EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN

INNOVACIÓN COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO PARA UNA PRODUCTIVIDAD INTELIGENTE

COORDINADORES

DANIEL ARMANDO OLIVERA GÓMEZ
ISRAEL BECERRIL ROSALES
LÁZARO DE JESÚS GARCÍA DÍAZ
MONTSERRAT ACOSTA CADENAS

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
RED IBAI

ISBN: 978-607-5893-55-6

9 786075 893556

EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN

INNOVACIÓN COMOESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO PARA UNA PRODUCTIVIDAD INTELIGENTE

COORDINADORES

Daniel Armando Olivera Gómez, Israel Becerril Rosales, Lázaro de Jesús García Díaz, Montserrat Acosta Cadenas

AUTORES

Arturo Méndez Alducín, Alicia Valdez Hernández, Ana Grisel Hernández Vallejo, Ana Ruth Ulloa Pimienta, Antonio Huerta Estévez, Aylin García Fernández, Bertha Conde Carreño, César Paz Valladares, Claudia Guadalupe Zarrabal Gutiérrez, Cristina Guerrero Rodríguez, Daniel Armando Olivera Gómez, Delia del Carmen Gamboa Olivares, Dennis de Jesús Navarrete Salgado, Doreidy Melgarejo Galindo, Elisa Chávez Pacheco, Elsa Elena Corona Mayoral, Gabriel Antonio Sánchez Ortiz, Guadalupe Esmeralda Jiménez Pegueros, Hector Gabriel Medina Lagunes, Israel Becerril Rosales, Jazmín Villegas Narváez, Jesús Carrillo Ahumada, Jesús Herrera Alarcón, José Agustín Colina Sánchez, José Alfredo Garcidueñas Paz, José Diego González Reyes, Juan Diego Ortega Cervantes, Julia Rivera Moreno, Juliana Lizet Santamaría Hernández, Julio Magallanes Sáenz, Kevin Orlando Casas López, Lázaro Gabriel Trujillo Juárez, Loida Melgarejo Galindo, Luis Alberto Montes Gutiérrez, María de Jesús García Gómez, María de los Angeles Camacho Morales, María del Pilar Reyes Sierra, María Guadalupe Barradas Zamora, Marina Cecilia Pérez Castillo, Montserrat Acosta Cadenas, Myrna Guadalupe Andrade Estrada, Oscar López Aguirre, Patricia Horta Rosado, Raúl Amador Velázquez, Reyna Patricia Utrera Landa, Ricardo Fabian Alvarado Mar, Roberto Anibal Flores Guerrero, Rosalía Janeth Castro Lara, Salvador Paredes Rincón, Sara Márquez Bueno, Sonia Báez Lagunes, Verónica Hernández Morales, Walfrido Lora Alcolea, Yessica Dariana Moreno Cantu, Yohana Betzabel Ixtla Landa, Yonatan Eduardo Gómez Plata

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2025

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

ISBN: 978-607-5893-55-6

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (978-607-5893)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 2
Presentación en medio electrónico digital
Formato PDF 10 MB
Fecha de aparición 28/11/2025
ISBN 978-607-5893-55-6

Derechos Reservados © Prohibida la reproducción total o parcial de este libro en cualquier forma o medio sin permiso escrito de la editorial.

Xalapa, Veracruz. México a 13 de noviembre de 2025

DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; el primero, fue realizado por el **COMITÉ EDITORIAL RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.** con sede en México; que sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la misma, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. El segundo proceso de dictaminación estuvo a cargo del **COMITÉ CIENTÍFICO RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.;** donde se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable y por acuerdo del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **"EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN. INNOVACIÓN COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO PARA UNA PRODUCTIVIDAD INTELIGENTE"** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez
Director Editorial
Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)
Dublín 34, Residencial Monte Magno
C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.
Cel 2282386072

Xalapa, Veracruz. México a 28 de noviembre de 2025

CERTIFICACIÓN EDITORIAL

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI) con sello editorial **No. 978-607-5893** otorgado por la Agencia Mexicana de ISBN, hace constar que el libro **"EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN. INNOVACIÓN COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO PARA UNA PRODUCTIVIDAD INTELIGENTE"** registrado con el **ISBN 978-607-5893-55-6** fue publicado por nuestro sello editorial con fecha de aparición del 28 de noviembre de 2025 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra politica editorial.

Fue evaluado por pares académicos externos y aprobado por nuestro Comité Editorial y Científico.

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación se encuentran bajo el poder Editorial de **RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI),** los cuales están a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requieran.

La normativa editorial y repositorio se encuentran disponibles en la página **http://www.redibai-myd.org**

Doy fe.
Dr. Daniel Armando Olivera Gómez
Director Editorial
Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)
Dublín 34, Residencial Monte Magno
C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.
Cel 2282386072

EL FUTURO DE LA PRODUCCIÓN

INNOVACIÓN COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO PARA UNA PRODUCTIVIDAD INTELIGENTE

Prólogo

Las antiguas certezas que durante décadas guiaron la forma en que producimos bienes, servicios y conocimiento están siendo cuestionadas por una realidad cada vez más compleja, interconectada y cambiante. La globalización, la automatización, la inteligencia artificial, la crisis climática y las nuevas dinámicas sociales han encendido una pregunta urgente: ¿cómo será el futuro de la producción?

En esta inquietud nace de esa pregunta, pero también de una convicción: no estamos simplemente observando un cambio tecnológico, sino una verdadera mutación cultural y estructural. El trabajo ya no es el mismo, las fábricas ya no son las mismas, y los modelos de negocio que una vez dominaron el mundo comienzan a ceder ante nuevas formas de organización descentralizada, colaborativa y sostenible. No solo se explora las tendencias que están marcando el rumbo —desde la manufactura aditiva y la robótica avanzada hasta la economía circular y las plataformas digitales—, sino también las tensiones éticas, sociales y políticas que acompañan esta transición. Porque imaginar el futuro de la producción no es solo proyectar tecnologías, sino también decidir qué tipo de mundo queremos construir.

Este libro está dirigido a quienes piensan, diseñan y lideran el cambio: empresarios, estudiantes, académicos, responsables de políticas públicas, innovadores y trabajadores del presente que desean comprender y anticiparse al mañana. Es una invitación a observar con mirada crítica y creativa los cambios que ya están en marcha, y a participar activamente en la configuración de un sistema productivo más justo, resiliente y humano.

El futuro no está escrito. Pero cada decisión que tomamos hoy, en nuestros laboratorios, oficinas, talleres o espacios digitales, lo está modelando silenciosamente.

ÍNDICE

SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL SURESTE MEXICANO
Ana Ruth Ulloa Pimienta..... 1

ERGONOMÍA Y PRODUCTIVIDAD: EFECTOS DE LOS RIESGOS EN EL RENDIMIENTO EN EL TRABAJO
Aylin García Fernández
Sonia Báez Lagunes
Antonio Huerta Estévez..... 15

SISTEMA LOGÍSTICO DE ENTREGAS AUTOMATIZADAS CON DRONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN
César Paz Valladares
Marina Cecilia Pérez Castillo
Bertha Conde Carreño..... 25

MEJORA EN LOS PROCESOS DE ATENCIÓN AL CLIENTE PARA SOLICITUDES Y RECLAMACIONES, OFRECIENDO CALIDAD EN LA VALIDEZ DE LA GARANTÍA
Elisa Chávez Pacheco
María de los Angeles Camacho Morales
Julia Rivera Moreno..... 39

ANÁLISIS DEL FLUJO DE LA CADENA DE VALOR EN UN TALLER DE CARPINTERÍA
José Agustín Colina Sánchez
Gabriel Antonio Sánchez Ortiz
Patricia Horta Rosado..... 52

UNA REVISIÓN DE LAS APLICACIONES DE LA OPTIMIZACIÓN MULTIOBJETIVO EN BIOPROCESOS
José Alfredo Garcidueñas Paz
Jesús Carillo Ahumada
María de Jesús García Gómez..... 64

INNOVACIÓN ALIMENTARIA SOSTENIBLE: FRUSKIN Y LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y VERDURAS
Jazmín Villegas Narváez
Lázaro Gabriel Trujillo Juárez
Sara Márquez Bueno
María Guadalupe Barradas Zamora..... 75

ÍNDICE

ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR IMPLEMENTADAS EN EL MANEJO DE RESIDUOS EN ORGANIZACIONES DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO
Loida Melgarejo Galindo
Doreidy Melgarejo Galindo
Rosalía Janeth Castro Lara
Juliana Lizet Santamaría Hernández..... 85

CONOCIMIENTO DEL NIVEL DE BASURA EN EMPRESAS EN MUNICIPIOS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ
Doreidy Melgarejo Galindo
Loida Melgarejo Galindo
Juan Diego Ortega Cervantes..... 94

PROPUESTA DE DIFUSIÓN TURÍSTICA DIGITAL "VIVE CHACHALACAS"
Montserrat Acosta Cadenas
Rosalía Castro Lara
Hector Gabriel Medina Lagunes
Kevin Orlando Casas López..... 102

USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN EL TALLER MECÁNICO VITALLANTAS EN DURANGO, DGO.
María del Pilar Reyes Sierra
Raúl Amador Velázquez
José Diego González Reyes..... 108

SEGURIDAD Y ACCIDENTES EN EL SECTOR MINERO EN DESARROLLOS MINEROS Y VOLADURAS EN EL ESTADO DE DURANGO
María del Pilar Reyes Sierra
Raúl Amador Velázquez
Magallanes Sáenz Julio..... 122

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ALMACÉN DE HERRAMIENTAS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS PORTUARIOS, LOGÍSTICOS Y DE TRANSPORTE TERRESTRE
Elsa Elena Corona Mayoral
Delia del Carmen Gamboa Olivares
Oscar López Aguirre..... 136

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE MUESTRAS DE SUELOS DE CAÑA DE AZÚCAR
Luis Alberto Montes Gutiérrez
Arturo Mendez Alducin
Ana Grisel Hernandez Vallejo..... 145

ÍNDICE

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE SUELOS GANADEROS
Luis Alberto Montes Gutiérrez
Salvador Paredes Rincón
Jesús Herrera Alarcón
Dennis de Jesús Navarrete Salgado..... 158

LA 5P DE LA MERCADOTECNIA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE UN JABÓN LÍQUIDO DE ACEITE VEGETAL
Ma. Cristina Guerrero Rodriguez
Verónica Hernández Morales
Roberto Anibal Flores Guerrero
Ricardo Fabian Alvarado Mar..... 167

CONTROL DE INVENTARIOS EN EL AREA DE ALMACEN DE UNA AEROLINEA COMERCIAL
Yonatan Eduardo Gómez Plata
Israel Becerril Rosales..... 173

SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL SURESTE MEXICANO

Ana Ruth Ulloa Pimienta[1]

RESUMEN

Las instituciones educación superior (IES) requieren determinadas estrategias y procesos para el logro de objetivos y metas enfocadas hacía la mejora continua de los servicios educativos que ofertan. El objetivo de estudio fue Identificar si los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) de las IES del sureste mexicano contribuyen en la productividad y competitividad de la calidad educativa. La metodología aplicada es de enfoque mixto de tipo descriptivo correlacional, una muestra integrada por 6 universidades. Los resultados demuestran que los sistemas implantados, si contribuyen a la permanencia, competitividad, productividad y mejora continua en cada uno de los procesos realizados por las instituciones educativas, sin embargo aunque están certificados por: NOM, ISO, Acreditación ANUIES entre otras, se identifican debilidades, amenazas en procesos de planes de acción, falta de seguimiento de procesos y evaluaciones en indicadores para mejorar la continua, algunas universidades no cuentan con SGC reconocen la desventaja competitiva. Se proponen estrategias y medidas para que las universidades se conduzcan hacía una mejora continua en sus procesos que contribuya, de forma eficaz y eficiente no solo a la calidad educativa sino a la sociedad de manera productiva.

Palabras clave: calidad educativa, competitividad, gestión estratégica, mejora continua, productividad.

ABSTRACT

Higher education institutions (HEIs) require specific strategies and processes to achieve objectives and goals focused on the continuous improvement of the educational services they offer. The objective of this study was to identify whether the Quality Management Systems (QMS) of HEIs in southeastern Mexico contribute to the productivity and competitiveness of educational quality. The methodology applied is a descriptive-correlational mixed approach, with a sample comprised of six universities. The results demonstrate that the implemented systems do contribute to the permanence, competitiveness, productivity, and continuous improvement of each of the processes carried out by educational

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Villa la Venta. anar.up@laventa.tecnm.mx

institutions. However, although they are certified by NOM, ISO, ANUIES Accreditation, among others, weaknesses, threats in action plan processes, and a lack of process monitoring and evaluation of indicators for continuous improvement are identified. Some universities do not have a QMS, and they recognize their competitive disadvantage. Strategies and measures are proposed to enable universities to conduct continuous improvement in their processes, contributing effectively and efficiently not only to educational quality but also productively to society.

Keywords: Educational quality; competitiveness, strategic management; continuous improvement; productivity.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la excelencia en la educación ha sido una constante a lo largo de la historia, motivada por la necesidad de ofrecer servicios educativos que respondan a las demandas sociales, económicas y culturales de cada época. En este contexto, los antecedentes de la gestión de la calidad en instituciones educativas se remontan a las prácticas de mejora continua y control de calidad que surgieron en el sector industrial en el siglo XX, adaptándose posteriormente al ámbito educativo como una estrategia para elevar los estándares de enseñanza, investigación y gestión institucional.

Así la calidad es sinónimo de eficiencia, eficacia, pertinencia, relevancia y equidad; términos difíciles de ser evaluados (Plá, 2019), con el propósito principal de toda institución educativa para alcanzar no solo los objetivos programados sino también el prestigio, reconocimiento, competitividad y permanencia en el mercado educativo. En este sentido, la evaluación constituye, para la educación, una herramienta fundamental para construir el proceso de cambio orientado a mejorar la calidad, sin embargo, no existe un modelo único de evaluación, algunas instituciones prefieren las evaluaciones internacionales estandarizadas, otras optan por las normas ISO y otras por los modelos de acreditación impuestas desde sus organismos gubernamentales estatales (Álvarez y Matarranz, 2020).

La calidad educativa es también, sinónimo de altos resultados en exámenes estandarizados acompañados de óptimos procesos pedagógicos y de gestión orientados a cumplir metas a nivel institucional, nacional e internacional (Martínez et al. 2020). Es así que la calidad en la educación se define como la capacidad de una institución para ofrecer servicios académicos que cumplen con los estándares establecidos, para satisfacer las expectativas de los estudiantes y demás actores, promoviendo la mejora continua.

De este modo, la calidad en la educación superior no solo se refiere a la excelencia académica, sino también a la capacidad de las instituciones para adaptarse a los desafíos contemporáneos y promover la diversidad y la inclusión (IESALC/UNESCO, 2023).

Sin embargo, alcanzar y mantener altos niveles de calidad requiere de un enfoque sistemático y estructurado. De acuerdo a Porter (2015) en un mundo donde las organizaciones deben adaptarse constantemente a los cambios económicos, tecnológicos y sociales, el enfoque estratégico es esencial para mantener la competitividad y asegurar la sostenibilidad, a través de una gestión estratégica organizacional.

La gestión estratégica en instituciones de educación superior se aplica como un proceso fundamental para asegurar que la institución alcance sus objetivos a largo plazo y mejore continuamente su calidad. En este contexto, la gestión estratégica implica definir claramente la misión, visión y valores de la institución, así como establecer metas y planes de acción alineados con estos principios. De acuerdo a Calle et al. (2023) el concepto de gestión estratégica surge a partir de la necesidad de las empresas de organizar y planificar sus recursos para competir de manera efectiva en entornos cambiantes.

De esta manera dentro de un sistema de gestión de calidad, la gestión estratégica se integra para orientar todas las actividades y procesos hacia la excelencia académica, la satisfacción de los estudiantes, la innovación y la responsabilidad social. Esto se logra mediante la identificación de indicadores clave de desempeño, la evaluación constante de resultados y la implementación de mejoras basadas en datos y retroalimentación. Misma que a su vez actúa como un marco que guía la toma de decisiones, fomentando la participación de todos los actores, asegurando que la institución evolucione de manera coherente y efectiva, contribuyendo así a un sistema de gestión de calidad robusto y sostenible.

La presente investigación se realizó con el objetivo de identificar si los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC en adelante) implantados por las Instituciones de Educación Superior (IES en adelante) del sureste mexicano contribuyen en la productividad y competitividad en la calidad educativa, estudio que se realizó en seis universidades públicas de los Estados de Veracruz y Tabasco.

De acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 9000 (ISO TC/176, 2015a), el SGC puede definirse como un sistema cuya función es definir la política que seguirá la organización y las metas que fijará para la obtención de la calidad.

La importancia de adoptar un SGC radica en su capacidad para fortalecer la eficiencia operativa, mejorar la satisfacción de los estudiantes, potenciar la formación del personal y elevar la reputación institucional. La gestión de la calidad puede ser implementada a través de un SGC para garantizar su eficacia es necesaria la participación de todos los miembros de la organización, independientemente del sector productivo o de los cargos jerárquicos. Un sistema de calidad es una estructura funcional que se encarga de documentar procedimientos efectivos tanto técnicos como administrativos, con el fin de guiar actividades coordinadas de la fuerza de trabajo, las máquinas y la información de la

empresa de forma eficaz y práctica para asegurar la satisfacción del cliente con los parámetros de calidad establecidos y sin exceder los costos (Pineda, 2020).

El concepto de Sistema de Gestión de Calidad en instituciones educativas se refiere a un conjunto estructurado de políticas, procesos y procedimientos diseñados para garantizar que los servicios ofrecidos cumplen con ciertos estándares de calidad, satisfacen las expectativas de los estudiantes y otros actores, y promueven la mejora continua. Esta implementación implica la integración de prácticas que permiten planificar, controlar, evaluar y perfeccionar las actividades académicas y administrativas, fomentando una cultura institucional orientada a la excelencia.

Para (Murrieta Saavedra et al. 2020; Reyes Chacón et al. 2022) la implementación de SGC se ha vuelto crucial para mejorar la satisfacción del cliente y obtener ventajas competitivas. El impacto de la implementación es profundo y multifacético, porque no solo contribuye a la mejora de los procesos internos y a la optimización de recursos, sino que también favorece la innovación pedagógica, la acreditación de programas académicos y la adaptación a las nuevas demandas del mercado laboral. En consecuencia, las instituciones que adoptan estos sistemas están mejor preparadas para responder a los desafíos del siglo XXI, promoviendo una educación de calidad que impacta positivamente en el desarrollo social y económico de sus comunidades.

Ventajas de adoptar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC)

La implementación de un SGC en las instituciones de educación superior del sureste mexicano ha cobrado una importancia significativa en los últimos años. La adopción de estas prácticas no solo contribuye a elevar los estándares de calidad educativa como se ha mencionado, sino que también fortalece la productividad institucional, la competitividad y la mejora continua en un entorno cada vez más globalizado.

La productividad como consecuencia del desempeño organizacional tiene que ver con los resultados que se obtienen de un proceso o un sistema respecto de los recursos utilizados durante el procedimiento, en términos generales se dice que la productividad se mide por el cociente formado por los recursos logrados versus los recursos empleados (Baltazar et al. 2023).

Para la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2016), la productividad se define como el uso eficaz de la innovación y los recursos para aumentar el agregado añadido de productos y servicios. La importancia de estudiarla y medirla radica fundamentalmente en su capacidad para impulsar el crecimiento económico organizacional (OCDE, 2014), acorde a diversos estudios se afirma que elevar los niveles de productividad trae consigo mayor competitividad empresarial.

Sin embargo para Medeiros et al. (2020), esta involucra al menos tres factores a considerar como puntos clave en este proceso: cambio tecnológico, eficiencia y ahorros reales en los costos de producción.

Esto significa que la productividad refleja los niveles de eficiencia con los que las empresas e instituciones obtienen un determinado valor de producción, utilizando el mínimo de recursos requeridos dadas las condiciones tecnológicas y los sistemas de gestión adoptados como parte de los procesos (Baltazar et al. 2023).

Otro factor de impacto en la implementación de SGC en las organizaciones es la competitividad:

Tal y como lo explica Monterroso (2016), la competitividad se manifiesta como un término que indica la posición de una empresa en relación con otras, cuya permanencia en el mercado y la generación de valor han sido atributos primordiales dentro de su concepto.

Otros autores afirman que la competitividad constituye una herramienta estratégica que, con el pasar de los años, ha ido cobrando mayor importancia no solo entre los académicos sino también entre las empresas, pues diferentes aristas referentes a este concepto pueden ser analizadas para entender por qué es trascendental para las organizaciones adoptar la competitividad como una filosofía de vida. (Díaz et al., 2021, p. 145)

Con el paso del tiempo, la conceptualización de competitividad ha sido expuesta a diversas interpretaciones en su campo de actuación. De acuerdo con Vega, (2023): “en el ámbito administrativo, a la competitividad se le ha visto como el resultado final de la interacción de una serie de elementos productivos, los cuales tienden a generar una ventaja competitiva” (p. 56).

En un contexto donde la educación superior juega un papel fundamental en el desarrollo social y económico, comprender cómo estos sistemas impactan en la calidad y en la capacidad de las instituciones para adaptarse y destacar, resulta esencial para promover un crecimiento sostenible y una formación de excelencia mediante la mejora continua de estos sistemas en la región del sureste mexicano.

Considerando con lo antes mencionado, la mejora continua es la clave para el desarrollo sostenible de las instituciones educativas, ya que implica un compromiso constante con la evaluación y el ajuste de procesos. Esta práctica no solo se aplica a los programas académicos, sino también a las áreas administrativas y los servicios estudiantiles, asegurando una calidad integral en todas las facetas de la institución (Reina & Tulmo, 2023). Debido a los altos niveles de competencia en el mercado, que obligan a las organizaciones a innovar para ser efectivas con sus bienes o servicios, en la actualidad las organizaciones están cambiando y mejorando sus procesos constantemente (Castillo & Calderon, 2022). Es necesario que los procesos estén bien diseñados para mejorar la administración; como

resultado, las gestiones de procesos junto con la mejora continua permiten a la organización diseñar lo que el negocio necesita, identificar debilidades y fortalezas y mejorar las operaciones para satisfacerlos objetivos fijados por las empresas (Veintimilla et al. 2020).

Es importante mencionar que cuando una institución u organización adopta, evalúa y da seguimiento al SGC enfocado en la mejora constante, esté logra optimizar sus procesos, lo que se traduce en una mayor eficiencia y efectividad en este caso en la enseñanza y administración. Esto significa que los docentes, estudiantes y personal en general se benefician porque los recursos se utilizan de manera más eficiente, los servicios educativos mejoran y se ajustan a las necesidades reales de la comunidad educativa. Así, la mejora continua fomenta una cultura de innovación y compromiso, lo que ayuda a identificar áreas de oportunidad y a implementar cambios que elevan la calidad de la educación.

La Mejora Continua puede entenderse como una búsqueda constante para ofrecer una educación humanista, integral, inclusiva, equitativa, democrática e intercultural, es decir, la educación que promueve el Estado mexicano desde una visión transformadora (SEP, 2024).

Esta búsqueda es permanente, pues siempre habrá algo que podemos hacer mejor. Al aplicar la mejora continua en todos los procesos, las instituciones educativas no solo cumplen con estándares de calidad, sino que también son más adaptables, competitivas y capaces de ofrecer una educación de mayor valor, beneficiando a toda la comunidad educativa.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto (cualitativo & cuantitativo) de tipo descriptivo correlacional. La investigación mixta desempeña varias funciones clave en la generación de conocimiento. En primer lugar, permite una triangulación de datos, lo que significa que se pueden utilizar múltiples fuentes y métodos de recolección de datos para examinar un fenómeno desde diferentes perspectivas. Esta triangulación fortalece la validez y la confiabilidad de los hallazgos, ya que los resultados se basan en una convergencia de evidencia proveniente de diferentes enfoques (Medina et al. 2023).

Los métodos mixtos pueden implementarse de acuerdo a diversas secuencias. A veces lo cuantitativo precede a lo cualitativo, en otras ocasiones lo cualitativo es primero; también pueden desarrollarse de manera simultánea o en paralelo, e incluso es factible fusionarlos desde el inicio y a lo largo de todo el proceso de investigación (Hernández, 2020).

La población de estudio estuvo integrada por universidades públicas de los Estados de Tabasco y Veracruz. Una muestra conformada por 6 universidades conforme muestra la figura 1, mismas que implementan un SGC (ITSLV, UV, ITSM, UTT, ITSCH Y UPCH).

El instrumento aplicado para recolectar los datos necesarios fue una entrevista estructurada elaborada por el investigador la cual se realizó de forma presencial al jefe del área de SGC en cada una de las instalaciones de las IES (Figura 1). Seguidamente se analizó para dar respuesta a los objetivos de esta investigación.

Figura 1. *Recolección de información en Universidades del Sureste*

Nota: SGC en IES del Sureste Mexicano

RESULTADOS

En el sureste mexicano existen un sinnúmero de IES públicas y privadas, un elemento que las hace competitivas y que contribuye de forma significativa a la calidad educativa del país es la adopción e implementación de SGC, a continuación se comparten los informes obtenidos de cada una de las Universidades objeto de estudio:

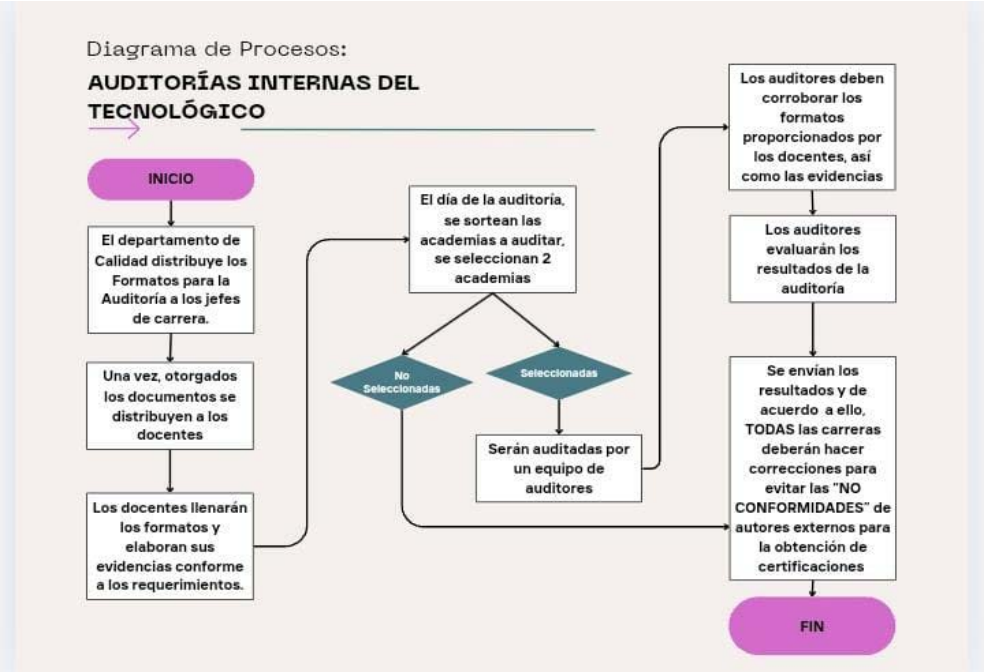
En el caso del ITSLV, ITSM y del ITSCH se identificó que sus SGC integral están debidamente implementando de manera eficaz, demostrando conformidad con los estándares establecidos por las normas que se rigen por las normas:

ISO 9001:2025 (calidad), ISO 14001:2025 (Gestión ambiental), ISO 45001:2018 (Seguridad y salud en el trabajo), ISO 9001:2015 (Sistema de Gestión de Calidad), ISO 50001: 2018 (Gestión de la energía) y Norma Oficial mexicana NMX-R 025-SCFI (Igualdad laboral y no discriminación).

Que apoyados de la casa certificadora INR (Institución que da seguimiento a través de auditoria de seguimiento y mantenimiento) la figura 2, muestra el proceso interno que realiza la institución para

efectos de auditoria. Dan seguimiento, evaluación al sistema para identificar y supervisar el compromiso con la mejora continua y el cumplimiento de estándares internacionales que fortalecen la calidad de los servicios educativos que estas IES ofrecen.

Figura 2. *Proceso de auditoria interna*



Nota: auditoria interna de Tecnológicos.

Los jefes de los departamentos responsables de estos sistemas mencionaron que institucionalmente todo el personal tienen como prioridad contribuir a la formación profesional de los estudiantes, esto no solo en la forma de operar en cada una de las áreas acorde a lineamientos del SGC sino también formándose, capacitándose, contribuyendo en la gestión del conocimiento (estudiando, maestrías y doctorado) hacía una mejora continua para alcanzar los objetivos de una educación de calidad con cada uno de los actores de la misma.

Es importante mencionar que en el ITSCH se apoya con un sistema: modelo EFQM, dicho sistema involucra todas las áreas como unidades de aseguramiento de la calidad contando como oficinas de autoevaluación, y comités curriculares y acorde al cumplimiento de cada norma están establecidos comités conformados por docentes y administrativos.

Para un cumplimiento eficaz y eficiente estos sistemas cuentan con tareas específicas como el monitoreo y control de los procesos que se realizan a través de auditorias internas, evaluaciones periódicas, análisis de indicadores de desempeño y encuestas de satisfacción.

Apoyados de herramientas tecnológicas como sistemas de gestión académica, plataformas de evaluación y software de indicadores permiten recopilar, procesar y analizar datos relevantes para la toma de decisiones.

Respecto a la UTT el sistema implementado para contribuir en la productividad y competitividad de la calidad educativa, es un Sistema de Gestión para las Organizaciones Educativas (SGOE) y la Evaluación Interna del Sistema de Evaluación y Acreditación de la educación Superior (SEAES).

Estos sistemas tienen por objetivo verificar el cumplimiento y la eficacia del SGOE conforme a la norma ISO 21001:2018, así como evaluar los procesos, resultados y condiciones de operación de los programas académicos, fortaleciéndose así la mejora continua y la maximización del logro del aprendizaje en educación superior. Este enfoque se basa en la satisfacción de las partes interesadas: estudiantes, docentes, personal y sociedad. ISO 21001 orienta la gestión hacia las necesidades y expectativas de los alumnos y otros actores educativos, orientado hacia la mejora continúa favoreciendo la revisión continua de procesos, resultados de aprendizaje y filtro de mejoras.

Su consistencia y estandarización de procesos: facilita la planificación, ejecución y control de actividades académicas, administrativas y de apoyo, reduciendo variabilidad. El sistema está orientado en resultados de aprendizaje: alineación entre plan de estudios, métodos de enseñanza, evaluación y acreditación, generando evidencia clara de calidad educativa. Favoreciendo a la toma de decisiones basada en datos: uso de indicadores de desempeño, auditorías internas y externas para orientar inversiones y cambios estratégicos.

La implementación del sistema demuestra el compromiso del incremento de credibilidad y reputación de la UTT con estándares internacionales de calidad educativa, lo que favorece la movilidad estudiantil y alianzas así como mayor eficiencia operativa: optimización de recursos, reducción de reprocesos y mejor gestión de riesgos.

Dicha implementación ha fomentado una cultura de calidad, participación y mejora continua entre docentes, personal administrativo y estudiantes.

Y en la parte académica: mejora de la calidad de la docencia, la evaluación, la gestión de programas y la orientación estudiantil en el área administrativa: digitalización y estandarización de procesos, facilitando trazabilidad y transparencia. Y finalmente en la parte financiera: potencial reducción de costos por eficiencia, mayor aprovechamiento de recursos y mejor gestión de proyectos e inversiones. Institucionalmente este sistema brinda el apoyo a acreditaciones nacionales e internacionales y fortalecimiento de alianzas estratégicas.

La adopción de ISO 21001:2018 para un SGOE puede generar una estructura integral de calidad educativa centrada en el aprendizaje, con beneficios sustantivos en gobernanza, eficiencia y

resultados. Sin embargo, exige compromiso institucional, inversión inicial y una gestión del cambio riguroso para superar desafíos culturales y operativos. Si desea, puedo adaptar este análisis a una universidad específica y a su contexto regulatorio.

En el caso de la UV en la Facultad de Contaduría y Administración cuenta con una certificación para identificar áreas de mejora que permitan fortalecer la calidad educativa, además de garantizar la renovación de la acreditación ante el CACECA (Consejo de Acreditación en la Enseñanza de la Contaduría y Administración A.C.).

Es el organismo encargado de llevar a cabo la acreditación de los programas académicos de las instituciones de educación superior de contaduría y administración reuniendo una serie de mecanismos y formas, mediante las cuales se obtiene la comprobación de que la institución cumple con determinados estándares de calidad académica para impartir estudios superiores en contaduría y administración. (Facultad de Negocios, Campus IV, s.f.).

Así la implementación de un sistema de gestión de calidad, basado en la norma ISO 9001:2015, les ha permitido estandarizar los procesos, mejorar continuamente los servicios académicos y administrativos, y fomentar una cultura organizacional orientada al logro de la excelencia. Además, destaca el papel clave del compromiso institucional, la capacitación del personal y la retroalimentación constante de los usuarios para alcanzar los objetivos de calidad. Este enfoque no solo mejora la satisfacción de los estudiantes y de las partes interesadas, sino que también fortalece la competitividad y pertinencia de la institución en el contexto actual.

En la UPCH actualmente no implementa algún SGC, sin embargo en el pasado logró obtener la certificación ISO 9001 en varios de sus procesos administrativos. La pérdida de esta certificación ha motivado a la universidad a emprender un proceso de recuperación y fortalecimiento de su sistema, lo que evidencia un compromiso institucional con la mejora continua.

Desde la administración actual se ha comenzado a implementar acciones importantes, como el diagnóstico interno para identificar brechas con respecto a los requisitos de la norma ISO, la actualización de procesos clave y el fortalecimiento de la documentación institucional. Estas medidas buscan preparar a la universidad para una futura recertificación y adopción de un SGC, priorizando procesos operativos, académicos, administrativos y de mejora.

Actualmente, se desarrollan auditorias internas de manera periódica, junto con la revisión de documentos normativos y planes institucionales. Estas evaluaciones permiten monitorear el cumplimiento de objetivos de calidad y la alineación con marcos normativos nacionales, como los relacionados con el control interno y la mejora regulatoria.

Aunque no existe un área formalmente constituida para la gestión de calidad, la universidad ha conformado un equipo que incluye un comité de directivos, auditores internos y responsables de seguimiento de procesos. Esta estructura, aunque aún informal, sostiene las acciones actuales y representa un primer paso hacia la institucionalización del sistema.

Un dato de suma importancia mencionado por todas las IES entrevistadas es que dentro de sus debilidades se encuentra la falta de recursos económicos que constantemente impiden dar seguimiento a las necesidades de infraestructura, mantenimiento, mismo que no permita en muchas ocasiones asegurar la competitividad institucional a nivel regional. Otro punto es la falta de seguimiento o aplicación de medidas correctivas para atender las deficiencias o carencias que refleja el SGC debido a situaciones que no dependen de los encargados o responsables del sistema sin embargo pese a esta situación si hacen hasta lo imposible por cumplir siempre encaminados hacía la mejora continua.

La implementación de un SGC en las universidades del sureste mexicana sin duda han contribuido a una eficiente productividad académica misma que las lleva a una competitividad en la calidad de los servicios educativos que cada una de ellas ofrece, al proporcionar evidencia de resultados y mejoras, pero exige un compromiso sostenido, inversión y gestión del cambio para convertir retos en ventajas sostenibles.

Dentro de las recomendaciones es necesario definir un marco claro de metas, alcance y responsables para la mejora continua, así como continuar involucrando a toda la comunidad: comités transversales, canales de retroalimentación y comunicación abierta, priorizar procesos críticos: planificación educativa, docencia, evaluación, servicios de apoyo y administración además de implementar gobernanza de datos: políticas, roles, calidad y seguridad de la información, continuar con planes de acción, evaluación externa y monitoreo de resultados: configurar indicadores de aprendizaje, satisfacción, eficiencia y eficiencia financiera.

CONCLUSIONES

La implementación de Sistemas de Gestión de la Calidad (SGC) en las Instituciones de Educación Superior (IES) del sureste mexicano tiene un potencial significativo para elevar la calidad educativa, la eficiencia operativa y la competitividad institucional. Este potencial surge de la capacidad de los SGC para alinear de manera explícita planes de estudio, métodos de enseñanza y procesos administrativos con resultados de aprendizaje claros y con las necesidades del entorno regional, donde conviven diversidad cultural, dispersión geográfica y diferencias en infraestructura. Al institucionalizar la evaluación continua, la transparencia y la rendición de cuentas, los SGC facilitan la toma de decisiones

basadas en evidencia, la identificación de cuellos de botella y la priorización de inversiones y acciones estratégicas.

En términos de calidad educativa, la estandarización de procesos y la trazabilidad de resultados permiten una mayor coherencia entre planes de estudio, evaluación y apoyo al aprendizaje. Esto se traduce en rutas de aprendizaje más claras, mayor coherencia entre competencias deseadas y resultados medibles, y una base sólida para acreditaciones y movilidad académica.

Desde la perspectiva de la eficiencia operativa, estos sistemas han promovido la documentación y la estandarización de procesos administrativos, lo que reduce retrabajos, mejora la trazabilidad y facilita la gestión de recursos humanos, financieros y tecnológicos. En regiones como el sureste mexicano con limitaciones de presupuesto y variabilidad en infraestructura, la gobernanza de procesos ayuda a priorizar actividades de alto impacto y a optimizar la asignación de apoyos y servicios estudiantiles. Sin embargo, para alcanzar estos beneficios es crucial contar con inversión en capacidades, herramientas tecnológicas adecuadas y una gestión del cambio que reduzca resistencias entre docentes y personal.

