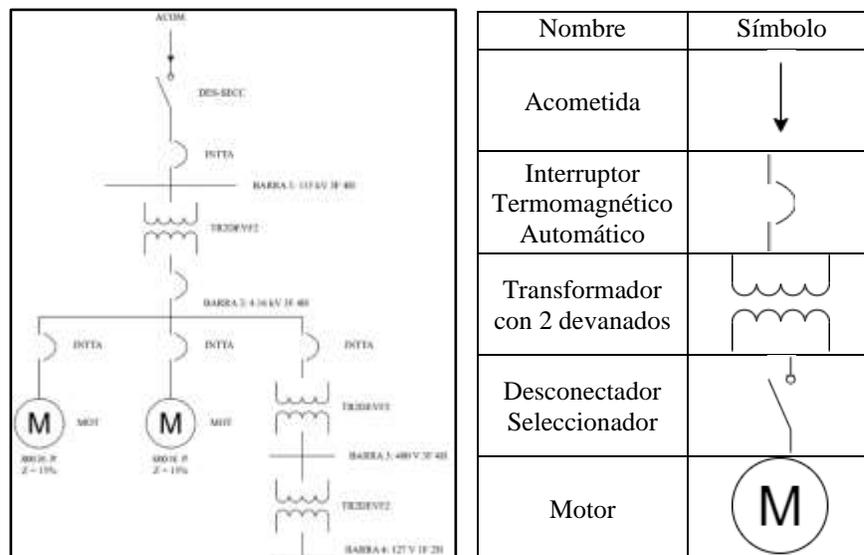


Figura 1. Diagrama unifilar de la primera idea de la subestación eléctrica de media tensión.

Con la idea bien definida, se comienza a realizar los cálculos basados en la NOM (Norma Oficial Mexicana) 001 SEDE 2012 Instalaciones Eléctricas (utilización) para un sistema de tres fases [9], en primera instancia se calculan las corrientes de los secundarios de los transformadores, tanto para el primero con una capacidad de 300 kVA y un segundo con una capacidad de 45 kVA. Con las tensiones y corrientes conocidas se puede hacer la selección del conductor, en el caso de los conductores para alta tensión se consulta primero, documentos de CFE los cuales mencionan proveedores establecidos para la empresa siendo dos de estos VIAKON y KOBREX. Se selecciona

primero el conductor para alta tensión, es decir, a 115 kV y la corriente dada por datos de CFE ronda los 200 A, por lo tanto, en base a tablas del catálogo de KOBREX se selecciona un calibre 750 AWG (American Wire Gauge) siendo de tipo XLPE (polietileno reticulado) que considera un nivel de aislamiento de 100%.

En cuanto a la selección del conductor de media tensión, se utilizan tablas del catálogo de VIAKON con ayuda de su manual de electricista, ya que en este se muestra directamente la ampacidad que debido a la tensión y las cargas es importante para esta parte de media tensión, se elige un calibre 1000 AWG debido a que se queda 4 A por debajo de lo calculado, se realiza la corrección por temperatura para determinar si es posible usar este calibre, por lo tanto se obtiene un valor nuevo de corriente dentro de los rangos de seguridad.

Con la información conocida hasta este punto se realiza el cálculo para la corriente de cortocircuito con el fin de tener elementos de seguridad adecuados al diseño propuesto usando el método de los MVA (Mega Volts Amperios), es importante considerar que CFE en su suministro tiene una potencia máxima de 221 MVA. La manera en que se lleva a cabo este método es el reducir las cargas en MVA hasta obtener la carga de cortocircuito en un punto del sistema, para ello la manera en que se reducen las cargas es a la opuesta que se reducen las resistencias, es decir, MVA en serie se reducen como resistencias en paralelo y MVA en paralelo se reducen como resistencias en serie.

Atendiendo la parte de la seguridad en el diseño se considera también calcular la corriente de cortocircuito mediante el método por unidad, tanto para el lado de alta y media tensión, esto considerando valores de reactancias cero, valores de cargas y reactancias, estos resultados a su vez son útiles para el cálculo de malla a tierra mediante el estándar IEEE std 80-2013 Guide for Safety in AC Substation Grounding [10], con el fin de reducir el tiempo de cálculo se hace uso de un software desarrollado previamente por un ingeniero eléctrico, en el cual se ingresan datos como la geometría de la malla siendo en este caso un cuadrado de 15 m con una longitud de cuadrícula de 1 m y una profundidad de enterramiento de 60 cm, usando barras copperweld de 5/8 de pulgada y tomando datos previamente calculados. Validando todos los cálculos y verificando nuevamente la selección de los componentes con valores comerciales para la subestación eléctrica, se muestra en la Tabla 1 los componentes que serán modelados en 3D para el ambiente virtual.

Elemento	Características	Catálogo
Transformador 1	7 MVA, 115 kV/4.16 kV Z = 10%	Voltran WEG group
Transformador 2	300 kVA, 4.16 kV/480 V Z = 5%	Cadetra
Transformador 3	45 kVA, 480 V/127 V Z = 4.71%	Schneider Electric
Conductor 1 (115 kV, 200 A)	750 AWG/Kcmil (380mm ²)	Catálogo KOBREX
Conductor 2 (4.16 kV, 1100 A)	1000 AWG/Kcmil(506.7mm ²)	Catálogo KOBREX
Desconectores S2DA	123 kV, hasta 4kA nominal y 63kA cc.	Grid Solutions
Disyuntor GL311	123kV, hasta 3150 A nominal y 40 kA cc.	Grid Solutions
MotorCLAD	Tensión de hasta 5 kV, para motores de hasta 3 MVA	Schneider Electric
Interruptor termomagnético 4.16 kV VCP-TL/VCP-TRL (ANSI)	Tensión hasta 4.76 kV, 1200 A nominal y hasta 16 kA cc.	Eaton

Tabla 1. Elementos a modelar en 3D para el ambiente virtual con sus características y catálogo comercial de selección.

Modelado en 3D

El modelado de los componentes de la subestación eléctrica se realiza en 3D, utilizando el software de licencia libre Blender, para ello se toma como referencia la hoja de datos de los componentes, con el fin de replicar lo más real posible las dimensiones y las características de los componentes, toda la etapa de modelado se hace apoyado de herramientas de extrusión, corte, matrices lineales, entre otras.

Para el modelado de los conductores no era factible modelar los conductores de forma independiente de manera que se tuvieran que corregir sus dimensiones de acuerdo a la construcción de la subestación, en su lugar se usa una herramienta dentro del software que permite realizar mallas con formas curvas entre centros de mallas seleccionadas, así, solo se requiere seleccionar el diámetro correspondiente y en todo caso dar un claro dentro de la normativa en la parte de las líneas de transmisión. El diseño de la subestación acompañado de dos torres de transmisión de alta tensión se muestra en la Figura 2.

Dentro de un software de modelado distinto que permite el uso de realidad virtual llamado Twinmotion de la empresa Epic Games se modela un entorno con uso de modelos gratuitos brindados por el mismo software esto con el fin de acompañar al ambiente de la subestación y lograr una inmersión mayor en el usuario, dentro del ambiente realizado en este segundo software se agregan las mallas perimetrales de la subestación que como marca la NOM 001 deben tener una altura mínima de 2.15 m como se puede observar en la Figura 3.

Finalmente, a manera de realizar un recorrido en esta primera parte de desarrollo se añaden etiquetas que marcan al usuario el camino a seguir, así como también, texto con características de los componentes, señales de acuerdo a las normas y el porqué de su uso e implementación.



Figura 2. Modelados de la subestación eléctrica.



Figura 3. Modelado de ambiente virtual de acompañamiento para la subestación eléctrica.

Resultados

El recorrido hasta el momento muestra etiquetas y permite al usuario acercarse a los elementos de la subestación eléctrica sin correr ningún riesgo propio de este tipo de ambientes industriales. En la Figura 4 se puede observar una imagen dentro del recorrido en el software de Twinmotion en el cual se dan breves descripciones de los elementos de la subestación eléctrica al igual que en la Figura 5. En cuanto a los presentado a los alumnos en la Figura 6 se muestra la explicación previa al uso del visor y el cómo un alumno se encuentra haciendo uso de este.



Figura 4. Vista área de la subestación eléctrica en el recorrido en realidad virtual.



Figura 5. Cuarto de control de la subestación el recorrido de realidad virtual.



Figura 6. Explicación previa al uso del visor y alumno usando los visores de realidad virtual.

Conclusiones

Se logra obtener hasta el momento un recorrido en realidad virtual que permite al usuario tener una inmersión en este tipo de ambientes e infraestructura, lo desarrollado hasta el momento se presenta en la Universidad Autónoma de Querétaro a un grupo de estudiantes que han sido invitados a la presentación de diversos proyectos desarrollados, durante este evento se puede observar un interés por parte de los alumnos a utilizar el visor de realidad virtual para realizar el recorrido, no solamente incluyendo alumnos de ingeniería, sino más bien, de distintas facultades dentro del campus, con esto se logra observar que la manera en que se desarrolla este trabajo resulta ser más atractiva hacia los jóvenes lo que puede reflejar un mayor índice de aprendizaje en cuanto al tema. En adición a lo mencionado se logra un primer paso en la optimización de espacio ya que solamente se requiere de un cuadrado de 2 m libres para garantizar la seguridad del usuario. De la misma manera atendiendo a la NOM 037 Teletrabajo-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo se realiza una hoja donde el usuario de los visores de realidad virtual está consciente del riesgo que puede llegar a tener el uso de esta tecnología, así mismo, se le requiere datos personales mínimos en caso de que ocurra un incidente. El recorrido es presentado a diez alumnos en los cuales se pudo obtener una retroalimentación en cuanto a la manera de moverse dentro de este ambiente virtual, algunas características de los elementos y de cómo se sintieron al usar esta tecnología en la mayoría de los casos por primera vez.

Limitaciones

Los resultados hasta el momento muestran un interés más alto por parte de los alumnos a participar en este tipo de actividades, sin embargo, el pronto desarrollo no permite reflejar de una manera más clara y precisa si se logra un aprendizaje profundo en cuanto a las maniobras eléctricas y planes de mantenimiento que en un futuro se piensan añadir a este ambiente virtual mediante la programación de estos con el uso del software Unreal Engine.

Referencias

- [1] Sousa Ferreira, R., Campanari Xavier, R. A., & Rodrigues Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241.
- [2] Levis, D. (2006). ¿Qué es la realidad virtual? Mateus, S., & Giraldo, JE (2012). "Diseño de un modelo 3D del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con Realidad Virtual". Scielo.
- [3] TRASHORRAS MONTECELOS, J. E. S. Ú. S. (2015). Subestaciones eléctricas. Ediciones Paraninfo, SA.
- [4] Arteaga, D. J. (2021). Sistema de entrenamiento de realidad virtual para el monitoreo de indicadores de calidad de la energía en subestación eléctrica.
- [5] LUNA, J. A. D. H. (2022). Sistema de entrenamiento y capacitación en el área eléctrica de subestaciones por medio de realidad virtual.
- [6] Fluke. (s. f.). Estadísticas de seguridad eléctrica en 2021. Fluke. <https://www.fluke.com/es-mx/informacion/blog/seguridad/estadisticas-seguridad-electrica>
- [7] CENACE. (2021). Diagramas unifilares del Sistema eléctrico nacional 2020-2025. https://www.cenace.gob.mx/Docs/10_PLANEACION/DiagramasUnifilares/Mod%20Gral%20Planeación%202020-2025%20Diagramas%20Unifilares%20RNT%20y%20RGD%20del%20MEM.pdf
- [8] Diario Oficial de la Federación (2020). NMX-J-136-ANCE-2019 Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipos eléctricos https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585174&fecha=30/01/2020#gsc.tab=0
- [9] Diario Oficial de la Federación (2012). NOM 001 SEDE 2012 Instalaciones Eléctricas (utilización). <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>
- [10] IEEE Standards Association (2015). IEEE 80-2012 Guide for Safety in AC Substation Grounding. <https://standards.ieee.org/ieee/80/4089/>

Implementación de un Sistema de Inventario para los Bienes Informáticos en la Empresa Liconsa

Ing. Hugo Romualdo Ramírez¹ y Dr. Roberto Carlos Valdés Hernández²

Resumen—Para este proyecto se presenta el proceso para el desarrollo del Sistema de Inventario que se implementará en Liconsa S.A. de C.V. en el estado de Baja California. El método utilizado contempla las características específicas de las necesidades de la empresa para el desarrollo del sistema. Al considerar las particularidades de esta, se tiene para la implementación de un sistema a la medida acorde a las actividades que se realizan dentro de la empresa.

Palabras clave—Inventario, Implementación, Desarrollo, Liconsa.

Introducción

Para las empresas contar con un sistema de inventarios para sus productos terminados o procesos les genera un mayor control y seguimiento de estos, por lo que cada vez es más frecuente que las empresas implementen estos tipos de sistemas dentro de sus actividades, permitiéndoles maximizar los tiempos en el flujo de información para la toma de decisiones.

Actualmente aún existen empresas que se resisten a llevar el inventario de sus productos a través de algún sistema informático, pensando que el usar alguna tecnología para estas actividades les pudiera generar más trabajo, por lo contrario, al llevar este tipo de trabajo en algún sistema se facilita el control, además de saber en poco tiempo cual es la situación de los productos.

En los años que la empresa tiene desde su creación en 1944 (Gobierno de México, 2024), no se cuenta con un sistema que brinde apoyo para el inventario de los equipos informáticos que tiene en existencia, por el momento se tiene un sistema que tiene el inventario de los equipos que pertenecen a Liconsa S.A. de C.V. pero solo lleva el inventario de costo de los equipos, dejando fuera el seguimiento y estatus de cada uno de los bienes que llegan a la empresa, ya que tiene equipos informáticos que son arrendados y que desde su llegada el seguimiento que se les da, solamente es en un formato en Excel que se modifica y actualiza manualmente cada que surgen cambios. Por lo que no hay histórico que revisar en caso de que se quiera dar un seguimiento en específico de algún equipo.

La empresa ha ido en crecimiento por lo que cada vez son más los equipos que llegan y que se asignan al personal, debido a esto se complica el seguimiento de estos, y se vuelve complejo tener un inventario organizado y actualizado al momento.

Como lo menciona Amao (2016) “La implantación de un sistema de inventario vía web mejorará el control de los equipos informáticos en la empresa J&C Soluciones S.A.C, a través de la reducción del tiempo de registro de inventario de los equipos informáticos”(p.22). Por lo que las empresas como Liconsa S.A. de C.V. deben apostarle a la implementación de un sistema para el inventario de los bienes informáticos, ya que ayudará a mantener un correcto seguimiento de cada equipo informático que llegue a la empresa, coadyuvando a reducir los tiempos de los registros de los equipos, así como a su resguardante.