La competitividad institucional se fortalece a través de acreditaciones y certificaciones que generan confianza entre estudiantes, empleadores y autoridades. Las IES del sureste que integren marcos de calidad compatibles con estándares nacionales e internacionales pueden aprovechar beneficios como mayor movilidad estudiantil, alianzas estratégicas y acceso a financiamiento. No obstante, este avance debe equilibrar la presión de cumplimiento con la preservación de autonomía académica y la pertinencia regional. La personalización de estándares a contextos locales: diversidad lingüística, comunidades indígenas y realidades rurales vs. urbanas—es decisiva para evitar enfoques de “talla única” que no respondan a las necesidades de la región.

REFERENCIAS

Álvarez, L. G. y Matarranz, M. (2020). *Calidad y evaluación como tendencias globales en política educativa: estudio comparado de agencias nacionales de evaluación en educación obligatoria en Europa*. Revista Complutense de Educación, 31(1), 85–95.
http://hdl.handle.net/10486/692586

Baltazar J., Cárdenas P., y Gutiérrez G. (2023). *Impacto de la Gestión de calidad en la productividad, una perspectiva desde la norma IATF-16949*. Revista de Administración y Organizaciones • UAM-Xochimilco. Volumen 26, Número 50, enero – junio.

Calle G., Almeida S., Intriago I., Espinoza L., Macias A., y Pinargote P. (2023). *Gestión estratégica: enfoques teóricos y aplicaciones prácticas.* Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas
http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index

Castillo Cedeño, Á. y Calderón Zamora, O. (2022). Mejora continua y su impacto en la innovación de servicios en la compañía de taxis GIPCAR en Manta. MQRInvestigar, 6(4), 903-924

Díaz M. G. A., Quintana L. M. D., y Fierro M. D. G. (2021). *La competitividad como factor de crecimiento para las organizaciones.* INNOVA Research Journal, 6(1), 145– 161. https://doi.org/10.33890/innova.v6.n1.2021.1465

Hernández Sampieri R. (2020). *Metodologia de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* 1ra. Edición. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf

IESALC/UNESCO. (2023). Antecedentes, diagnóstico actual y perspectivas de la calidad de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. https://n9.cl/1b9w4

ISO TC/176. 2015a. ISO 9000: 2015. Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario.

Martínez Iñiguez, J. E., Tobón, S., López Ramírez, E., y Manzanilla Granados, H. M. (2020). Calidad educativa: Un Documental Desde Una Perspectiva.

Medeiros, V., Gonçalves, L., y Camargos, E. (2020). *La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo.* Revista de la CEPAL, 2019(129), 7-27. https://doi.org/10.18356/9c2a7060-es

Medina R., Hurtado T., Muñoz M., Ochoa C., y Izundegui O. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo.* Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. Primera edición digital .

DOI: https://doi.org/10.35622/inudi.b.105

Monterroso, E. (2016). *Competitividad y estrategia: conceptos, fundamentos y relaciones.* Revista del Departamento de Ciencias Sociales, 3, 4–26. www.redsocialesunlu.net

Murrieta Saavedra, Y. A., Ochoa Avila, E., & Carballo Mendívil, B. (2020). *Reflexión crítica de los sistemas de gestión de calidad: Ventajas y desventajas.* Revista En contexto, 8(12), Article 12. https://doi.org/10.53995/23463279.668

Plá, S. (2019). *Calidad educativa. Historia de una política para la desigualdad.* (Primera ed). Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.ptonline.com/articles/how-to-getbetter-mfi-results

Pineda Sánchez, L. (2020). *Aproximación teórica al concepto de calidad y los sistemas de gestión.* SUMMA. Revista disciplinaria en ciencias económicas y sociales, 2(1), 41-62. https://aunarcali.edu.co/revistas/index.php/RDCES/article/view/110/77

Porter, M. E. (2015). Estrategia competitiva: técnicas para análisis de los sectores industriales y de la competencia. Priem, R. L., Segunda edición.

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2016). El recurso humano y la productividad. OIT.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2014). Nota País, Panorama de la Educación, México. http://www.oecd.org/education/Mexico-EAG2014-CountryNote-spanish.pdf

Reina Muñoz, R. A., & Tulmo Chávez, V. I. (2023). Diseño de un sistema de gestión documental de la carrera de ingeniería industrial. Ecuador.

Reyes Chacón, D. A., Cadena López, A., Rivera González, G., & Rivera González, G. (2022). El Sistema de Gestión de Calidad y su relación con la innovación. Inter disciplina, 10(26), 217-240. https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2021.25.80975

SEP (2024). El Proceso de Mejora Continua. Orientaciones para las escuelas de Educación Básica. Dirección General de Gestión Escolar y Enfoque Territorial, adscrita a la Subsecretaría de Educación Básica, de la Secretaría de Educación Pública. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wpcontent/uploads/2024/09/2425_insumos_direc_proceso_mejora_continua.pdf

Vega Zárate, C. (2023). Reflexiones en torno a la noción de la competitividad en el ámbito de las organizaciones. En Perspectivas teóricas y metodológicas de la competitividad en las organizaciones(pp. 16–27). https://doi.org/10.61728/AE23020016

Veintimilla, J., & et al. (2020). *Enfoque basado en la teoría para la mejora administrativa: análisis del modelo y actividades en el desarrollo.* Revistas Digital Publisher CEI, 44-55.

ERGONOMÍA Y PRODUCTIVIDAD: EFECTOS DE LOS RIESGOS EN EL RENDIMIENTO EN EL TRABAJO

Aylin García Fernández[1]
Sonia Báez Lagunes[2]
Antonio Huerta Estévez[3]

RESUMEN

La ergonomía se refiere al estudio y diseño de los espacios de trabajo para adaptarlos a las necesidades físicas y psicológicas de los empleados. Los riesgos ergonómicos, como posturas incorrectas, movimientos repetitivos y cargas excesivas, pueden generar problemas de salud como dolores musculoesqueléticos, fatiga y estrés. Estos problemas afectan negativamente el rendimiento laboral, disminuyendo la productividad y aumentando el ausentismo. A su vez, el mal diseño de los puestos de trabajo puede generar un ambiente poco eficiente y perjudicial para la salud de los trabajadores. Implementar medidas ergonómicas adecuadas, como muebles ajustables, descansos periódicos y entrenamiento adecuado, mejora el bienestar de los empleados y optimiza su desempeño. Un entorno ergonómico adecuado es clave para potenciar tanto la salud como la productividad en el trabajo.

Palabras clave: Ergonomía, Riesgos, Productividad, Rendimiento laboral

ABSTRACT

Ergonomics refers to the study and design of work spaces to adapt them to the physical and psychological needs of employees. Ergonomic risks, such as incorrect posture, repetitive movements and excessive loads, can lead to health problems such as musculoskeletal pain, fatigue and stress. These problems negatively affect work performance, decreasing productivity and increasing absenteeism. In turn, poor workplace design can create an inefficient environment that is detrimental to the health of workers. Implementing appropriate ergonomic measures, such as adjustable furniture, regular breaks and proper training, improves employee well-being and optimizes their performance. A suitable ergonomic environment is key to enhancing both health and productivity at work.

Keywords: Ergonomics, risks, productivity, work performance

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. m23023026@veracruz.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. sonia.bl@veracruz.tecnm.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. antonio.he@veracruz.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN.

En los lugares de trabajo, donde predominan tareas de administrativas y usa constantemente la tecnología, la forma en que trabajan depende en gran parte de cómo están organizados sus espacios. Aunque estas tareas parecen no tener mucho riesgo físico, en realidad los empleados de oficina pasan mucho tiempo en situaciones que pueden afectar su salud y como trabajan.

Permanecer prolongadamente en posiciones que no requieren de gran movilidad, usar inadecuadamente sillas o escritorios que no son convenientes, y no tener bien organizado el espacio de trabajo son algunos problemas comunes.

Estos factores pueden causar molestias en el cuerpo tales como: cansancio de la vista, estrés y otros problemas que hacen que el trabajo sea más difícil, que aumente el ausentismo y que se sientan menos motivadas con su empleo.

El presente estudio busca entender cómo estos problemas afectan el trabajo de las personas que están en oficinas.

Al analizar las situaciones más frecuentes y cómo influyen en el rendimiento, se pretende sugerir medidas que ayuden a crear un lugar de trabajo más saludable, cómodo y eficiente.

MARCO TEÓRICO.

Ergonomía y su importancia en el entorno laboral.

La ergonomía es muy importante para el bienestar y la eficiencia en el trabajo actual, y tiene un impacto directo en la vida de las personas y en cuánto producen. Usar bien los principios de ergonomía ayuda a evitar que se pierdan empleos y mejora la satisfacción de los trabajadores. Los lugares de trabajo que no toman en cuenta estos principios no solo perjudican la salud física, sino que también afectan la salud mental, causando más estrés y menos contento en el trabajo

La importancia de pensar en la ergonomía dentro de las empresas no se limita solo a cómo se diseñan las mesas y sillas, sino que también incluye la forma en que se organizan las tareas y las condiciones de trabajo, con el objetivo de que los empleados trabajen mejor y se sientan más cómodos y mejoren su rendimiento

La Ergonomía: Fundamentos y Aplicaciones.

La ergonomía es la disciplina que estudia la adecuación entre las personas, su entorno de trabajo y las tareas que desempeñan, con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el desempeño global del sistema (Dul & Weerdmeester, 2001).

Esta disciplina combina conocimientos de fisiología, psicología, ingeniería y diseño, y se aplica para mejorar la comodidad, prevenir lesiones y hacer más eficiente el trabajo.

Según Helander (2001), la ergonomía permite diseñar sistemas de trabajo más seguros y cómodos, reduciendo la incidencia de enfermedades ocupacionales, especialmente en entornos como oficinas, donde predominan posturas prolongadas y tareas repetitivas.

En el contexto de oficinas, esto implica considerar elementos como la postura, el mobiliario, la iluminación, la ventilación y el uso adecuado de dispositivos tecnológicos.

Salud Ocupacional y Ergonomía.

La salud ocupacional está estrechamente relaciona con la calidad del entorno laboral. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1995) define la salud ocupacional como una actividad multidisciplinaria que promueve y protege la salud de los trabajadores. Por tanto, la ergonomía se convierte en una herramienta preventiva clave.

Según Rodríguez Díaz (2016), los riesgos ergonómicos mal gestionados pueden ocasionar lesiones musculoesqueléticas, fatiga crónica, estrés y disminución de la calidad de vida laboral. Estas afecciones, comunes en trabajos administrativos, generan ausentismo y bajo rendimiento.

Factores de Riesgos Ergonómicos en Oficinas

Los principales riesgos ergonómicos en trabajos administrativos incluyen el mantenimiento prolongado de posturas estáticas, mobiliario inadecuado, iluminación deficiente, y uso prolongado de pantallas sin descansos visuales. De acuerdo con Rodríguez Díaz (2016), estos factores son responsables de afecciones como el síndrome del túnel carpiano, dolor lumbar, fatiga visual y estrés laboral.

Grandjean (1993) considera que ligeros desajustes en la estación de trabajo pueden provocar efectos acumulativos que se traducen en dolor, fatiga y desmotivación laboral.

Legislación y Normativas en Salud Laboral.

Existen normativas que requieren el cumplimiento de condiciones ergonómicas en el entorno laboral. En muchos países, estas están alineadas con las directrices de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), la cual promueve ambientes laborales seguros y saludables como un derecho fundamental.

De acuerdo a Moreno (2017), aplicar normativas como la ISO 9241 (sobre ergonomía en interacción humano-computadora) ayuda a garantizar que los puestos de trabajo administrativos cumplan estándares mínimos de seguridad y confort, reduciendo así riesgos legales y costos por incapacidades.

Estrategias de Intervención Ergonómica.

La mejora de las condiciones ergonómicas no requiere grandes inversiones, sino intervenciones basadas en la identificación de riesgos y su corrección. Punnett y Wegman (2004) sugieren que la implementación de pausas activas, rediseño de mobiliario, ajustes de iluminación y capacitación en higiene postural son medidas costo-efectivas que reducen las lesiones laborales.

Impacto de la Ergonomía en la Productividad.

La productividad puede definirse como la cantidad y calidad del trabajo realizado en un determinado periodo de tiempo. Robbins y Coulter (2018) afirman que el desempeño de los trabajadores no depende solo de factores motivacionales, sino también de las condiciones físicas en las que desarrollan sus actividades.

Estudios como el de Kroemer y Grandjean (2003) muestran que al reducir los riesgos ergonómicos se incrementa la eficiencia, disminuyen los errores y se mejora la calidad del trabajo realizado. Invertir en ergonomía, ofrece ventajas tangibles tanto para el empleado como para la empresa.

Relación entre Ergonomía y Productividad

Diversos estudios han demostrado que un entorno de trabajo bien adaptado según las normas de ergonomía mejora el desempeño de los empleados.

Según Grandjean (1993), mejorar las condiciones ergonómicas ayuda a reducir el ausentismo, hace que los trabajadores se sientan más satisfechos y aumenta su eficiencia general.

OBJETIVO GENERAL

Analizar cómo los riesgos ergonómicos en oficinas afectan la salud de los trabajadores administrativos y su productividad, con el propósito de identificar qué factores influyen en su bienestar físico y en su trabajo, y sugerir acciones que faciliten un entorno laboral más saludable y eficiente.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En la actualidad, el trabajo administrativo implica largas horas frente a la pantalla, posturas fijas durante mucho tiempo y tareas repetitivas.

Por eso, la ergonomía ha ganado importancia para garantizar no solo el confort, sino también la salud y el rendimiento de los trabajadores. La falta de condiciones adecuadas en el entorno de trabajo puede causar problemas como dolores musculares, fatiga visual y estrés, afectando negativamente la salud laboral y la productividad.

Estudios recientes indican que un espacio de trabajo mal adaptado contribuye al ausentismo, al cambio de personal y a la pérdida de compromiso y rendimiento.

Aunque esto se conoce, muchas empresas aún no priorizan los aspectos ergonómicos o actúan solo cuando ya hay quejas o dolencias entre los empleados.

Este estudio se basa en la necesidad de entender cómo el entorno ergonómico influye en la salud y la productividad del personal administrativo.

Al analizar estos factores, se busca ofrecer una base científica que permita crear estrategias preventivas, mejorar las condiciones laborales y fomentar una cultura organizacional que priorice el bienestar y la eficiencia.

Estudios recientes indican que un espacio de trabajo mal adaptado contribuye al ausentismo, al cambio de personal y a la pérdida de compromiso y rendimiento.

Aunque esto se conoce, muchas empresas aún no priorizan los aspectos ergonómicos o actúan solo cuando ya hay quejas o dolencias entre los empleados.

Este estudio se basa en la necesidad de entender cómo el entorno ergonómico influye en la salud y la productividad del personal administrativo.

Al analizar estos factores, se busca ofrecer una base científica que permita crear estrategias preventivas, mejorar las condiciones laborales y fomentar una cultura organizacional que priorice el bienestar y la eficiencia.

Además, la investigación pretende contribuir al cumplimiento de normas de salud ocupacional, como las establecidas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y los reglamentos locales, contribuyendo al desarrollo de entornos laborales más sostenibles y humanos.

METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Esta investigación es cuantitativa, no experimental y descriptiva, ya que se pretende conocer la existencia y el tipo de riesgos ergonómicos, describir sus características y analizar cómo se relacionan con el rendimiento laboral de los trabajadores administrativos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Estrategia de Recolección de Información

1. **Fase de Cuestionario:** Se aplicaron cuestionarios dirigidos a los 60 empleados administrativos para obtener información sobre las condiciones ergonómicas y su rendimiento laboral.
2. **Fase de Vigilancia:** Se realizaron observaciones directas para analizar las posturas que tomaron los trabajadores y la frecuencia con la que realizaban pausas activas.
3. **Fase de Entrevistas**: Se eligió a un grupo de personas que representaron a todos los trabajadores para realizar entrevistas más profundas y recoger sus opiniones sobre el trabajo que realiza.
4. **Fase de Evaluación de Datos:** Las respuestas se ingresaron en una hoja de Excel para calcular promedios, desviaciones estándar y el tipo de relación entre las variables, además de crear gráficos que respaldarán los resultados.

Población y Muestra

Para evaluar el método REBA, se eligieron a 60 empleados de los 120 que tiene la empresa, según nuestros criterios.

Se decidió que estas personas estaban en alto riesgo debido a que se expusieron a factores ergonómicos, con el fin de detectar las dificultades musculoesqueléticas que experimentan.

Observación directa: Se analizaron los puestos de trabajo utilizando una lista de verificación basada en las normas ISO 9241 y UNE-EN 29241-5.

Análisis de datos

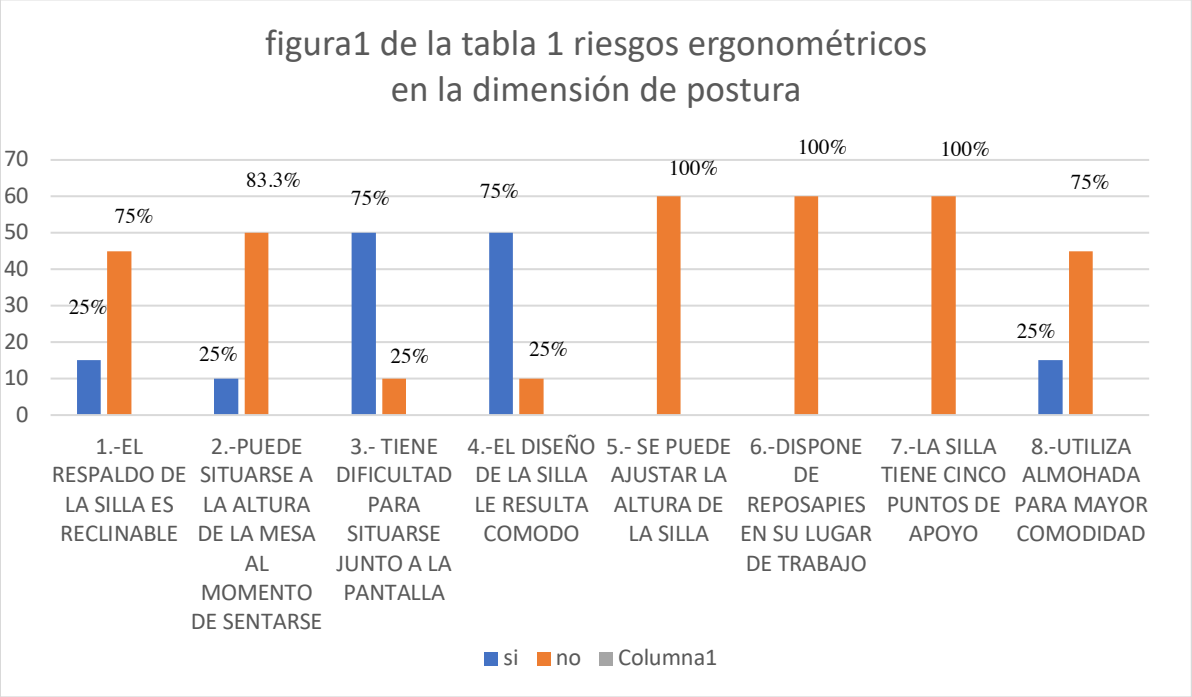
Se obtuvo el permiso del encargado del área para aplicar las encuestas y se informó al equipo administrativo sobre el propósito del estudio, para que respondieran los formularios.

Se garantizó la confidencialidad de la información. Se usaron métodos estadísticos para estudiar la conexión entre los riesgos ergonómicos (según la lista de la NOM-027) y el rendimiento laboral.

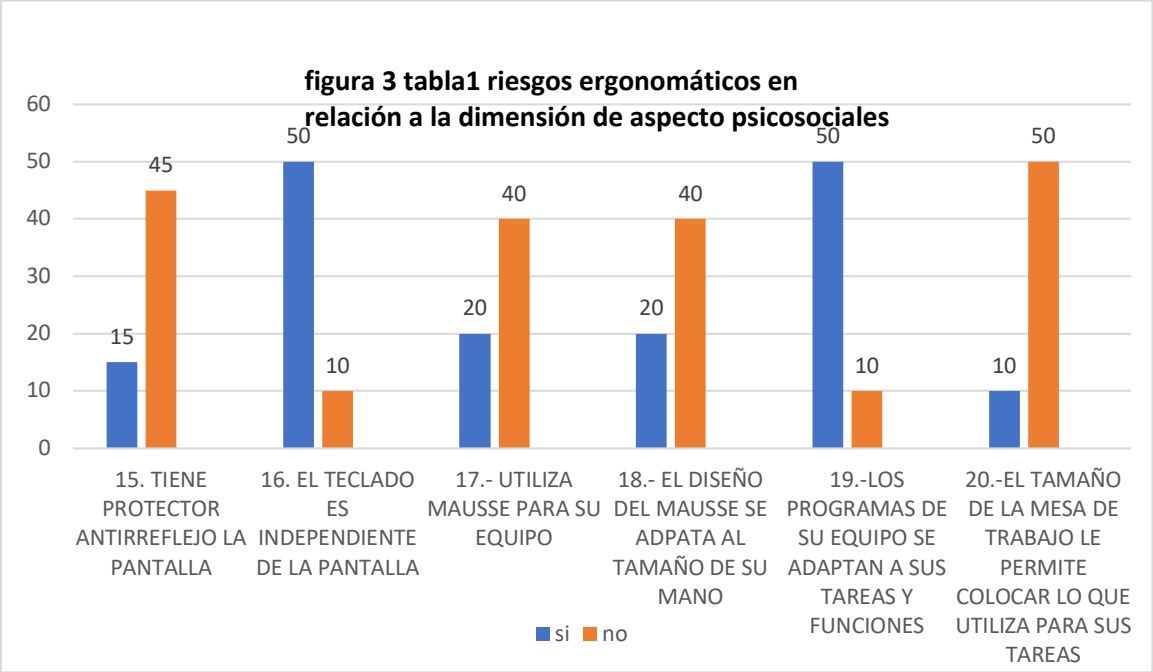
Los datos recolectados se analizaron con herramientas estadísticas como Excel, aplicando métodos descriptivos (como frecuencias, promedios y porcentajes) y estudios de clasificación para ver cómo la ergonomía influye en la productividad.

RESULTADOS.

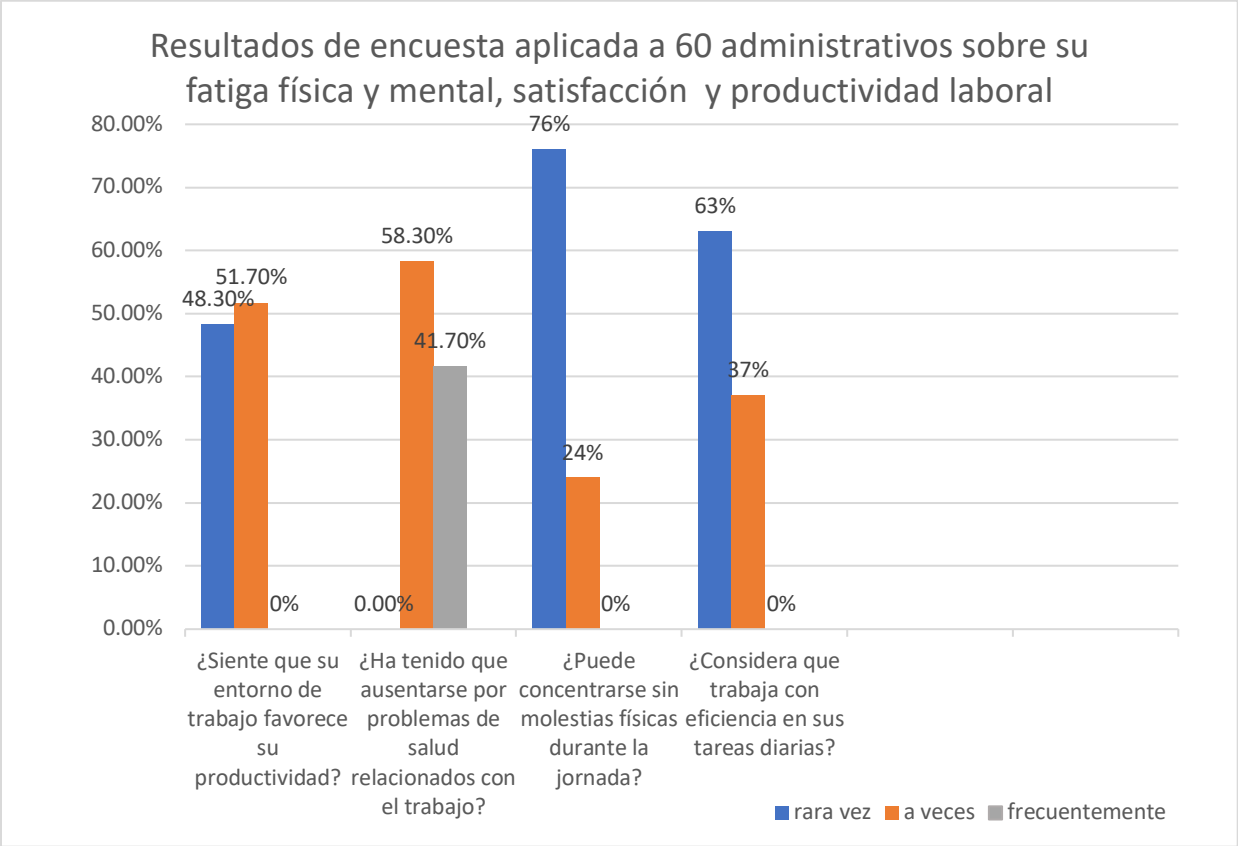
Se muestran los hallazgos más destacados que reflejan los riesgos ergonómicos y el nivel de rendimiento del personal administrativo evaluado.



En la figura uno de la tabla uno, que muestra los riesgos ergonómicos en la dimensión de carga y postura en el personal administrativo, se observa que la mayoría de los trabajadores están en posiciones incómodas. El 75% indica que su silla no es reclinable, el 83% menciona que la altura de la mesa no es adecuada para sentarse, y el 75% tiene dificultad para colocar el monitor a la altura correcta. Se puede concluir que el mobiliario utilizado en sus oficinas es incómodo. En la pregunta cinco, los 60 encuestados, que representan el 100%, afirman que no pueden ajustar la altura de la silla según sus necesidades, lo que genera incomodidad. Además, el uso de las mesas de trabajo no permite una postura adecuada para trabajar con mayor comodidad. Finalmente, no se cuentan con posapiés y las sillas no ofrecen el apoyo suficiente. Estos aspectos se reflejan en el 100% de las respuestas de los administrativos encuestados.



En la figura tres perteneciente a la tabla uno corresponde a las preguntas de la 15 a la 20 de la encuesta cuyas repuestas nos aseguran que la mayoría respondió afirmando que las condiciones ambientales no son aptas y adecuadas en relación al uso de su equipo de trabajo, asumiendo que la principal herramienta de trabajo es computadora, el 45 sostienen que la pantalla no tiene protector antirreflejante; el 50 aseguran que el teclado es independiente de la pantalla, el 40 no utiliza mousse para su equipo y que el diseño del mousse no se adapta al tamaño de su mano, en cuanto a sus programas para realizar sus actividades si son adecuadas a sus funciones y tareas. Algo muy significativo es que 50 de los 60 encuestados afirman que las mesas no tienen suficiente espacio para colocar lo necesario para sus trabajos.



Fuente: encuesta

En esta gráfica se observa que de los 60 trabajadores el 29 trabajadores equivalente al 48.3 % respondieron sentir que su entorno de trabajo favorece a la productividad, mientras que el 51.7 % que frecuentemente sienten que, si influye; asimismo, se refleja el ausentismo por problemas de salud en un 58.3% respondieron que a veces (debido a molestias musculares por malas posturas) y el 41.7 % respondieron que frecuentemente se ausentan, es preocupante para la empresa pues no es conveniente las faltas del personal.

Las siguientes conclusiones se obtienen de los resultados obtenidos y dependiendo de los objetivos establecidos:

• Los datos muestran que las condiciones de trabajo poco adecuadas, como no tener sillas suficientes, no tener un buen sistema de soporte y tener que estar en posiciones incómodas por mucho tiempo, están muy relacionadas con que los empleados no tengan buenos resultados en su trabajo. Esto quiere decir que los problemas de ergonomía pueden hacer que los trabajadores sean menos productivos y así afectar la calidad de su trabajo cada día.

• Percepción del entorno laboral:

Los resultados muestran que muchos empleados piensan que su entorno de trabajo no es lo mejor para hacer su trabajo bien.

La luz del lugar y la forma en que está organizado el espacio de trabajo son cosas que generan estrés y cansancio, lo que puede hacer que se desempeñen peor y se sientan mal.

• Sin entrenamiento ergonómico:

No recibir entrenamiento sobre cómo hacer el trabajo de forma más saludable ha sido algo que se repite.

La mayoría de los empleados no tiene suficiente información sobre cómo ajustar su postura o formar hábitos que les ayuden a cuidar su cuerpo, lo que les impide evitar dolores y mejorar su desempeño.

RECOMENDACIONES

Es importante mejorar la formación y el conocimiento sobre posturas ergonómicas, ya que ayuda a prevenir problemas de salud. Por eso, se debe implementar un programa de ejercicios relacionados con la ergonomía, que incluya estiramientos, técnicas de movilidad y consejos prácticos para que los empleados puedan cuidar su bienestar de forma autónoma. Además, es fundamental fomentar una cultura que promueva la conciencia sobre los riesgos ergonómicos, permitiendo a los trabajadores entender la importancia de proteger su salud física y mental, lo cual facilita la detección temprana de riesgos y la presentación de informes precisos . Por último, se recomienda incluir mecanismos de evaluación continua basados en la norma NOM-027. El uso constante de revisiones ergonómicas, combinados con auditorías internas, permitirá identificar áreas que necesiten mejorar y medir el impacto de las acciones implementadas.

REFERENCIAS

Dul, J., & Weerdmeester, B. (2001). Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide. CRC Press.

Grandjean, E. (1993). Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics. Taylor & Francis.

Helander, M. (2001). A Guide to Human Factors and Ergonomics. CRC Press.

Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2003). Fitting the Human: Introduction to Ergonomics (6.ª ed.). CRC Press.

Moreno, R. (2017). Prevención de Riesgos Laborales: Enfoque Multidisciplinario. Ediciones Díaz de Santos.

Organización Mundial de la Salud. (1995). Constitución de la OMS.

Organización Internacional del Trabajo. (2020). Normas Internacionales del Trabajo.

Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders. Journal of Electromyography and Kinesiology, 14(1), 13–23.

Robbins, S. P., & Coulter, M. (2018). Administración (14.ª ed.). Pearson.

Rodríguez Díaz, R. (2016). Ergonomía: Fundamentos, Diseño y Aplicaciones. Alfaomega.

Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). Human Factors in Engineering and Design (7.ª ed.). McGraw-Hill.

SISTEMA LOGÍSTICO DE ENTREGAS AUTOMATIZADAS CON DRONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN

César Paz Valladares[1]

Marina Cecilia Pérez Castillo[2]

Bertha Conde Carreño[3]

RESUMEN.

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema logístico de entregas automatizadas mediante el uso de drones comerciales, con el propósito de optimizar los procesos de distribución en distintos entornos. En un contexto donde la eficiencia operativa y la innovación tecnológica son claves para la competitividad empresarial, esta propuesta busca integrar soluciones automatizadas que permitan reducir tiempos de entrega, disminuir costos logísticos y mejorar la experiencia del cliente final. El estudio contempla el análisis de viabilidad técnica, económica y operativa de la implementación de drones ya disponibles en el mercado, así como el diseño de una infraestructura logística integral adaptada a las necesidades de distintos sectores comerciales. Se plantea la creación de un modelo de producción logística eficiente que aproveche los avances tecnológicos disponibles, fomentando una transformación productiva sostenible y escalable. Asimismo, se espera que esta iniciativa contribuya al fortalecimiento del ecosistema logístico, impulsando la innovación en los sistemas de distribución y mejorando la productividad global.

***Palabras clave**:* logística, drones, automatización, innovación productiva.

ABSTRACT.

This research focuses on the development of a logistical delivery system automated through the use of commercial drones, with the aim of optimizing distribution processes across various environments. In a context where operational efficiency and technological innovation are key to business competitiveness, this proposal seeks to integrate automated solutions that reduce delivery times, lower logistical costs, and enhance the end-customer experience. The study includes a technical, economic, and operational feasibility analysis for the implementation of market-available drones, as well as the design of a comprehensive logistical infrastructure tailored to the needs of different commercial sectors.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. l24021070@veracruz.tecnm.mx

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. marina.pc@veracruz.tecnm.mx

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. bertha.cc@veracruz.tecnm.mx

The creation of an efficient logistical production model is proposed, leveraging current technological advancements to promote a scalable and sustainable productive transformation. This initiative is also expected to contribute to the strengthening of the logistics ecosystem by driving innovation in distribution systems and improving overall productivity.
Keywords: logistics, drones, automation, productive innovation.

INTRODUCCIÓN

En la era del comercio electrónico acelerado y las demandas de entregas ultrarrápidas, la logística de última milla se ha convertido en el eslabón más crítico —y costoso— de la cadena de suministro. Según el World Economic Forum (2023), este segmento absorbe hasta el 53% de los costos logísticos totales, agravado por la congestión urbana, la creciente huella ambiental del transporte terrestre y las expectativas de los consumidores por entregas en menos de 24 horas. Frente a este escenario, los sistemas de entrega con drones comerciales emergen como una solución disruptiva, prometiendo reducir tiempos, costos y emisiones de CO_2 en comparación con métodos tradicionales.

Este estudio propone un modelo logístico integral basado en drones, evaluando su viabilidad técnica, económica y operativa en variedad de entornos. A diferencia de estudios previos centrados en prototipos experimentales (Zhang et al., 2021), aquí se analizan tres drones comerciales disponibles en el mercado (DJI Matrice 30, Freefly Astro y Zipline Platform 2), con datos concretos sobre su capacidad de carga, autonomía, costos de implementación y desempeño en condiciones reales. Además, se integran variables clave como regulaciones locales, infraestructura mínima requerida y proyecciones de impacto ambiental, ofreciendo un marco aplicable para empresas y gobiernos.

JUSTIFICACIÓN

Las ciudades experimentan cada vez mayores niveles de congestión vehicular, altos costos operativos asociados al transporte terrestre, contaminación ambiental y riesgos en la entrega de productos en tiempo y forma. En este escenario, la implementación de sistemas automatizados mediante drones representa una alternativa viable, moderna y potencialmente revolucionaria, que responde de manera concreta a los desafíos de la distribución tradicional.

La elección de este tema se justifica desde varias dimensiones:

1. **Tecnológica**: La automatización es uno de los pilares de la cuarta revolución industrial. Los drones, como parte de este ecosistema tecnológico, ofrecen una plataforma avanzada que permite innovar en las operaciones logísticas. Incorporar drones en procesos de distribución

representa una oportunidad para evaluar, adaptar y desarrollar nuevas formas de entregar valor a través de la tecnología.

2. **Económica**: El uso de drones tiene el potencial de reducir significativamente los costos operativos de transporte a largo plazo. Disminuye la necesidad de vehículos terrestres, combustibles fósiles, y reduce el desgaste de infraestructura urbana como carreteras o puentes. Además, su capacidad de operar con rutas automatizadas y controladas mejora la eficiencia general del sistema logístico.
3. **Ambiental**: Frente a la creciente preocupación por el cambio climático y la huella ecológica de las operaciones empresariales, los drones se posicionan como una alternativa ecológica. Al funcionar en su mayoría mediante baterías eléctricas, contribuyen a la reducción de emisiones contaminantes y del uso intensivo de combustibles fósiles.
4. **Productiva y social**: Este también responde al objetivo de fomentar la innovación productiva en el ámbito local y nacional. Su desarrollo puede beneficiar tanto a grandes compañías como a MIPYMES que buscan alternativas de distribución más rápidas, personalizadas y económicas. Asimismo, podría abrir nuevas oportunidades laborales en áreas como programación de rutas, mantenimiento técnico, monitoreo aéreo y análisis logístico.
5. **Académica y científica**: Este proyecto representa un aporte relevante al cuerpo de conocimiento existente en materia de logística, ingeniería de sistemas, automatización y tecnología aplicada. Su desarrollo permite explorar el potencial real de los drones en condiciones reales de operación, así como identificar limitantes, riesgos y oportunidades de mejora, aportando bases para futuras investigaciones.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y proponer un modelo logístico integral de entregas automatizadas mediante drones, orientado a optimizar los procesos de distribución urbana, considerando su viabilidad técnica, económica, operativa y ambiental, con base en el análisis de tecnologías disponibles y condiciones reales de implementación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar técnicamente las capacidades de drones comerciales disponibles, considerando variables como carga útil, autonomía, alcance operativo y adaptabilidad a entornos urbanos, así como identificar posibles limitaciones relacionadas con factores climáticos, obstáculos físicos y restricciones legales.

2. Evaluar la viabilidad económica del sistema mediante la estructuración de un modelo de costos que contemple la inversión inicial, adquisición de drones, infraestructura básica, mantenimiento y operación, en niveles escalables (bajo, medio y alto presupuesto).
3. Diseñar una infraestructura logística mínima viable para el funcionamiento del sistema, incluyendo estaciones de carga, zonas de despegue y aterrizaje, centros de monitoreo y sistemas de gestión logística, estimando los tiempos de entrega, duración de baterías y necesidades de recarga.
4. Comparar el desempeño del sistema propuesto frente a métodos logísticos tradicionales, utilizando indicadores como tiempo de entrega, consumo energético, costo por envío, emisiones contaminantes y cobertura territorial.
5. Estimar el impacto potencial del modelo a través de simulaciones y proyecciones empíricas en sectores como el comercio electrónico, distribución para MIPYMES y servicios urbanos, evaluando su efecto en productividad, sostenibilidad y eficiencia logística.

METODOLOGÍA

El presente adopta una metodología de enfoque mixto, con predominancia exploratoria y aplicada, orientada a la evaluación integral de un modelo logístico automatizado basado en el uso de drones en zonas urbanas. La naturaleza del estudio es no experimental y se desarrolla con base en el análisis de datos técnicos, financieros, normativos y operativos, integrando tanto fuentes primarias (fichas técnicas, manuales, regulaciones) como secundarias (literatura académica y estudios previos).

1. Análisis de Viabilidad Técnica del Uso de Drones

A continuación, se presentan tres modelos representativos, clasificados por nivel de inversión:

A. Paquete Básico: DJI Matrice 30

- Fabricante: DJI (China)
- Carga útil: Hasta 3 kg
- Autonomía de vuelo: 41 minutos
- Rango operativo: Hasta 7 km
- Resistencia climática: IP55 (lluvia ligera, polvo)
- Sistemas de navegación: GPS + RTK + sensores anticolisión
- Velocidad máxima: 23 m/s (82.8 km/h)
- Costo estimado: USD $10,000 – $13,000

B. Paquete Medio: Freefly Astro

- Fabricante: Freefly Systems (EE.UU.)
- Carga útil: Hasta 4.5 kg
- Autonomía de vuelo: 45 minutos
- Rango operativo: 8 a 10 km
- Velocidad: 16 m/s (57.6 km/h)
- Resistencia climática: Certificación IP para lluvia moderada
- Costo estimado: USD $25,000 – $30,000 (con estación base y sensores)

C. Paquete Avanzado: Zipline Platform 2

- Fabricante: Zipline International Inc. (EE.UU.)
- Carga útil: Hasta 3.5 kg
- Autonomía de vuelo: Hasta 30 km (ida y vuelta)
- Rango operativo: 16 km lineales con entregas de precisión mediante cable
- Sistema de entrega: Mecanismo de descenso por cable en movimiento
- Velocidad de vuelo: 112 km/h
- Costo estimado: Bajo contrato (USD $100,000+ en soluciones llave en mano)

Elemento Técnico	**DJI Matrice 30**	**Freefly Astro**	**Zipline Platform 2**
GPS RTK	Sí	Opcional	Sí (Propietario)
Evitación de obstáculos	Avanzada (6 direcciones)	Avanzada	Altamente optimizado
Integración API	Limitada (DJI SDK)	Alta (Skynode + Auterion)	Cerrado (sistema propio)
Compatibilidad con software externo	Media (FlightHub, DroneDeploy)	Alta (QGroundControl, Auterion)	Baja (Sistema cerrado)
Necesidades regulatorias	Requiere cumplimiento con espacio aéreo urbano	Igual	Igual, con autorización especial

Tabla 1. *Comparativa técnica entre DJI Matrice 30, Freefly Astro y Zipline Platform 2.*

Fuente: GenPac Drones. (2025). *DJI Enterprise Matrice 30 Series* [Ficha técnica]. Recuperado de https://www.genpacdrones.com/product/dji-enterprise-matrice-30-series/; Auterion. (2025). *Freefly RTK GPS* [Documentación de integración]. Recuperado de https://docs.auterion.com/hardware-integration/skynode/peripherals/freefly-rtk-gps; DroneDeploy. (2025). *Software compatibility and third-party integrations*. Recuperado de https://help.dronedeploy.com ;DJI. (2025). *DJI FlightHub 2 overview*. Recuperado de https://enterprise.dji.com/flighthub-2 ; Drone Nerds. (2025). *DJI Matrice 30 Technical Specs*. Recuperado de https://enterprise.dronenerds.com

Consideraciones legales y técnicas

- Requisitos legales en México (Fuente: Agencia Federal de Aviación Civil – AFAC):
  - Registro obligatorio para drones de más de 2 kg.
  - Permiso para uso comercial.
  - Restricción de vuelos nocturnos y zonas pobladas sin autorización especial.
  - Altura máxima permitida: 122 metros (400 pies).
  - Seguro obligatorio para vuelos comerciales.
- Limitaciones comunes en entornos urbanos:
  - Obstáculos verticales (cables, edificios altos).
  - Interferencias electromagnéticas.
  - Condiciones climáticas imprevistas (viento, lluvia, calor extremo).
  - Necesidad de puntos seguros de despegue/aterrizaje.

2. Evaluación Económica y Estructuración de Costos

Paquete 1 – DJI Matrice 30

Dron profesional de categoría industrial, ideal para entregas de rango medio en entornos urbanos o mixtos.

Características clave:

- Carga útil: hasta 2.7 kg (compatible con cajas pequeñas o medianas).
- Autonomía: 41 minutos por vuelo.
- Resistencia: IP55 (lluvia ligera y polvo).
- Software: DJI Pilot 2 (gratuito, incluye rutas automatizadas).
- Rango de operación: hasta 15 km.

Costos iniciales estimados (MXN):

Concepto	**Costo Estimado**
DJI Matrice 30 (versión básica)	$180,000
4 baterías TB30 adicionales	$40,000
Estación de carga inteligente BS30	$12,000
Estuche de transporte	$6,000
Total	**$238,000**
Concepto	**Costo Estimado**
Electricidad para carga	$500
Mantenimiento básico (limpieza, revisión, ajustes)	$2,000
Reemplazo de baterías (prorrateado)	$3,500
Total mensual	**$6,000**

Tabla 2. *Costos iniciales y mensuales estimados del uso del DJI Matrice 30 en pesos mexicanos.*

Fuente: DJI. (s. f.). *Matrice 30 Series – Product Specs*. DJI. https://www.dji.com/matrice-30/specs

Paquete 2 – Freefly Astro

Dron estadounidense de alta precisión, modular y especializado en cargas ligeras con sistema abierto (open-source).

Características clave:

- Carga útil: hasta 1.5 kg.
- Autonomía: 37 minutos por vuelo (con carga ligera).
- Software: Skynode + Auterion Mission Control (gratuito, basado en PX4).
- Diseño: Modular, personalizable para reparto.
- Rango de operación: 5–10 km (ajustable con controladores).

Costos iniciales estimados (MXN):

Concepto	**Costo Estimado**
Freefly Astro Base Kit	$200,000
2 baterías extras + cargador	$30,000
Montaje personalizado de carga	$8,000
Total	**$238,000**
Concepto	**Costo Estimado**
Electricidad	$400
Mantenimiento básico	$1,500
Reemplazo de baterías (prorrateado)	$2,500
Total mensual	**$4,400**

Tabla 3. *Costos iniciales y mensuales estimados del uso del Freefly Astro en pesos mexicanos.*

Fuente: Freefly Systems. (s. f.). *Astro*. Freefly. https://freeflysystems.com/astro

Paquete 3 – Zipline Platform 2

Plataforma diseñada específicamente para logística médica, adaptable a entregas urbanas. Altamente automatizada, pero con requerimientos especiales.

Características clave:

- Carga útil: hasta 2 kg.
- Autonomía: hasta 120 km por entrega (vuelo fijo).
- Software: Propietario, con backend completo de logística automatizada.
- Diseño: Alas fijas, requiere catapulta de lanzamiento y punto de recuperación.
- Despegue/Landing: No vertical, requiere infraestructura mínima.

Costos iniciales estimados (MXN):

Concepto	**Costo Estimado**
Zipline Platform 2	**$250,000**
Infraestructura de lanzamiento simple	**$30,000**
Sistema de recuperación de paquetes	**$20,000**
Total	**$300,000**
Concepto	**Costo Estimado**
Energía	$600
Mantenimiento (estructura + dron)	$3,000
Reemplazo parcial de componentes	$3,500
Total mensual	**$7,100**

Tabla 4. *Costos iniciales y mensuales estimados del uso del Zipline Platform 2 en pesos mexicanos.*

Fuente: Zipline. (s. f.). *Platform 2*. Zipline. https://www.flyzipline.com/platform-2

Comparativa de Retorno y Punto de Equilibrio

Modelo	Entregas por día (promedio)	Costo inicial	Costo mensual	Tarifa estimada x entrega	Punto equilibrio aprox.
DJI Matrice 30	25	$238,000	$6,000	$45	8–9 meses
Freefly Astro	20	$238,000	$4,400	$45	10 meses
Zipline P2	30 (alto volumen por vuelo)	$300,000	$7,100	$55	9 meses

Tabla 5. *Comparativa de retorno de inversión y punto de equilibrio entre modelos de dron.*

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de DJI, Freefly y Zipline. (s. f.). *Matrice 30, Astro y Platform 2*. https://www.dji.com | https://freeflysystems.com | https://www.flyzipline.com

3. Diseño de Infraestructura Logística

Componentes Esenciales del Sistema

1. Centro de Control Operativo (CCO)

- Funciones: Monitoreo en tiempo real, programación de rutas, registro de vuelos, control de estado de drones y clima.
- Software sugerido:
  - DJI Matrice 30: DJI FlightHub 2 (compatible con DJI Pilot 2).
  - Freefly Astro: Auterion Suite (software open-source con dashboard centralizado).
  - Zipline P2: Software propietario (requiere servidor privado o nube).
- Equipamiento básico:
  - 1 computadora de alto rendimiento con internet estable.
  - Estación de pantallas (para vista de mapas, métricas y rutas).
  - Conexión a software nativo de cada dron.

2. Centros de Carga y Lanzamiento

- Ubicación sugerida: techos, patios amplios, almacenes, negocios asociados.
- Infraestructura mínima:
  - Área despejada de mínimo 3x3 m para despegue y aterrizaje.
  - Señal GPS libre de interferencias.
  - Protección con malla perimetral o marquesina (en entornos urbanos).
  - Para Zipline P2: espacio horizontal para catapulta y sistema de recuperación (20 m aprox).

3. Estaciones de Carga de Baterías

- Requisitos generales:
  - Toma de corriente 110V-220V.

  - Ventilación para evitar sobrecalentamiento.
  - Banco de baterías de respaldo en caso de cortes eléctricos.
- Autonomía por modelo:
  - DJI Matrice 30: 41 min por vuelo / 70-90 min carga.
  - Freefly Astro: 37 min / 60-80 min carga.
  - Zipline P2: autonomía de 120 km (batería intercambiable, carga de 2 h aprox).

Rutas y Tiempos Estimados de Entrega

Modelo	Rango efectivo	Tiempo entrega a 5 km	Tiempo entrega a 10 km	Observaciones
DJI Matrice 30	15 km	~6 minutos	~12 minutos	Válido para zonas mixtas.
Freefly Astro	10 km	~8 minutos	~16 minutos	Ideal para trayectos cortos.
Zipline P2	120 km	~12 minutos	~20 minutos	Vuelos en línea recta, ideal para rutas intermunicipales.

Tabla 6. *Rutas y tiempos estimados de entrega por modelo de dron.*

Fuente: Elaboración propia con base en especificaciones técnicas de DJI, Freefly y Zipline. (s. f.). *Matrice 30, Astro y Platform 2*. https://www.dji.com | https://freeflysystems.com | https://www.flyzipline.com

Los tiempos incluyen solo vuelo directo, no preparación o carga.

Proceso Logístico Tipo (Ciclo Completo de Entrega)

1. Recepción del pedido (App o plataforma).
2. Asignación automática de ruta vía software.
3. Preparación de paquete (máximo 2.7 kg).
4. Carga al dron y verificación de anclaje.
5. Despegue autónomo o asistido.
6. Entrega directa al punto de destino:
   - DJI y Freefly: aterrizaje o descenso bajo control.
   - Zipline: lanzamiento con paracaídas en zona segura.
7. Retorno automático al punto base.
8. Carga de batería / mantenimiento si aplica.

Seguridad y Normativas

- Zonas seguras de vuelo: No deben cruzar aeropuertos, hospitales o zonas escolares.
- Altura de vuelo recomendada: 60 a 120 metros AGL (según regulación local).
- Sistema anticolisiones:
  - DJI Matrice 30: sensores en 6 direcciones.
  - Freefly Astro: integración opcional con LiDAR o cámaras.

  - Zipline: control de vuelo automático con evasión programada.
- Geocercas: configuración de perímetros digitales para limitar la operación.

Requerimientos de Personal (mínimo viable)

- 1 operador de centro de control (capacitado).
- 1 técnico general (cambio de baterías, limpieza, diagnóstico).
- 1 repartidor auxiliar (en caso de entregas que requieran supervisión humana).

Sostenibilidad y Escalabilidad

- Baterías reciclables, reemplazables por ciclos de uso.
- Software escalable para múltiples unidades.
- Posibilidad de instalar nuevas rutas sin ampliar físicamente el sistema.
- Adaptación de modelos mixtos: centros urbanos con Matrice/Astro, rutas largas con Zipline.

3- Análisis Técnico de Modelos y Operación

Este apartado examina las características técnicas, ventajas operativas y limitaciones de cada dron.

DJI Matrice 30

Especificación	Detalle
Tipo de dron	Cuadricóptero industrial
Carga útil máxima	2.7 kg
Autonomía	Hasta 41 minutos
Rango operativo	Hasta 15 km
Resistencia climática	IP55 (lluvia ligera y polvo), funcionamiento entre -20 °C a 50 °C
Sensores	Obstacle Avoidance en 6 direcciones, cámaras visuales y térmicas
Velocidad máxima	82.8 km/h
Software compatible	DJI FlightHub 2, DJI Pilot 2, compatibilidad con DJI Dock (versión M30T Dock)
Ventajas	Alta resistencia, buena relación autonomía/peso, excelente navegación autónoma
Limitaciones	Precio elevado, carga limitada comparada con Zipline

Tabla 7. *Especificaciones técnicas del dron DJI Matrice 30.*

Fuente: DJI. (s. f.). *DJI Matrice 30 Series – Product Information*. DJI. https://www.dji.com/matrice-30

Freefly Astro

Especificación	Detalle
Tipo de dron	Cuadricóptero modular profesional
Carga útil máxima	2 kg
Autonomía	37 minutos
Rango operativo	Hasta 10 km
Resistencia climática	Protección parcial contra polvo y humedad; rango operativo entre -10 °C y 40 °C
Sensores	Compatible con cámaras Sony y sensores RTK
Velocidad máxima	70 km/h
Software compatible	Auterion OS, Skynode, QGroundControl
Ventajas	Sistema abierto, muy personalizable, liviano y silencioso
Limitaciones	Menor capacidad de carga y autonomía frente a otros modelos

Tabla 8. *Especificaciones técnicas del dron Freefly Astro.*

Fuente: Freefly Systems. (s. f.). *Astro – Modular Mapping Drone*. Freefly Systems. https://freeflysystems.com/astro

Zipline Platform 2

Especificación	Detalle
Tipo de dron	Ala fija automatizada con sistema de entrega a distancia (paracaídas)
Carga útil máxima	2.5 kg
Autonomía	Hasta 120 km
Rango operativo	Rutas fijas de largo alcance
Resistencia climática	Alta tolerancia a viento y lluvia moderada
Sensores	Control de navegación GPS autónomo, giroscopios, altímetros
Velocidad promedio	100 km/h
Software compatible	Plataforma propietaria (Zipline Cloud Platform)
Ventajas	Ideal para entregas interurbanas, gran autonomía y rapidez
Limitaciones	No aterriza; requiere espacio para lanzamiento y recuperación segura

***Tabla 9**. Especificaciones técnicas del dron Zipline Platform 2.*

Fuente: Zipline. (s. f.). *Technology*. Zipline International. https://www.flyzipline.com/technology

Comparativa Técnica General

Característica	DJI Matrice 30	Freefly Astro	Zipline Platform 2
Carga útil (kg)	2.7	2	2.5
Autonomía (min/km)	41 min / 15 km	37 min / 10 km	120 km
Tipo de entrega	Aterrizaje	Aterrizaje	Caída por paracaídas
Requiere pista	No	No	Sí (catapulta)
Uso ideal	Urbano mixto	Rutas cortas	Intermunicipal
Software	DJI FlightHub	Auterion	Zipline Cloud
Escalabilidad	Media	Alta	Muy alta

***Tabla 10.** Comparativa técnica general de drones comerciales para logística.*

Fuente: DJI. (2023). *Matrice 30 Series Specifications*. https://www.dji.com/matrice-30 ,Freefly Systems. (s. f.). *Astro Technical Specifications*. https://freeflysystems.com/astro ,Zipline. (2023). *Platform 2: Technical specifications* https://www.flyzipline.com/technology

Diseño de Rutas, Tiempos de Carga y Sistema Operativo

Tiempos de Carga y Batería Útil

Modelo	Tiempo de Carga Completa	Tiempo de Vuelo Útil	Tipo de Cargador
DJI Matrice 30	70–80 minutos	41 minutos aprox.	BS30 Charging Hub (Estándar)
Freefly Astro	60 minutos (batería simple)	30–32 minutos	Smart Battery Charger Astro
Zipline Platform 2	Reemplazo rápido (no se recarga in situ)	~45 minutos de vuelo continuo	Sistema propio Zipline (centralizado)*

***Tabla 11.** Tiempos de carga y duración de batería de los drones comparados.*

Fuente: DJI. (s. f.). *Matrice 30 specifications*. DJI Official. https://www.dji.com/matrice-30 ,Freefly Systems. (s. f.). *Astro – Modular Mapping Drone*. Freefly Systems. https://freeflysystems.com/astro ,Zipline. (s. f.). *Zipline Platform 2*. Zipline Global. https://flyzipline.com/platform

Zipline utiliza un sistema de operación logística cerrado y altamente automatizado. No se recargan baterías en estaciones remotas; las aeronaves se rotan o regresan a base de forma automatizada. Para operaciones urbanas se recomienda un sistema rotativo con mínimo dos baterías por dron y estaciones de precarga.

Diseño de Rutas Logísticas

El diseño de rutas de entrega se basa en un modelo de radio concéntrico (para rutas cortas) y nodos lineales interconectados (para rutas largas). La clave está en segmentar zonas urbanas según:

- Densidad de entregas (zonas con alta demanda)
- Restricciones legales de vuelo (espacios aéreos controlados)
- Obstáculos físicos (zonas con muchos edificios altos, torres, etc.)

Modelo propuesto:

- DJI Matrice 30 y Freefly Astro:
    - Reparto circular desde punto central a un radio máximo de 10–15 km.
    - Ideal para centros urbanos, campus universitarios, zonas comerciales.
- Zipline Platform 2:
    - Rutas fijas a zonas rurales o de difícil acceso (de 40 a 100 km).
    - Funciona en un modelo punto a punto, no multicliente.

RESULTADOS DEL PROYECTO

El estudio permitió identificar que los drones comerciales analizados (DJI Matrice 30, Freefly Astro y Zipline Platform 2) ofrecen ventajas operativas concretas para optimizar entregas en zonas urbanas. Se observaron beneficios en eficiencia logística, reducción de dependencia de transporte terrestre, mayor capacidad de respuesta y ventajas ambientales al operar con energía eléctrica. Cada dron presentó características distintas según el contexto de aplicación: el DJI Matrice 30 demostró ser robusto y versátil, el Freefly Astro destacó por su compatibilidad con software abierto y personalización, y el Zipline Platform 2 sobresalió por su automatización y alcance extendido. También se detectaron limitaciones operativas comunes, como la necesidad de zonas de aterrizaje seguras, restricciones legales vigentes en México, capacidad de carga limitada y sensibilidad a factores climáticos.

DISCUSIÓN DEL PROYECTO

Los resultados coinciden con estudios previos que reconocen el potencial de los drones en logística, pero este trabajo se distingue por evaluar modelos ya disponibles en el mercado y no prototipos. A diferencia de investigaciones enfocadas solo en el desarrollo técnico del hardware, este abarca una visión integral, que incluye aspectos legales, económicos y operativos aplicables al contexto mexicano. La propuesta se alinea con tendencias globales de automatización logística y sostenibilidad, pero destaca por ofrecer datos comparativos ajustados a escenarios reales. Al abordar el uso de drones desde una perspectiva aplicada y viable, se demuestra que su implementación puede ser factible

incluso para empresas de menor escala, siempre que se adecuen los recursos, el marco legal y la infraestructura local.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado confirma que los sistemas logísticos de entregas automatizadas con drones representan una alternativa viable e innovadora para mejorar la distribución de última milla en zonas urbanas. La evaluación de tres modelos comerciales evidenció que cada uno ofrece ventajas particulares según el contexto operativo y el tipo de empresa. Más allá del potencial técnico, el estudio demuestra que su adopción requiere resolver barreras legales, operativas y logísticas para garantizar una implementación segura y eficiente. Este proyecto aporta un marco útil para futuras aplicaciones, abriendo líneas de investigación centradas en inteligencia artificial para planificación de rutas, desarrollo de infraestructura urbana específica y esquemas logísticos híbridos. Los drones tienen el potencial de convertirse en un eje central dentro de la logística automatizada y sostenible del futuro.

REFERENCIAS

Airspace Link. (2023). *Airspace management for drones and urban air mobility*. https://airspacelink.com/

Auterion. (2023). *Auterion Suite: Enterprise drone software*. https://auterion.com/

DJI. (2023a). *FlightHub 2 – Centralized drone operations management platform*. https://www.dji.com/flighthub-2

DJI. (2023b). *Matrice 30 Series – Specs, FAQ, and downloads*. https://www.dji.com/matrice-30/specs

DroneDeploy. (2023). *Powerful drone mapping software*. https://www.dronedeploy.com/

Freefly Systems. (2023). *Astro: Lightweight, industrial UAS platform*. https://freeflysystems.com/astro

González, R., & Márquez, A. (2022). Aplicaciones logísticas de drones en entornos urbanos: Un enfoque sostenible. *Revista Latinoamericana de Innovación y Tecnología*, *19*(2), 45–61. https://www.researchgate.net/publication/370928130_La_aplicabilidad_de_los_drones_a_la_logistica_Presente_y_futuro_de_un_tecnologia_en_crecimiento

International Energy Agency. (2023). *Aviation and CO_2 emissions: Tracking progress*. https://www.iea.org/reports/aviation-and-co2-emissions

Pix4D. (2023). *Pix4Dreact: 2D fast mapping software for emergency response*. https://www.pix4d.com/product/pix4dreac

Rodríguez, L. J. (2021). Diseño logístico para distribución con drones en ciudades intermedias. *Ingeniería y Tecnología*, *25*(3), 77–93. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6300071.pdf

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2016, enero 16). Vigente la regulación sobre uso de aeronaves no tripuladas (drones), para su operación segura. https://www.gob.mx/sct/prensa/vigente-la-regulacion-sobre-uso-de-aeronaves-no-tripuladas-drones-para-su-operacion-segura

U.S. Federal Aviation Administration (FAA). (2022). *Unmanned aircraft systems (UAS) – Regulations and guidelines*. https://www.faa.gov/uas

World Economic Forum. (2023). *The future of the last-mile ecosystem*. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-the-last-mile-ecosystem

Zipline. (2023). *Platform 2: Transforming the future of logistics*. https://www.flyzipline.com/platform-2/

MEJORA EN LOS PROCESOS DE ATENCIÓN AL CLIENTE PARA SOLICITUDES Y RECLAMACIONES, OFRECIENDO CALIDAD EN LA VALIDEZ DE LA GARANTÍA

Elisa Chávez Pacheco[1]

María de los Angeles Camacho Morales[2]

Julia Rivera Moreno[3]

RESUMEN.

El área de garantías encargada de gestionar solicitudes y reclamaciones relacionadas con productos defectuosos o fuera de especificación, enfrenta retos en la eficiencia en la aplicación del procedimiento y la percepción del cliente en cuanto a la atención y rapidez de solución. Motivo por el cual este estudio tiene como objetivo optimizar los procesos relacionados con la gestión de garantías dentro de una empresa del sector automotriz en la venta de productos y prestación de servicios, para una atención de calidad al cliente.

Mediante un enfoque cualitativo se identificaron, recolectaron, clasificaron y analizaron técnicas para mejora del servicio ofrecido en dicha empresa automotriz, teniendo como resultado hacer uso de tecnologías, capacitación del personal y enriquecimiento de los procedimientos internos, contribuyendo con esto al logro del ODS 8 de la agenda 2030 “trabajo decente y crecimiento económico” que busca conseguir un crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible que beneficie a todas las personas por igual y no perjudique el medio ambiente, lo que se concluye en favorecer la satisfacción del cliente en la validez de la garantía.

Palabras clave: Técnicas de mejora, proceso, mejora continua, calidad.

ABSTRACT.

The warranty department, responsible for managing requests and claims related to defective or out-of-specification products, faces challenges in terms of efficiency in the application of procedures and customer perceptions regarding service and speed of resolution. Therefore, this study aims to optimize the processes related to warranty management within an automotive company in the sale of products and provision of services, in order to provide quality customer service.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. L20021338@veracruz.tecnm.mx

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. maria.cm@veracruz.tecnm.mx

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. julia.rm@veracruz.tecnm.mx

Using a qualitative approach, techniques for improving the service offered by this automotive company were identified, collected, classified, and analyzed. The result was the use of technologies, staff training, and enhancement of internal procedures. This contributed to the achievement of SDG 8 of the 2030 Agenda, "decent work and economic growth," which seeks to achieve sustained, inclusive, and sustainable economic growth that benefits all people equally and does not harm the environment. This ultimately contributes to promoting customer satisfaction during the validity of the warranty.
Keywords: Improvement techniques, process, continuous improvement, quality.

INTRODUCCIÓN

En el competitivo sector automotriz, la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa son factores clave para garantizar la fidelidad y el crecimiento sostenido de la empresa. Las empresas, conscientes de la importancia de ofrecer un servicio de alta calidad, han identificado la necesidad de optimizar el área de garantías para ofrecer una atención más rápida, eficiente y transparente a los clientes.

En este contexto, surge el estudio “Mejora en los procesos de atención al cliente para solicitudes y reclamaciones, ofreciendo calidad en la validez de la garantía”, para la mejora continua que se presenta como una técnica clave para optimizar procesos, reducir gastos y elevar la satisfacción del cliente fortaleciendo el proceso de gestión de garantías evitando errores y de este modo mejorar el desempeño de los empleados para poder brindar un mejor servicio.

El área de garantías es encargada de gestionar las solicitudes y reclamaciones relacionadas con productos defectuosos o fuera de especificación, asegurando que las reclamaciones se resuelvan de acuerdo con los términos y condiciones previamente establecidos por la empresa.

Esta área enfrenta diversos retos que afectan su eficiencia y la percepción del cliente, por lo que el área de garantías es crucial ya que juega un papel fundamental en la satisfacción del comprador, la reputación de la empresa y la calidad de los productos y servicios ofrecidos.

METODOLOGIA Y MATERIAL

En este estudio se empleó un enfoque cualitativo ya que se recopilaron y se analizaron datos no numéricos a través de la técnica de observación, así como de documentos y registros a fin de comprender el comportamiento del personal y el proceso de garantías de la empresa. El tipo de estudio es propositivo ya que está dirigido a plantear soluciones de mejora en el proceso de atención al cliente para solicitudes y reclamaciones, ofreciendo calidad en la validez de la garantía.

MARCO LEGAL.

Agenda 2030 ODS 8

Murguía y Ronzón (2023) mencionan que el ODS 8 es "promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, en empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos". (p. 42).

Un crecimiento económico inclusivo y sostenido puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida.

NORMA ISO 9001

International Organization for Standardization. (2015) afirma que:

> ISO 9001 es una norma para la gestión de calidad reconocida mundialmente. Ayuda a organizaciones de todos los tamaños y sectores a mejorar su desempeño, cumplir con las expectativas de los clientes y demostrar su compromiso con la calidad. Sus requisitos definen cómo establecer, implementar, mantener y mejorar constantemente un sistema de gestión de calidad (SGC).

Con la implementación de ISO 9001, las organizaciones han implantado procesos eficaces y ha capacitado a su personal para brindar productos o servicios impecables. Entre sus beneficios están: Confianza de los clientes aplicando sólidos procesos de gestión de calidad. Resolución efectiva de las quejas: Contribuye a la resolución efectiva de las quejas de los clientes. Mejora del proceso: Identificar y elimina ineficiencias, reducir los desperdicios, agilizar las operaciones y fomentar una toma de decisiones informada que redunda en ahorros de costos y mejores resultados.

MARCO TEÓRICO

Denton (1993), señala que:

> La toma conjunta de decisiones y una mayor delegación de autoridad, responsabilidad y confiabilidad a los niveles inferiores son elementos que están resultando esenciales para la solución de los problemas de las empresas. Una de las maneras de conseguirlo es cerciorarse de que los empleados aprendan a asumir la responsabilidad sobre las áreas más diversas de la compañía con el propósito de que su experiencia se enriquezca. (p.98).

Yánez (2012) menciona que:

> La mejora continua se describe en 4 esenciales pasos que se deben llevar de manera sistemática para lograr la mejora con lo cual disminuye fallos, se aumenta la eficacia y eficiencia en los procesos, da solución a los problemas, eliminación de riesgos potenciales entre otros. Un método eficaz que ayuda son las auditoria que nos permiten ver las falencias que existen en los procesos, la auditoria de calidad es esencial para la mejora continua pues permite

> identificar retos y oportunidades siendo potencialmente un factor de cambio y éxito de las organizaciones. (p.86).

Para Sánchez y Blanco, (2016) "La mejora continua puede definirse como aquel proceso constante de mejora incremental que se realiza en la empresa con la participación de todo el personal" (p.2).

De acuerdo con Berling, (2000):

> La mejora continua se puede ver como una de las actividades que son procesos y procedimientos implementados que contribuyen a los objetivos organizacionales a través de la mejora continua de procesos de trabajo, lugares de trabajo y las interacciones de trabajo. (p.1).

MARCO CONCEPTUAL

La mejora continua es un concepto que se enfoca en el crecimiento y la excelencia. Cuando una organización está funcionando de manera efectiva, la mejora continua busca llevarla a un nivel de excelencia, mediante la búsqueda constante de oportunidades de mejora y la implementación de cambios que conduzcan a una mayor eficiencia y eficacia. Es esencial para las empresas, ya que es un factor clave para lograr el crecimiento económico y profesional.

De acuerdo a Valderrama (2014), como se citó en Ariza y Páez (2016) "la calidad se refiere a la condición de que un producto cumpla con las características inherentes y las atribuidas por la información que sea suministrada sobre él". (p. 6).

Sayas, et al. (2015) Mencionan que "la garantía consiste en exigir al productor cumplir con su obligación esencial de preservar la calidad, idoneidad, seguridad y el buen estado y funcionamiento de los productos". (p.52).

Según Koontz y Weihrich (2002), como se citó en Marín y Atencio (2008) definen que: "el proceso administrativo comprende las actividades interrelacionadas de: planificación, organización, dirección y control de todas las actividades que implican relaciones humanas y tiempo" (p. 163). De ahí la importancia de identificar y analizar el proceso de garantía de la empresa para su mejora.

Así para Aldea, (2021) "es necesario que el gestor de la empresa conozca al detalle los procesos que intervienen en la organización; además, debe contar con planes estratégicos de mejora en cada área de la empresa". (p.8).

PROBLEMA A RESOLVER

Falta de comunicación efectiva entre el personal: Escaso intercambio de información para coordinación de las tareas entre los miembros del equipo para alinear todos los procesos.

Falta de capacitación continua del personal: Los empleados no cuentan con el mismo conocimiento y habilidad sobre los procesos de trabajo dentro del departamento.

Retrasos en los procesos de trabajo: Demora en la ejecución de las tareas más allá de los plazos establecidos debido a falta de planeación, sobrecarga de trabajo.

Organización inadecuada del material de trabajo: No se mantienen ordenadas las herramientas de trabajo, lo que ocasiona mayor tiempo en ofrecer el servicio.

PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Qué técnicas de mejora continua utilizar en el área de garantías de la empresa, para un mejor desempeño laboral del equipo de trabajo?

OBJETIVO DE LA INVESTIGACION

Objetivo General:

Utilizar técnicas de mejora continua, en el área de garantías de una empresa automotriz para un mejor desempeño laboral del equipo de trabajo.

CONTENIDO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

1.- Se Identificaron las técnicas de mejora continua para el departamento de garantía.

Se realizó una búsqueda de información sobre las diferentes técnicas de mejora continua, y considerando las opiniones de destacados autores, para implementar un conjunto de técnicas en la empresa automotriz, con el propósito de mejorar la eficiencia y la productividad.

Las técnicas seleccionadas para su implementación en la empresa son las siguientes:

KAIZEN:" La finalidad de la filosofía Kaizen es lograr una mejora continua. Se eliminan aquellas pérdidas de tiempo y en actividades que pueden generarse por una mala gestión en los procesos". (Ramírez, 2022, p.12).

Tapias y Correa, (2010) señalan que:

> El significado del KAIZEN proviene de dos ideogramas japoneses: "Kai" que significa cambio y "Zen" que quiere decir para mejorar. Así, "Kaizen" es "cambio para mejorar" o "mejoramiento continuo". De hecho, se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. (p.59).

Bernal, (2023) menciona los 10 principios de KAIZEN:

1.- Siempre se puede mejorar, el progreso es constante y no tiene fin.

2.- No dar nada por sentado ni aceptar las ideas preconcebidas.

3.- En vez de detallar cómo no hacer una tarea, evalúa cómo desarrollarla y establece unos pasos.

4.- Priorizar las ideas que promuevan la mejora de la compañía.

5.- Lo importante es trabajar para hacer que las cosas funcionen, la mejora se hace poco a poco, pero no es necesario hacerlo perfecto, ya que perfecto no es nada.

6.- No posponer la corrección de errores.

7.- Hallar la solución a los problemas y ponerles remedio.

8.- Buscar ideas para hacer frente a la dificultad. Un ejemplo es hacerlo de manera conjunta mediante un brainstorming (lluvia de ideas).

9.- Validar después de testear.

10.- Todos los trabajadores pueden proponer o sugerir ideas de mejora. (p.1)

PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar):

Esta técnica fue desarrollada por Edward Deming y consiste en un ciclo dinámico de cuatro etapas: Planificar, Hacer, Actuar y Verificar, que se puede emplear en procesos y proyectos de las organizaciones para mejorar continuamente su calidad. (Montesinos, et al., 2020 pp. 1863-1883).

Pérez, (2024) expresa que:

William Edwards Deming popularizó la utilización de un concepto elaborado por Walter Shewhart, conocido como “ciclo de mejora continua” o “rueda de Deming” o “PDCA” (plan, do, check, act, o planificar, hacer, comprobar, actuar).

Este ciclo se compone de cuatro fases:

• Planificar (Plan): Aquí se identifican los problemas o áreas de mejora, se recopila información y se establecen los objetivos y planes de acción.

• Hacer (Do): Una vez que el plan está definido, se implementa, esto implica ejecutar las tareas y actividades programadas según los plazos y especificaciones establecidos.

• Verificar (Check): Durante esta etapa, se revisan los resultados obtenidos en la fase de ejecución y se comparan con los objetivos planificados.

• Actuar (Act): En función de los resultados obtenidos en la fase de verificación, se implementan ajustes o acciones correctivas. (p.2).

5 S (SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU, SHITSUKE): Una técnica que busca la organización y el orden en el lugar de trabajo, mediante la eliminación de desperdicios, la organización de materiales y la implementación de prácticas de limpieza y mantenimiento.

El nombre de la metodología de las 5S, proviene de los términos japonés de los cinco elementos básicos del sistema: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu

(normalización) y Shitsuke (autodisciplina). Seiri (seleccionar). Seleccionar lo necesario y eliminar lo que no lo es. Seiton (orden). Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa. Seiso (limpiar). Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas. Seiketsu (estandarizar). Cómo mantener y controlar las tres primeras S. Shitsuke (autodisciplina). Convertir las 4S en una forma natural de actuar, creando hábitos en los todos los integrantes de la organización para una cultura de la calidad. (Piñero, Vivas y Flores, 2018, pp. 99-110).

Rodríguez, (2024) dice que:

La técnica de mejora continua 5S, englobada dentro del Lean Manufacturing, se inició y desarrolló en Japón, concretamente en la empresa Toyoda, en los años 60 de la mano de Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda y el ingeniero Taiichi Ohno con el fin de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y limpios de forma estandarizada y permanente para lograr una mayor eficiencia y un mejor entorno laboral. La denominación 5S, o 5 eses, procede de la primera letra de cada una de las 5 etapas del proceso en japonés:

1ª S: Seiri: Organización

La organización significa retirar del puesto aquello que no se utilice o no sea necesario dejando estrictamente lo indispensable para realizar las actividades.

2ª S: Sieto: Orden

El orden consiste en ordenar los elementos necesarios de forma que sean fácilmente accesibles e identificarlos de forma que cualquiera pueda encontrarlos rápidamente.

3ª S: Seiso: Limpieza

Hace referencia a eliminar toda suciedad tanto de los puestos como de las instalaciones en general. Esto permite conseguir un entorno laboral limpio en el que los trabajadores se sientan más a gusto y aumenta la disponibilidad y seguridad.

4ª S: Seiketsu: Estandarización

Este pilar consiste en garantizar que los otros 3 pilares se han implantado correctamente y persisten en el tiempo.

Para una correcta estandarización es necesario que todos comprendan que actividades tienen que realizar referentes a la organización, orden y limpieza.

5ª S: Shitsuke: Disciplina

La importancia de la disciplina radica en que sin ella la implantación de los otros cuatro pilares se deteriora rápidamente haciendo que todo el trabajo realizado hasta la fecha no sirva para nada. (p.2-9)

SIX SIGMA:

> Una técnica que busca la mejora de la calidad y la reducción de defectos, mediante la aplicación de herramientas estadísticas y la participación de todos los empleados. "Proceso de cuatro etapas para desarrollar proyectos de mejora; consiste en planear, hacer, verificar y actuar (PHVA). (Gutiérrez y De la Vara, 2009, p.11).

Según Gupta, (2015) "Las actividades que causan problemas críticos para la calidad del cliente y crean las demoras más largas en cualquier proceso, ofrecen las mayores oportunidades de mejora en costos, calidad, capital y tiempos de entrega." (p.11)

Kadry, (2018) explica que "La metodología Six Sigma incluye cinco pasos: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC), la cual ha sido aprobada con éxito para la solución de defectos, reducción de costos y cumplimiento de los requisitos del cliente." (p.5).

Clarkston, (2018) define que:

> DMAIC es la metodología principal de mejora basada en datos de Six Sigma. En esencia, se define el problema "Definir", se determina la línea base del estado actual "Medir", se identifica, valida y selecciona la(s) causa(s) raíz a resolver "Analizar", se prueban e implementan soluciones "Mejorar" y, finalmente, se asegura la implementación de métricas para monitorear la mejora y garantizar su sostenibilidad "Controlar" (p.1).