Asimismo, Arroyave (2011) hace referencia a que “la gestión de equipos informáticos solían relacionarla solo con adquirir hardware y software en algunas empresas, pero no se daban a la tarea de administrar de la mejor forma el inventario de estos activos”(p.22). Por lo que se pierden de vista al tener una cantidad considerable de equipos, se llega a tener un desconocimiento de cuál es la situación de cada uno de ellos, debido a esto en ocasiones las empresas realizan compras innecesarias de equipos que pudieron haber adquirido con anterioridad, y sobre todo porque el inventario que se tiene de los equipos en su gran mayoría de los casos no se tiene a detalle de cada uno de los bienes informáticos. Generando un desconocimiento de todos los equipos con lo que la empresa cuenta pudiendo extraviarse algunos equipos o en su caso que el personal al que se le asigne se quede con el equipo y jamás lo reporte al área de informática.

En la actualidad se realiza un registro de los bienes informáticos de la empresa en un archivo en Excel, para cada equipo se le asigna un usuario, mismo que se actualiza manualmente cada vez que existe un cambio de personal o al requerir un cambio de usuario dependiendo las necesidades o actividades a realizar. Cada vez que se modifica el

¹ Ing. Hugo Romualdo Ramírez estudiante de maestría en gestión de tecnologías de la información y la comunicación en la facultad de ciencias administrativas de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. Contacto: hugo.romualdo@uabc.edu.mx (autor corresponsal).

² Dr. Roberto Carlos Valdés Hernández profesor investigador de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México. Contacto: valdes.roberto@uabc.edu.mx

archivo se van perdiendo los registros que se tenían, por lo tanto, no existe un histórico de los equipos desde su arribo a la empresa.

Cada vez que se le asigna el equipo a un nuevo usuario se llena un formato que se genera como archivo de resguardo o de entrega, por cada cambio se llena uno nuevo por lo que existe el riesgo de ingresar los datos de forma incorrecta, generando que se pierda el control y seguimiento correcto de los equipos.

Cuando se requiere contar con el inventario actualizado no se garantiza que todos los datos o modificaciones que se hayan realizado estén con los informes más recientes, debido a que no existe una persona dedicada totalmente para llevar un control. Por lo que cada que se hace un cambio de resguardante no se realiza el cambio dentro del archivo al momento.

Debido a la creciente demanda de las tecnologías de la información, es de suma importancia llevar de la mano los proyectos con la tecnología, ya que se han convertido en una parte relevante e indispensable para garantizar la competencia con las demás empresas, y así llevarlos a un mayor crecimiento haciendo uso de las tecnologías de vanguardia.

Por lo que las empresas al contar con sistemas de inventarios para el control de sus productos o de materiales, aseguran que el seguimiento de estos sea de forma correcta, teniendo en cuenta que cuando se llegara a requerir cualquier información se puede contar con ella al momento y con los datos más actualizados sin importar los movimientos que se hayan generado.

Descripción del Método

Para este proyecto se desarrolló un sistema de inventario para los bienes informáticos de la empresa Liconsa, para lo cual se hará uso de la metodología en cascada, misma que es considerada una de las metodologías tradicionales y de acuerdo con Barranco de Areba (2001)“Cada vez que se finaliza una etapa se obtiene un documento o producto final, que, revisado, validado y aprobado, sirve como aproximación y documentación de partida para la siguiente”(p.43). Por lo tanto, para que se pueda continuar con cada una de las etapas, se debe finalizar la que le precede, es bien sabido que es una de las metodologías que se lleva más tiempo para desarrollar un software, sin embargo, es uno de los más sencillos de aplicar cuando se conoce a fondo el proyecto a desarrollar, por lo que al contar con todos los requerimientos antes de iniciar el proyecto llega a facilitar su aplicación.

Para el desarrollo de este sistema se hará uso de la arquitectura Modelo Vista Controlador, ya que este patrón permite dividir cada una de las partes del sistema, separando los datos de la parte lógica de software, lo que nos da la facilidad de trabajar las vistas, el modelo y el controlador de forma independiente o en su caso en las modificaciones o correcciones los podremos hacer por separado sin afectar las otras partes.

Asimismo, para la Base de Datos se implementará con MySQL, ya que además de ser un software de código libre, existe mucha información que facilita su uso y su instalación, así como la ventaja de ser un sistema de datos relacional mismo que proporcionará integridad en la información a guardar.

Para las Vistas del Sistema se usará el lenguaje HTML junto con CSS, ya que permitirán interactuar los usuarios con la página web.

Para la parte lógica del Sistema se recurrirá a PHP, ya que este lenguaje concentrará las funciones que se estarán implementando para obtener la información de la base de Datos y enviarla a las vistas o en su caso, capturar la información de las vistas y enviarlas a guardar a la Base de datos.

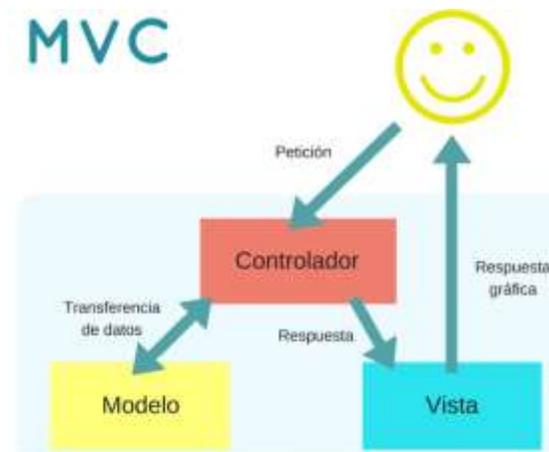


Figura 1. Adaptación del Modelo Vista Controlador de García (2017) MVC (Modelo-Vista-Controlador). ¿qué es y para qué sirve?. Coding or not <https://codingornot.com/mvc-modelo-vista-controlador-que-es-y-para-que-sirve>

Comentarios Finales

Posteriormente a la aplicación del modelo se obtiene como producto final una plataforma web, la cual se encuentra dentro de la red de Liconsá, los servicios solamente se pueden acceder por los equipos que se encuentren dentro de dominio de Liconsá, ya que por motivos de seguridad de toda la infraestructura es como se limita el acceso a los servicios que se brindan en ella, esto para evitar el acceso no autorizado de personas ajenas a la empresa. Las personas que tendrán acceso a la plataforma serán solamente las que tengan acceso autorizado, por lo que se les asignará un usuario y contraseña, que al momento de ingresar podrán realizar las actividades dependiendo el tipo de usuario que se le asigne.

Resumen de resultados

Para este proyecto se realizó el diseño y la estructura de la Base de Datos, adecuándose a los datos que se manejan actualmente en los archivos de Excel, identificando cada uno de los campos con sus atributos, para lograr contar con la mayor cantidad posible de información en el sistema. Para esta plataforma se optó por un enfoque de una Base Relacional, ya que una de las que se encuentran con mayor soporte en web debido a que es uno de los sistemas de software libre.

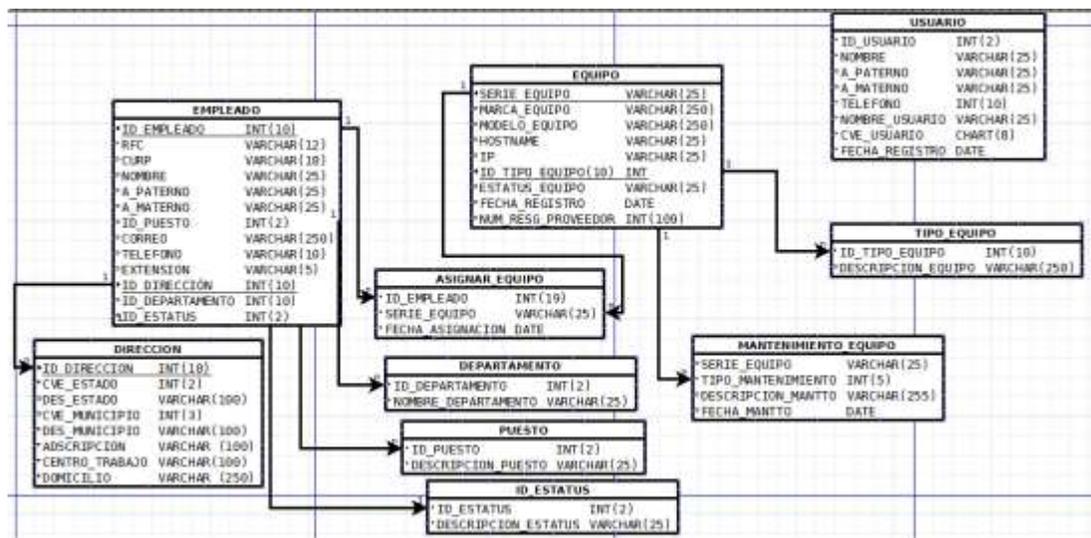


Figura 2 Entidades y Atributos de la Base de Datos de Tipo Relacional

Los campos de la Base de Datos son:

- Empleado: Para este apartado se encuentran todos los datos de la persona a la que se le asignará el equipo, así como la ubicación de este, para identificar en qué departamento este asignado.
- Equipo: En este apartado se especifican todas las características propias del bien informático.
- Usuario: En este campo se guardarán todos los datos de las personas que manipularán el sistema, ya que dependiendo el nivel de permisos es como se le asignará el acceso a cada uno de los módulos de la plataforma.
- Mantenimiento Equipo: En esta parte se llevará el registro de las acciones que se le realicen a los bienes informáticos, este campo ayudará a llevar un histórico de la situación de cada equipo.
- Dirección: Para la dirección se quedarán registrados todos los datos que ayuden a ubicar a la persona que tendrá asignado un equipo.

Para la arquitectura del sistema se muestran las siguientes capas por la que estará conformado el sistema ya que dependiendo el usuario es a los módulos a los que puede acceder.

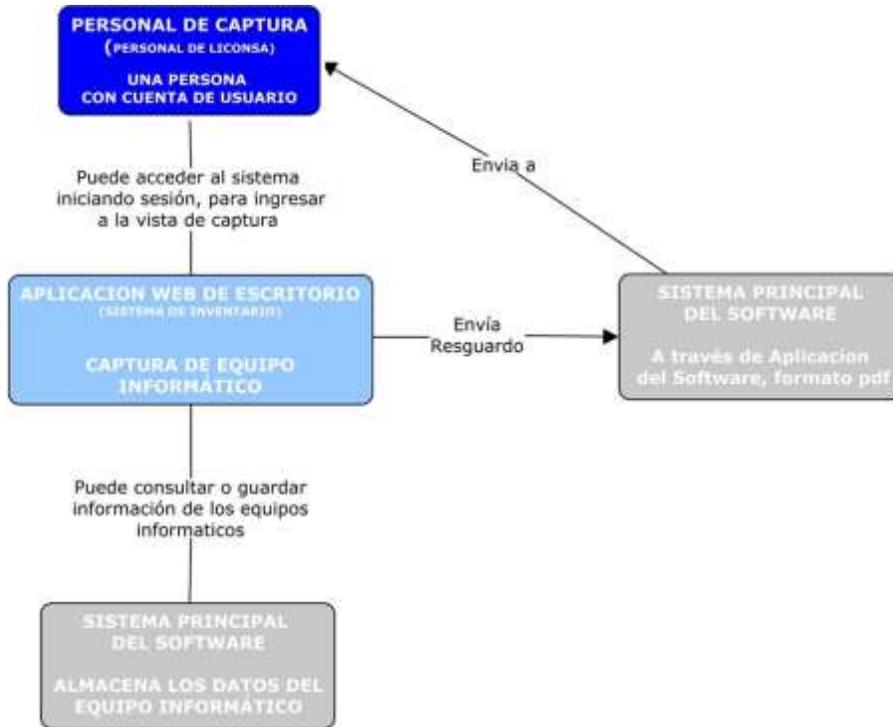


Figura 3. Capa 1 de la Arquitectura del Sistema

En la imagen se muestra al módulo de captura de la capa 1 en la que el usuario puede ingresar y realizar las actividades a las que está asignado, debido a las limitaciones a las que tiene el usuario, solamente puede consultar, guardar y eliminar los datos de los equipos informáticos, así como de los empleados a los que se les debe generar un resguardo. Ya que con su usuario solamente le estará permitido a realizar modificaciones en estos módulos y finalmente puede generar el formato del resguardo, con las características del equipo y del personal al que se le genera la asignación de dicho bien informático.

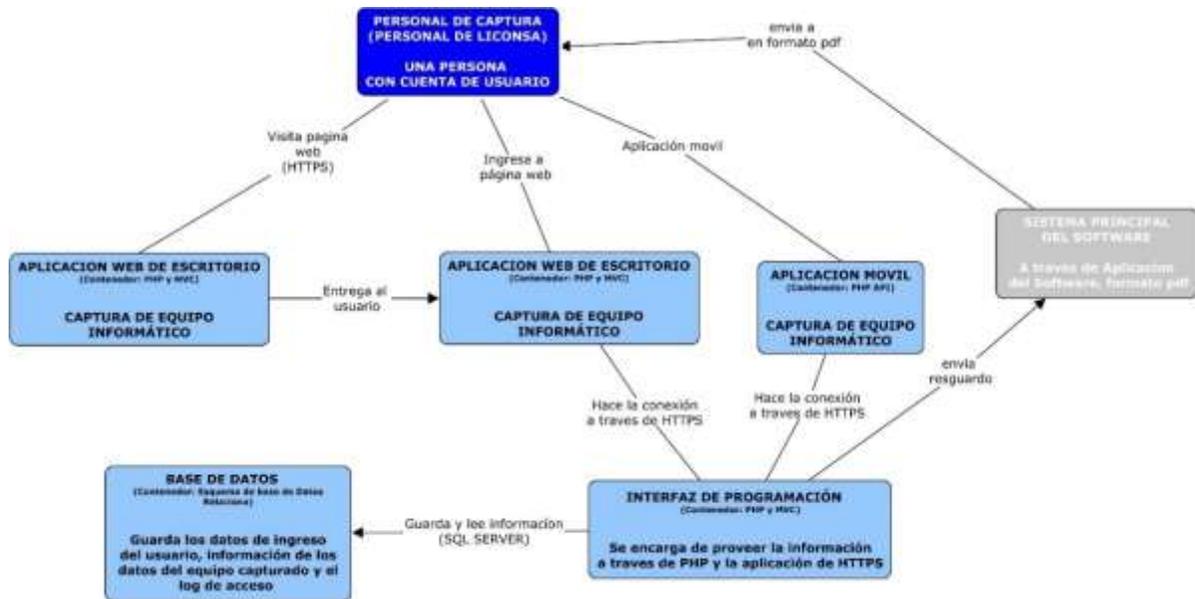


Figura 4. Capa 2 de la Arquitectura del Sistema

En la imagen anterior podemos observar la capa 2 de las formas lógicas del sistema, ya que en este apartado se encuentra toda la parte que ayudará al funcionamiento correcto de la plataforma, aunque no serán visibles para el usuario final, pero sí estarán habilitadas para la capa de controladores (KeepCoding, 2022).