2.- Se Clasificaron las técnicas de mejora continua en base a los procesos del área que son; Asesoría, taller, refacciones, y garantías.

TÉCNICAS DE MEJORA CONTINUA		
ÁREA DE TRABAJO	TÉCNICA	CONCEPTO
Asesoría	SIX SIGMA	Técnica que busca la mejora de la calidad y la reducción de defectos, mediante la aplicación de herramientas estadísticas y la participación de todos los empleados.
Taller	PDCA	Un ciclo de mejora continua que busca la planificación y ejecución de cambios, la verificación de resultados y la implementación de acciones correctivas.
Refacciones	5´S	Técnica que busca la organización y el orden en el lugar de trabajo, mediante la eliminación de desperdicios, la organización de materiales y la implementación de prácticas de limpieza y mantenimiento.
Garantías	KAIZEN	Técnica de mejora continua que busca la participación de todos los empleados en la identificación y solución de problemas.

Tabla 1. *Técnicas de mejora continua*

Fuente: Elaboración propia

Cada área tiene un trabajo diferente con características distintas, es por eso que se consideró que la mejor clasificación para ellas es la técnica de mejora continua que pueden usar son las siguientes.

Asesoría: Considerando las responsabilidades y objetivos del área de asesoría, que incluyen la recepción y venta de servicios a clientes, la técnica de mejora continua más adecuada para este departamento es Six Sigma. Esta técnica se enfoca en la satisfacción del cliente y en la eliminación de defectos y variaciones en los procesos, lo que podría permitir al equipo de asesoría mejorar su desempeño laboral y alcanzar un mayor nivel de excelencia en la atención al cliente. La implementación de Six Sigma en el área de asesoría tiene un impacto positivo en la calidad de los servicios ofrecidos, la satisfacción del cliente y la eficiencia de los procesos.

Taller: Durante la observación del funcionamiento del área de taller, que comprende a los técnicos y ayudantes de mecánicos, se identificaron deficiencias en los procesos que afectan la eficiencia y la calidad del servicio. Los ayudantes de mecánicos cometen errores en: Diagnósticos de vehículos, Pedidos de piezas, Entrega de órdenes. Estos errores pueden generar retrasos, aumentar los costos y afectar la satisfacción del cliente.

Considerando estas deficiencias, la implementación de la técnica de mejora continua PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) es beneficiosa para esta área, ya que esta técnica se enfoca en establecer un orden y una secuencia lógica en los procesos, lo que permite Identificar y corregir errores de manera oportuna, mejorar la eficiencia y la productividad, aumentar la calidad del servicio y reducir costos y tiempos de entrega.

Refacciones: En esta área se observa una serie de deficiencias que afectan negativamente la eficiencia y la productividad del equipo. Específicamente, se nota que:

- La organización y el orden en el área son deficientes, lo que resulta un entorno de trabajo desordenado y caótico.
- La falta de disciplina y responsabilidad entre el personal hacen que las piezas y materiales estén desacomodados y no se sigue un patrón de organización lógico.
- El personal se encuentra estresado y desmotivado, lo que afecta negativamente su desempeño y la calidad de su trabajo.
- El espacio de trabajo se halla sucio y desorganizado, lo que genera riesgos para la salud y la seguridad del personal.
- La puntualidad del personal impera, lo que provoca el retraso en el servicio al cliente.

La implementación de la técnica 5'S ayudará a:

• Establecer un orden y organización lógicos en el área de trabajo.

• Fomentar la responsabilidad y la disciplina entre el personal.

• Mejorar la eficiencia y la productividad del equipo.

• Reducir los riesgos para la salud y la seguridad del personal.

• Mejorar la puntualidad y la atención al cliente.

Garantías: El área de garantías es una función crítica y compleja dentro de la organización ya que representa el último eslabón de la cadena de servicio. Esta área es responsable de diversas tareas, incluyendo la revisión y verificación de documentación, cobro de servicios, gestión de pedidos de piezas y coordinación con otras sucursales.

Debido a la complejidad y el alcance de estas responsabilidades, el uso de la técnica KAIZEN se enfoca en la mejora continua, abarcando la mejora del ambiente laboral, fomento de la comunicación efectiva, mejora de la calidad en los procesos, aumento de la productividad y calidad de la empresa.

RESULTADOS

En la empresa automotriz se realizan varios procesos en el área de garantía, por lo que con el uso de las técnicas SIX SIGMA, PDCA, 5´S y KAIZEN, se logrará un eficiente funcionamiento laboral, ya que los departamentos estarán coordinados en sus actividades al estar capacitados en las técnicas que les corresponden, logrando una mayor fluidez en el proceso de sus funciones elevando de este modo la satisfacción del cliente en el servicio solicitado.

DISCUSION

Este proyecto cumplió con el objetivo ostentado al ofrecer propuestas de técnicas de mejora continua e implementarlas en el departamento de Garantía para una empresa automotriz, contribuyendo significativamente a optimizar los procesos de servicio, lo cual se refleja en una mayor satisfacción del cliente, en las ventas y nuevas oportunidades de crecimiento, logrando fortalecer el Comportamiento Organizacional dentro de la empresa.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra la importancia de utilizar estrategias de mejora continua en un entorno laboral complejo y dinámico. A través del análisis y la aplicación de técnicas como KAIZEN, PDCA, 5'S y Six Sigma, se logró identificar oportunidades de mejora y optimizar los procesos en el área de garantías.

El uso de estas técnicas permitió mejorar la eficiencia, reducir errores y aumentar la calidad del servicio

en el área de garantía, además de fomentar una cultura de colaboración entre los empleados, lo que ha generó un impacto positivo en el ambiente laboral y la satisfacción del cliente.

Asimismo, estas prácticas han facilitado el desempeño de las actividades diarias al promover un entorno de trabajo más organizado, con mayor compromiso por parte del personal y una comprensión más clara de cómo ejecutar sus funciones de manera eficiente.

RECOMENDACIONES

El personal debe tener total comunicación, con claridad y respeto, ya que de ahí se parte para poder llevar a cabo un proceso de calidad. Se recomienda también conservar el ambiente de confianza, en el cual se puedan preguntar y resolver dudas, así como también dar sugerencias para tener mejores resultados en el servicio. Apoyo mutuo en cada una de las áreas en cualquier problema presentado, compartiendo información y conocimientos a sus compañeros de trabajo. Así como también capacitación continua al personal. Fortalecer la comunicación interdepartamental. Realizar juntas continuas para la resolución de dudas o escuchar sugerencias. Estas actividades favorecerán a promover un entorno de trabajo más organizado, con mayor compromiso por parte del personal y una comprensión más clara de cómo ejecutar sus funciones de manera eficiente.

REFERENCIAS

Aldea, A. L., (2021*). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua.* Revista Industrial Data 24(1): 7-22. ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1810-9993 (Electrónico). https://www.redalyc.org/journal/816/81668400001/81668400001.pdf

Ariza, I. y Páez, M. (2016). *La garantía mínima legal y la (des)protección del consumidor: un análisis comparativo entre Estados Unidos y Colombia.* Revista de Derecho Privado. E-ISSN: 1909-7794. Universidad de Los Andes. Colombia. https://www.redalyc.org/pdf/3600/360055998007.pdf

Berling, C. (2000). Mejora continua como se ve desde grupos y ‘agentes de mejora. http://www.tandfonline.com.

Bernal, J. (2023, 13 de abril). *Método Kaizen: la clave para la mejora continua de tu empresa.* Factorial. https://factorial.mx/blog/metodo-kaizen-la-clave-para-la-mejora-continua-de-tu-empresa/

Clarkston Consulting. (2018). *Clarkstonconsulting.* *https://clarkstonconsulting.com/insights/what-is-dmaic/*

Denton, D. K. (1993). *Dirección Horizontal. Más allá de la satisfacción total del cliente*. Primera Edición en español. México. Panorama Editorial. Scielo https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782007000200089

Gupta, D. (2015). *Success using lean Six Sigma in terms of operations and business processes*. Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2023/v24n1-07.pdf

Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA.* Segunda edición. ISBN: 978-970-10-6912-7 (ISBN: 970-10-4724-9 edición anterior). https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf

International Organization for Standardization, (2015). ISO 9001:2015 - *Sistemas de gestión de calidad: Requisitos.* https://www.iso.org/es/contents/data/standard/06/20/62085.html

Kadry, S. (2018). *In understanding Six Sigma: Concepts, applications and challenges. Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2023/v24n1-07.pdf*

Koontz, H. y Weihrich, H. (2002). *Administración - Una Perspectiva Global*. 11º Edición. México

Marín, K. y Atencio, E. (2008). *Proceso Académico-Administrativo de la Revista Científica y Ética del Investigador: estudio de un caso*. Omnia ISSN: 1315-8856. Universidad del Zulia Venezuela. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73711121009

Molina, A. L., (2021*). Influencia del rediseño de los procesos productivos de una empresa de envolturas flexibles basado en la mejora continua.* Revista Industrial Data 24(1): 7-22. ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1810-9993 (Electrónico). https://www.redalyc.org/journal/816/81668400001/81668400001.pdf

Murguía, V. y Ronzón, Z. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): Revisión del Objetivo 8 en México a la mitad de camino.* Equidad & Desarrollo. Universidad La Salle. https://www.redalyc.org/journal/957/95778472006/html/

Montesinos, S., Vázquez, C. Maya, I. y Gracida, E. B. (2020). *Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming.* Revista Venezolana de Gerencia, vol. 25, núm. 92, pp. 1863-1883. Universidad del Zulia. https://www.redalyc.org/journal/290/29065286036/html/

Piñero. E. A., Fe Vivas, E. y Flores, L. K. (2018). *Programa 5S´s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo*. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. VI, núm. 20, pp. 99-110. *Universidad de Carabobo*

Peréz, A. (2024). Mejora continua (PDCA) y su aplicación en proyectos. CEOLEVEL https://www.ceolevel.com/mejora-continua-pdca-y-su-aplicacion-en-proyectos/

Ramírez, M. F. *Metodología para incrementar la productividad mediante el desarrollo de proyectos Kaizen en MIPYMES.* (Tesis). Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco. División de Ingenieria Industrial. https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4915/3/PROYECTO%20KAIZEN.pdf

Rodríguez, J. (2024). *¿Qué son las 5S? Filosofía hacia la mejora continua y la productividad* . ASM Suave. https://asm.es/que-son-las-5s-filosofia-hacia-la-mejora-continua-y-la-productividad/

Sánchez, L., & Blanco, B. (2016). *Análisis de la producción científica hispana en mejora continua.* http://redc.revistas.

Sayas, R., Solórzano, L. C. y Montalvo, Y. J. (2016). *Aspectos esenciales de la Garantía Legal en el Estatuto del consumidor colombiano,* ISSN 2145-6054

Tapias, Y.A. & Correa, J.H. (2010). *Kaizen: un caso de estudio.* https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249011.pdf

Valderrama, C. L. (2013). *Perspectivas del derecho del consumo*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia. https://descubridor.banrepcultural.org/discovery/fulldisplay?docid=alma991014684249707486&context=L&vid=57BDLRDC_INST:57BDLRDC_INST&lang=es&search_scope=MyInst_and_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=ALL&query=creator,exact,Valderrama%20Rojas,%20Carmen%20Ligia&facet=creator,exact,Valderrama%20Rojas,%20Carmen%20Ligia&offset=0

Yánez, R. (2012). Auditorías, Mejora Continua y Normas ISO: factores clave para la evolución. http://www.redalyc.org

ANÁLISIS DEL FLUJO DE LA CADENA DE VALOR EN UN TALLER DE CARPINTERÍA

José Agustín Colina Sánchez[4]
Gabriel Antonio Sánchez Ortiz[5]
Patricia Horta Rosado[6]

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo el análisis del flujo de la cadena de valor en un taller de carpintería mediante la aplicación de herramientas de mejora continua. En una primera etapa, se empleó la técnica de clasificación ABC para identificar los productos con mayor rotación y relevancia estratégica, facilitando la focalización de los esfuerzos de mejora. Posteriormente, se desarrolló un Mapeo de la Cadena de Valor (Value Stream Mapping, VSM) del estado actual, lo que permitió visualizar de manera sistémica los procesos involucrados, así como sus principales cuellos de botella y desperdicios. Con base en este diagnóstico, se diseñaron propuestas de intervención sustentadas en los principios de la manufactura esbelta (Lean Manufacturing), incorporando herramientas como supermercados para la gestión eficiente de inventarios, mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance, TPM) para la mejora de la disponibilidad de los equipos, celdas de manufactura para optimizar el flujo operativo, y la metodología 5S para el aseguramiento de condiciones adecuadas de orden y limpieza. Las estrategias propuestas buscan reducir desperdicios, disminuir los tiempos de ciclo y mejorar la competitividad del sistema productivo, contribuyendo al desarrollo de un modelo de operación más eficiente, flexible y orientado al cliente.

Palabras clave: Clasificación ABC, Manufactura esbelta, Cadena de valor, Mapeo de procesos, Optimización.

ABSTRACT

This study aims to analyze the value chain flow in a carpentry shop by applying continuous improvement tools. In a first stage, the ABC classification technique was used to identify products with the highest turnover and strategic relevance, facilitating the focus of improvement efforts. Subsequently, a Value Stream Mapping (VSM) of the current state was developed, which provided a

[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. jose.cs@veracruz.tecnm.mx
[5] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. gabriel.so@veracruz.tecnm.mx
[6] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. patricia.hr@veracruz.tecnm.mx

systemic visualization of the processes involved, as well as their main bottlenecks and waste. Based on this diagnosis, intervention proposals were designed based on the principles of lean manufacturing, incorporating tools such as supermarkets for efficient inventory management, Total Productive Maintenance (TPM) for improving equipment availability, manufacturing cells to optimize operational flow, and the 5S methodology to ensure adequate conditions of order and cleanliness. The proposed strategies seek to reduce waste, shorten cycle times, and improve the competitiveness of the production system, contributing to the development of a more efficient, flexible, and customer-oriented operating model.

Keywords: ABC Classification, Lean Manufacturing, Value Chain, Process Mapping, Optimization.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de alta competitividad y personalización en el sector manufacturero, las micro y pequeñas empresas familiares enfrentan el desafío constante de mantener la calidad artesanal que las distingue, al tiempo que optimizan sus procesos productivos para responder con eficacia a las exigencias del mercado (Castañeda, 2017). Tal es el caso de un taller de carpintería, una empresa familiar de segunda generación ubicada en la ciudad de Veracruz, dedicada a la fabricación de muebles y acabados personalizados. A pesar de su compromiso con la calidad, la empresa presenta áreas de oportunidad en la gestión de su producción, particularmente en lo que respecta al flujo de procesos, la gestión de inventarios y el aprovechamiento de recursos.

De acuerdo con Ballou (2004), una gestión eficiente de operaciones es fundamental para alcanzar niveles adecuados de servicio al cliente y sostenibilidad organizacional, especialmente en entornos donde los márgenes de operación son reducidos y la demanda es altamente variable. En este sentido, herramientas como la clasificación ABC resultan esenciales para priorizar los productos con mayor impacto económico y operativo, permitiendo a las empresas enfocar sus recursos en lo que realmente aporta valor (Chopra, 2016). En el caso del taller de carpintería, dicho análisis reveló que las cocinas integrales constituyen el principal producto estratégico, lo que justificó un estudio más profundo de su proceso de fabricación.

Para ello, se empleó el Mapeo de la Cadena de Valor (*Value Stream Mapping*, VSM), herramienta clave dentro del enfoque de manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*), que permite identificar visualmente los flujos de materiales e información a lo largo de un proceso productivo, destacando los puntos de desperdicio y las oportunidades de mejora (Rother, 1999). Esta metodología ha demostrado ser eficaz en entornos de manufactura artesanal e industrial, al facilitar la toma de decisiones basada en datos y fomentar una cultura de mejora continua (Womack, 2007).

En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo general analizar el flujo de la cadena de valor del taller de carpintería mediante herramientas Lean, con el propósito de identificar cuellos de botella y áreas de ineficiencia, y proponer estrategias de mejora orientadas a la optimización de procesos, la reducción de desperdicios y el incremento de la competitividad (Castañeda, 2017). Los objetivos específicos incluyeron: aplicar la clasificación ABC para jerarquizar los productos fabricados; desarrollar un VSM del estado actual del proceso productivo; y diseñar propuestas de mejora basadas en principios de manufactura esbelta, como las celdas de manufactura, el mantenimiento productivo total (TPM), la metodología 5S y los sistemas tipo supermercado para el control de inventarios (Ramírez, 2021).

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y descriptivo, orientado al análisis y mejora de los procesos productivos de un taller de carpintería mediante la aplicación de herramientas del sistema Lean Manufacturing. Este enfoque permitió comprender de manera integral el funcionamiento actual de la carpintería, identificar áreas críticas de intervención y diseñar estrategias orientadas a la optimización del flujo de valor.

La metodología empleada se estructuró en cinco etapas fundamentales:

1. **Diagnóstico del proceso productivo:** Se realizó un análisis inicial del sistema de producción, considerando variables clave como los tiempos de ciclo, niveles de inventario, disposición del área de trabajo y flujo de materiale (Castañeda, 2017) s. Esta etapa permitió identificar cuellos de botella, reprocesos y actividades que no generaban valor, sentando las bases para un análisis más profundo.
2. **Clasificación de productos mediante la técnica ABC:** A través de la herramienta de clasificación ABC, los productos fueron jerarquizados en función de su impacto económico y frecuencia de producción (Chopra, 2016). Esta clasificación facilitó la priorización de esfuerzos de mejora en los artículos más representativos. Como resultado, se identificó a las cocinas integrales como el producto estratégico principal, dada su alta demanda y contribución al ingreso de la empresa.
3. **Elaboración del Mapeo de la Cadena de Valor (VSM):** Siguiendo la metodología propuesta por Rother y Shook (1999), se desarrolló un Value Stream Mapping (VSM) del estado actual del proceso productivo. Esta herramienta permitió representar gráficamente el flujo de materiales e información, diferenciando actividades con valor agregado, sin valor agregado y necesarias, pero no productivas (Chiarini, 2013). El VSM facilitó la identificación de desperdicios asociados a tiempos de espera, movimientos innecesarios, sobreproducción e inventarios excesivos.
4. **Diseño de propuestas de mejora basadas en principios Lean:** A partir del análisis del VSM, se diseñaron e integraron propuestas de mejora alineadas con los principios de manufactura esbelta

(Chiarini, 2013). Las estrategias incluyeron: la implementación de sistemas tipo supermercado para la regulación del inventario; la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la disponibilidad y eficiencia de los equipos; la conformación de celdas de manufactura para optimizar el flujo operativo y reducir tiempos muertos; así como la adopción de la metodología 5S para garantizar un entorno de trabajo limpio, organizado y seguro.

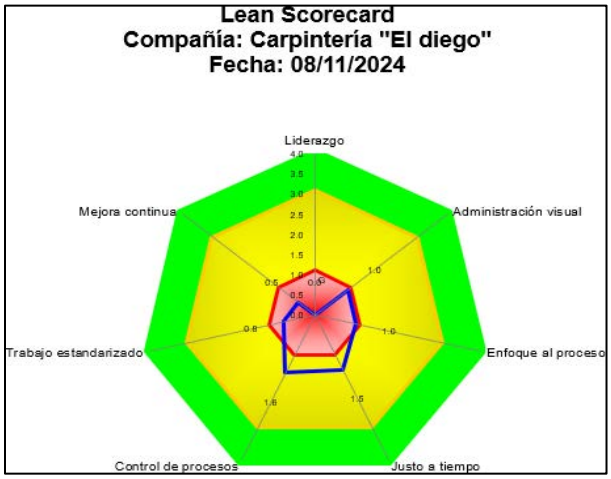
5. **Proyección del impacto de las mejoras propuestas:** Finalmente, se estimaron los beneficios esperados derivados de la implementación de las estrategias planteadas. Los indicadores considerados incluyeron la reducción de los tiempos de producción, la disminución de desperdicios, la mejora en el aprovechamiento de recursos y el incremento de la capacidad operativa de la empresa. Estos resultados proyectados evidencian el potencial de la metodología Lean como un mecanismo eficaz para fortalecer la competitividad y sostenibilidad de microempresas del sector manufacturero artesanal (Alfaro, 2013).

Diagnóstico del proceso productivo

Como parte del análisis preliminar, se llevó a cabo una entrevista estructurada con el propietario del taller de carpintería, con el objetivo de evaluar su nivel de conocimiento y comprensión respecto a los principios y herramientas de Lean Manufacturing, así como su aplicación en los procesos operativos actuales de la carpintería. La entrevista se diseñó con base en criterios clave de adopción Lean, incluyendo aspectos como enfoque al cliente, control de inventarios, estandarización de procesos, gestión visual, mantenimiento autónomo y cultura de mejora continua (Chiarini, 2013).

Los resultados obtenidos fueron representados mediante un gráfico de radar, el cual permitió visualizar de forma clara y comparativa el nivel de madurez Lean en las distintas dimensiones evaluadas (Alfaro, 2013). Como se muestra en la Figura 1, el gráfico evidencia una escasa implementación y comprensión de los fundamentos de manufactura esbelta, con puntuaciones particularmente bajas en prácticas como la mejora continua, el trabajo estandarizado y el liderazgo.

Figura 1. *Gráfico de radar del diagnóstico lean del taller de carpintería*



Fuente: Elaboración propia

Este diagnóstico inicial fue fundamental para detectar áreas de oportunidad en términos de capacitación del personal, alineación estratégica y transformación cultural, elementos esenciales para la adopción exitosa de la filosofía Lean. Asimismo, proporcionó una línea base desde la cual se estructuraron las propuestas de mejora, asegurando que estas respondieran a las condiciones actuales de la organización y fomentaran una transición progresiva hacia un modelo de gestión más eficiente y orientado al valor.

Clasificación de productos mediante la técnica ABC

En la segunda etapa del estudio, se aplicó la herramienta de clasificación ABC con base en los datos proporcionados por el propietario de la carpintería, con el propósito de jerarquizar los productos fabricados según su impacto económico y frecuencia de producción. Esta técnica, ampliamente utilizada en la gestión de inventarios y el análisis estratégico de productos, permite identificar aquellos artículos que representan un mayor valor para la organización, facilitando la asignación eficiente de recursos (Chopra, 2016).

El análisis realizado, cuyos resultados se presentan en la Tabla 1, permitió clasificar los productos en tres categorías: A, B y C. En la categoría A se ubicaron las cocinas integrales y los closets, al ser los productos que generan el mayor volumen de ingresos y presentan una alta rotación dentro del portafolio de la empresa. Estos productos, por su impacto estratégico, requieren especial atención en términos de planeación, control de calidad y mejora continua.

No obstante, tras una revisión conjunta con el propietario y considerando criterios de viabilidad, volumen de trabajo y complejidad de procesos, se decidió enfocar el análisis y las propuestas de mejora en el producto de mayor impacto económico y operativo: las cocinas integrales. Esta decisión estratégica busca concentrar los esfuerzos en un área clave para maximizar los beneficios potenciales derivados de la implementación de herramientas Lean, como la optimización del flujo productivo, la reducción de desperdicios y el incremento de la satisfacción del cliente final (Alfaro, 2013).

Id.	Producto	Volumen anual	Costo unitario	Costo producción anual	Participación	Volumen anual	Código ABC
1	Cocinas integrales	30	50,000	1,500,000	38.40%	38.40%	A
2	Closet	60	20,000	1,200,000	30.70%	69.10%	
3	Puerta de madera	100	4,500	450,000	11.50%	80.70%	B
4	Muebles de sala	30	10,000	300,000	7.70%	88.30%	
5	Camas y cabeceras	20	10,000	200,000	5.10%	93.50%	C
6	Gabinete de baño	15	10,000	150,000	3.80%	97.30%	
7	Acabados para el hogar	15	7,000	105,000	2.70%	100.00%	
Total			111,500	3905000		1	

Tabla 1. *Análisis ABC de los productos del taller de carpintería*

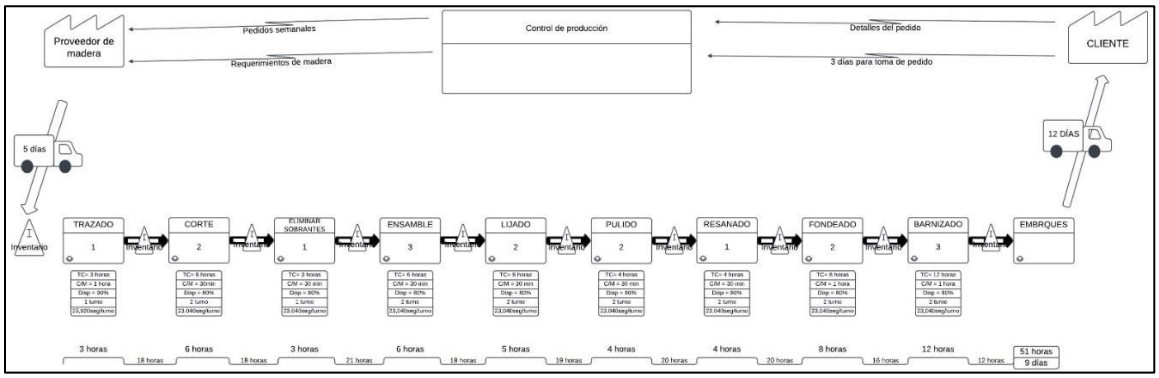
Fuente: Elaboración propia

Elaboración del mapeo de la cadena de valor (VSM)

En la tercera etapa del estudio, se procedió a la elaboración del Mapeo de la Cadena de Valor (*Value Stream Mapping*, VSM) correspondiente al estado actual de los procesos productivos del taller de carpintería. Esta herramienta, ampliamente reconocida en la literatura Lean Manufacturing (Rother, 1999), permite una representación visual integral de los flujos de materiales e información, facilitando la identificación de actividades que agregan valor, así como de aquellas que representan desperdicio o generan ineficiencias.

El VSM fue construido mediante observaciones directas en planta, entrevistas con el personal operativo y recopilación de datos cuantitativos relacionados con tiempos de ciclo, tiempos de espera, niveles de inventario y frecuencias de reprocesos. La representación gráfica resultante, presentada en la Figura 2, evidencia claramente las etapas críticas del proceso productivo de las cocinas integrales, destacando puntos de congestión, acumulación de inventarios intermedios y movimientos innecesarios que impactan negativamente en la eficiencia y los tiempos de entrega.

Figura 2. *VSM de estado actual de la elaboración de cocinas integrales*



Fuente: Elaboración propia

Además, el análisis del VSM permitió clasificar las actividades en tres categorías: aquellas que agregan valor desde la perspectiva del cliente, actividades que no agregan valor, pero son necesarias bajo las condiciones actuales, y actividades totalmente desperdiciadoras que deben ser eliminadas o minimizadas (Hernández, 2018). Este diagnóstico visual constituyó un insumo fundamental para el diseño de estrategias de mejora dirigidas a optimizar el flujo productivo, reducir tiempos muertos y eliminar desperdicios.

Diseño de propuestas de mejora basadas en principios LEAN

A partir del Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) del estado actual, se identificaron múltiples áreas de oportunidad en el proceso de fabricación de las cocinas integrales, producto estratégico de la carpintería. Uno de los hallazgos más relevantes fue la acumulación de inventarios intermedios entre cada una de las operaciones, lo cual representa una señal clara de ineficiencias en el flujo

productivo, conforme a los principios de la manufactura esbelta (Hernández, 2018). Esta acumulación no solo incrementa los tiempos de espera, sino que también genera un uso ineficiente del espacio y de los recursos disponibles.

El análisis detallado reveló que el proceso está compuesto por cinco estaciones de trabajo, cada una operada por un trabajador asignado, lo cual implica una distribución funcional pero rígida. Esta configuración ha generado cuellos de botella en etapas específicas, principalmente debido a la variabilidad en la duración de las tareas, la dependencia de herramientas compartidas y la ausencia de balanceo de carga entre estaciones.

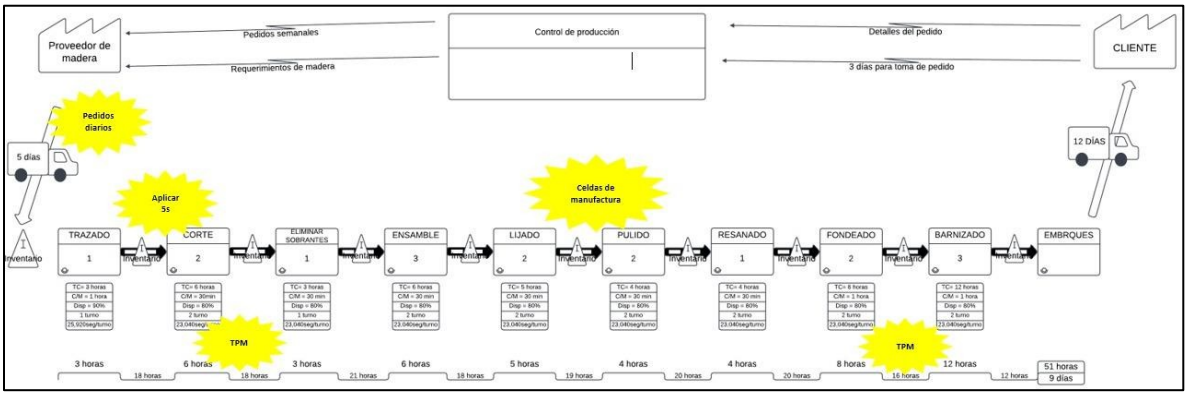
En lo referente a la cadena de suministro, se detectó que el proveedor principal de madera (materia prima crítica) tiene un tiempo de entrega promedio de cinco días, debido a que los pedidos son gestionados semanalmente. Esta frecuencia limita la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o eventualidades operativas, lo que sugiere la necesidad de establecer mecanismos de reposición más flexibles y eficientes, como sistemas tipo supermercado o kanban.

El diagnóstico también incluyó la evaluación de la utilización de maquinaria, la cual se estimó en un 80%. Si bien este valor refleja un uso relativamente alto, también pone en evidencia un margen de mejora en la eficiencia operativa, ya sea a través de la reducción de tiempos muertos, mantenimiento preventivo o reconfiguración del layout. En términos generales, la producción de una cocina integral toma actualmente 51 horas efectivas de trabajo, distribuidas en nueve días hábiles, cumpliendo con los compromisos de entrega al cliente en un total de 12 días calendario. Sin embargo, estos tiempos podrían optimizarse sustancialmente mediante la implementación de mejoras específicas.

Otro aspecto crítico identificado fue la falta de limpieza, orden y señalización en las áreas de trabajo, lo cual dificulta la detección oportuna de anomalías en el funcionamiento de las máquinas, incrementando el riesgo de fallas imprevistas y paros no planificados. Esta situación será abordada a través de la implementación de la metodología 5S, que permitirá establecer un entorno laboral más limpio, organizado y seguro, alineado con los estándares de eficiencia operativa y calidad.

En conjunto, este análisis permitió visualizar de forma sistémica las principales ineficiencias del proceso actual, generando un diagnóstico integral que sustenta las propuestas de mejora. La representación gráfica de estos hallazgos y del flujo actual del proceso se presenta en la Figura 3, la cual constituye una herramienta clave para la toma de decisiones orientadas a la transformación Lean de la carpintería.

Figura 3. *VSM Propuesta de mejora con estallidos Kaizen*



Fuente: Elaboración propia

PROYECCIÓN DEL IMPACTO DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

A partir del diagnóstico del estado actual y los hallazgos identificados mediante el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), se desarrolló un VSM del estado futuro, en el cual se incorporan una serie de iniciativas de mejora representadas mediante estallidos Kaizen, conforme a los lineamientos de la filosofía *Lean Manufacturing* (Hernández, 2018). El objetivo principal de estas propuestas es transformar el proceso productivo de la carpintería hacia un modelo más eficiente, ágil y centrado en la generación de valor, eliminando desperdicios y mejorando la productividad integral del sistema.

La Figura 4 muestra la representación gráfica del flujo propuesto en el estado futuro, donde se visualizan las principales intervenciones planeadas y los beneficios esperados en términos de reducción de tiempos, mejora en el flujo de materiales y reorganización del espacio de trabajo. A continuación, se describen las principales estrategias incorporadas:

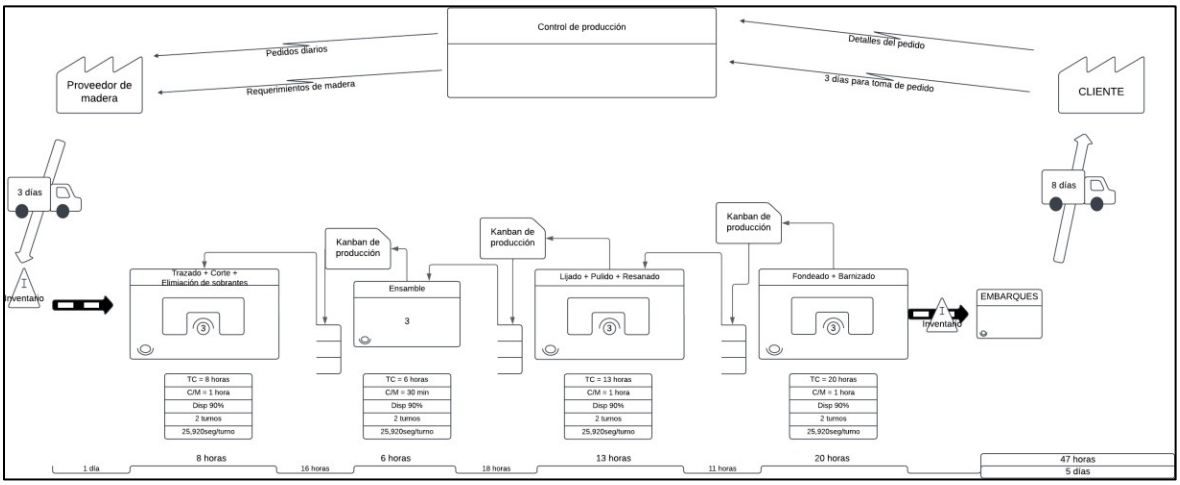
- **Pedidos diarios al proveedor**: Se propone modificar la frecuencia de abastecimiento de madera, pasando de un sistema semanal a uno diario. Esta medida tiene como propósito reducir los inventarios acumulados, garantizar un flujo más continuo de materiales y mejorar la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda.
- **Implementación de la metodología 5S**: Se establecerá un programa de orden, limpieza y estandarización en las áreas de trabajo, lo cual permitirá identificar de manera oportuna posibles fallas en equipos, mejorar la seguridad operativa y promover una cultura de disciplina visual y eficiencia.
- **Total Productive Maintenance (TPM)**: Se introducirán actividades de mantenimiento preventivo y autónomo, dirigidas a incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, reducir paros no programados y extender la vida útil de la maquinaria, alineándose con el principio de cero averías.

- **Reorganización en células de manufactura**: Los procesos serán reconfigurados en función de células de trabajo, agrupando operaciones secuenciales que comparten recursos. Esto facilitará la reducción de tiempos de ciclo, la mejora del flujo de materiales, la minimización de traslados innecesarios y un uso más eficiente del capital humano.
- **Implementación de supermercados**: Se establecerán zonas de almacenamiento intermedio (supermercados) controladas mediante sistemas de reposición visual (kanban), con el fin de asegurar un suministro constante de materiales a cada etapa del proceso, evitando tanto la sobreproducción como la escasez.

Estas iniciativas, integradas de manera coherente en el VSM del estado futuro, permiten proyectar un escenario operacional más robusto, donde los procesos son más fluidos, los tiempos de producción se reducen de manera significativa, y los recursos (tanto materiales como humanos) son utilizados de forma más racional y eficiente. Asimismo, este enfoque contribuye a fortalecer la competitividad de la carpintería, mejorando su capacidad de respuesta, su productividad y la calidad de sus productos (Hernández, 2018).

La Figura 4 sintetiza gráficamente esta transformación proyectada, constituyendo una hoja de ruta visual para la implementación progresiva de las mejoras propuestas.

Figura 4. *VSM de estado futuro*



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

El Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) del estado futuro evidencia de forma clara los beneficios derivados de la implementación de estrategias Lean en los procesos de la carpintería. Este rediseño integral optimiza la operación desde el momento de la recepción de materia prima, reduciendo el

tiempo de entrega del proveedor de madera de cinco a tres días, lo que permite una mejor sincronización entre la cadena de suministro y la producción.

Una de las principales transformaciones estructurales consistió en la agrupación de operaciones en células de manufactura, lo cual facilitó un flujo más continuo, minimizó los traslados innecesarios y mejoró la coordinación entre estaciones. Asimismo, se introdujeron supermercados como mecanismos de control de inventarios intermedios, lo que permitió eliminar la acumulación innecesaria de productos en proceso y reducir riesgos operativos.

Como resultado de esta reorganización, el número de estaciones de trabajo se redujo de 10 a 5, y la cantidad de operadores requeridos disminuyó de 18 a 13, logrando un uso más eficiente del recurso humano sin comprometer la calidad del producto. En paralelo, la disponibilidad operativa de la maquinaria aumentó del 80 % al 90 %, reflejando una mejora significativa en la confiabilidad de los equipos y una menor probabilidad de interrupciones no planificadas.

Estos avances tuvieron un impacto directo en el Lead Time (tiempo total de entrega), el cual pasó de 12 días a solo 8 días, fortaleciendo la capacidad de respuesta de la carpintería ante las demandas del cliente y elevando su nivel de competitividad en el sector de fabricación de muebles personalizados.

TRABAJO A FUTURO

Aunque los resultados obtenidos demuestran un avance significativo en la eficiencia operativa, es importante subrayar que la mejora continua constituye un pilar fundamental dentro del enfoque Lean. En ese sentido, se plantea la incorporación progresiva de nuevas herramientas que complementen las ya implementadas y permitan alcanzar mayores niveles de rendimiento:

- **Justo a Tiempo (JIT)**: Se propone adoptar este principio para asegurar que los materiales y productos estén disponibles exactamente en el momento en que se necesitan, lo cual reduciría la necesidad de mantener grandes inventarios y fomentaría un flujo constante y equilibrado de producción.
- **Kanban**: La implementación de un sistema visual de tarjetas permitirá regular el flujo de trabajo entre células, facilitar la reposición de materiales y garantizar que la producción esté directamente alineada con la demanda real, evitando sobreproducción o cuellos de botella.
- **Kaizen continuo**: Fomentar una cultura de mejora continua entre los colaboradores mediante su participación en la identificación de oportunidades y diseño de soluciones prácticas, lo cual contribuirá a fortalecer el compromiso del personal con los objetivos organizacionales.