En la tercera capa se encuentra todo lo relacionado con el almacenamiento de la información que se estará ingresando a través de las vistas del usuario.



Figura 5. Vista del Sistema de la Página de Inicio de Sesión

Conclusiones

Al contar con una plataforma como lo es SICBI, se puede tener toda la información de los equipos informáticos que se cuentan en la empresa de forma constante, es decir que con el sistema no debe presentarse pérdidas de información, a pesar de que se tengan equipos que tengan mas de 10 años dentro de la empresa, ya que

es de suma importancia no perder de vista ninguno de ellos, ya que cualquier pérdida o desperfecto son gastos que son cargados al erario público y con el sistema se busca minimizar todas estas situaciones.

Además de darle un seguimiento puntual a cada uno de los equipos para determinar si los mismos son funcionales para las actividades que realiza el personal o en su caso, un histórico de todos los desperfectos que sufren durante su vida útil dentro de la empresa, para poder determinar si los equipos cumplieron con las expectativas de Liconsa o en consecuencia el proveedor este brindando a tiempo la solución de los desperfectos presentados.

Con lo anterior se define la importancia de contar con un Sistema para El Control de los Bienes informáticos, ya que regularmente no se le da una gran importancia, pero que al contar con un gran número de equipos, se puede llegar a perder el seguimiento de estos si no se realiza de forma correcta o bien se pueden duplicar los datos si estos no se pueden verificar de alguna forma, pero con el sistema facilita este control y seguimiento de cada uno de los bienes informáticos

Recomendaciones

Para los interesados en que el sistema se implemente a nivel nacional, deben de tomar en cuenta los usuarios que estarán conectados de forma simultánea a la plataforma, no será necesario que se cambie el Sistema de Gestión de la Base de Datos, ya que se puede recurrir a un balanceador de cargas que ayuda al momento de aumentar el tráfico y la conexión de los usuarios que realizan peticiones, este permitirá equilibrar los picos de tráfico inesperados. Sin embargo, en caso de requerir un manejador de Bases de Datos más robusto se podrá migrar sin problema alguno, ya que al tener una arquitectura Modelo Vista Controlador se puede realizar la migración del Modelo a otra Base de Datos sin presentar complicaciones, teniendo en cuenta que la Base de Datos es de Tipo Relacional.

Referencias

- Amao Olórtégui, J. (2016). *Sistema de inventario vía web para mejorar el control de los equipos informáticos en la empresa J&C Soluciones SAC*. [Tesis de licenciatura]. Universidad.
- Arroyave Buritica, S. (2011). *Sistema para la gestión de Equipos Informáticos SISGEI*.
<https://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/handle/20.500.12717/1741>
- Barranco de Areba, J. (2001). *Metodología del análisis estructurado de sistemas*. Universidad Pontificia Comillas.
- García, M. (2017) *MVC (Modelo-Vista-Controlador). ¿qué es y para qué sirve?. Coding or not* <https://codingornot.com/mvc-modelo-vista-controlador-que-es-y-para-que-sirve>
- Gobierno de México. (2024). *LICONSA S.A. de C.V. | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/liconsa/que-hacemos>
- KeepCoding. (2022, abril 1). *¿Qué es una Arquitectura de Software?* <https://keepcoding.io/blog/arquitectura-de-software/>

Desarrollo de la Aplicación Móvil NewsWayTec utilizando la Plataforma Flutter: Un Servicio de Información Escolar para Estudiantes del Instituto Tecnológico de Delicias

Lic. Raúl Vázquez Tiscareño¹, Dr. David Arnoldo Valtierra Angel²,
Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz³, MSL. Jorge Luis González Hernández⁴, MATI Victorina Fierro Villarreal⁵, Dra. Brenda Marily Alvarado Pimentel⁶.

Resumen: En esta investigación el objetivo es desarrollar e implementar una app móvil denominada NewsWayTec, capaz de automatizar los datos e información escolar, del Instituto Tecnológico de Delicias, donde los alumnos podrán recibir información relevante departamental, de las actividades académicas, deportivas, culturales, sociales y becas. Se utiliza un paradigma Cuantitativo ya que “Refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación” (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014), respondiendo ¿Cómo mejorar el proceso de gestión, procesamiento y control de la información escolar para los alumnos de nivel superior? La propuesta es una aplicación móvil en Flutter, Dart, Nodejs y JavaScript, ingresando al servidor que contendrá un Web Service, para que el usuario acceda a la información que la institución estará dando a la comunidad estudiantil y un Web Token que validará el acceso del usuario.

Palabras Clave: Información, Login, Aplicación móvil, Flutter, Tecnología .Net.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolló con el objetivo es diseñar e implementar una app móvil denominada NewsWayTec, capaz de crear un canal de comunicación directa al automatizar los datos e información escolar, del Instituto Tecnológico de Delicias, que en lo sucesivo será denominado como ITD, donde los alumnos podrán recibir información relevante directamente del departamento de Comunicación y Difusión sobre las actividades académicas, deportivas, culturales, sociales y becas, ya que, según Díaz, Ucán, Aguilera y Toscano (2016), en materia de gestión escolar, “el contar con información de datos escolares de los estudiantes cada vez más ágil y oportuna para sus profesores y estudiantes, se ha vuelto sumamente importante”. Particularmente, se observan problemas de gestión en los diferentes procesos que deben llevar los alumnos en tiempo y forma para satisfacer sus necesidades académicas y, contar con una aplicación automatizada de información escolar permite “optimizar la comunicación e interacción entre los miembros de las instituciones educativas, mediante una aplicación móvil que permita mejorar el nivel de servicio de la institución” (Ruíz, Torres y Ruíz Lizama, 2021). La propuesta es una aplicación móvil que ingresará al servidor que contendrá un Web Service, para que el usuario acceda a la información que la institución estará dando a la comunidad estudiantil y un Web Token el cual validará el acceso del usuario. Para tal efecto, dicha propuesta radica en una aplicación móvil programada en la plataforma de Flutter y el lenguaje Dart, con su respectivo Back-end y Front-end correspondiente para la interfaz de usuario. Por lo anterior, se considera pertinente dar respuesta también a las siguientes preguntas de investigación: ¿Ha tenido Usted un problema y/o contratiempo serio por falta de información oportuna? ¿Está Usted satisfecho con la forma en que se transmite la información escolar actualmente?

¹ El Lic. Raúl Vázquez Tiscareño, es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Comunicación y Difusión de esta institución. raul.vt@delicias.tecnm.mx

² El Dr. David Arnoldo Valtierra Angel es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente pertenece al Departamento de Sistemas y Computación. davaltierrez@yahoo.com.mx (**autor correspondiente**)

³ El Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Sistemas y Computación. cesar.aa@delicias.tecnm.mx

⁴ El MSL. Jorge Luis González Hernández es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Centro de Computo. jorge.gh@delicias.tecnm.mx

⁵ La MATI Victorina Fierro Villarreal es Catedrático del Centro de Estudios Tecnológicos Ind. y de Serv. #87 de Cd. Delicias, en el estado de Chihuahua. vickyfierro04@gmail.com

⁶ La Dra. Brenda Marily Alvarado Pimentel es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente pertenece al Departamento de Económico-Administrativas. brenda.ap@delicias.tecnm.mx

Identificación del Problema.