- **Andon**: La incorporación de un sistema de señalización en tiempo real permitirá detectar y reportar de inmediato cualquier desviación o falla en el proceso, facilitando una respuesta rápida y efectiva que minimice las interrupciones productivas.

CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la carpintería ha representado un paso decisivo en la optimización de los procesos de fabricación de cocinas integrales, mejorando tanto su desempeño operativo como su posición competitiva en el mercado. A través del análisis detallado proporcionado por el VSM del estado actual y futuro, fue posible detectar y corregir ineficiencias estructurales, tales como la acumulación de inventarios, tiempos de entrega prolongados y baja disponibilidad de equipos.

Las acciones implementadas (incluyendo la reorganización en células de manufactura, la adopción de supermercados, y la introducción de 5S y TPM) han generado impactos tangibles: la reducción del Lead Time de 12 a 8 días, la disminución del número de estaciones y personal requerido, y el incremento de la disponibilidad de maquinaria hasta un 90 %. Estos logros han permitido construir un sistema de producción más ágil, eficiente y orientado al cliente.

No obstante, se reconoce que la mejora continua debe ser permanente. La futura integración de herramientas como Justo a Tiempo, Kanban, SMED y Andon abrirá nuevas posibilidades para reducir desperdicios, acortar tiempos de cambio y mejorar la visibilidad del proceso, reforzando el compromiso del taller de carpintería con la calidad, eficiencia y satisfacción del cliente.

Este enfoque estratégico además de contribuir al fortalecimiento operativo de la carpintería, garantiza la continuidad y consolidación de su legado familiar, proyectándolo hacia nuevas generaciones y hacia un mercado cada vez más exigente.

REFERENCIAS

Alfaro, J. A. (2013). *Lean Manufacturing: Herramientas para la mejora continua.* Alfaomega Grupo Editor.

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro.* Pearson Educación.

Castañeda, J. F. (2017). *Estrategias de mejora continua con enfoque Kaizen en empresas familiares.* . Revista de Estudios Empresariales, 9(1), 12–20.

Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: desde la teoría hasta la práctica.* . Ediciones Díaz de Santos.

Chopra, S. &. (2016). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación.* . Pearson Educación.

Hernández, J. &. (2018). *Producción esbelta: Una guía práctica para su implementación.* Ecoe Ediciones.

Ramírez, M. A. (2021). *Aplicación de herramientas Lean para la mejora del flujo de producción en una microempresa. .* Revista Latinoamericana de Ingeniería Industrial, 15(2), 65–74.

Rother, M. &. (1999). *Learning to see: Value-stream mapping to create value and eliminate muda. .* Lean Enterprise Institute.

Womack, J. P. (2007). *The Machine That Changed the World.* Free Press.

UNA REVISIÓN DE LAS APLICACIONES DE LA OPTIMIZACIÓN MULTIOBJETIVO EN BIOPROCESOS

José Alfredo Garcidueñas Paz[1]

Jesús Carillo Ahumada[2]

María de Jesús García Gómez[3]

RESUMEN

El planteamiento de un problema de optimización multi-objetivo (MOO) y su solución implica la búsqueda de un valor máximo o mínimo bajo ciertas restricciones considerando un balance entre diferentes métricas, que algunas veces se encuentran en conflicto o pueden ser cooperativas. La MOO es una rama de las matemáticas que desempeña un papel esencial en muchas áreas científicas, como la ingeniería, el análisis de datos y mejoras a los sistemas de diferentes áreas utilizando diferentes métodos y algoritmos numéricos diseñados para obtener un conjunto de soluciones en el frente de Pareto. El objetivo principal para utilizar una MOO radica en que, en optimización, no requiere ecuaciones complejas y busca encontrar la solución preferida por el diseñador para la toma de decisiones, basándose en sus preferencias. En las últimas décadas, la MOO ha despertado el interés común para la toma de decisiones con criterios múltiples (MCDM) y se han desarrollado diversos estudios que buscan equilibrar de forma simultánea objetivos que podrían estar en conflicto como maximizar la productividad y minimizar insumos. Por lo tanto, este estudio busca ofrecer una revisión de la investigación sobre los métodos y aplicaciones de la MOO en procesos biotecnológicos y sus mejoras.

Palabras clave: optimización, frente de Pareto, bioprocesos.

ABSTRACT

The formulation and solution of a multi-objective optimization (MOO) problem involves finding a maximum or minimum value under certain constraints, considering a balance between different metrics, which are sometimes conflicting or may be cooperative. MOO is a branch of mathematics that plays an essential role in many scientific fields, such as engineering, data analysis, and the improvement of systems in various areas using different numerical methods and algorithms designed to obtain a set of

[1] Universidad del Papaloapan. jagarciduenaspaz@gmail.com

[2] Universidad del Papaloapan. jesuscarillo18@yahoo.com

[3] Universidad del Papaloapan. unpal7@gmail.com

solutions on the Pareto front. The main advantage of using MOO is that, in optimization, it does not require complex equations and seeks to find the solution preferred by the designer for decision-making, based on their preferences. In recent decades, MOO has sparked widespread interest in multi-criteria decision-making (MCDM), and various studies have been developed that seek to simultaneously balance potentially conflicting objectives, such as maximizing productivity and minimizing inputs. Therefore, this study aims to provide a review of research on MOO methods and applications in biotechnological processes and their improvement.

Keywords: optimization, Pareto front, bioprocesses.

UNA REVISIÓN DE LAS APLICACIONES DE LA OPTIMIZACIÓN MULTIOBJETIVO EN BIOPROCESOS

La optimización multiobjetivo (MOO) ha emergido en las últimas dos décadas como un área crucial para la ingeniería de bioprocesos debido a la necesidad de equilibrar objetivos conflictivos en sistemas biológicos complejos. A diferencia de los métodos de optimización mono-objetivo, la MOO no busca una única solución, sino un conjunto de alternativas conocidas como soluciones de Pareto, las cuales permiten a los investigadores y a la industria tomar decisiones basadas en diferentes compromisos entre variables de desempeño. En bioprocesos, los objetivos típicos incluyen maximizar la productividad de metabolitos o enzimas, mejorar la calidad del producto, minimizar el consumo de energía, reducir los costos de operación, y cumplir con restricciones ambientales. El interés en esta área se ha intensificado porque los sistemas biológicos son inherentemente no lineales, inciertos y dinámicos, lo que hace que los modelos clásicos resulten insuficientes para capturar toda la complejidad del sistema (Papageorgiou & Adjiman, 2012; Banga et al., 2016). Estudios recientes muestran que la MOO ha sido aplicada de manera exitosa en procesos fermentativos, en diseño de bioreactores y en el control de estrategias de alimentación, lo cual reduce significativamente el número de experimentos requeridos y permite obtener soluciones más robustas y confiables (Kwon et al., 2025; Zhang et al., 2022).

Definición de optimización multiobjetivo

La optimización multiobjetivo puede definirse como un conjunto de metodologías matemáticas y computacionales orientadas a encontrar un conjunto de soluciones que optimizan de manera simultánea dos o más objetivos que suelen ser conflictivos entre sí. En la práctica, esto se traduce en obtener un Frente de Pareto, donde ninguna solución puede mejorar un objetivo sin empeorar al menos otro. En bioprocesos, esto se refleja en decisiones como aumentar la productividad de un metabolito a costa de un mayor consumo de energía o viceversa. El desarrollo de la MOO en ingeniería

bioquímica ha permitido formalizar estos compromisos de manera explícita y cuantificable, ofreciendo al investigador un rango de escenarios donde elegir según prioridades técnicas o económicas (Deb & Jain, 2014; Pătrăușanu & Florea, 2024). De acuerdo con Pons et al. (2012), la formulación de problemas multiobjetivo involucra la definición de funciones objetivo, restricciones y variables de decisión, mientras que Banga et al. (2016) resaltan que el valor de la MOO en bioprocesos está en su capacidad de integrar modelos mecanísticos y empíricos bajo un mismo marco de análisis.

Aplicaciones de la optimización multiobjetivo en bioprocesos

Las aplicaciones de la MOO en bioprocesos son diversas y abarcan tanto el diseño experimental como el control de biorreactores a escala industrial. Por ejemplo, en cultivos celulares y procesos farmacéuticos, la MOO ha permitido optimizar simultáneamente la viabilidad celular, la productividad y la pureza del producto, generando soluciones más eficientes en términos de costos y calidad (Papageorgiou & Adjiman, 2012; Zhang et al., 2022). En procesos fermentativos de microorganismos, la MOO se aplica para balancear la producción de metabolitos secundarios y enzimas con los requerimientos de nutrientes, oxígeno y temperatura (Banga et al., 2016). Asimismo, se utiliza para diseñar experimentos multiobjetivo, donde se busca maximizar la información obtenida y minimizar el número de ensayos, lo que resulta particularmente útil en bioprocesos costosos o con alta variabilidad (Pons et al., 2012). Finalmente, Doumas et al. (2019) destacan que en fermentación en estado sólido, la MOO se ha vuelto indispensable para manejar el problema de gradientes térmicos y de humedad, variables críticas que afectan la calidad del producto y la estabilidad del sistema.

Optimización multiobjetivo en fermentación en estado sólido con bacterias y hongos

La fermentación en estado sólido (FES) es un proceso caracterizado por la utilización de sustratos sólidos como soporte para el crecimiento microbiano, donde el agua se encuentra en estado ligado en lugar de libre. Este proceso se emplea para la producción de enzimas, metabolitos secundarios y compuestos bioactivos, y su optimización resulta particularmente compleja debido a la heterogeneidad del medio. En este contexto, la MOO ha permitido equilibrar de forma simultánea parámetros como humedad, temperatura, tamaño de partícula, oxigenación y densidad de inóculo, con el fin de maximizar la productividad y minimizar problemas asociados como la formación de gradientes de temperatura (hot-spots) o el secado excesivo del sustrato (Pereira et al., 2023; Casciatori et al., 2016). En procesos con bacterias y hongos, la MOO se utiliza para incrementar la síntesis de enzimas industriales como amilasas, celulasas y proteasas, mientras se busca reducir el tiempo de fermentación y el consumo energético. Además, su implementación con algoritmos evolutivos ha demostrado mejorar la estabilidad del sistema y la reproducibilidad a nivel industrial (Ríos-Marín et al., 2018; Shahriari et al., 2025).

Optimización multiobjetivo con hongos filamentosos

Los hongos filamentosos, tales como *Aspergillus, Trichoderma y Penicillium*, han sido objeto de múltiples investigaciones en optimización multiobjetivo debido a su capacidad para producir enzimas de interés industrial. En estos casos, la MOO permite explorar los compromisos entre la maximización de distintas actividades enzimáticas (por ejemplo, xilanasa, celulasa, proteasa) y la reducción de costos de producción. García-Hernández et al. (2017) mostraron que mediante el uso de metodologías estadísticas combinadas con funciones de deseabilidad es posible optimizar más de una respuesta de manera simultánea en procesos con Penicillium. De forma similar, Ríos-Marín et al. (2018) aplicaron metodologías multi-respuesta para balancear la producción de múltiples enzimas en hongos filamentosos, obteniendo mejoras significativas en el rendimiento global. Pătrăușanu y Florea (2024) remarcan que la incorporación de algoritmos evolutivos como NSGA-II y MOEA/D permite explorar espacios de decisión más amplios y encontrar soluciones más robustas en escenarios con múltiples respuestas conflictivas.

Optimización multiobjetivo con *Aspergillus oryzae*

Aspergillus oryzae es uno de los hongos filamentosos más utilizados en fermentación en estado sólido debido a su capacidad para producir enzimas como amilasas, proteasas y lipasas, además de su papel en la fermentación de alimentos tradicionales asiáticos. La aplicación de MOO en este microorganismo ha permitido optimizar simultáneamente la productividad enzimática, la calidad del producto y la eficiencia energética. Shimizu et al. (2018) demostraron que parámetros como el pH y la humedad influyen de manera crítica en la productividad de compuestos como la agmatina, y que la MOO permite encontrar condiciones de cultivo que maximizan la producción sin comprometer la viabilidad celular. De igual forma, Balakrishnan et al. (2021) mostraron que mediante el uso de residuos agroindustriales como sustrato y aplicando metodologías multiobjetivo se lograron incrementos significativos en la producción de α-amilasa. Doumas et al. (2019) resaltan la importancia de la dinámica hídrica en estos procesos y cómo su control mediante estrategias de optimización puede evitar problemas asociados al secado heterogéneo del sustrato.

Parámetros que se miden en investigaciones de fermentación en estado sólido (FES)

En la fermentación en estado sólido (FES), la caracterización del proceso es fundamental para garantizar la estabilidad y productividad del sistema, por lo que la MOO requiere definir con claridad los parámetros que serán incluidos como variables de decisión u objetivos. Entre los más importantes se encuentran la humedad inicial y dinámica del sustrato, la cual afecta la disponibilidad de nutrientes y la difusión de oxígeno; la actividad de agua (aw), que influye directamente en el crecimiento fúngico y bacteriano; y la temperatura del lecho fermentativo, que suele presentar gradientes significativos

debido al metabolismo microbiano. También se evalúan parámetros como el pH, la biomasa microbiana (estimada de manera directa o indirecta), la producción de metabolitos primarios y secundarios, la actividad enzimática específica y volumétrica, así como características fisicoquímicas del sustrato como la granulometría, porosidad y composición química. A nivel industrial, se añaden indicadores relacionados con la transferencia de masa y calor, la eficiencia energética del sistema y el consumo de recursos. Pereira et al. (2023) señalan que la medición simultánea de estos parámetros ha permitido identificar interacciones críticas entre la humedad y la temperatura, mientras que Casciatori et al. (2016) enfatizan que los modelos de transferencia de calor y agua son esenciales para predecir la estabilidad del proceso. En este sentido, Doumas et al. (2019) destacan la importancia de la dinámica hídrica, mostrando que variaciones mínimas en la disponibilidad de agua pueden tener un impacto significativo en la productividad de enzimas por *Aspergillus oryzae*.

Parámetros que se han mejorado en la maximización o minimización

La MOO aplicada a FES ha permitido mejorar una amplia gama de parámetros que determinan la viabilidad técnica y económica de los bioprocesos. En términos de maximización, se busca incrementar la actividad enzimática (amilasas, proteasas, celulasas, xilasas), el rendimiento de metabolitos secundarios (pigmentos, antibióticos, compuestos antioxidantes), la productividad volumétrica y el enriquecimiento nutricional del sustrato residual, lo cual agrega valor a los subproductos agroindustriales (Balakrishnan et al., 2021; Shimizu et al., 2018). En cuanto a la minimización, se han priorizado aspectos como la reducción del tiempo de fermentación, la disminución de gradientes térmicos que generan inestabilidad, la minimización del consumo de agua y energía en la aireación y el control de la heterogeneidad del lecho (Casciatori et al., 2016). Ríos-Marín et al. (2018) remarcan que el uso de funciones de deseabilidad en metodologías multiobjetivo ha permitido mejorar más de una respuesta enzimática al mismo tiempo, evitando priorizar una sola salida y obteniendo soluciones más equilibradas. Por su parte, Shahriari et al. (2025) señalan que los métodos basados en optimización Bayesiana han permitido reducir significativamente el número de experimentos requeridos, minimizando costos y tiempo de operación.

Metodologías con las que se realizó la maximización o minimización

Las metodologías más utilizadas para la optimización multiobjetivo en bioprocesos y, en particular, en FES, pueden dividirse en dos grandes categorías: métodos estadísticos clásicos y algoritmos evolutivos/metaheurísticos. Dentro de los primeros destacan los diseños de superficie de respuesta (RSM), como los diseños Box-Behnken o los diseños compuestos centrales, que permiten explorar los efectos de múltiples variables de proceso y sus interacciones. Estos se complementan con el uso de la función de deseabilidad, que integra varias respuestas en un solo índice para encontrar condiciones

óptimas globales (García-Hernández et al., 2017; Ríos-Marín et al., 2018). Sin embargo, en procesos no lineales o con gran cantidad de objetivos, los algoritmos evolutivos multiobjetivo (MOEAs) se han consolidado como la herramienta más eficaz. Entre ellos destacan NSGA-II y NSGA-III (Deb & Jain, 2014), MOEA/D y el MOPSO (Particle Swarm Optimization multiobjetivo), que permiten encontrar un Frente de Pareto diversificado y representativo (Pătrăușanu & Florea, 2024). Recientemente, Shahriari et al. (2025) han demostrado la eficacia de la optimización Bayesiana multiobjetivo en bioprocesos donde los experimentos son costosos y se cuenta con datos limitados.

Algoritmos utilizados en los bioprocesos y fermentación en estado sólido (FES)

Los algoritmos más utilizados en bioprocesos multiobjetivo corresponden principalmente a la familia de algoritmos evolutivos. El NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) es el más empleado gracias a su robustez y capacidad de mantener diversidad en el Frente de Pareto. El NSGA-III (Deb & Jain, 2014) se diseñó específicamente para problemas con más de tres objetivos, lo que resulta particularmente útil en FES donde se optimizan simultáneamente múltiples enzimas o parámetros de proceso. El MOEA/D (Multiobjective Evolutionary Algorithm based on Decomposition) permite descomponer un problema complejo en varios subproblemas más simples, facilitando la búsqueda de soluciones distribuidas de manera uniforme (Fernández et al., 2020). Otro algoritmo importante es el MOPSO, que combina la filosofía de enjambre de partículas con criterios multiobjetivo, siendo útil en problemas con funciones discontinuas o altamente no lineales. Además, existen variantes como SPEA2 (Strength Pareto Evolutionary Algorithm), que han sido aplicadas con éxito en bioprocesos químicos y biotecnológicos. En la última década también se han propuesto métodos híbridos, que combinan modelos mecanísticos con algoritmos evolutivos, o aprendizaje automático con optimización multiobjetivo, logrando un mejor desempeño en escenarios complejos y dinámicos (Zhang et al., 2022; Kwon et al., 2025).

Modelos matemáticos establecidos en los bioprocesos y fermentación en estado sólido (FES)

El desarrollo de modelos matemáticos en bioprocesos es esencial para implementar la optimización multiobjetivo. En general, estos modelos combinan ecuaciones cinéticas que describen el crecimiento microbiano y la producción de metabolitos (modelos de Monod, logísticos o de Luedeking–Piret) con balances de materia y energía que incluyen términos de transferencia de oxígeno, calor y agua (Casciatori et al., 2016). En FES, se han desarrollado modelos bidimensionales y tridimensionales para describir la distribución de temperatura y humedad en lechos empacados, con resultados que han permitido predecir la formación de gradientes y mejorar la aireación del sistema (Doumas et al., 2019). De acuerdo con Pereira et al. (2023), también se han empleado modelos híbridos que combinan datos experimentales con técnicas de aprendizaje automático, mejorando la capacidad predictiva cuando los

datos experimentales son limitados o el sistema presenta alta variabilidad. Finalmente, Banga et al. (2016) señalan que la formulación matemática del problema es la base para aplicar algoritmos multiobjetivo, ya que define las funciones a optimizar y las restricciones que condicionan la búsqueda de soluciones.

Cuadro 1. Modelos de optimización multiobjetivo en bioprocesos

Referencia	Estructura del modelo	Descripción del modelo	Modelo de identificación
Optimización multiobjetivo en la fermentación de *Aspergillus niger* para la formación selectiva de productos (Chaitali *et al*., 2005).	Optimización multiobjetivo con Differential Evolution Algorithm (DEA). Ecuaciones dinámicas de balance de masa + funciones objetivo en conflicto (max catalasa, max proteasa).	Fermentación fed-batch con Aspergillus niger, optimización de variables (sacarosa, nitrógeno, oxígeno/H2O2) para balancear la producción de catalasa y proteasa.	DEA.
Optimización multiobjetivo en sistemas de bioprocesos (Gupta & Maranas, 2011).	Formulación MOO general: min / max F(x) = [f_1(x),…, f_k(x) s.a. g(x) ≤ 0, h(x) = 0.Bioproceso típico (EDO): $\dot{X} = \mu(S)X$, $\dot{S} = -\frac{1}{\frac{Yx}{s}}\mu(S)X - m_sX$, $\dot{P} = \alpha\,\mu(S)X + Bx$; $\mu(S) = \mu_{max}\frac{S}{Ks+S}$	Marco general para balancear el rendimiento, costo y calidad usando cinéticas Monod y Luedeking-Piret.	Programación matemática + regresión no lineal/ajuste paramétrico.
Visualización de la optimalidad de Pareto en la optimización de bioprocesos (Deb & Jain, 2014).	Definición de Pareto: P * = {x : ∄y tal que f_i (y) ≤ f_i (x) $\forall_i$, ∧ f_j (y) < f_j (x) para algún j}. Muchos-objetivos (NSGA-III): referencias r_q en el simplex para guiar la diversidad.	Marco para construir y analizar frentes con ≥3 objetivos en bioprocesos.	NSGA-III (ordenamiento por no-dominancia + puntos de referencia).
Optimización multiobjetivo para la producción de bioetanol (Patel *et al*., 2015).	Cinética con inhibición por producto $\mu = \mu_{max}\frac{S}{Ks+S}(1-(\frac{E}{Ecrit})^n)$. Balances: $\dot{X} = \mu X$, $\dot{S} = \frac{1}{Yx/s}\mu X$, $\dot{E} = Y_{E/S}(-\dot{S}) - k_dE$. Objetivos: max E (t_f), min t_f min S_{cons}.	Producción de etanol: crecimiento, consumo de sustrato y formación con inhibición por etanol.	NSG-II para el frente de Pareto.
Fermentación en estado sólido para la producción de enzimas: enfoques multiobjetivo (Pandey *et al*., 2015).	PDEs de calor /humedad en lecho (2D): $pc_p\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla.(k\,\nabla T) + (-\Delta H_r)\,r_x$; $\frac{\delta W}{\delta t} = \nabla.(D_W\nabla W) + Yr_x$. Cinética/enzima: $\dot{X} = \mu(W,T)X$, $\dot{E} = k_EX - \delta_EE$. Objetivos: max E, min hot-spots, min tiempo.	FES: acopla transferencia de calor/agua con crecimiento y síntesis enzimática.	AGs multiobjetivo (MOGA/NSGA-II).
Optimización multiobjetivo de sistemas de fermentación fúngica (Singh & Chaturvedi, 2017)	Luedeking-Priet + Monod/ Logística: $\dot{X} = \mu X$, $\mu = \mu_{max}\frac{S}{Ks+S}$ (o $\mu = \mu_{max}(1-\frac{X}{Xmax})$); $\dot{P} = \alpha\,\dot{X} + BX$; $\dot{S} = -\frac{1}{Yx/s}\dot{X} - m_sX$. Objetivos: P = max$q_p$, min S_{cons}.	Hongos filamentosos (*Penicillium, Trichoderma, Aspergillus*) con múltiples respuestas.	Regresión no lineal + MOPSO/NSGA-II.
Avances en la optimización de procesos multiobjetivo (Kamik *et al*., 2019).	Modelo híbrido (metamodelo): $\hat{F}(x) = f_{ANN}(x)$ entrenado sobre datos/EDO; MOO: min[$\hat{f}_1$, $\hat{f}_2$] s.a. $x_L \le x \le x_U$. MOEA/D: min$_x \sum_{m=1}^{M}\lambda_m\hat{f}_m(x)$.	Sustituye modelos caros por ANG/GP para acelerar la búsqueda del frente.	MOEA/D/ NSGA-II + metamodelado (ANN/GP).
Optimización de la fermentación de *Aspergillus oryzae* para	Cinética con efectos de *T, pH, a_w*: $\mu = \mu_{max}\frac{S}{Ks+S}e^{-Ea/(RT)}\,\Phi(pH)\,\psi(a_w)$. Balances: $\dot{X} = \mu X$, $\dot{E} =$	*Aspergillus oryzae* en FES: sensibilidad a temperatura, pH y actividad de agua.	NSGA-II + RSM (Box-Behnken/CCD).

la mejora enzimática (Zhang *et al*., 2020)	$k_E X$, $\dot{S} = -\frac{1}{Yx/s}\mu X$. Restricciones: $T_{min} \leq T \leq T_{max}$, $pH_{opt} \pm \Delta$, $a_w \geq a_{w,min}$.		
Diseño de centroide simplex y ANN-GA para la producción de exoglucanasa por *P. roqueforti* (Nunes *et al*., 2020)	Modelo de mezclas (Simplex-centroide) + Red nueronal artificial (ANN) + Algoritmo genético (GA). Restricción: $\sum x_i = 1$, $x_i \geq 0$. Metamodelo ANN: $y = f(x; W, b)$. Optimización GA: max $f(x)$.	Producción de exoglucanasa en FES con mezcla de residuos agroindustriales. ANN-GA predijo 268.58 IU/g con error <1%.	ANN-GA.
	Estudios de optimización empleando un diseño experimental		
Optimización multirrespuesta de las condiciones de inóculo para la producción de amilasas y proteasas por *Aspergillus awamori* en la fermentación en estado sólido de torta de babasú (De Castro *et al*., 2011).	RSM (Diseño Box-Behnken). Modelo polinómico de segundo orden aplicado a múltiples respuestas.	Optimización multirespuesta de la producción enzimática de *Aspergillus awamori* en residuos lignocelósicos balance de respuesta para maximizar rendimiento.	RSM.
Producción concurrente de celulasa y xilanasa de *Trichoderma reesei* NCIM 1186: mejora de la producción mediante un método multiobjetivo basado en la deseabilidad (Jampala *et al*., 2017).	RSM (Metodología de Superficie de Respuesta). Modelo cuadrático polinómico: $\hat{y} = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum_{i<j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_i \beta_{ii} x^2_i$.	Optimización simultánea de celulasa y xilanasa en FES a partir de residuos agroindustriales. Condiciones óptimas dieron altos rendimientos enzimáticos	RSM.
Parámetros clave en el modelado y optimización de la fermentación en estado sólido (Costa *et al*., 2018).	Modelo RSM (cuadrático): $y = \beta_0 + \sum_i B_i x_i + \sum_{i<j} B_{ij} x_i x_j + \sum_i B_{ii} x^2_i$, con $x_i \in$ {humedad, *T, pH,* aireación}. Deseabilidad: max $D = (\prod_r d_r^{wr})^{1/\sum wr}$.	Modelado para múltiples respuestas (actividad, productividad, estabilidad).	RSM + función de deseabilidad; validación experimental.
Optimización estadística de xilanasas por *Aspergillus oryzae* (Atalla *et al*., 2020).	Diseño factorial 2^k + Análisis estadístico (RSM lineal). Modelo lineal con interacciones: $Y = \beta_0 + \sum B_i x_i + \sum_{i<j} B_{ij} x_i x_j$.	Optimización del medio de cultivo: paja de arroz como mejor sustrato; incremento de 2.43 veces en producción de xilanasa.	RSM lineal.
Optimización de la producción de xilanasas con celulasas bajas en *F. solani* (Martínez-Pacheco *et al*., 2020).	RSM (Box-Wilson, diseño compuesto central). Modelo cuadrático: $\hat{y} = \beta_0 + \sum B_i x_i + \sum_{i<j} B_{ij} x_i x_j + \sum_i B_{ii} x^2_i$.	Objetivos multirespueta: maximizar endoxilanasa y minimizar endocelulasa. Óptimo: 10.65 U/mg endoxilanasa con baja celulasa a 120 h.	RSM.
Optimización de bioprocesos de parámetros nutricionales para una mayor actividad antileucémica de la L-asparaginasa (Ekpenyong *et al*., 2021).	RSM (CCRD) + Función de deseabilidad multiobjetivo. Modelo cuadrático: $\hat{y} = \beta_0 + \sum_i B_i x_i + \sum_{i<j} B_{ij} x_i x_j + \sum_i B_{ii} x^2_i$. Función de deseabilidad $D = (\prod_{k=1}^{m} d_k^{wk})^{1/\sum wk}$.	Secuencia OFAT → PBD → PSA → RSM; se ajustaron nutrientes (melaza, CSL, asparagina, K^+, Mn^{2+}, Cr^{3+}). Máx. actividad: 5216.95 U; deseabilidad = 0.943.	RSM.

Optimización estadística multiobjetivo por *Aspergillus candidus* bajo SSF (Ahmed *et al*., 2022).	Modelo estadístico multiobjetivo con RSM. Ecuación polinomial de segundo orden: $Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x^2_i + \sum \beta_{ij} x_i x_j$	Modelo estadístico que evalúa el efecto de variables como pH, humedad y carbono sobre la producción de pectinasas.	RSM.

Forma de visualización al Frente de Pareto

La visualización del Frente de Pareto constituye una etapa crítica en la MOO, ya que permite interpretar y seleccionar soluciones en función de los compromisos entre objetivos. Para problemas con dos o tres objetivos, lo más común es el uso de gráficos de dispersión en 2D o 3D, donde los puntos representan soluciones no dominadas. Sin embargo, en bioprocesos modernos suelen evaluarse más de tres objetivos, lo que exige métodos de visualización avanzados. Entre ellos se encuentran las coordenadas paralelas, que permiten representar múltiples dimensiones en un solo gráfico, y las matrices de dispersión, útiles para analizar interacciones por pares de objetivos (Li et al., 2018; Zhao et al., 2022). Otras herramientas más recientes incluyen el 3D-RadVis, que permite una representación radial tridimensional del frente, facilitando la identificación de regiones con mejor balance de soluciones (Menyhárt et al., 2020). Tian et al. (2022) propusieron el uso de mapas auto-organizados (iSOM) para la visualización de frentes complejos, combinando técnicas de reducción de dimensionalidad y análisis de clústeres. Estas herramientas, complementadas con criterios de decisión multicriterio, facilitan la selección final de condiciones de operación en bioprocesos donde el investigador debe balancear objetivos técnicos, económicos y ambientales.

CONCLUSIONES

La revisión realizada evidencia que la optimización multiobjetivo constituye hoy en día una herramienta indispensable en el ámbito de los bioprocesos, particularmente en aquellos caracterizados por su alta complejidad e incertidumbre, como la fermentación en estado sólido. A diferencia de enfoques tradicionales de optimización, la MOO no se limita a ofrecer una única respuesta, sino que proporciona un espectro de soluciones representadas en el frente de Pareto, lo cual posibilita una toma de decisiones más informada y adaptada a distintos contextos técnicos, económicos y ambientales. En el caso de hongos filamentosos, y de manera específica en *Aspergillus oryzae*, se ha demostrado que este enfoque permite maximizar la productividad enzimática y el aprovechamiento de residuos agroindustriales, mientras se minimizan los costos operativos y los gradientes indeseables del sistema. En un nivel más amplio, se considera que la MOO no debe entenderse únicamente como un conjunto de algoritmos o modelos matemáticos, sino como un cambio de paradigma en la ingeniería de bioprocesos: pasar de la búsqueda de soluciones únicas y rígidas a la exploración de escenarios

múltiples y flexibles, capaces de responder a los retos de la sostenibilidad y la innovación tecnológica. En este sentido, su incorporación sistemática a la investigación doctoral y a la práctica industrial representa no solo una oportunidad de optimización técnica, sino también un compromiso con la formación de investigadores capaces de integrar conocimiento, herramientas y criterios multidimensionales en la solución de problemas complejos.

REFERENCIAS

Balakrishnan, M., Sukumaran, R. K., & Pandey, A. (2021). Optimization and scale-up of α-amylase production by Aspergillus oryzae under solid-state fermentation using oil cakes. BMC Biotechnology, 21(1), 34. https://doi.org/10.1186/s12896-021-00697-3

Banga, J. R., Balsa-Canto, E., Moles, C. G., & Alonso, A. A. (2016). Dynamic optimization of bioprocesses: Efficient and robust numerical strategies. Journal of Process Control, 22(5), 1239–1256. https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2011.10.006

Casciatori, F., Arnosti, S., & Tsotsas, E. (2016). Two-phase, two-dimensional model for heat and water transfer in packed-bed solid-state fermentation bioreactors. Chemical Engineering Journal, 296, 458–472. https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.115

Deb, K., & Jain, H. (2014). An evolutionary many-objective optimization algorithm using reference-point-based nondominated sorting approach, part I: Solving problems with box constraints. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 18(4), 577–601. https://doi.org/10.1109/TEVC.2013.2281535

Doumas, B. T., Koutinas, M., & Webb, C. (2019). Water dynamics during solid-state fermentation by Aspergillus oryzae. Bioresource Technology, 272, 70–77. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.093

Fernández, I., Sánchez, H. M., & Gómez, S. (2020). Comparison of NSGA-II, MOALO and MODA for multi-objective optimization. Applied Sciences, 10(16), 5550. https://doi.org/10.3390/app10165550

García-Hernández, J., Ventura, J., & Borrás, L. (2017). Response surface methodology for optimizing enzyme production in solid-state fermentation. AMB Express, 7(1), 86. https://doi.org/10.1186/s13568-017-0375-9

Kwon, S., Park, H., & Lee, S. Y. (2025). Fermentation design and optimization based on machine learning. Digital Chemical Engineering, 6, 100154. https://doi.org/10.1016/j.dche.2025.100154

Li, X., Yao, X., & Deb, K. (2018). Multiobjective optimization with parallel coordinates: A review and analysis. Frontiers in ICT, 5, 32. https://doi.org/10.3389/fict.2018.00032

Menyhárt, J., Tóth, B., & Deb, K. (2020). 3D-RadVis: A visualization method for many-objective Pareto fronts. Evolutionary Computation, 28(4), 649–676. https://doi.org/10.1162/evco_a_00274

Papageorgiou, L. G., & Adjiman, C. S. (2012). Multi-objective optimization in chemical engineering: Developments and applications. In C. S. Adjiman & L. G. Papageorgiou (Eds.), Multi-parametric Optimization and Control (pp. 99–129). Wiley.

Pătrăușanu, A., & Florea, A. (2024). A systematic review of multi-objective evolutionary algorithms and frameworks. Processes, 12(5), 869. https://doi.org/10.3390/pr12050869

Pereira, C. S., Carvalho, M. L., & Bezerra, R. P. (2023). Solid-state fermentation: Applications and future perspectives for food and enzyme production. Fermentation, 9(6), 548. https://doi.org/10.3390/fermentation9060548

Pons, M. N., Vivier, H., & Vial, C. (2012). Multiobjective optimal experiment design in bioprocesses. Chemical Engineering Science, 75, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.03.001

Ríos-Marín, J., Escalante, J., & Gutiérrez, R. (2018). Simultaneous optimization of multiple responses in solid-state fermentation processes using desirability functions. Scientia Iranica, 25(2), 812–820. https://doi.org/10.24200/sci.2017.4426

Shahriari, B., Srinivas, N., & Brochu, E. (2025). Bayesian optimization in bioprocess engineering: Advances and applications. Biotechnology and Bioengineering, 122(3), 789–805. https://doi.org/10.1002/bit.28325

Shimizu, K., Yamada, R., & Ogawa, T. (2018). Low pH elevates agmatine productivity by Aspergillus oryzae during solid-state fermentation. Applied and Environmental Microbiology, 84(21), e00722-18. https://doi.org/10.1128/AEM.00722-18

Tian, H., Xu, K., & Huang, D. (2022). Interactive self-organizing maps for Pareto front visualization in multi-objective optimization. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 35, 100745. https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100745

Zhang, Q., Liu, Y., & Chen, G. (2022). Recent advances in multi-objective optimization for bioprocess and cell culture design. Computers in Biology and Medicine, 150, 106174. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.106174

Zhao, H., Wang, J., & Li, B. (2022). New cluster mapping tools for visual assessment of Pareto fronts in multiobjective optimization. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 225, 104547. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2022.104547

INNOVACIÓN ALIMENTARIA SOSTENIBLE: FRUSKIN Y LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y VERDURAS

Jazmín Villegas Narváez[1]
Lázaro Gabriel Trujillo Juárez[2]
Sara Márquez Bueno[3]
María Guadalupe Barradas Zamora[4]

RESUMEN

El desperdicio de alimentos en México representa un problema crítico, con más de 20.4 millones de toneladas desechadas anualmente, especialmente en frutas y verduras, debido a la falta de infraestructura de conservación y distribución (FAO, 2022). Este fenómeno afecta tanto a productores como a consumidores, agravando la inseguridad alimentaria y el impacto ambiental. Como respuesta, se desarrolló FruSkin, una biopelícula comestible y biodegradable elaborada con pectina cítrica, aceite esencial de cítricos y Tween 20 (TecNM, 2024). Esta innovadora solución se aplica directamente sobre frutas y verduras, formando una capa protectora que prolonga su vida útil y conserva sus propiedades sensoriales y nutricionales. Además, presenta propiedades antimicrobianas naturales que previenen el crecimiento de microorganismos patógenos (The Food Tech, 2023). A diferencia de los envases plásticos tradicionales, esta biopelícula es segura para el consumidor, ecológica, de bajo costo y fácil de aplicar. El mercado de recubrimientos comestibles muestra un crecimiento acelerado, impulsado por la demanda de soluciones sostenibles (Statista, 2023). FruSkin no solo reduce el desperdicio alimentario, sino que también promueve prácticas responsables en la cadena agroalimentaria, beneficiando a productores, comerciantes y consumidores. Esta tecnología representa una alternativa real hacia una industria alimentaria más saludable, eficiente y ambientalmente consciente.

Palabras clave: Desperdicio alimentario, biopelícula comestible, conservación de frutas y verduras.