¿Cómo mejorar el proceso de gestión, procesamiento y control de la información escolar para los alumnos de nivel superior del Instituto Tecnológico de Delicias?

Hipótesis.

La implementación sistema móvil NewsWayTec, optimiza la información escolar de los alumnos del Instituto Tecnológico de Delicias a través de la web.

Objetivo.

Desarrollar e instalar una app móvil denominada NewsWayTec, capaz de automatizar los datos e información escolar del Instituto Tecnológico de Delicias.

Justificación.

En el presente proyecto, es importante desarrollar una app móvil de comunicación directa y sin intermediarios entre los diferentes departamentos administrativos del ITD, ya que los estudiantes requieren de información que sea eficiente, veraz y oportuna, por parte del departamento de comunicación y difusión del ITD, pues gran parte de la información recibida, continúa siendo de manera manual y en la mayoría de los casos, mediante oficios que se quedan plasmados en un marco de avisos que ocasionalmente los alumnos llegan a mirar, incluida la información proporcionada por terceros que suele venir sesgada o incompleta, provocando problemas de comunicación que no se deben de dar en una institución, organización, empresa, etc., y que sin embargo es comúnmente recurrente en parte de las instituciones de nivel superior, por ende, se impone solventar esta necesidad que deriva en problemas de gestión administrativa brindando una herramienta móvil web como NewsWayTec, para que los alumnos puedan llevar a cabo sus gestiones correspondientes en tiempo y forma de manera automatizada y, sobre todo, rápida, verídica y confiable acerca de su estatus académico, actividades extraescolares, culturales, deportivas, etc.

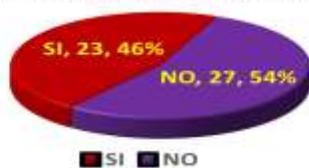
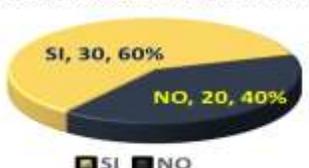
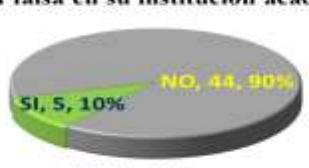
MÉTODO

El enfoque de investigación seleccionado utiliza el método deductivo por la importancia de demostrar la hipótesis aquí planteada a partir de un marco teórico sólido y bien fundamentado, pues de acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010), “la meta principal de los estudios cuantitativos es la construcción y la demostración de teorías”, en cuyo caso, “si se sigue rigurosamente el proceso, los datos poseen estándares de validez y confiabilidad” pues se considera que la problemática del estudiantado, radica en una información proporcionada con cierto déficit en los canales de información, prevaleciendo la información manual. Se mide la variable Independiente: “La implementación sistema móvil NewsWayTec” y la variable Dependiente: “optimiza la información escolar de los alumnos del Instituto Tecnológico de Delicias a través de la web”.

Recopilación de la información.

Para recolectar datos en el ITD, existe una población estudiantil de 1757 estudiantes inscritos y, para efectos de muestreo, se decidió trabajar con una muestra piloto de 50 alumnos, pues de acuerdo con Hernández Sampieri, et al (2006, p. 306), “cuando la muestra sea de 300 o más, puede llevar a cabo la prueba piloto con 30 o 60 personas...”, una muestra significativa de los alumnos que adolecen de un sistema de información efectivo y las consecuencias que se derivan por la falta de información veraz y oportuna. Se utiliza un cuestionario autoadministrado, eliminando los intermediarios en su aplicación que pueden dar origen a cierto nivel de sesgo en los datos obtenidos al coleccionar, pues según Hernández Sampieri et al (2010, p. 235), “se proporciona directamente a los participantes”, o alumnos objeto del muestreo que demandan una solución a la falta de canales adecuados de comunicación sobre los diferentes departamentos administrativos de la institución. Ante la eventualidad se diseñó la aplicación móvil NewsWayTec, para limitar esta problemática de la gestión en la comunicación informativa. Adicionalmente el análisis estadístico permitió obtener una distribución de frecuencias y representaciones gráficas, pues de acuerdo con Bernal Torres (2006), citando a Madison y Lind (s.f.), “la distribución de frecuencias es el agrupamiento de datos en categorías que muestran el número de observaciones de cada categoría”, aplicando para tal efecto, el estadístico de la “**Moda**”, ya que de acuerdo con Salkind (1999), “la moda es una opción excelente si se desea un panorama general de cual clase o categoría ocurre con mayor frecuencia”, buscando sustentar la hipótesis aquí planteada.

Para el análisis estadístico se empleó PASW 18. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1.

<p>1.- ¿Sabe Usted que es un sistema móvil web, de información escolar automatizado?</p>  <p>SI, 19, 38% NO, 31, 62%</p> <p>■ SI ■ NO</p>	<p>2.- ¿Conoce la forma en que se da información sobre becas, conferencias, etc., en su institución?</p>  <p>SI, 33, 66% NO, 17, 34%</p> <p>■ SI ■ NO</p>
<p>De una muestra total de 50 encuestados el 38% conoce que es un sistema de información móvil y el 62% no.</p>	<p>El 66% de estudiantes saben cómo se proporciona la información escolar, pero 34% lo desconocen.</p>
<p>3.- ¿Ha recibido información relevante, de actividades académicas de su institución?</p>  <p>SI, 45, 90% NO, 5, 10%</p> <p>■ SI ■ NO</p>	<p>4.- ¿Ha tenido un problema y/o contratiempo serio por falta de información oportuna?</p>  <p>SI, 23, 46% NO, 27, 54%</p> <p>■ SI ■ NO</p>
<p>El 90% si recibe información escolar importante, pero hay un el 10%, que no recibe este tipo de información.</p>	<p>Significativamente un 46%, si han tenido problemas por no tener información oportuna y un 54% no lo ha tenido.</p>
<p>5.- ¿Está Usted satisfecho con la forma en que se transmite la información escolar actualmente?</p>  <p>SI, 30, 60% NO, 20, 40%</p> <p>■ SI ■ NO</p>	<p>6.- ¿Siente frustración por no tener información importante de manera veraz y oportuna?</p>  <p>SI, 23, 46% NO, 27, 54%</p> <p>■ SI ■ NO</p>
<p>Un 60%, manifiesta estar satisfecho de como recibe la información escolar, pero un 40% reconocieron que no.</p>	<p>El 46%, casi la mitad de encuestados si siente frustración por no tener información oportuna, y un 54% no.</p>
<p>7.- ¿Ha recibido Usted, por distintos medios, información falsa en su institución académica?</p>  <p>SI, 5, 10% NO, 44, 90%</p> <p>■ SI ■ NO</p>	<p>8.- ¿Le gustaría recibir información personalizada de forma automática, por parte de la institución?</p>  <p>SI, 43, 88% NO, 6, 12%</p> <p>■ SI ■ NO</p>
<p>El 90% de estudiantes dijo no recibir información falsa, mientras un 10% afirma que sí. Hubo un dato perdido.</p>	<p>El 88%, si quieren recibir información personalizada automáticamente, solo un 12% no. Hubo un dato perdido.</p>
<p>9.- ¿Consideraría utilizar una nueva Aplicación móvil que le notifique noticias relevantes?</p>  <p>SI, 44, 88% NO, 6, 12%</p> <p>■ SI ■ NO</p>	<p>10.- ¿Para Usted la información escolar recibida sobre su estatus académico es importante?</p>  <p>SI, 50, 100%</p> <p>■ SI</p>
<p>El 88%, si utilizaría una nueva aplicación móvil de información escolar, solo el 12% dijeron que no.</p>	<p>Un 100% de estudiantes afirmaron que, si es importante el estatus académico de su información escolar, 0% no.</p>

Cuadro 1. Resultados obtenidos del cuestionario aplicado a los estudiantes del Instituto Tecnológico Delicias.

MARCO TEÓRICO.

El presente estudio de investigación tiene como propósito fundamental desarrollar una aplicación móvil web que permita optimizar los tiempos de respuesta en el envío de información escolar a los alumnos que la requieren para una mejor toma de decisiones, por ende se propone la implementación de un servicio automatizado denominado NewsWayTec, ya que, “En la era digital en la que vivimos, las aplicaciones móviles se han convertido en una herramienta imprescindible para muchas áreas de nuestra vida, incluida la educación” (V. Ridge, 2023), Tal es su influencia e impacto de uso que un estudio de AT&T México y The Competitive Intelligence Unit, “mostró que al primer semestre de 2023 se registraron 129.91 millones de bandas anchas móviles (BAM) en el país, lo que representa un incremento de 8.4% frente al mismo periodo del año anterior” (Hernández, 2023). De tal manera que, según un estudio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), citado por Cadena (2021), tan solo “en México hay 84.1 millones de usuarios de internet y 88.2 millones de usuarios de teléfonos celulares”. De tal manera que, según un estudio realizado por Díaz, Ucán, Aguilera y Toscano (2016), “Contar con una aplicación móvil de información, permitiría a estudiantes acceder a su información, desde dispositivos móviles, de forma rápida y sencilla, consultar información como requisitos académicos de asignaturas, número de créditos, duración de la licenciatura, calificaciones parciales, etc.”, todo ello, a través de aplicaciones instaladas en los dispositivos móviles, considerando que, “Las aplicaciones móviles, también conocidas como APP, han revolucionado la forma en que las personas acceden a la información y se comunican, y su influencia en el contexto educativo es cada vez más evidente” (V. Ridge, 2023).

Por lo tanto, la propuesta es implementar una aplicación que vendría a simplificar la información que periódicamente debe publicar el departamento de Comunicación y difusión del ITD, aprovechando las bondades que representan los dispositivos móviles y que actualmente son una parte fundamental del ser humano, un dispositivo prácticamente de uso obligatorio para mantenerse al día en términos de comunicación, pues no hay que olvidar que, “los celulares han sido utensilios esenciales en la rutina de las personas como dispositivos de comunicación, de entretenimiento y como medios para generar productividad al momento de realizar tareas laborales” (Hernández, 2023). Obviamente, su área de influencia está enmarcada prácticamente en todas las actividades laborales, profesionales, empresariales, etc., y el ámbito de la educación no es la excepción, pues según Vargas (2024), “La educación está experimentando una revolución sin precedentes, y la interacción de los alumnos cada vez cambia conforme la tecnología avanza, especialmente a través de aplicaciones móviles, pues cada vez es más notorio el uso de dispositivos móviles”. Derivado de lo anteriormente expuesto y atendiendo a (Paredes-Parada, 2019, citado por (Ruíz, Torres y Ruíz Lizama, 2021), “se propone una aplicación móvil de interfaz amigable y fácil uso. Intentando acortar la brecha entre personas de la institución, mediante el uso intuitivo y fácil de una aplicación móvil que tiene como principales pilares la comunicación e interacción”. Esta aplicación se desarrolló con nuevas tecnologías usando un Framework de Flutter, utilizando el lenguaje Dart para el Back-end y para el Front-end, se proponen rutinas de programación desarrolladas en JavaScript, ya que “Flutter proporciona un rendimiento alto, comparándose con apps nativas. Incorpora funcionalidades como scrolling, funciones de navegación, gestión de permisos, ... Permitiendo un comportamiento nativo haciendo que la velocidad de carga sea más rápida tanto en iOS como en Android” (Barragán, 2022). El punto focal en este estudio es satisfacer la demanda de información automatizada y dejar de depender únicamente de información manual, verbal o escrita difundida a través de los medios tradicionales, pues no hay que olvidar que, “El desempeño de las organizaciones actualmente inmersas en la sociedad de la información; está en gran medida, determinado por su capacidad de crear valor, mediante identificación y perfeccionamiento de flujos de información que aportan a la toma de decisiones”. (Martínez Torres, Espíndola García y Morales, s.f.). Si se considera que la “información es poder”, en este sentido, NewsWayTec se propone como una alternativa totalmente viable que brinda un servicio gratuito, de calidad y con información actualizada, verídica y oportuna para que los jóvenes estudiantes del ITD, desarrollen sus actividades de gestión escolar de la mejor manera posible y eficiente, como un soporte a la adecuada toma de decisiones.

RESULTADOS

Este estudio aportó una nueva aplicación móvil denominada NewsWayTec que “permite un monitoreo constante de notificaciones, actividades, calificaciones, pagos, progreso individual, para satisfacer las necesidades específicas de cada estudiante” (Vargas, 2024). Respondiendo a la demanda de información escolar inmediata, este software permite una opción viable para que los diferentes departamentos estén informando a la comunidad estudiantil sobre todas las actividades que se estén realizando en el tecnológico. La aplicación accede al servidor que contiene un Web Service, para que el usuario acceda a la información que la institución estará dando a la comunidad del ITD y un Web

Token el cual validará el acceso del usuario. En cuanto al tratamiento de los datos obtenidos en el análisis de este estudio, los resultados estadísticos, considerados como los más importantes para reforzar la hipótesis planteada son:

Significativamente un 46%, si han tenido problemas por no tener información oportuna y un 54% no lo ha tenido. El 46%, casi la mitad de encuestados si siente frustración por no tener información oportuna, y un 54% no. El 88%, si quieren recibir información personalizada automáticamente, solo un 12% no. Hubo un dato perdido. El 88%, si utilizaría una nueva aplicación móvil de información escolar, solo el 12% dijeron que no. Finalmente, un **100%** de estudiantes afirmaron que, si es importante el estatus académico de su información escolar, y para satisfacer la necesidad de estas interrogantes el presente estudio logró alcanzar el principal objetivo propuesto: “Desarrollar e instalar una app móvil denominada NewsWayTec, capaz de automatizar los datos e información escolar del Instituto Tecnológico de Delicias”. Aportando incluso, evidencia suficiente para sustentar la hipótesis aquí formulada, ya que, “si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia a favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones...” (Hernández Sampieri et al, 2010).