ABSTRACT

Food waste in Mexico represents a critical problem, with more than 20.4 million tons discarded annually, especially fruits and vegetables, due to a lack of preservation and distribution infrastructure (FAO,

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Jazmin.vn@ugalvan.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. lazaro.tj@ugalvan.tecnm.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. sara.mb@ugalvan.tecnm.mx
[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. L 22885363@ ugalvan.tecnm.mx

2022). This phenomenon affects both producers and consumers, exacerbating food insecurity and environmental impact. In response, FruSkin was developed, an edible and biodegradable biofilm made with citrus pectin, citrus essential oil, and Tween 20 (TecNM, 2024). This innovative solution is applied directly to fruits and vegetables, forming a protective layer that extends their shelf life and preserves their sensory and nutritional properties. It also has natural antimicrobial properties that prevent the growth of pathogenic microorganisms (The Food Tech, 2023). Unlike traditional plastic packaging, this biofilm is safe for consumers, environmentally friendly, low-cost, and easy to apply. The edible coatings market is experiencing rapid growth, driven by the demand for sustainable solutions (Statista, 2023). FruSkin not only reduces food waste but also promotes responsible practices throughout the agri-food chain, benefiting producers, retailers, and consumers. This technology represents a real alternative for a healthier, more efficient, and environmentally conscious food industry.
Keywords: Food waste, edible biofilm, fruit and vegetable preservation.

INTRODUCCIÓN

El desperdicio de frutas y verduras en México constituye uno de los principales desafíos de la industria alimentaria, generando pérdidas económicas, inseguridad alimentaria e impactos ambientales significativos. Ante esta problemática surge *FruSkin*, una biopelícula comestible y biodegradable elaborada con pectina cítrica, aceite esencial de cítricos y Tween 20, cuya aplicación directa en los productos frescos permite prolongar su vida útil y mantener sus propiedades sensoriales y nutricionales. Para analizar la viabilidad de esta innovación alimentaria sostenible, se diseñó un modelo de negocio Canvas, identificando los segmentos de clientes, la propuesta de valor, los canales de distribución, las fuentes de ingreso y los recursos clave. Asimismo, se aplicó un análisis FODA, que permitió reconocer fortalezas como su carácter ecológico y de bajo costo, oportunidades en el mercado emergente de recubrimientos comestibles, así como amenazas relacionadas con la aceptación del consumidor y la competencia de envases plásticos. De manera complementaria, se estudiaron las 4P del marketing (producto, precio, plaza y promoción), lo que facilitó definir estrategias comerciales enfocadas en posicionar a *FruSkin* como una alternativa innovadora y sustentable. Dentro de este proceso se estableció un precio competitivo, accesible tanto para productores como para distribuidores, garantizando rentabilidad sin perder su carácter inclusivo y sostenible. Finalmente, se diseñó un proceso integral de aplicación y comercialización, que abarca desde la producción del recubrimiento hasta su implementación en la cadena agroalimentaria.

En este artículo se presentará el estudio de un proyecto viable, que integra la innovación tecnológica de *FruSkin* con un modelo de negocio sólido, demostrando su potencial para contribuir a la reducción del desperdicio alimentario y promover una industria más responsable y ambientalmente consciente.

El desperdicio de alimentos constituye uno de los mayores desafíos de la humanidad en el siglo XXI. De acuerdo con la FAO (2022), a nivel mundial se pierde aproximadamente un tercio de los alimentos producidos, lo que equivale a más de 1,300 millones de toneladas anuales. En el caso de México, la cifra asciende a 20.4 millones de toneladas, de las cuales una proporción significativa corresponde a frutas y verduras, debido principalmente a deficiencias en la infraestructura de conservación, transporte y distribución. Este fenómeno no solo implica pérdidas económicas y ambientales, sino que también agudiza la inseguridad alimentaria en un país donde gran parte de la población enfrenta limitaciones para acceder a alimentos frescos y nutritivos.

Ante este contexto surge FruSkin, una biopelícula comestible y biodegradable desarrollada a partir de pectina cítrica, aceite esencial de cítricos y Tween 20. Esta innovación busca prolongar la vida útil de frutas y verduras frescas, reduciendo las pérdidas poscosecha y ofreciendo una alternativa sustentable a los envases plásticos tradicionales. A lo largo de este artículo se presenta el estudio integral de FruSkin como proyecto viable, abordando su fundamento técnico, análisis de mercado, modelo de negocio Canvas, estrategias de marketing y evaluación mediante un análisis FODA. El propósito es mostrar cómo una innovación tecnológica puede contribuir a la sostenibilidad de la cadena agroalimentaria y al mismo tiempo ser rentable y escalable.

El desarrollo de biopelículas comestibles a partir de polímeros naturales ha cobrado gran relevancia en las últimas dos décadas, como respuesta a la creciente demanda de soluciones sostenibles en el envasado y conservación de alimentos. Entre estos polímeros, la **pectina** se ha consolidado como un material atractivo debido a su abundancia, bajo costo, biodegradabilidad y capacidad para formar películas con buenas propiedades mecánicas y de barrera (Thakur et al., 2019).

La pectina es un polisacárido estructural presente en las paredes celulares de frutas y vegetales, principalmente en cítricos y manzanas, que posee la capacidad de formar geles en presencia de agentes gelificantes. Desde la década de 1990, investigaciones pioneras comenzaron a explorar su aplicación en recubrimientos comestibles, reportando su efectividad en la reducción de pérdida de agua y retraso de la maduración en frutas frescas (Olivas & Barbosa-Cánovas, 2005).

Durante los años 2000, los estudios avanzaron en la incorporación de aditivos naturales como aceites esenciales, extractos de plantas y compuestos antimicrobianos en las películas de pectina, con el objetivo de potenciar su capacidad de conservación y brindar propiedades funcionales adicionales. Se ha demostrado, por ejemplo, que la adición de aceite esencial de cítricos confiere actividad

antimicrobiana y antioxidante, permitiendo una mayor protección contra microorganismos patógenos y procesos de oxidación (Díaz-Montes & Castro-Muñoz, 2021).

En la última década, la investigación se ha centrado en mejorar las propiedades mecánicas y de barrera de las biopelículas de pectina, ya que presentan limitaciones como la solubilidad en agua y la baja resistencia. Para ello, se han ensayado combinaciones con otros biopolímeros (almidón, quitosano, celulosa) y el uso de plasticizantes (como glicerol o Tween 20), logrando recubrimientos más flexibles, estables y funcionales (Shojaee-Aliabadi et al., 2014).

Actualmente, las biopelículas de pectina han demostrado eficacia en la conservación de frutas y verduras frescas —mango, fresa, jitomate, manzana, entre otras—, al reducir la pérdida de peso, mantener la firmeza y preservar las propiedades sensoriales. Asimismo, el interés comercial se ha incrementado gracias a la tendencia global hacia envases sustentables, impulsada por normativas internacionales y la demanda de consumidores conscientes (The Food Tech, 2023; Statista, 2023).

El estado de la técnica indica que las biopelículas a base de pectina representan una alternativa tecnológica madura en fase de consolidación, con amplias posibilidades de transferencia al sector agroalimentario. Sin embargo, persisten desafíos en cuanto a escalabilidad de la producción, aceptación del consumidor y optimización de costos, que constituyen el foco de proyectos actuales y futuros (FAO, 2022; TecNM, 2024).

El uso de biopelículas comestibles en la conservación de alimentos ha cobrado relevancia en los últimos años como parte de la búsqueda de alternativas sostenibles a los envases plásticos de un solo uso. Entre los biopolímeros utilizados destaca la pectina, un polisacárido presente en las paredes celulares de frutas y vegetales, particularmente cítricos y manzanas (Thakur et al., 2019). La pectina posee propiedades gelificantes y filmógenas que permiten obtener recubrimientos capaces de reducir la pérdida de humedad, retardar procesos de oxidación y actuar como barrera frente a microorganismos.

Diversas investigaciones han demostrado que la incorporación de aditivos como aceites esenciales potencia las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de las películas de pectina, incrementando su eficacia en la conservación poscosecha (Díaz-Montes & Castro-Muñoz, 2021). Asimismo, la combinación con agentes plasticizantes como la glicerina o el Tween 20 mejora la flexibilidad, uniformidad y estabilidad de las biopelículas (Shojaee-Aliabadi et al., 2014).

El mercado de recubrimientos comestibles muestra un crecimiento constante, impulsado por la demanda de productos naturales, seguros y amigables con el medio ambiente. Según Statista (2023), se proyecta que alcance los 4.79 mil millones de dólares en 2029. Este panorama representa una

oportunidad para proyectos como FruSkin, que responden a necesidades técnicas, económicas y ambientales.

La justificación de FruSkin se fundamenta en tres dimensiones principales: social, económica y ambiental. En el aspecto social, la reducción del desperdicio alimentario contribuye directamente a la seguridad alimentaria, incrementando la disponibilidad de frutas y verduras frescas para las familias mexicanas. En la dimensión económica, disminuye las pérdidas para productores y distribuidores, generando mayor rentabilidad en la cadena de suministro. Finalmente, en lo ambiental, FruSkin representa una alternativa real al uso excesivo de plásticos en el envasado de alimentos, favoreciendo la sostenibilidad y la transición hacia una economía circular.

El Objetivo principal de este proyecto es evaluar la viabilidad técnica, económica y social de FruSkin como alternativa sustentable para la conservación de frutas y verduras, en donde se busca analizar el proceso técnico de elaboración, evaluar el potencial del mercado, diseñar el modelo de negocio Canvas, establecer estrategias de marketing (4P) y Analizar la viabilidad a través de un FODA.

La investigación combina una metodología documental y experimental. Por un lado, se revisaron fuentes académicas y organismos internacionales como FAO, Statista y The Food Tech. Por otro, se realizaron experimentos en laboratorio para definir el proceso óptimo de elaboración de la biopelícula, siguiendo parámetros de temperatura, tiempo y concentración de ingredientes reportados en la memoria técnica del proyecto FruSkin (TecNM, 2024). Adicionalmente, se efectuó un análisis de mercado y la construcción de un modelo de negocio Canvas, complementados con un análisis FODA y la definición de las 4P del marketing.

La propuesta de FruSkin consiste en una biopelícula comestible elaborada con pectina cítrica, aceite esencial de cítricos y Tween 20. Su proceso de elaboración se basa en la disolución y mezcla controlada de los ingredientes en condiciones específicas de temperatura y tiempo, logrando una película homogénea y estable que se aplica directamente sobre frutas y verduras. Los experimentos realizados demostraron que la aplicación de FruSkin permite reducir las mermas hasta en un 40%, conservando las propiedades nutricionales y sensoriales de los productos (TecNM, 2024).

Realizamos el modelo de negocio Canvas de FruSkin el cual nos va permitr visualizar de manera integral la propuesta de valor y su estrategia de implementación. A continuación, se describen los nueve bloques fundamentales:

El modelo de negocio de *FruSkin* se centra en ofrecer una solución innovadora y sostenible al problema del desperdicio de frutas y verduras en México, a través de una biopelícula comestible y biodegradable elaborada con pectina cítrica, aceites esenciales y aditivos naturales.

En primer lugar, el segmento de clientes incluye a productores agrícolas, distribuidores, supermercados, la industria alimentaria y consumidores que buscan alternativas más ecológicas. Para este público, la propuesta de valor es clara: un recubrimiento que prolonga la vida útil de los alimentos frescos, mantiene sus propiedades sensoriales, aporta beneficios antimicrobianos y es económico en comparación con envases plásticos tradicionales.

Para llegar al mercado, el modelo plantea canales de distribución mixtos, como ventas directas, convenios con cadenas de abasto, plataformas digitales y participación en ferias agroalimentarias. La relación con los clientes se establece mediante asesoría técnica, programas de fidelización y estrategias de marketing verde que refuercen la confianza en la innovación.

En cuanto a la rentabilidad, las fuentes de ingreso provienen de la venta directa del producto en diferentes presentaciones, contratos de suministro a gran escala con empresas agroalimentarias y la posibilidad de licenciar la tecnología. Para ello, se requieren recursos clave, como la materia prima (pectina y aceites esenciales), la infraestructura de producción, un equipo técnico especializado y la protección de la propiedad intelectual.

Las actividades clave incluyen la producción, investigación y desarrollo para mejorar la fórmula, control de calidad, marketing y capacitación a clientes sobre el uso de la biopelícula. Estas acciones se fortalecen con socios estratégicos como productores de cítricos, universidades, centros de investigación y distribuidores agroalimentarios.

Finalmente, la estructura de costos abarca la adquisición de materias primas, procesos de producción, gastos de logística, inversión en promoción y certificaciones sanitarias, además de investigación para mantener la innovación activa.

En conjunto, este modelo de negocio demuestra que *FruSkin* es un proyecto viable y sostenible, que no solo reduce el desperdicio alimentario, sino que también promueve una economía circular, beneficia a toda la cadena agroalimentaria y responde a la creciente demanda de soluciones responsables con el medio ambiente.

1. **Segmentos de clientes:** el producto atiende tanto al sector primario como al secundario, además de un nicho emergente de consumidores preocupados por la sostenibilidad.

- **Productores agrícolas** de frutas y verduras que buscan reducir pérdidas postcosecha.
- **Distribuidores y mayoristas** de alimentos frescos.
- **Supermercados y tiendas de autoservicio** que requieren prolongar la vida útil de sus productos.

- **Consumidores conscientes** interesados en alimentos frescos más duraderos y libres de plásticos.
- **Industria alimentaria** (procesadores de frutas y hortalizas).

2. **Propuesta de valor:** la diferenciación radica en su carácter sustentable, funcional y económico, frente al empaque plástico tradicional.

- Biopelícula **comestible, biodegradable y ecológica**.
- Prolonga la vida útil de frutas y verduras.
- Conserva **propiedades sensoriales y nutricionales**.
- Presenta **propiedades antimicrobianas naturales**.
- **Fácil de aplicar** y de bajo costo en comparación con envases plásticos.

3. **Canales de distribución:** se utilizan canales tanto físicos como digitales, permitiendo una rápida penetración en el mercado agroalimentario.

- **Venta directa a productores y distribuidores agrícolas.**
- **Convenios con supermercados y centrales de abasto.**
- **Plataformas de e-commerce** (venta en línea).
- **Ferias agroalimentarias** y exposiciones de innovación.

4. Relaciones con clientes: la relación se centra en la confianza, educación del cliente y la construcción de una imagen responsable con el medio ambiente.

- **Asesoría técnica** para productores y distribuidores en la aplicación del producto.
- **Atención personalizada** y posventa.
- **Programas de fidelización** (descuentos por volumen).
- **Marketing verde** orientado a consumidores conscientes.

5. Fuentes de ingreso; el modelo combina ingresos directos por ventas y acuerdos de mayor escala, generando estabilidad financiera.

- **Venta de FruSkin** en presentaciones comerciales (litros o kits de aplicación).
- **Contratos de suministro a gran escala** con productores y supermercados.

6. Recursos clave *:* los recursos se centran en la innovación tecnológica, la materia prima natural y la infraestructura de producción.

- **Materia prima: pectina cítrica, aceites esenciales y aditivos naturales**.
- **Planta de producción** y laboratorios para control de calidad.
- **Personal técnico y científico** especializado.
- **Propiedad intelectual** (patente o registro de innovación).
- **Red de distribución** confiable.

7. Actividades clave: se priorizan actividades técnicas, productivas y de posicionamiento en el mercado.

- **Producción de la biopelícula.**
- **Investigación y desarrollo (I+D)** para mejorar la fórmula.
- **Control de calidad** de cada lote producido.
- **Marketing y difusión** en el sector agroalimentario.
- **Capacitación a clientes** sobre su aplicación.

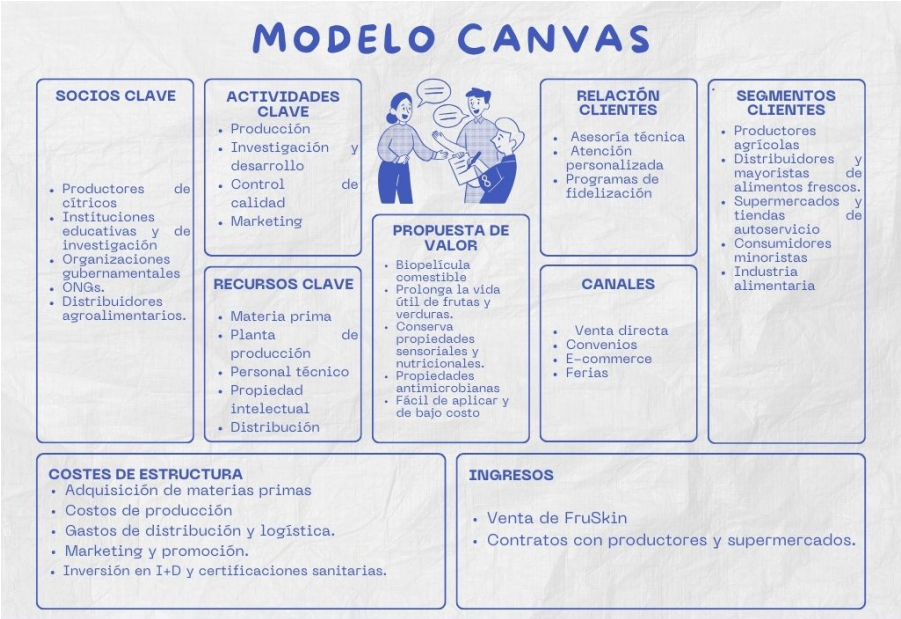
8. Socios clave: la alianza con sectores estratégicos asegura suministro, credibilidad científica y acceso a canales de comercialización.

- **Productores de cítricos** (proveedores de pectina).
- **Instituciones educativas y de investigación** (universidades, TecNM, centros de innovación).
- **Organizaciones gubernamentales y ONGs** relacionadas con seguridad alimentaria.
- **Distribuidores agroalimentarios.**

9. Estructura de costos: los costos se concentran en la producción y validación del producto, así como en estrategias para posicionarlo en el mercado.

- **Adquisición de materias primas** (pectina, aceites esenciales, aditivos).
- **Costos de producción** (energía, empaques, maquinaria).
- **Gastos de distribución y logística.**
- **Marketing y promoción.**
- **Inversión en I+D y certificaciones sanitarias.**

Se muestra a continuación en el lienzo del modelo de Negocio de Fruskin



El Modelo de Negocio Canvas muestra que *FruSkin* es un proyecto viable y sostenible, que no solo responde a la necesidad de conservación de frutas y verduras, sino que también se alinea con tendencias globales de sustentabilidad, economía circular y consumo responsable.

La estrategia de marketing que se seguirán de FruSkin se estructuro en torno a las 4P:

- Producto: biopelícula comestible, segura, biodegradable y con propiedades antimicrobianas.
- Precio: competitivo y accesible, diseñado para productores y distribuidores.
- Plaza: venta directa, convenios con supermercados, distribución en centrales de abasto y plataformas digitales.
- Promoción: campañas de marketing verde, participación en ferias, demostraciones técnicas y difusión en redes sociales.

En el análisis FODA de FruSkin identifica los siguientes elementos:

- Fortalezas: innovación tecnológica, bajo costo, sustentabilidad, propiedades antimicrobianas.
- Oportunidades: tendencia global hacia productos ecológicos, crecimiento del mercado de recubrimientos comestibles.
- Debilidades: falta de infraestructura para producción a gran escala, necesidad de certificaciones regulatorias.
- Amenazas: aceptación del consumidor, competencia de envases plásticos y recubrimientos alternativos.

Los resultados obtenidos en la experimentación demuestran que FruSkin es una alternativa viable para la conservación de frutas y verduras. Su aplicación reduce el desperdicio hasta en un 40% y prolonga la vida útil de los productos. Desde la perspectiva de mercado, la demanda de recubrimientos comestibles se encuentra en crecimiento sostenido, lo cual fortalece la viabilidad económica del proyecto. Sin embargo, se identifican retos relacionados con la escalabilidad de la producción y la aceptación del consumidor, aspectos que requieren estrategias adicionales de capacitación y promoción.

El proyecto FruSkin representa una innovación tecnológica con alto potencial de impacto social, económico y ambiental. La biopelícula a base de pectina cítrica, aceite esencial y Tween 20 ofrece una solución efectiva para la conservación de frutas y verduras, alineándose con las tendencias globales de sostenibilidad y reducción del desperdicio alimentario. El análisis de mercado, el modelo de negocio Canvas y las estrategias de marketing demuestran la viabilidad del proyecto, mientras que el FODA permite identificar oportunidades de crecimiento y riesgos potenciales. En síntesis, FruSkin no solo es un producto innovador, sino también un proyecto integral que puede contribuir a transformar positivamente la industria agroalimentaria en México y América Latina.

REFERENCIAS

Díaz-Montes, E., & Castro-Muñoz, R. (2021). Edible films and coatings as food-quality preservers: An overview. Foods, 10(2), 249. https://doi.org/10.3390/foods10020249

FAO. (2022). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Olivas, G. I., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45(7–8), 657–670. https://doi.org/10.1080/10408690490911837

Shojaee-Aliabadi, S., et al. (2014). Characterization of antioxidant–antimicrobial κ-carrageenan films containing Satureja hortensis essential oil. International Journal of Biological Macromolecules, 69, 282–289. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.05.047

Statista. (2023). Market value of edible coatings worldwide. https://www.statista.com

TecNM. (2024). Desarrollo de biopelículas a base de pectina cítrica como alternativa sustentable para la conservación de frutas y verduras. Tecnológico Nacional de México.

The Food Tech. (2023). Recubrimientos comestibles: innovación para reducir el desperdicio de alimentos. https://www.thefoodtech.com

Thakur, B. R., Singh, R. K., Handa, A. K., & Rao, M. A. (2019). Chemistry and uses of pectin — A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37(1), 47–73. https://doi.org/10.1080/10408399709527767

ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR IMPLEMENTADAS EN EL MANEJO DE RESIDUOS EN ORGANIZACIONES DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Loida Melgarejo Galindo[1]

Doreidy Melgarejo Galindo[2]

Rosalía Janeth Castro Lara[3]

Juliana Lizet Santamaría Hernández[4]

RESUMEN

La oferta y demanda es una actividad inherente a la producción de bienes y servicios, misma que es atendida por las organizaciones con el firme objetivo de satisfacer necesidades.

Sin embargo, dicha satisfacción no debe excluir la optimización de recursos, la cual beneficia al proceso productivo y a las empresas, pero principalmente al cuidado del medio ambiente. Por ello es importante el aprovechamiento de los insumos en su totalidad, considerando incluso los residuos.

A consecuencia, cada vez es más común en los procesos productivos la implementación de estrategias de optimización y aprovechamiento que conlleva desde el óptimo uso de la materia prima, y manejo adecuado de residuos generados; tal como la circularidad, misma que propone formas del manejo de residuos y generación de beneficios económicos mediante la reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación. El presente estudio tiene como objetivo identificar estrategias de economía circular implementadas en el manejo de residuos en organizaciones del estado de Veracruz, México. Se emplea una metodología descriptiva y mixta. Como objeto de estudio organizaciones de municipios de la zona costera central del estado de Veracruz y como sujeto los empleados y/o responsables. Con los datos obtenidos se logra cumplir con el objetivo propuesto y evaluar la hipótesis.

Palabras clave: Procesos, Sostenibilidad, Desarrollo organizacional.

ABSTRACT

Supply and demand are inherent to the production of goods and services, which organizations address with the firm objective of satisfying needs.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. L21885246@ugalvan.tecnm.mx

However, such satisfaction should not exclude resource optimization, which benefits the production process and companies, but primarily environmental protection. Therefore, it is important to fully utilize inputs, including waste.

Consequently, the implementation of optimization and utilization strategies in production processes is becoming increasingly common. These strategies include optimal use of raw materials and proper management of generated waste. This approach, such as circularity, proposes ways to manage waste and generate economic benefits through reuse, remanufacturing, redesign, recycling, and recovery. This study aims to identify circular economy strategies implemented in waste management in organizations in the state of Veracruz, Mexico. A descriptive and mixed methodology is used. The study focuses on organizations from municipalities in the central coastal area of the state of Veracruz, and the subjects are employees and/or managers. With the data obtained, the proposed objective is achieved and the hypothesis is evaluated.

Keywords: Processes, Sustainability, Organizational Development.

INTRODUCCIÓN

La metodología de economía circular, corresponden a una serie de estrategias que día a día toma más auge debido a los beneficios que representa, tanto para la economía de la sociedad, las empresas y todos los sectores, ya que “una economía circular es una alternativa atractiva y viable que en el ámbito empresarial ya se ha empezado a explorar” (EMF, 2015a y 2015b).

La economía circular constituye una alternativa al modelo lineal de «extraer, producir, consumir, tirar». Una economía circular convierte bienes que están al final de su vida útil en recursos para otros bienes, cerrando bucles en ecosistemas industriales y minimizando residuos. (Cerdá & Khalilova, 2016).

En este caso la economía circular representa aun alternativa para aprovechar el máximo los recursos en ele proceso productivo, pero también los residuos que se generan, apoyado así a la reducción de mermas en materiales, generación de desechos, obtener un beneficio económico, pero lo relevante es el cuidado del medio ambiente. Al respecto, Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, (2017). Establecen que “La economía circular es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible”.

Relacionado a lo anterior, cada día se tiene más conocimiento de la importancia y beneficios de metodología de economía circular y los beneficios con la implementación de sus estrategias, se destaca como un concepto de importancia, donde cada da se tiene más indicios de sus conocimiento del concepto así como de aplicación a nivel mundial, dado que “la economía circular se promueve a nivel global como un modelo de desarrollo sostenible de gran importancia para ayudar a los países

con las metas trazadas en la agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). De acuerdo con la ONU y la Fundación Ellen MacArthur, la aplicación de la economía circular tendría un impacto directo en la lucha contra el cambio climático, la prevención de residuos y la recuperación económica en el mundo. Su aplicación podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de las industrias y disminuir significativamente la generación global de residuos plásticos. (Espinoza, 2023).

Ante lo anterior destaca la importancia de estudiar el manejo del manejo de residuos en las organizaciones, el cual nos servirá como referente para la implementación de estrategias de economía circular implementadas en el manejo de residuos en organizaciones del estado de Veracruz, México. Con ello se conocerá la implementación de acciones con la finalidad de fomentar la integridad medioambiental, la viabilidad económica y el bienestar social.

Esto aplica en los municipios del estado de Veracruz, como lo son Úrsulo Galván, La Antigua, y Veracruz, representan una importante zona económica en la costa central del estado de Veracruz, debido a su estratégica ubicación, infraestructura y zona comercial, al ser un lugar de atractivo social, turístico, comercial, productivo y por ende de gran potencialidad económica.

El estudio toma como referente los principios de la economía circular para la sostenibilidad, como lo son alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos. Lo cual permitirá identificar las actividades implementadas por las organizaciones y/o empresas respecto al uso de los residuos generados y así tener referente sobre la implementación de estrategias que realizan primordialmente para cuidar el medio ambiente, secuencialmente identificar mediante el aprovechamiento de dichos residuos como beneficio económico para la sociedad, las organizaciones y la zona en general.

METODOLOGÍA

La investigación posee un método descriptivo, ya que busca identificar y describir ampliamente el manejo de residuos generados en las organizaciones tomando como referente los principios de la economía circular.

Además, aplica metodología mixta, dirigida a identificar las estrategias implementadas de la economía circular como alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos en empresas de la zona de estudio.

Es trasversal al realizarse en el periodo de enero y se continúa estudiando en julio 2025, en una población específica, en este caso como objeto de estudio las organizaciones de los municipios de Úrsulo Galván, La Antigua y Veracruz, y como como sujeto de estudio a los integrantes o empleados de las organizaciones. Como técnica se emplean entrevistas y encuestas, utilizando como instrumento

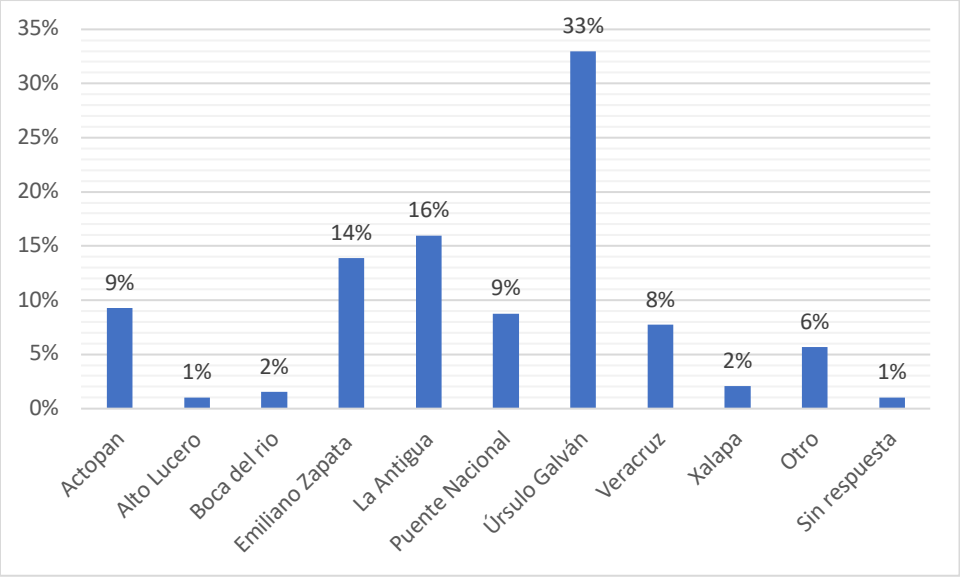
un cuestionario estructurado, tipo escala de Likert con escala de valoración, el cual se ha aplicado a una muestra obtenida de una población finita identificada con en la página de Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM). Dicha muestra considera una fórmula para poblaciones finitas, con 95% de confianza y 5% de error, el cual dará el resultado de aplicación, así mismo se acudirá a registros municipales y organizaciones u asociaciones empresariales.

Una vez agotada la muestra establecida, se procede al análisis y representación de datos mediante el empleo de hoja de cálculo Excel y programa SPSS. Lo anterior desarrollado y coordinado con el responsable del proyecto, colaboradores y estudiantes del Tecnológico Nacional de México/ IT. Úrsulo Galván.

RESULTADOS

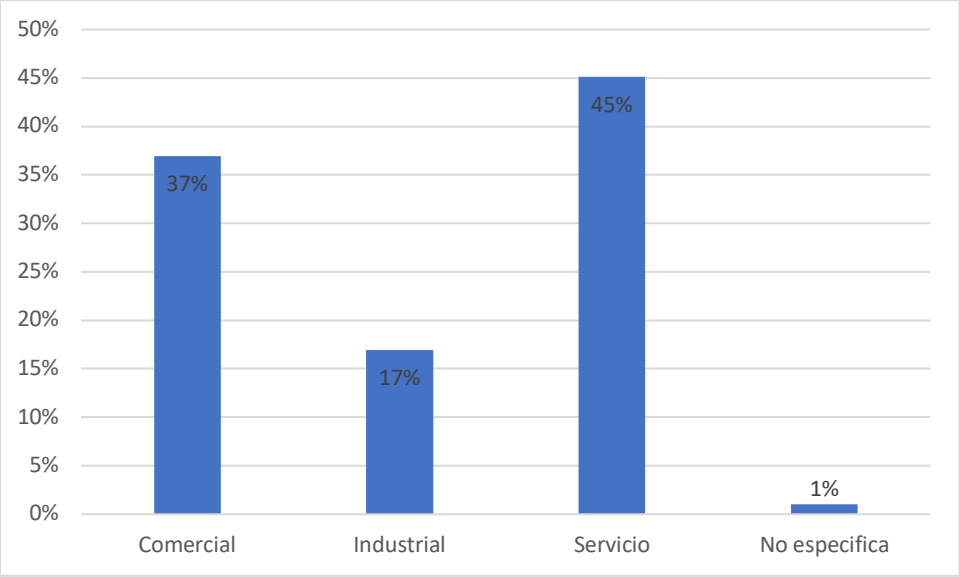
De acuerdo al avance de la aplicación de encuestas y entrevistas, se presentan resultados obtenidos hasta el momento, de la presente investigación, las empresas encuestadas objeto de estudio se encuentran en su mayoría con el 33% en el municipio de Úrsulo Galván, seguidos del 16% de La Antigua, el 14% en Emiliano Zapata, 9% Actopan y Puente Nacional, 8% el municipio de Veracruz, 2% Xalapa y Boca del Río, 1% alto lucero, 6% engloba otros municipios y 1% de los encuestaron no respondieron a que municipio pertenecen las empresas (figura 1).

Figura 1. Municipio de ubicación de la empresa



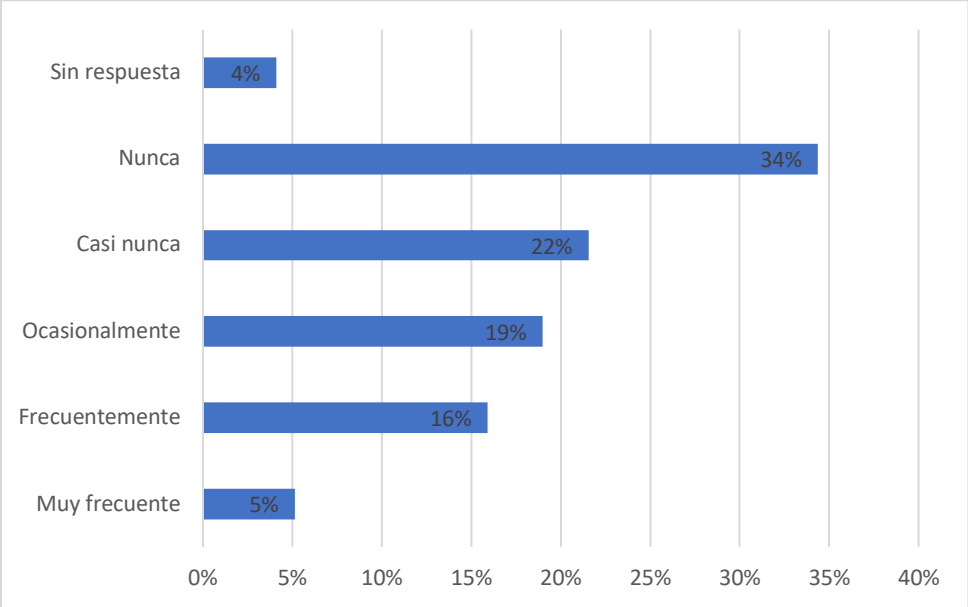
Del total de empresas objeto de estudio encuestadas, el 45% pertenece a sector servicios, 37% del giro comercial, 17% del giro industrial. (Figura 2)

Figura 2. Giro de las empresas encuestadas



Referente a la estrategia de alquiler o renta de productos y/o equipo con el fin de optimizar o ahorra en la empresa, el 34% indicó que nunca ha realizado esa estrategia, 22 % casi nunca, 19% ocasionalmente, el 16% frecuentemente, el 5% muy frecuentemente y el 4% no respondió ante el cuestionamiento. (Figura 3)

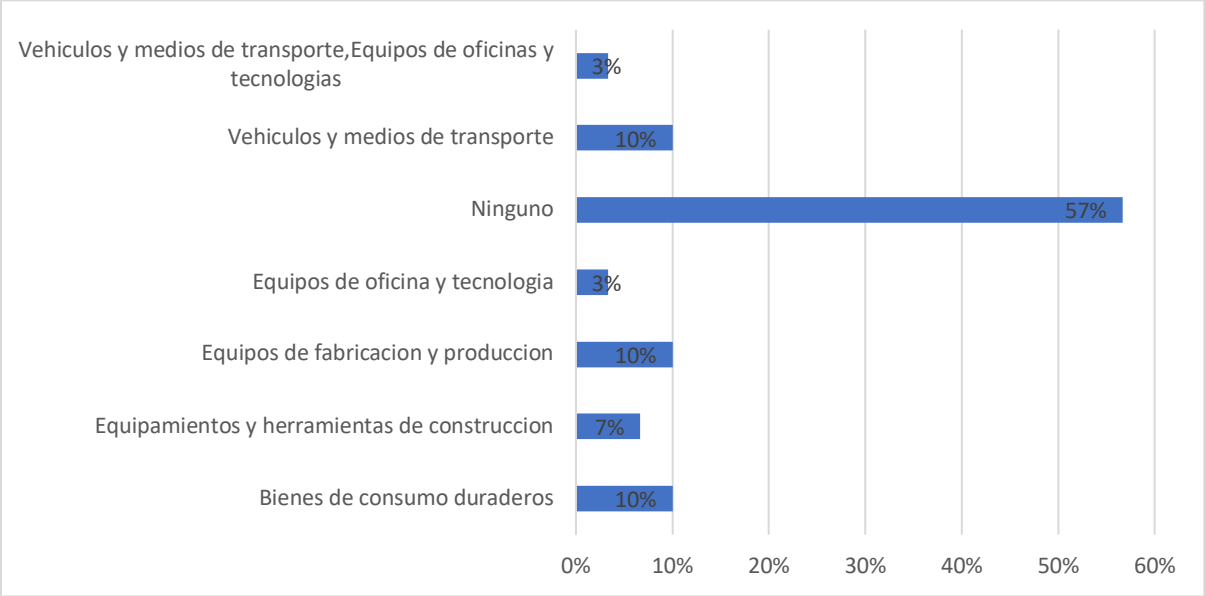
Figura 3. Frecuencia de alquiler de productos o equipo por parte de las empresas con el fin de optimizar o ahorrar



Respecto al cuestionamiento sobre que tipos de productos y/o equipos son los que comúnmente rentan en la empresa, se establece que el 57% nunca ha realizado esta estrategia, el 10% indicó rentar vehículos y medios de transporte, mismo porcentaje para equipos de fabricación y producción, así

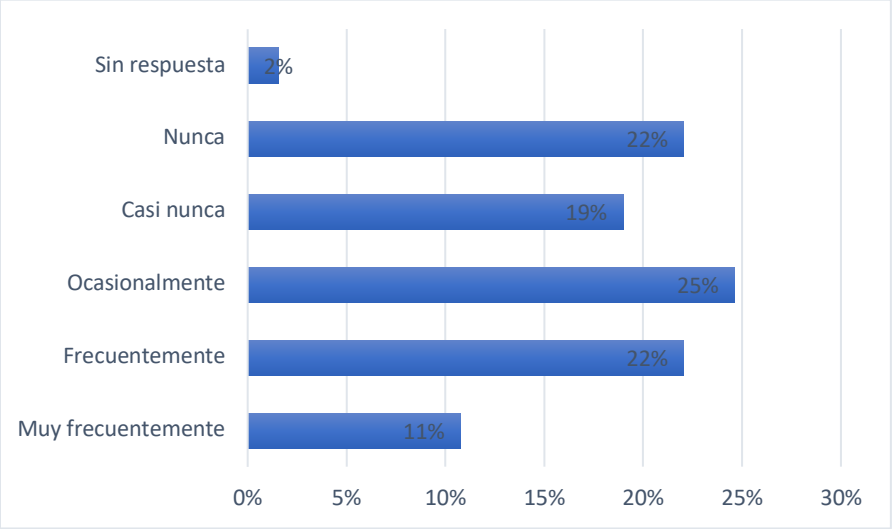
como viene de consumo duraderos, el 7% indicó rentar equipamientos y herramientas de construcción, el 3% indicó rentar vehículos y medios de transporte, equipos de oficina y tecnologías, además, otro 3% indicó equipos de oficina y tecnologías. (Figura 4)

Figura 4. Tipos de productos y/o equipos que comúnmente rentan en la empresa



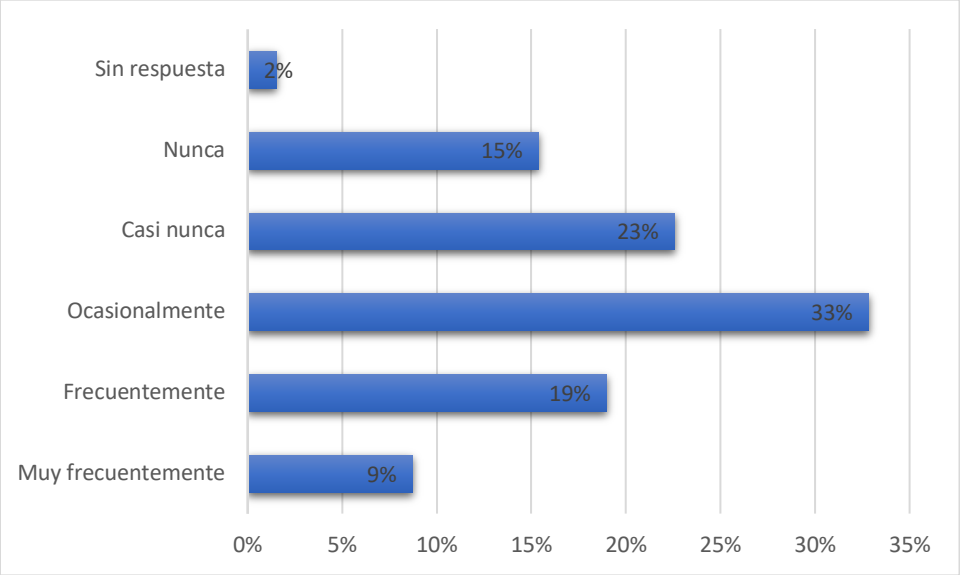
En cuanto a la reutilización de objetivos, se cuestionó que si en la empresa se definen objetivos con este fin, para lo cual obtuvimos los siguientes resultados: el mayor porcentaje con 25% respondió que ocasionalmente, frecuentemente y nunca coinciden con un 22%, 19 % indicó que casi nunca, 11% dijo que muy frecuentemente establecen objetivos para ese fin, y el 2% no respondió al cuestionamiento. (figura 5)

Figura 5. Definición de objetivos de reutilización de residuos por parte de la empresa



La reutilización de residuos u objetos antiguos para que puedan volver a servir en la empresa es otra estrategia de economía circular, donde el 33% indicó hacerlo ocasionalmente, el 23% respondió que casi nunca desempeñan esa actividad, el 19% mencionó que frecuentemente los reutilizan, 15% nunca han reutilizado, 9% muy frecuentemente reutilizan, y el 2% no respondió al cuestionamiento. (Figura 6)

Figura 6. Reutilización de residuos u objetos antiguos para que puedan volver a servir en la empresa.



CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos tenemos que la mayor aplicación de encuestas se realizó en los municipios de La Antigua y Úrsulo Galván, con un 16% y 33% respectivamente. Donde el mayor número de empresas pertenecen al giro de servicio con un 45%, haciendo referencia a la principal actividad de la zona que es el turismo, debido a la zona de Playa, donde existen diversos hoteles y restaurantes principalmente, seguido de empresas de giro comer cual con un 37%, que complementa la demanda de la zona.

Dentro de las estrategias de economía circular, se establece la de alquiler o renta de productos y/o equipo con el fin de optimizar o ahorrar en la empresa, donde se indica que el 56% de las empresas nunca a casi nunca han realizado esa estrategia, lo que coincide con la pregunta de los tipos de productos y/o equipos que renta, don del 57% indicó que ninguno, con ello podemos mencionar que no han tenido ningún beneficio al respecto.

La reutilización de objetivos, es otra estrategia de reutilización de objetos o materiales, donde el 66% de las empresas respondió que nunca a ocasionalmente reutilizan objetos dentro de sus actividades o procesos únicamente el 11% indicó que, si lo hacen de manera muy frecuente, identificando así, que

tampoco se tiene cultura del empleo de dicha práctica. Lo mismo sucede con la reutilización de objetos antiguos, para que puedan volver a servir en la empresa donde el 71% indicó que nunca, casi nunca u ocasionalmente realizan el proceso, porcentaje muy significativo que indica que las empresas no desempeñan esa práctica.

Con lo anterior se hace conveniente concientizar acerca de beneficio de la estrategia de reutilización, como una opción benéfica para la empresa, la sociedad y el medio ambiente, con ello se coincide con Glinka, Vedoya & Pilar (2005) quienes concluyen la necesidad de limitar la producción y maximizar la reutilización de los residuos, con dos objetivos básicos: el de reducir la extracción de recursos naturales y el de reducir el vertido de residuos, especialmente de materiales potencialmente útiles.

Con lo anterior, se hace evidente la necesidad de concientización y conocimiento de la implementación de economía circular, se coincide con Alzate & Moreno (2019), quienes indican que “desde la perspectiva empresarial se logra evidenciar que el manejo adecuado del reciclaje y reutilización de residuos, es un proceso fundamental para el desarrollo de las actividades de las empresas que persigan beneficios económicos y ambientales, y por este motivo se resalta la importancia de enfocar miradas que se encaminen al mejoramiento continuo de los procesos, que conlleven a la conservación del medio ambiente”.

REFERENCIAS

Agudelo Alzate, M., & Moreno Chaves, R. (2019). Implementación de Estrategias de Reciclaje y Reutilización de los Residuos Sólidos Biodegradables generados por la Empresa Supermercado Meka.

Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. Economía industrial, 401(3), 11-20.

EMF (2015a). Towards the circular economy. Business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation, Isle of Wight.

EMF (2015b). Circular economy overview. http://www.ellenma carthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept). Acceso el 2 de mayo de 2016.

Espinoza, A. (2023). Economía circular: una aproximación a su origen, evolución e importancia como modelo de desarrollo sostenible. Revista de economía institucional, 25(49), 109-134.

Glinka, M. E., Vedoya, D. E., & Pilar, C. A. (2005). Reducción del impacto ambiental a partir de estrategias de Reciclaje y Reutilización de Residuos Sólidos provenientes de la demolición de edificios.

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. Memoria Investigaciones en ingeniería.

CONOCIMIENTO DEL NIVEL DE BASURA EN EMPRESAS EN MUNICIPIOS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ

Doreidy Melgarejo Galindo[1]

Loida Melgarejo Galindo[2]

Juan Diego Ortega Cervantes[3]

RESUMEN

La economía circulante ha tomado importancia en las organizaciones, ya que ella contempla la reducción de desperdicios y optimización de los recursos, lo cual es un tema de interés para las empresas, al buscar reducir costos y ser socialmente responsables. Por la importancia del tema, la conveniencia de la investigación, cuya finalidad es *"Identificar el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz".* La investigación al ser parte del proyecto "*Evaluación del manejo de residuos en las organizaciones como referente de economía circular para la sostenibilidad", es de tipo descriptivo y se* combina elementos cualitativos y cuantitativos, dado que está dirigida a identificar las estrategias implementadas de la economía circular. Así mismo, es de corte trasversal al proponer realizarse en un tiempo determinado y en una población específica. Como objeto de estudio se consideran a las organizaciones de los municipios de la zona centro del estado de Veracruz, en la que se utiliza la técnica encuesta mediante la aplicación de un cuestionario estructurado a una muestra de organizaciones del lugar de estudio, y obtener información que permita el logro del objetivo de la investigación.

Palabras clave: Medio ambiente, desechos, clientes.

ABSTRACT

The circulating economy has taken on importance in organizations, as it considers waste reduction and resource optimization, a topic of interest for companies seeking to reduce costs and be socially responsible. Given the importance of the topic, the appropriateness of this research, whose purpose is to "Identify the level of waste in companies in municipalities in the central zone of the state of Veracruz." As part of the project "Evaluation of waste management in organizations as a benchmark for the circular economy for sustainability," the research is descriptive and combines qualitative and quantitative

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. L21884962@ugalvan.tecnm.mx

elements, given that it is aimed at identifying implemented circular economy strategies. Likewise, it is cross-sectional, proposing to be carried out over a specific time period and among a specific population. Organizations in the municipalities of the central zone of the state of Veracruz are considered as the object of study. The survey technique is used by administering a structured questionnaire to a sample of organizations in the study area, obtaining information that allows the achievement of the research objective.

Keywords: Environment, waste, customers.

INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente es vital para la sobrevivencia de los seres vivos, incluido el ser humano; sin embargo, con el desarrollo las civilizaciones se han modificado o dañado de manera irreversible el entorno natural y con ello se ha puesto en riesgo la sobrevivencia de la humanidad, convirtiendo en un tema de preocupación no solo para la sociedad y el gobierno, sino también para las empresas.

La contaminación en un tema de preocupación ya que provoca un daño o desequilibrio a veces irreparable en el medio ambiente y puede provocar enfermedades respiratorias y digestivas. Se genera como consecuencia de la actividad humana y tiene relación directa con el crecimiento de la población y el consumo, se puede decir que en la medida que estos índices crezcan, muy probablemente la contaminación será mayor (León y Montenegro, 2010).

Ante la preocupación por la preservación del medio ambiente ha surgido lo que se conoce como economía circular, que en México tiene como propósito el rediseño y reincorporación de productos y servicios a los procesos productivos para mantener su valor y extender la vida útil, a través de la minimización de residuos y cambios de hábitos de producción y consumo (Castillo et. al, 2023).

Es por ello, que de acuerdo a Britos y Pascuali (2006) se debe trabajar en el desarrollo de comportamientos ecológicos relativamente fáciles y poco comprometedores, hasta alcanzar los que requieran mayor esfuerzo y compromiso, con los distintos actores de la comunidad (empresa recolectora, organizaciones gubernamentales, asociación de vecinos, líderes del barrio, etc.).

Ya que de acuerdo a Tamayo et. al, (2012) el principal beneficio derivado de la implantación de un sistema de gestión de residuos es la reducción en la generación de los mismos, seguido de una mejora en las relaciones con la administración y en la imagen de la compañía.

Por ello, las empresas debe implementar estrategias de control de basura, como reciclaje empresarial e industrial, que debe seguir operando de la misma manera y quizás mediante asociaciones público-privadas que le permitan una obtención de materia prima más económica y que ellos sean

quienes inviertan en la infraestructura para reciclar el mate-rial, la economización de la basura como agente que permita la reducción del impacto ambiental (Chavolla Sánchez, 2023)

Considerando lo mencionado, para el diseño e implementación de estrategias de reducción de basura por parte de la empresas, se debe partir del conocimiento de los niveles actuales de desechos, derivando la conveniencia de la presente investigación cuyo objetivo es *"Identificar el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz",* derivando como pregunta de investigación *¿Cuál es el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz?* derivando la hipótesis *"Es medio el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz".*

El estudio se limita a empresas de los municipios de de Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Emiliano Zapata y Puente Nacional.

Con la investigación, se espera generación información relevancia para las organizaciones que permita tener conocimiento de los niveles de basura que generan actualmente, que pueden estar afectando el medio ambiente y hacer conciencia de la importancia de implementar estrategias para reducir los niveles de basura.

METODOLOGÍA

La investigación al derivarse del proyecto "Evaluación del manejo de residuos en las organizaciones como referente de economía circular para la sostenibilidad" (Melgarejo, 2025), posee un método descriptivo, ya que busca identificar y describir ampliamente el manejo de residuos generados en las organizaciones tomando como referente los principios de la economía circular.

Esta investigación combina elementos cualitativos y cuantitativos, está dirigida a identificar las estrategias implementadas de la economía circular como alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos.

Así mismo, la investigación tiene un corte trasversal al proponer realizarse en un tiempo determinado y en una población específica (Álvarez y Delgado, 2015).

Como objeto de estudio se consideran a las organizaciones de algunos municipios de zona centro de Veracruz, y como como sujeto de estudio a los integrantes o empleados de las organizaciones.

Para la investigación de campo, se empleó las técnicas entrevistas y encuestas, utilizando como instrumento un cuestionario estructurado, tipo escala de Likert con escala de valoración, el cual se aplicó a una primera muestra como prueba piloto para su validación durante los meses de marzo y abril de año 2025, y posteriormente se inició la aplicación final de mayo a agosto del año 2025, a una muestra obtenida de una población finita identificada con en la página de Sistema de Información

Empresarial Mexicano (SIEM). Para la muestra considera una fórmula para poblaciones finitas, con 95% de confianza y 5% de error y se acudió a registros municipales y organizaciones u asociaciones empresariales para la aplicación, que al momento van 185 organizaciones encuestadas, pertenecientes a los municipios específicamente de Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Emiliano Zapata y Puente Nacional, ubicados en el estado de Veracruz.

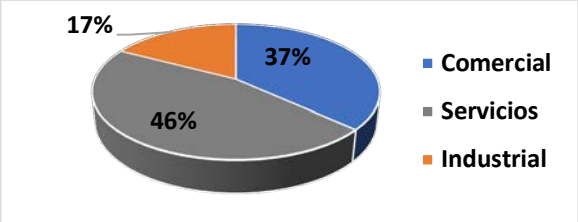
Finalmente, durante el agosto del año 2025 se realizó representación tabular y gráfica para la interpretación y análisis de los datos recopilados, a través de la hoja de cálculo (Excel) y el software Statistica, con lo que se obtuvo información para el logro del objetivo de estudio, dar respuesta a la pregunta de investigación y evaluar la hipótesis, para la generación de conclusiones.

RESULTADOS

Derivado del presente estudio dirigido a empresas y específicamente las ubicadas en los municipios específicamente de Úrsulo Galván, La Antigua, Actopan, Emiliano Zapata y Puente Nacional, ubicados en la zona centro del estado de Veracruz, los resultados obtenidos son:

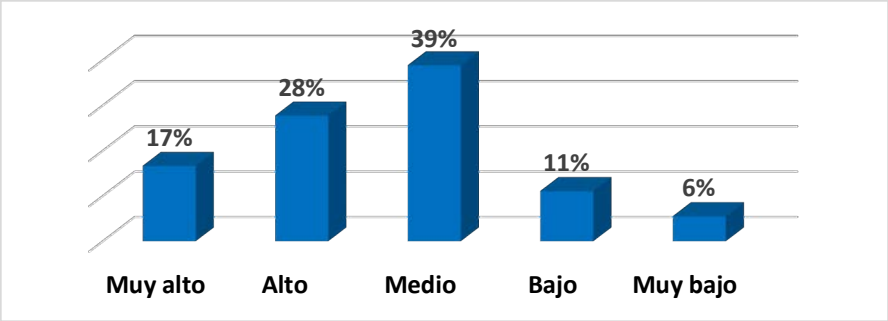
El 46% de las empresas son de giro servicios, seguido de 37% que pertenecen al comercial y 17% al industrial, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Giro de las empresas en los municipios de Actopan, Emiliano Zapata, La Antigua y Puente Nacional, Veracruz.



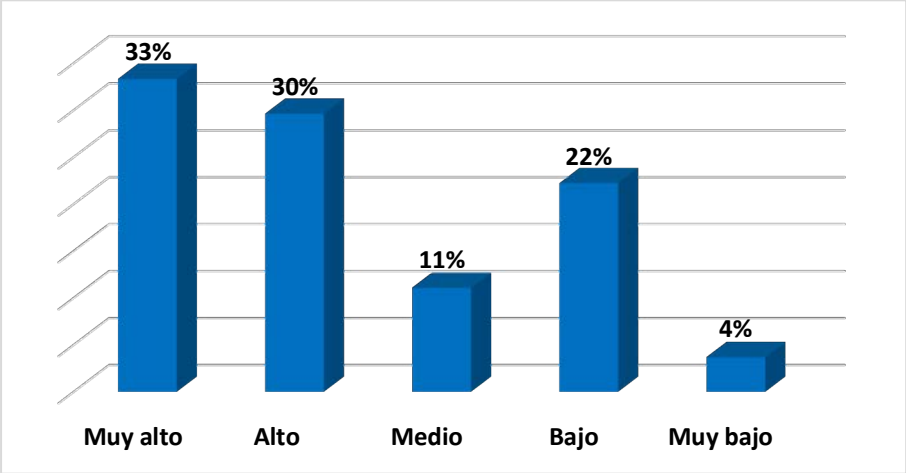
En relación al nivel de basura que generan las empresas, y específicamente las ubicadas en el municipio de Actopan, el estudio revela que 39% de las organizaciones generan un nivel Medio de basura, seguido de 28% de ellas que generan un Alto, 17% presentan un nivel Muy Alto, 11% con nivel Bajo y 6% nivel Muy bajo, como se muestra en la figura 1.

Figura 2. Nivel de basura en empresas del municipio de Actopan, Veracruz.



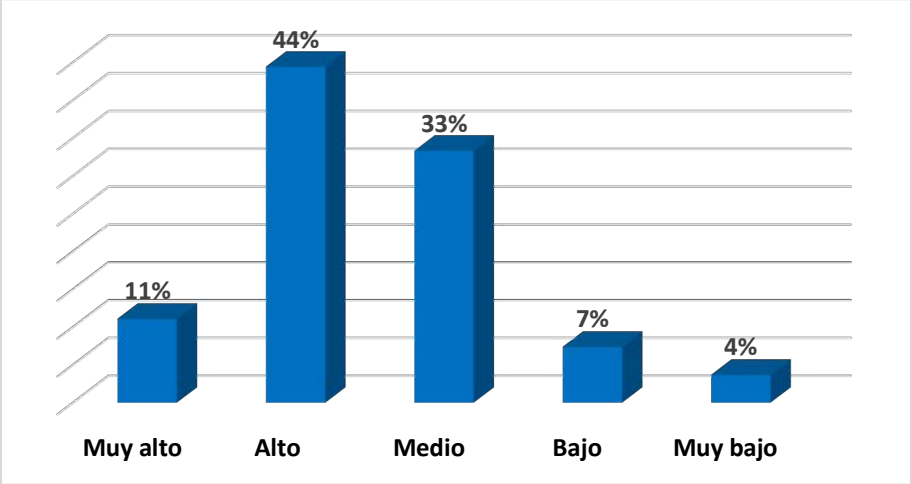
Por su parte, el nivel de basura que generan las empresas ubicadas en el municipio de Emiliano Zapata, el 33% de ellas generan un nivel Muy alto de basura, seguido de 30% que presentan un nivel Alto, el 22% tienen un nivel Bajo, 11% un nivel Medio y únicamente 11% un nivel Muy Bajo (figura 3).

Figura 3. Nivel de basura en empresas del municipio de Emiliano Zapata, Veracruz.



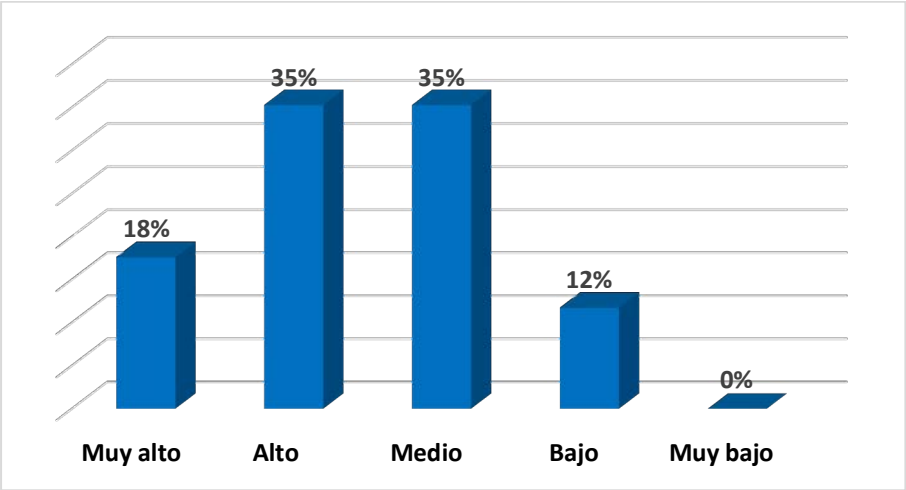
En las empresas del municipio de La Antigua, el 44% de ellas generan un nivel Alto de basura, seguido de 33% que tienen un nivel Medio de basura, 11% un nivel Muy alto de desechos, 7% un nivel Bajo y sol 4% un nivel Muy bajo de basura, como en a figura 4 se representa.

Figura 4. Nivel de basura en empresas del municipio de La Antigua, Veracruz.



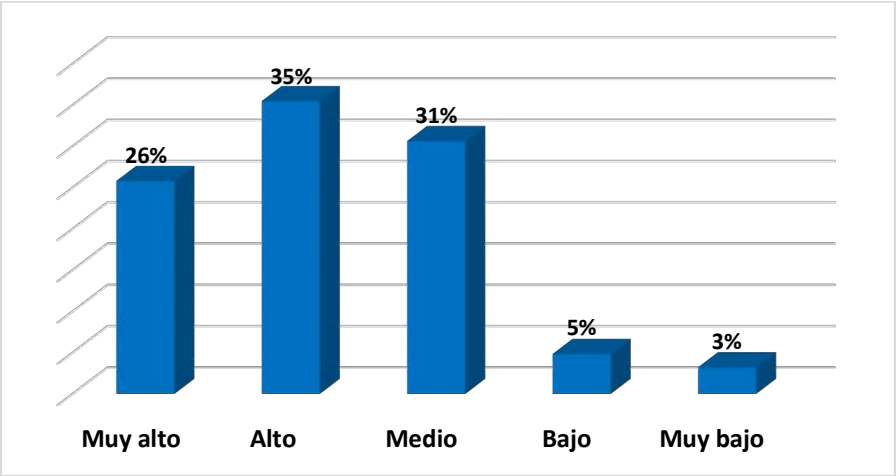
En el caso de las organizaciones del municipio de Puente Nacional, con igual porcentaje (35%) presentan un nivel Alto y un nivel Medio de generación de basura, seguido de 18% de empresas que generan un nivel Muy alto y únicamente 12% con un nivel Bajo, como en la figura 5 se muestra.

Figura 5. Nivel de basura en empresas del municipio de Puente Nacional, Veracruz.



Finalmente, en el municipio de Úrsulo Galván, el 35% de las empresas presentan un nivel Alto de generación de basura, seguido de 31% que tiene un nivel Medio, 26% un nivel Muy alto y solo 5% un nivel Bajo y 3% un nivel Muy bajo.

Figura 6. Nivel de basura en empresas del municipio de Úrsulo Galván, Veracruz.



DISCUSIÓN

Considerando los resultados obtenidos, se coincide con Britos y Pascuali (2006) en que *"se debe trabajar en el desarrollo de comportamientos ecológicos relativamente fáciles y poco comprometedores, hasta alcanzar los que requieran mayor esfuerzo y compromiso, con los distintos actores de la comunidad (empresa recolectora, organizaciones gubernamentales, asociación de vecinos, líderes del barrio, etc.)"* ya que no solo las personas, sino las empresas deben concientizar la importancia de la reducción de niveles de generación de basura y todos los actores sociales unir esfuerzos, en pro del cuidado del medio ambiente natural.

Además, se concuerda con Tamayo et. al, (2012) que *"el principal beneficio derivado de la implantación de un sistema de gestión de residuos es la reducción en la generación de los mismos, seguido de una mejora en las relaciones con la administración y en la imagen de la compañía."*, ya que para las empresas, el apoyar en el cuidado del medio ambiente a través del control de los niveles de basura que general, les favorece en su imagen y posicionamiento en el mercado.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de concluye que las empresas de los municipios de estudio en su mayoría son de giro servicios y comercial, representando en conjunto del 83%, tal como en la figura se evidencia.

Así mismo, se logró Identificar el nivel de basura que generan las empresas por municipio, al respecto se concluye, que las empresas de municipio de Actopan en su mayoría generan niveles de desechos que van de Medio a Alto; en el caso de las empresas del municipio de Emiliano Zapata la mayoría generan niveles de basura de Muy alto a Alto; por su parte, en el caso de las organizaciones ubicadas en los municipios de La Antigua, Puente Nacional y Úrsulo Galván sus niveles de desechos van de Alto a Medio, como se muestra en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, con lo que se demuestra el logro del objetivo del estudio de "Identificar el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz", ya que la mayoría de las empresas generan niveles de basura Altos o Muy altos.

Finalmente, con los resultados se logró dar respuesta a la pregunta de investigación *¿Cuál es el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz?* y rechazar la hipótesis *"Es medio el nivel de basura en empresas en municipios de la zona centro del estado de Veracruz",* ya que desafortunadamente las empresas en su mayoría generan niveles de basura principalmente de Alto a Muy alto, lo cual, es una situación preocupante para el cuidado del medio ambiente, por lo cual se sugiere que las organizaciones unir esfuerzos e implementar estrategias tendientes a reducción tales niveles.

REFERENCIAS

Álvarez Hernández, G., & Delgado De la Mora, J. (2015). Diseño de Estudios Epidemiológicos.I. El Estudio Transversal: Tomando una Fotografíade la Salud y la Enfermedad. *Fies*, 28. Obtenido de https://www.medigraphic.com/pdfs/bolclinhosinfson/bis-2015/bis151f.pdf

Bernal, C. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson.

Britos, E., & Pascuali, C. (2006). Comportamientos y actitudes asociados a la disposicion de basura en áreas urbanas no planificadas. *Scielo*. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442006000500004&script=sci_arttext

Castillo González , E., De Medina Salas, L., Giraldi Díaz, M. R., & BernaChe Pérez, G. (2023). Retos en la aplicación de la legislación en materia de economía circular en México. *Dialnet*. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9822534#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20(ec)%20en%20M%C3%A9xico%20tiene,tal%20efecto%2C%20en%20noviembre%20de%202021%20se

Chavolla Sánchez, H. (2023). ¿Quién gobierna la basura y el reciclaje? *InterNaciones*. Obtenido de https://internaciones.cucsh.udg.mx/index.php/inter/article/view/7237/6401

Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Cd. de México: México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *INEGI*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=300160001#collapse-Resumen

León Castro, R., & Montenegro Rocha, V. (2010). Problemas de basura en Bogotá-Diseño de una ide a de negocio para a creación de uan empresa de reciclaje. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4096/409634363005.pdf

Melgarejo Galindo, L. (2025). Evaluación del manejo de residuos en las organizaciones como referente de economía circularpara la sostenibilidad. México.

Tamayo Orbegozo, U., Vicente Molina, M. A., & Izaguirre Olaizola, J. (2012). La gestión de residuos en la empresa: motivaciones para su implantación y mejoras asociadas. *Redalyc*. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/2741/274124906005.pdf

PROPUESTA DE DIFUSIÓN TURÍSTICA DIGITAL "VIVE CHACHALACAS"

Montserrat Acosta Cadenas[1]
Rosalía Castro Lara[2]
Hector Gabriel Medina Lagunes[3]
Kevin Orlando Casas López[4]

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de investigación tiene como objetivo identificar la riqueza turística, en cultura, costumbres, alimentos, bebidas y hospedajes ya que es importante para la sustentabilidad de la localidad de Chachalacas, Veracruz, a través de medios digitales.

La problemática consiste en la falta de identidad visual que no se tiene de la marca en la entidad por lo que se busca analizar la renovación de posicionamiento para atraer mayor turismo a través de redes sociales y pagina web, por tal motivo se plantea la propuesta de una pagina web llamada vive chachalacas para promover el turismo y comercio, la investigación es de tipo básica, de nivel descriptivo y el diseño fue no experimental de corte transversal , la población cuenta con 1200 habitantes y se trabajó con una población muestral de 85 ciudadanos, que para la recolección de información se aplicó el instrumento que es el cuestionario mediante la técnica de encuesta, ya luego de realizar la investigación se arrojó que hay una alta necesidad de realizar la pagina web y difusión de promoción turística.

Palabras Clave: redes sociales, redes sociales, turismo, Chachalacas

ABSTRACT

The present research project aims to identify the tourism potential of Chachalacas, Veracruz, focusing on its cultural heritage, traditions, gastronomy, beverages, and accommodation options, recognizing their relevance to the locality's sustainable development through digital media.

The core issue addressed is the lack of a defined visual identity for the local tourism brand, which hinders its recognition. Accordingly, the study seeks to analyze strategies for repositioning the

[1] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. montserrat.ac@ugalvan.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx
[3] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. hector.ml@ugalvan.tecnm.mx
[4] Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. l21885251@ugalvan.tecnm.mx

destination to attract a greater influx of tourists via social media and a dedicated website. As part of this initiative, a website named Vive Chachalacas is proposed to promote both tourism and local commerce. This is a basic research study, descriptive in scope, employing a non-experimental, cross-sectional design. The community of Chachalacas has an estimated population of 1,200 inhabitants, from which a sample of 85 individuals was selected. Data was collected using a questionnaire, applied through the survey method. Findings from the study indicate a significant need for the creation of the proposed website and the implementation of strategies to enhance tourism promotion.
Keywords: social networks, virtual social networks, academic performance

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el vertiginoso desarrollo de las tecnologías digitales ha transformado la manera en que los destinos turísticos se dan a conocer al mundo. Hoy, una página web o una red social no son únicamente vitrinas de promoción: se han convertido en espacios de encuentro cultural, en puentes que permiten a las comunidades mostrar su identidad y a los visitantes descubrir experiencias auténticas.

En este sentido, Playa de Chachalacas, con sus dunas interminables, su biodiversidad costera y su riqueza cultural, representa un ejemplo claro de cómo la promoción digital puede convertirse en una herramienta para el desarrollo sostenible. No se trata solo de atraer turistas, sino de generar un círculo virtuoso donde los habitantes locales fortalezcan su economía, conserven sus tradiciones y, al mismo tiempo, compartan con el visitante la calidez de su hospitalidad.

Como docente y observador cercano de la dinámica de esta comunidad, me resulta evidente que el reto principal no es la falta de atractivos, sino la ausencia de estrategias digitales que permitan visibilizar el potencial turístico de Chachalacas. Este proyecto, por tanto, busca tender un puente entre lo local y lo global, entre la vida comunitaria y la tecnología, con la firme convicción de que el turismo puede ser motor de equidad y bienestar.

OBJETIVO GENERAL

Posicionar a nivel nacional e internacional la marca **“Vive Chachalacas”** a través de estrategias digitales accesibles y atractivas para los turistas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una página web intuitiva y funcional con información turística comunitaria.
- Crear y difundir contenido gráfico y audiovisual en redes sociales que resalte la cultura, los paisajes y la hospitalidad de la región.

MARCO TEÓRICO

El turismo, más que una actividad económica, constituye un fenómeno cultural y social que conecta a las personas con nuevas formas de vida. Sin embargo, la falta de información clara y accesible en medios digitales ha limitado la llegada de visitantes a Chachalacas. Muchos turistas desconocen cómo llegar, qué actividades realizar o qué servicios existen en la zona.

El proyecto “Vive Chachalacas” responde a esta necesidad al implementar una estrategia de posicionamiento digital basada en tres pilares:

1. Accesibilidad de la información: proporcionar mapas, directorios de servicios y guías prácticas.
2. Promoción cultural y ambiental: resaltar tradiciones, gastronomía y la interacción respetuosa con la naturaleza.
3. Sustentabilidad: garantizar que el crecimiento turístico no erosione la identidad ni los recursos locales.

Al analizar el mercado, se identificó una disminución en la afluencia de turistas en años recientes. Esta situación ha afectado directamente a comerciantes, restauranteros y prestadores de servicios. Por ello, se aplicaron encuestas y guías de observación que revelaron el interés de la comunidad en sumarse a un emprendimiento colectivo, lo que refuerza la importancia de este proyecto como una estrategia participativa y de beneficio común.

El análisis de mercado que se llevó a cabo se consideraron diversos factores clave tales como: afluencia turística, las actividades turísticas disponibles, la infraestructura turística, la percepción de los turistas y la situación económica de la zona. En general, Chachalacas ha experimentado una disminución en la afluencia turística en comparación con años anteriores, lo que ha afectado a los comerciantes y empresarios de la zona, por lo que se realizó una guía de observación y encuesta para ver el interés de los negocios y habitantes de la comunidad para que de tal manera se logre una satisfacción del turista.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

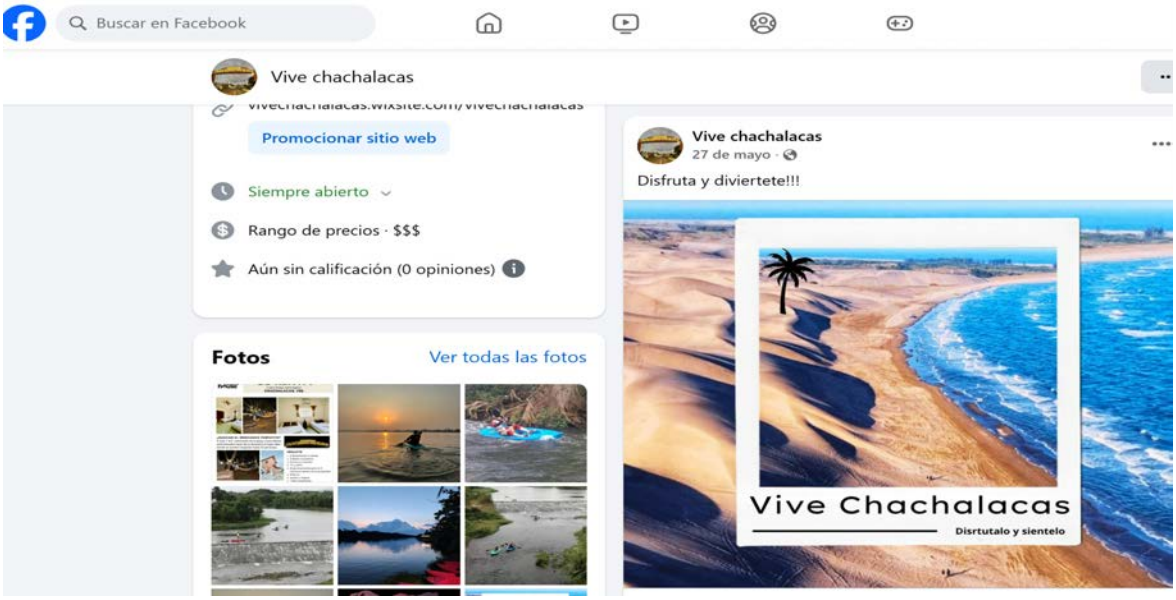
El diseño y la ejecución del proyecto se realizaron en el **Tecnológico Nacional de México, Campus Úrsulo Galván**, con base en los ejes de **sustentabilidad y participación comunitaria.**

Se desarrollaron los siguientes pasos:

- Creación de la página web con un directorio interactivo de servicios turísticos.
- Apertura y administración de redes sociales para difundir contenido visual.
- Evaluación del impacto mediante el monitoreo de seguidores, reacciones y comentarios en plataformas digitales.