CONCLUSIONES

El presente proyecto se realizó con el objetivo de cubrir la necesidad latente de información hacia la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Delicias, donde actualmente, no existe una aplicación que notifique de manera personal ya que tradicionalmente se informa a través de la página institucional y de las redes sociales, además de vía correo y WhatsApp, pero no toda la comunidad verifica los canales oficiales, por lo menos en lo que a la parte institucional se refiere y según (Molina et al., 2015, citados por Ruíz, Torres y Ruíz Lizama, 2021), “estudios a gran escala demuestran que tanto la información como la comunicación son vitales para poder lograr cambios notables en la vida del ser humano”. Por tal motivo, en este estudio, se implementó una aplicación FlutterTec, con un Front-end, que se ejecuta del lado del cliente, utilizando Flutter y el lenguaje de programación Dart y se utiliza un Back-end, que se ejecuta en un servidor desarrollado en Nodejs con el lenguaje de JavaScript. Se seleccionó esta plataforma porque de acuerdo con Vázquez Rodríguez (2019), “Flutter, un framework de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma creado por Google. Es código abierto y permite construir aplicaciones tanto para Android como para iOS. En Flutter se construye toda la aplicación usando Dart, incluida la interfaz de usuario”. Aportando una nueva aplicación móvil informativa, para una comunicación más eficiente con la comunidad del Tecnológico de Delicias, donde recibirán información relevante departamental, de las actividades académicas, deportivas, culturales, sociales y becas, adicionalmente, “permite un monitoreo constante de notificaciones, actividades, calificaciones, pagos, progreso individual e identificar áreas de mejora, adaptando el contenido para satisfacer las necesidades específicas de cada estudiante” (Vargas, 2024). Y es importante ratificar que hoy día, prácticamente todos los integrantes de la sociedad del conocimiento tienen posibilidades reales, de poder acceder a cualquier tipo de información casi de manera instantánea y en ese sentido de acuerdo con Jaimes García (2023), “En este panorama en constante evolución, los dispositivos móviles se destacan como una herramienta clave que ha revolucionado la manera en que nos comunicamos y accedemos a información vital”, en este caso en concreto, a todo tipo de información académica que es de interés general por parte del estudiantado, pues no hay que olvidar que en este estudio el 100% de estudiantes afirmaron que, si es importante el estatus académico de su información escolar.

RECOMENDACIONES

Dentro del ámbito educativo y en materia de comunicación efectiva entre los diferentes actores de la educación, una de las recomendaciones más importantes, consiste en el desarrollo de aplicaciones móviles utilizando plataformas tecnológicas de última generación, como el Framework de Flutter y Dart ya que según Barragán (2022), “Es un software con más crecimiento para el desarrollo de apps móviles, aparte de la compatibilidad con los dispositivos móviles, permite adaptarse tanto al mundo web como al escritorio de ciertos dispositivos, siendo la adaptación completa y funcional”, producto de ello, es el caso del software NewsWayTec, propuesto aquí de manera gratuita, para que los jóvenes de la comunidad estudiantil posean una herramienta de comunicación mayormente confiable y a la vez se constituya como una alternativa de gestión más eficiente para el departamento de Comunicación y difusión del ITD, ya que de acuerdo con Muñoz y Staroscelsky (2014), citados por Díaz, Ucán, Aguilera y Toscano (2016), una aplicación móvil “permite tener acceso a datos personales; datos académicos: año de ingreso y última matrícula, historial académico; beneficios: becas y créditos; asignaturas: carga académica actual, anuncios puestos por los docentes, notas o calificaciones parciales y finales, etc.”. Por ende, se considera que, “Las apps móviles educativas son un canal en crecimiento que combina educación, pedagogía y tecnología buscando hacer la vida más fácil a profesores, alumnos, directivos, etc.” (Cadena, 2021). En síntesis, “las aplicaciones educativas rompen las barreras al proporcionar recursos educativos asequibles y una conexión inmediata con la vida académica y al día de hoy están

desempeñando un papel esencial en la transformación del entorno educativo” (Vargas, 2024) y este es el aporte de, NewsWayTec.

REFERENCIAS

1. Barragán, A. (2022). Flutter, un SDK para controlar todos los Sistemas Operativos móviles. Consultado en: <https://openwebinars.net/blog/flutter-un-sdk-para-controlar-todos-los-sistemas-operativos-moviles/#:~:text=Flutter%20es%20un%20framework%20de,aplicaciones%20web%20o%20de%20escritorio.>
2. Bernal Torres, C. (2006). Metodología de la Investigación. 2ª. Edición. México: Editorial Pearson / Prentice Hall.
3. Cadena, N. (2021). Por qué tu escuela debería tener una aplicación móvil. Consultado en:
4. <https://www.campusmovil.com.mx/2021/07/21/por-que-tu-escuela-deberia-tener-una-aplicacion-movil/>
5. Díaz Mendoza, J., Uacán Pech, J., Aguilera Gúemez, A. y Toscano de la Torre, A. (2016). Asistente escolar para los estudiantes de Ingeniería de Software: una aplicación móvil. Consultado en: <https://www.redalyc.org/journal/5122/512253114011/html/>
6. Hernández, N. (2023). Mexicanos se ‘apoderan’ del uso de smartphones; líneas con internet móvil llegan a 130 millones. Consultado en: <https://elceo.com/tecnologia/mexicanos-se-apoderan-del-uso-de-smartphones-lineas-de-internet-movil-llegan-a-130-millones/>
7. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. 4ª. Edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
8. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ª. Edición. Chile: Editorial Mc Graw Hill.
9. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. 6ª. Edición. México: Editorial Mc Graw Hill.
10. Jaimes García, Y. (2023). Desarrollo De Aplicación Móvil Para El Monitoreo Del Recorrido Escolar De Estudiantes Pertenecientes Al Programa ‘Al Colegio En Bici’. Consultado en: https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/27623/1014295468_PROYECTO%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Martínez Torres, E., Espíndola García, J. y Niccolas Morales, H. (s.f.). El sistema de información escolar como insumo para determinar los factores asociados a la deserción y rezago educativo en una Institución de Educación Superior. Consultado en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6284/el_sistema_de_informacion_escolar_como_insumo.pdf
12. Ruíz Rivera, M., Torres Dávila, G. y Ruíz Lizama, E. (2021). Diseño y desarrollo de un aplicativo móvil educativo para optimizar la comunicación e interacción entre los miembros de las instituciones educativas en tiempo real. Consultado en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932021000100277
13. Salkind, N. (1999). Métodos de Investigación. 3ª. Edición. México: Editorial Pearson / Prentice Hall.
14. V. Ridge, B. (2023). El impacto educativo de las aplicaciones móviles (APP). Consultado en: <https://www.mediummultimedia.com/apps/como-ayudan-las-app-en-la-educacion/>
15. Vargas, A. (2024). El Papel de las Apps móviles en el Entorno Académico. Consultado en: <https://www.academic.lat/blog/el-papel-de-las-apps-moviles-en-el-entorno-academico/>
16. Vázquez Rodríguez, V. (2019). Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma con Flutter. Consultado en: https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/8010/TFG_VAZQUEZ%20RODRIGUEZ,%20VICTOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Notas Biográficas

El **Lic. Raúl Vázquez Tiscareño** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente es el jefe del Departamento de Comunicación y Difusión de esta institución. Se desempeña como desarrollador de Sistemas computacionales comerciales y ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos internacionales.

El **Dr. David Arnoldo Valtierrez Angel** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente pertenece al Departamento de Sistemas y Computación. Terminó sus estudios de Doctorado en Ciencias de la Educación con especialidad en Tecnología Educativa en la Universidad España Autónoma de Durango. Es conferencista e instructor certificado en impartición de cursos en diferentes áreas del conocimiento y ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos nacionales e internacionales.

El **Ing. Cesar Adán Acosta Armendáriz** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Sistemas y Computación de esta institución.

El **MSL. Jorge Luis González Hernández** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y actualmente se desempeña como el jefe del Departamento de Centro de Computo de esta institución.

La **MATI Victorina Fierro Villarreal** es Catedrático del Centro de Estudios Tecnológicos Ind. y de Serv. #87 de Cd. Delicias, en el estado de Chihuahua. Terminó sus estudios de Maestría en el Tecnológico de Monterrey, campus Chihuahua. Ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos nacionales e internacionales.

La **Dra. Brenda Marily Alvarado Pimentel** es Catedrático del Instituto Tecnológico de Delicias, en el estado de Chihuahua y ha publicado y participado en distintos foros de Investigación y congresos nacionales e internacionales.