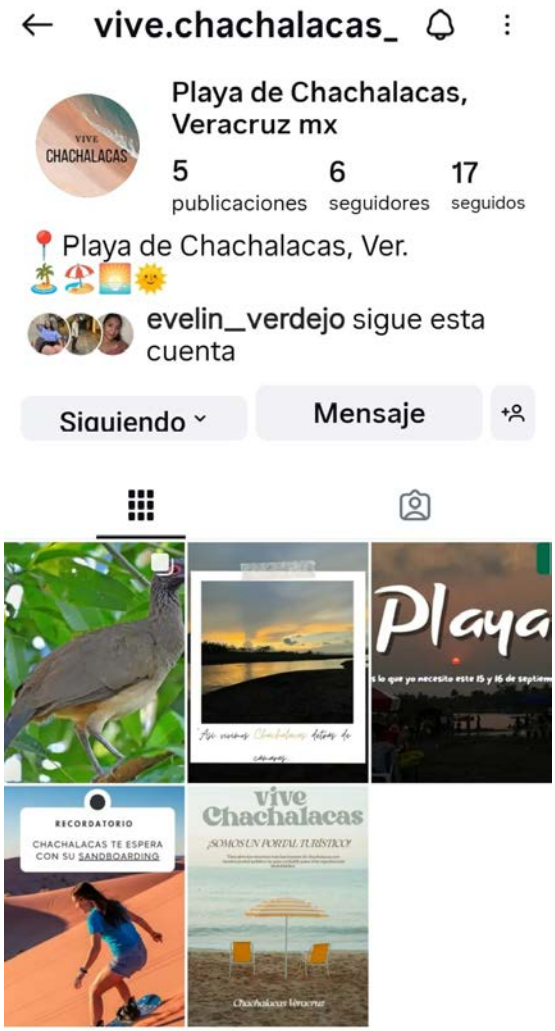
RESULTADOS

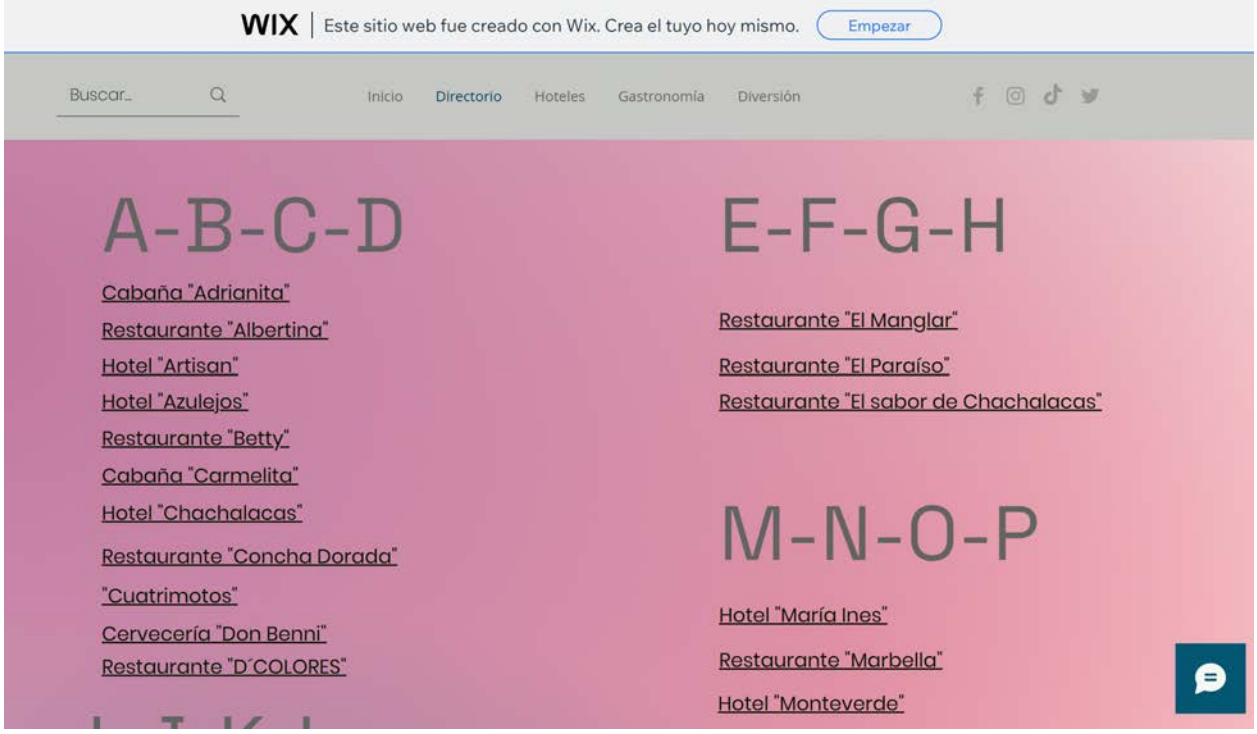
Los resultados iniciales muestran un crecimiento significativo en la visibilidad digital de la marca. La fanpage de **Vive Chachalacas** alcanzó más de mil seguidores en pocos meses, reflejando el interés de turistas potenciales. Además, la página web permite al visitante explorar categorías como hoteles, restaurantes y actividades recreativas, lo que facilita la planeación de su viaje.



En la Figura 1, se muestra la gestión y difusión de la red social Facebook, el cual se observa un post dando a conocer la Marca Vive Chachalacas.

En la figura 2, se observa la página desde el panel de control de administración de la Fanpage donde aparecen mas de Mil seguidores en la red social.





En la figura 3, se muestra una pestaña de la página web donde aparece desplegado directorio de las diferentes categorías de servicios turísticos: hoteles y restaurantes.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La experiencia confirma que la tecnología, bien empleada, puede convertirse en un aliado para el turismo sostenible. **Vive Chachalacas** no solo promueve un destino; también transmite la voz de una comunidad que desea ser reconocida por su autenticidad, solidaridad y hospitalidad.

Más allá de cifras y estadísticas, lo que realmente enriquece este proyecto es la oportunidad de mostrar a los visitantes que en Chachalacas encontrarán más que playas y dunas: descubrirán una comunidad que abre sus puertas con honestidad, empatía y orgullo de su identidad.

REFERENCIAS

Ciudad de México. (s. f.). *Casa de Hernán Cortés*. MexicoCity.CDMX.gob.mx. Recuperado de https://mexicocity.cdmx.gob.mx/venues/casa-de-hernan-cortes/?lang=es

Rome2Rio Pty Ltd. (2025). *Veracruz → Playa de Chachalacas: precios y horarios*. Recuperado de https://www.rome2rio.com/es/s/Veracruz/Playa-de-Chachalacas

México Desconocido. (s. f.). *Dunas de Chachalacas: un desierto a la orilla del mar*. Recuperado de https://escapadas.mexicodesconocido.com.mx/dunas-de-chachalacas-un-desierto-a-la-orilla-del-mar/

USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL EN EL TALLER MECÁNICO VITALLANTAS EN DURANGO, DGO.

María del Pilar Reyes Sierra[1]
Raúl Amador Velázquez[2]
José Diego González Reyes[3]

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el impacto que tiene el uso de equipo de protección personal en la seguridad industrial se desarrolló la presente investigación en el taller mecánico Vitallantas, ubicado en Durango, para lo cual se utilizó un enfoque cuantitativo con diseño experimental en donde se aplicó un cuestionario de preguntas para identificar prácticas, percepciones y áreas de mejora en el uso del EPP, mismo que consta de 14 ítems y cuyas respuestas son dos opciones 1.- SI, 2.- NO, (Yanzapanta, 2013). Los sujetos de estudio fueron los mecánicos de la empresa. Los resultados iniciales revelaron un uso limitado y una capacitación insuficiente en seguridad laboral, con el 50% de los trabajadores indicando que no empleaban adecuadamente estos equipos. Pasados seis meses, se aplicó un el mismo cuestionario y mostró mejoras significativas: el uso adecuado del EPP incrementó al 90%, y la incidencia de accidentes laborales disminuyó. Por lo tanto, 45 personas indicaron en el segundo cuestionario que ya utilizan y tienen el EPP de manera adecuada. A pesar de los avances, persisten áreas críticas como la percepción de seguridad total y la necesidad de reforzar la capacitación.

Palabras clave: Seguridad Personal, Equipo De Protección Personal, Capacitación, Mejora Continua.

ABSTRACT

This research in the Vitallantas mechanical workshop, located in Durango, the objective focuses on evaluating the impact of the use of personal protective equipment on workplace safety. The objective is to propose the use of personal protective equipment in each of its workers, a questionnaire of multiple choice questions was applied where there were options 1.- YES, 2.- NO, structured to the mechanics to identify practices, perceptions and 108 reas for improvement in the use of PPE. Initial results revealed limited use and insufficient training in workplace safety, with 50% of workers indicating that they did not properly use this equipment.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. mariapilareyes@durango.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. raul.amador@itdurango.edu.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. 21040925@itdurango.edu.mx

After six months, a second research instrument was applied, in this case the same questionnaire that was applied the first time and showed significant improvements: the proper use of PPE increased to 90%, and the incidence of work accidents decreased. Therefore, 45 people indicated in the second questionnaire that they already use and have PPE adequately. Despite progress, critical areas persist, such as the perception of total security and the need to reinforce training.
Keywords: Mechanical workshop, personal protective equipment, training, questionnaires, continuous improvement.

INTRODUCCIÓN

Se realizó un análisis exhaustivo sobre el uso del equipo de protección personal (EPP) en el taller mecánico *Vitallantas*, ubicado en Durango, con el objetivo de plantear el uso de equipo de protección personal en cada uno de sus trabajadores. Este estudio parte de un panorama general en el que los riesgos laborales en talleres automotrices representan una preocupación significativa debido a la exposición constante a herramientas, maquinaria pesada, sustancias químicas y ambientes ruidosos. El equipo de protección personal se considera una barrera indispensable para minimizar accidentes y enfermedades ocupacionales. Sin embargo, en muchos talleres, su uso es limitado o inadecuado debido a la falta de conciencia, capacitación y supervisión. Este escenario plantea la necesidad de evaluar las prácticas actuales y proponer estrategias para promover una cultura de seguridad más sólida. A través de este trabajo, se busca no solo diagnosticar las áreas de mejora en el uso del EPP, sino también implementar acciones correctivas que fortalezcan las condiciones laborales y reduzcan la incidencia de accidentes. Al hacerlo, el taller *Vitallantas* podría consolidarse como un modelo de buenas prácticas en seguridad dentro del sector automotriz, beneficiando tanto a los empleados como a la organización en su conjunto.

MARCO TEÓRICO

El equipo de protección personal es un tipo de equipo especial que sirve para crear una especie de barrera entre la persona y los agentes o factores de riesgo, con el fin de proporcionar una máxima protección. Al usar estos equipos o implementos, la probabilidad de estar en contacto con dichos factores y desarrollar algún tipo de enfermedad se reduce en gran medida. Entre los equipos de protección individual más básicos podemos mencionar: los cascos de seguridad, guantes, prendas de alta visibilidad, de protección respiratoria, calzado de seguridad, entre otros. (Medline, 2022)

Hoy en día, en el mundo, para lograr que un lugar de trabajo sea seguro, se deben incluir instrucciones, elaborar procedimientos, impartir información para alertar a los trabajadores que se debe trabajar con

responsabilidad y seguridad. Por su lado, las empresas deben proporcionar equipos de seguridad laboral, ya que serán estos los que reduzcan significativamente los factores de riesgo y con ello la posibilidad de que contraigan alguna enfermedad o afección ocupacional que ponga en peligro su salud.

Algunos beneficios de utilizar equipo de protección personal pueden ser:

1. Proporcionan una barrera eficiente entre el factor de riesgo y el trabajador.
2. Resguardan la integridad física del trabajador.
3. Disminuyen la afluencia de enfermedades ocupacionales.
4. Disminuyen las probabilidades de que un accidente laboral ocurra.
5. Ayuda a prevenir la propagación de gérmenes y enfermedades infecciosas, incluido el COVID-19;

Según la tarea en el área de trabajo del taller mecánico Vitallantas, pueden ser necesarios varios equipos diferentes para un solo trabajador. Aquí mencionaremos algunos ejemplos de cuáles son los equipos de protección personal más utilizados en las industrias. (SPUL, 2022).

1. Equipo de protección personal auditiva. - Entre los equipos de protección para los oídos podemos encontrar, principalmente, los dispositivos cortan sonidos, cuya principal función es eliminar o mitigar la intensidad del volumen del sonido por la actividad que se realiza, o todo aquel sonido que se produzca cerca de esta.

2. Protección para todo el cuerpo. - En este caso se emplean ropa de protección hecha con materiales resistentes que protegen las distintas partes del cuerpo. También podemos encontrar cubiertas para la cabeza y calzados especiales.

3. Equipo de protección para ojos. - Para la protección de los ojos existen gafas protectoras y cubiertas para la cara. Lo que hace este tipo de implementos es proteger las membranas mucosas de los ojos de los diversos agentes o factores de riesgo.

NOM-017 Equipo de protección de personal. En México existe la Norma Oficial Mexicana denominada NOM-017-STPS-2008, equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo, que es de carácter obligatorio y define los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.

Dentro de las principales obligaciones que los patrones de un taller mecánico deben cumplir se encuentran:

- Identificar los riesgos de trabajo
- Determinar el equipo de protección personal que deben utilizar los trabajadores en función de los riesgos de trabajo
- Proporcionar a los trabajadores el equipo de protección que requieran
- Informar y capacitar a los trabajadores sobre los riesgos inherentes a las actividades que realicen y las medidas de protección obligatorias
- Proporcionar capacitación para el uso de herramienta

A su vez, los trabajadores también adquieren las siguientes obligaciones:

- Participar de la capacitación y adiestramiento
- Utilizar el equipo de protección adecuadamente, conforme a la capacitación
- Revisar las condiciones del equipo al iniciar y terminar el turno de trabajo
- Informar al patrón si las condiciones del equipo ya no son las óptimas

Es muy importante que el patrón del taller mecánico resguarde las evidencias del cumplimiento de las obligaciones señaladas, desde la capacitación, la evaluación del riesgo, la dotación del equipo y su adecuado uso. (Mecatips, 2020)

Todo equipo de protección de personal debe:

- Atenuar la exposición del trabajador a los agentes de riesgo
- Ser de uso personal
- Estar acorde a las características físicas del trabajador
- Atender las indicaciones del fabricante

METODOLOGÍA

El presente estudio tiene un enfoque experimental, diseñado para evaluar el impacto del uso del equipo de protección personal en la reducción de accidentes laborales en el taller automotriz "Vitallantas", ubicado en Durango. Este proceso se desarrolló en dos etapas principales:

1. Etapa Inicial: Diagnóstico y Evaluación Previa. - Hace seis meses, se realizó una investigación preliminar en el taller, mediante la aplicación de un cuestionario estructurado dirigido a los mecánicos. Se recopiló información sobre:

- La frecuencia de uso del equipo de protección personal.
- El tipo de equipo utilizado (guantes, gafas, cascos, calzado de seguridad, entre otros).
- La percepción de los trabajadores sobre la importancia del EPP.

- Las razones detrás del uso insuficiente o inadecuado del equipo.

El cuestionario fue diseñado para identificar tanto las prácticas actuales como las áreas de oportunidad en términos de seguridad laboral.

2. Intervención: Estrategias para Promover el Uso del EPP. - Tras analizar los resultados del diagnóstico inicial, se implementó una serie de medidas orientadas a fomentar el uso adecuado del EPP en el taller. Estas medidas incluyeron:

- Señalización y Recordatorios: Se colocaron carteles y avisos en áreas estratégicas del taller para recordar a los mecánicos la obligatoriedad y los beneficios del uso del EPP.
- Supervisión: Se estableció un sistema de monitoreo regular para garantizar el cumplimiento del uso del equipo en el día a día.

3. Etapa de Evaluación Posterior. - Pasados seis meses, se aplicó nuevamente el cuestionario inicial, bajo las mismas condiciones, para garantizar la comparabilidad de los datos. Esta segunda medición permitió:

- Identificar si hubo un aumento en el porcentaje de mecánicos que utilizan el EPP regularmente.
- Analizar cambios en la percepción de los trabajadores sobre la importancia del equipo de seguridad.
- Comparar la incidencia de accidentes laborales antes y después de la intervención, para evaluar la efectividad de las medidas implementadas.

Los dos cuestionarios contaron con 15 preguntas de opción múltiple donde 0 era nunca y 5 era siempre.

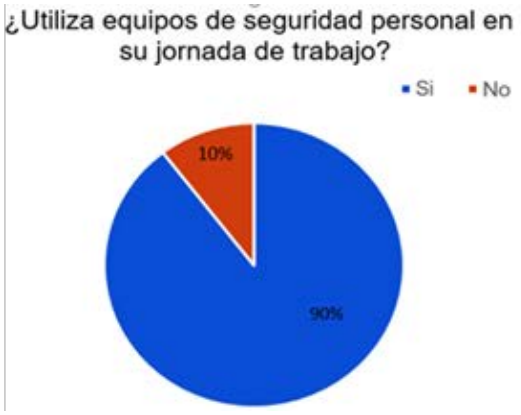
RESULTADOS

A continuación, se presentan las gráficas de los resultados obtenidos antes y después de la intervención. La gráfica de la izquierda hace referencia al diagnóstico que se obtuvo a partir del cuestionario aplicado, posteriormente y de acuerdo con la metodología mencionada, se llevó a cabo la intervención mediante pláticas de concientización, simulacros y colocación de señalamientos, además de la capacitación sobre el uso correcto de Equipo de Protección Personal.

La segunda gráfica, es decir, la de la derecha, corresponde al mismo cuestionario, pero después de la intervención.

Como se puede apreciar, hubo un cambio notable a partir de que los trabajadores participaron activamente en las actividades de la segunda fase que corresponde a la intervención.

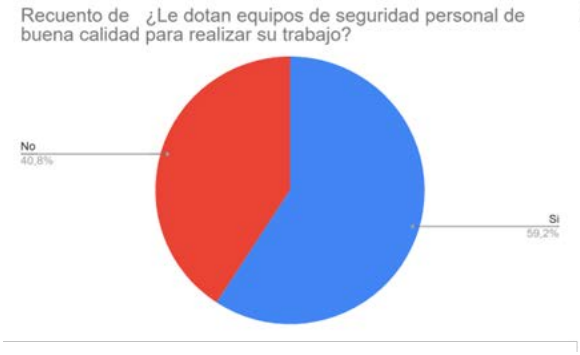
Ilustración 1 Grafica de recuento del personal que utiliza equipos de seguridad



Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 1 refleja un equilibrio exacto en las respuestas, ya que el 50% de los encuestados indica que utiliza equipos de seguridad personal en su jornada de trabajo, mientras que el otro 50% señala que no lo hace.

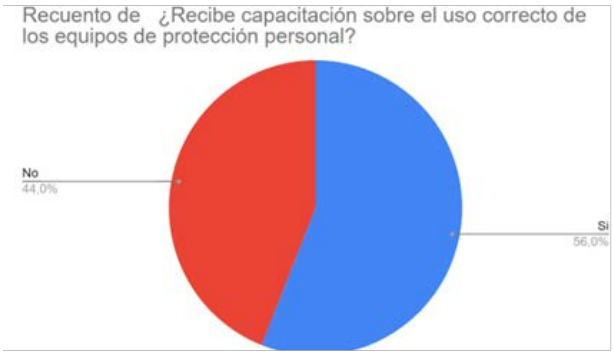
Ilustración 2 Grafica del personal al que se le proporciona equipo de seguridad



Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 2 muestra que el 59.2% de los encuestados considera que los equipos de seguridad personal que reciben son de buena calidad. Sin embargo, el 40.8% que

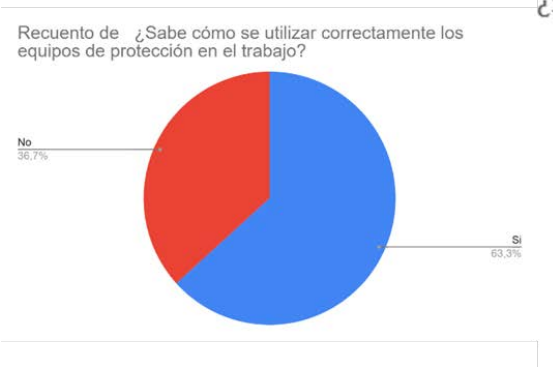
Ilustración 3 Grafica del personal que sabe utilizar correctamente el equipo de protección



Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 4 revela que el 63.3% de los encuestados sabe cómo utilizar correctamente los equipos de protección en el trabajo, lo cual es positivo. Sin embargo, el 36.7% que respondió negativamente es un porcentaje significativo y preocupante, ya que sugiere una brecha en la capacitación.

Ilustración 4 Grafica del personal que recibe capacitación del uso correcto del equipo de seguridad

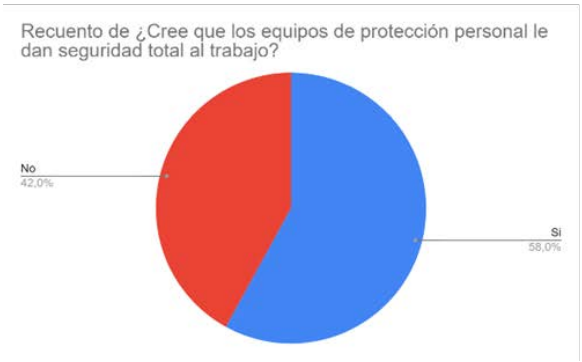


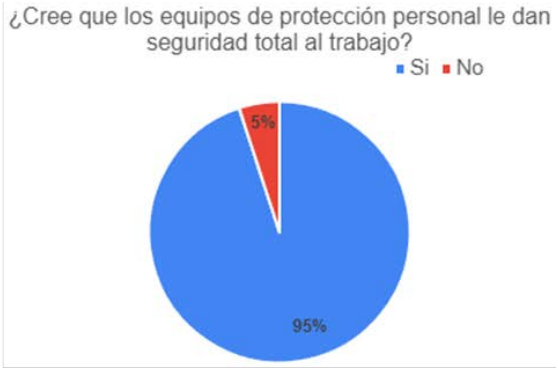
Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La gráfica muestra que el 56% de los encuestados ha recibido capacitación sobre el uso correcto de los equipos de protección personal, lo cual es alentador, ya que representa una mayoría que está siendo orientada adecuadamente. El 44% que indicó no haber recibido dicha capacitación es un porcentaje considerable que evidencia una importante área de mejora.

Ilustración 5 Grafica del personal que confía en que el equipo de protección le da seguridad total



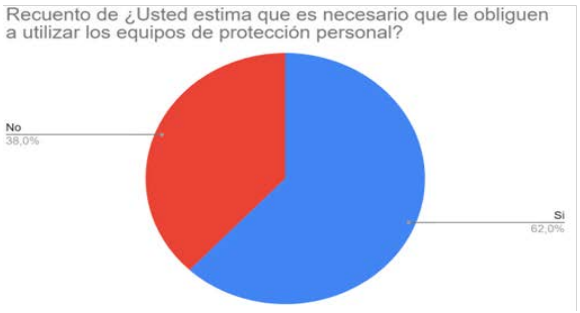


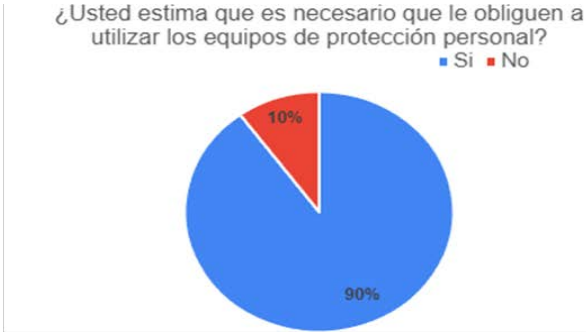
Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La ilustración 5 refleja que el 58% de los encuestados considera que los equipos de protección personal les proporcionan seguridad total en su trabajo. El 42% que respondió negativamente es un porcentaje relevante, que podría indicar dudas sobre la eficacia, calidad o adecuación de los equipos a las condiciones laborales específicas.

Ilustración 6 Grafica del personal que opina que es necesario utilizar el equipo de protección personal

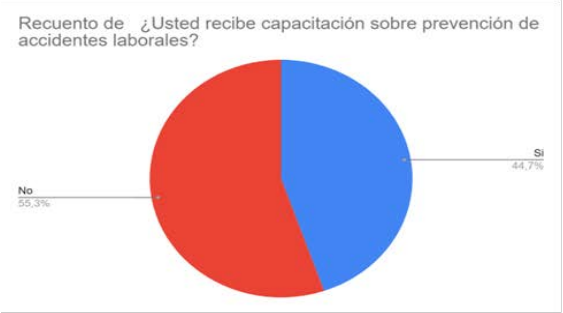




Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 6 muestra que el 62% de los encuestados considera necesario que se les obligue a utilizar los equipos de protección personal, lo cual indica que una mayoría reconoce la importancia de estas medidas. El 38% que respondió negativamente refleja una porción significativa de trabajadores que quizá perciban esta obligación como innecesaria

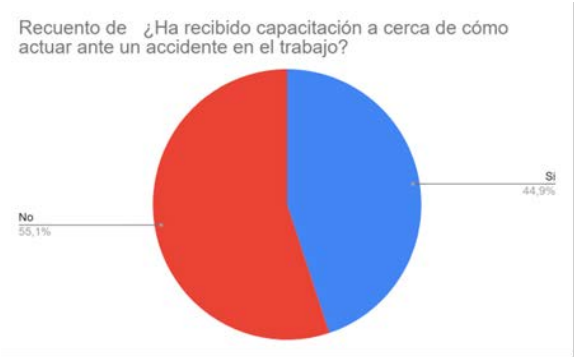
Ilustración 7 Grafica del personal que recibe capacitación sobre la prevención de accidentes laborales

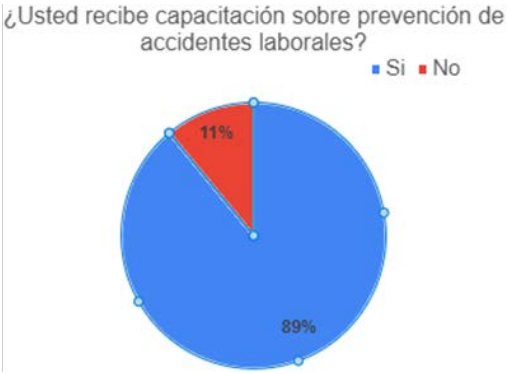


Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 7 revela un dato preocupante: el 55.3% de los encuestados indicó que no recibe capacitación sobre prevención de accidentes laborales, mientras que solo el 44.7% afirma haber recibido dicha formación.

Ilustración 8 Grafica del personal que ha recibido capacitación acerca de cómo actuar ante un accidente del trabajo

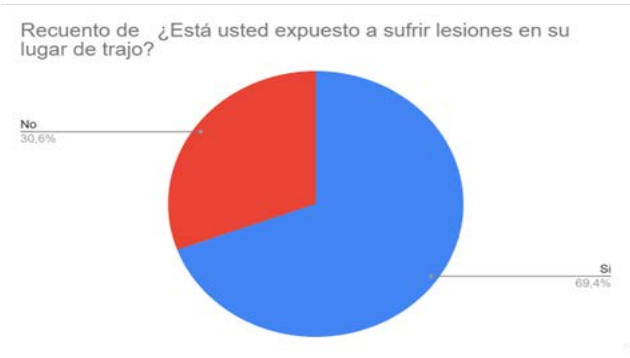


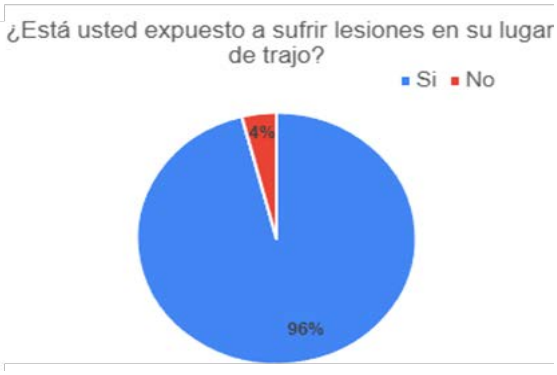


Grafica de diagnóstico Grafica post intervención

La ilustración 8 muestra que el 55.1% de los encuestados no ha recibido capacitación sobre cómo actuar ante un accidente en el trabajo, mientras que el 44.9% sí la ha recibido.

Ilustración 9 Grafica del personal que está expuesto a sufrir lesiones en el trabajo



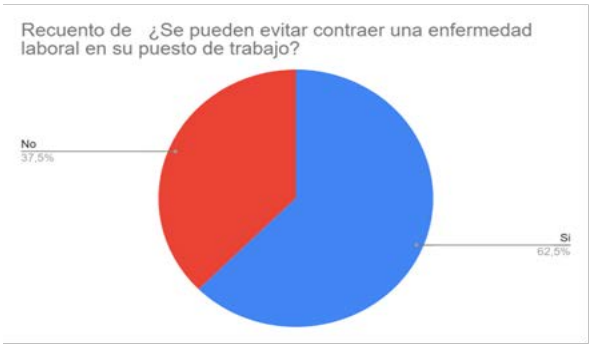


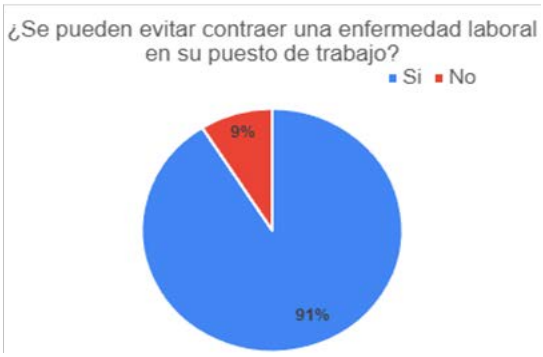
Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La ilustración 9 refleja que un alarmante 69.4% de los encuestados considera que está expuesto a sufrir lesiones en su lugar de trabajo, mientras que solo el 30.6% cree que no enfrenta este riesgo.

Ilustración 10 Grafica del personal que opina que se puede contraer una enfermedad laboral en el puesto de trabajo



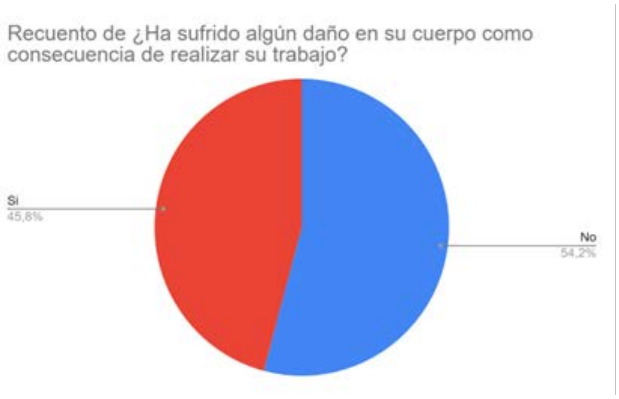


Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La ilustración 10 indica que el 62.5% de los encuestados considera que es posible evitar contraer una enfermedad laboral en su trabajo, mientras que el 37.5% cree que no.

Ilustración 11 Grafica del personal que ha sufrido algún daño en su cuerpo como consecuencia de realizar el trabajo



Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La ilustración 11 muestra que el 54.2% de los encuestados ha sufrido algún daño en su cuerpo como consecuencia de realizar su trabajo, mientras que el 46.8% indicó que no ha tenido este tipo de experiencias.

Ilustración 12 Grafica del personal al que se le ha informado acerca de los riesgos laborales existentes en el lugar de trabajo

Grafica de diagnóstico

Grafica post intervención

La ilustración 12 revela que el 55.1% de los encuestados no ha sido informado sobre los riesgos laborales existentes en su lugar de trabajo, mientras que el 44.9% sí ha recibido esta información. Este resultado es preocupante, ya que más de la mitad de los trabajadores carece del conocimiento necesario para identificar y prevenir riesgos.

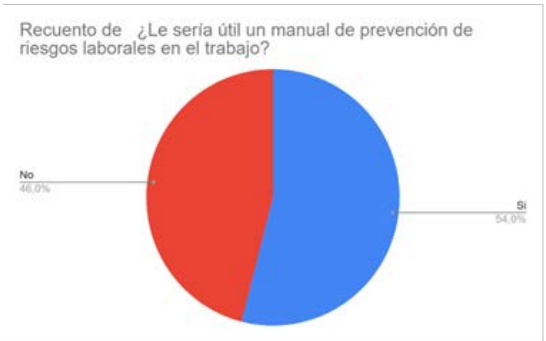
Ilustración 13 Grafica del personal al que se le realizan inspecciones de su puesto de trabajo

Grafica de diagnóstico

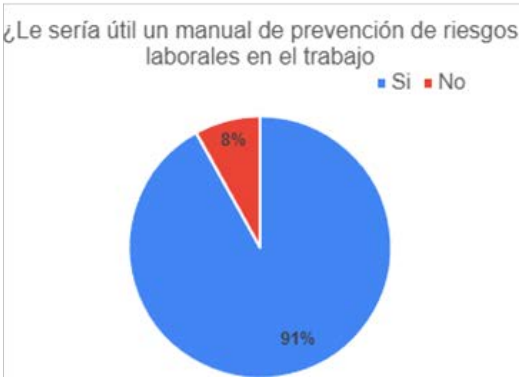
Grafica post intervención

La ilustración 13 muestra que el 56% de los encuestados indica que se realizan inspecciones de seguridad en su puesto de trabajo, mientras que el 44% afirma que no. Si bien es positivo que una mayoría reciba inspecciones de seguridad, el hecho de que casi la mitad de los trabajadores no cuente con estas revisiones refleja una importante área de mejora en términos de prevención y control de riesgos.

Ilustración 14 Grafica del personal que opina que le sería útil un manual de prevención de riesgos laborales



Grafica de diagnóstico

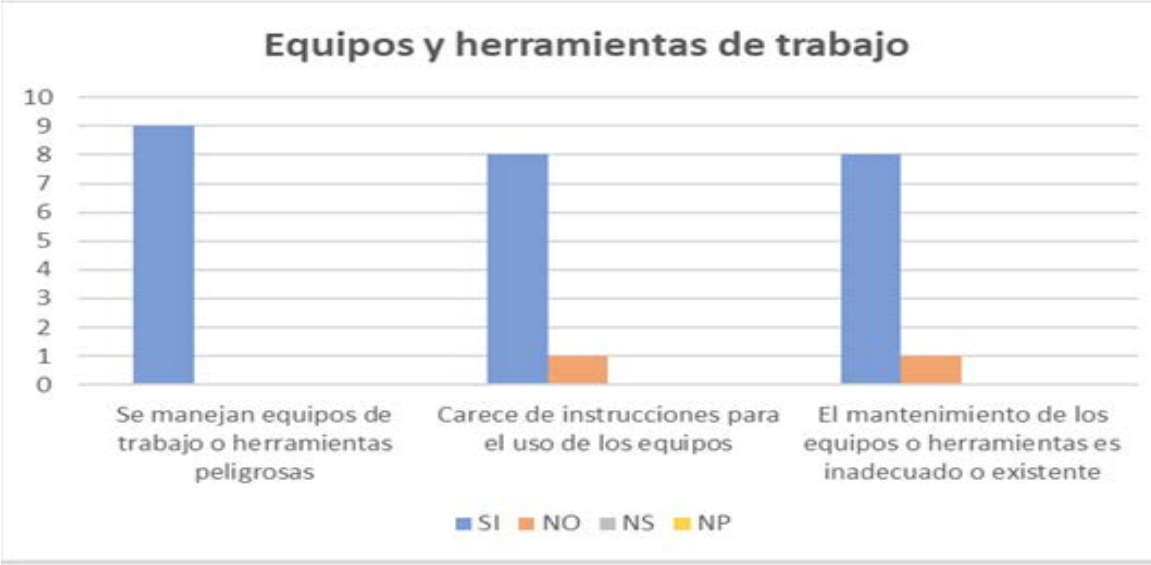


Grafica post intervención

La ilustración 14 refleja que el 54% de los encuestados considera que un manual de prevención de riesgos laborales sería útil en su trabajo, mientras que el 46% opina que no lo sería.

La disertación en el artículo de Programa en Riesgos Laborales pudimos ver que se aplicó una encuesta a los trabajadores de un taller mecánico para ver si hay cuidado de riesgos que se pueden ocasionar dentro del taller. Se les aplicaron ciertas preguntas como la existencia y mantenimiento de equipos y herramientas del taller y pudimos observar que la mayoría de las respuestas de todas las preguntas fueron de que no aportan sus equipos de protección personal y que no saben el cómo poder manejar un accidente o riesgo laboral, al igual que no se les da mantenimiento a sus máquinas y herramientas lo cual puede ocasionar un grave accidente, también vimos que por parte del taller no se les da una capacitación a dichos trabajadores de protección, es de suma importancia que todos los operadores del taller porten sus equipos de protección personal.

Ilustración 15 Encuesta de EPP,



Fuente: Propia

En los resultados de la ilustración 15 aplicadas en el presente, un 90% de los trabajadores del taller mecánico conocen el uso y portación de equipo de protección personal, se les aplicaron varias preguntas como por ejemplo si sabe cómo utilizar correctamente los equipos de protección en el trabajo y la mayoría de las respuestas fueron positivas. Es de suma importancia el que sepan estos datos para así tener un campo laboral más seguro y saludable. Nuestro objetivo es el que conozcan y utilicen estos EPP.

CONCLUSIÓN

La implementación de estrategias para fomentar el uso del equipo de protección personal (EPP) en el taller automotriz "Vitallantas" ha demostrado ser altamente efectiva, tanto en términos de seguridad como en el fortalecimiento de la cultura laboral dentro del taller. Hace seis meses, la investigación inicial reveló que el 50% de los mecánicos no utilizaba el equipo de protección personal de manera adecuada, lo que representaba un riesgo significativo para su seguridad y evidenciaba una falta de conciencia sobre la importancia de estas prácticas. A partir de esos resultados, se desarrollaron e implementaron acciones específicas, tales como capacitaciones sobre el uso y beneficios del equipo de protección personal, la distribución de equipo de alta calidad, la colocación de señalización en el taller y un seguimiento constante para garantizar el cumplimiento de estas medidas. Estas acciones no solo buscaron mitigar riesgos, sino también cambiar actitudes y generar un sentido de responsabilidad compartida entre los trabajadores y los líderes del taller.

Tras seis meses, los resultados del segundo cuestionario aplicado a los mismos trabajadores reflejaron una mejora significativa. La mayoría de los empleados reconoció la importancia del uso del equipo de protección personal, adaptándolo de manera regular en sus actividades diarias con un margen de 90% efectivo en cada una de las gráficas. Además, los datos muestran una reducción notable en el porcentaje de accidentes laborales, lo que valida la efectividad de las medidas implementadas. Este resultado es un claro indicador de que el equipo de protección personal no solo protege la integridad física de los empleados, sino que también mejora la eficiencia operativa y fortalece la reputación del taller como un lugar seguro para trabajar. En conclusión, este estudio confirma que la promoción y adopción del equipo de protección personal, en combinación con estrategias educativas y de supervisión, es fundamental para garantizar un entorno laboral más seguro. Los avances observados no solo benefician a los trabajadores, sino que también establecen un precedente positivo para el futuro del taller "Vitallantas", posicionándolo como un referente en la implementación de buenas prácticas de seguridad laboral. Sin embargo, es importante mantener este esfuerzo a través de

monitoreos periódicos y ajustes continuos que permitan sostener los resultados obtenidos y seguir mejorando las condiciones laborales en el taller.

REFERENCIAS

ESAN. (s.f.). Estrategias de marketing digital en pymes. Repositorio ESAN. Recuperado de https://repositorio.esan.edu.pe/items/d02792db-af0d-47e2-b179-4e62ad33bffc

UTP. (s.f.). Implementación de procesos de mejora continua en una organización. Repositorio UTP. Recuperado de https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3615

UTB. (s.f.). Impacto de las estrategias logísticas en el transporte internacional. Repositorio UTB. Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12984/6482

UISEK. (s.f.). Estudio de casos de responsabilidad social empresarial. Repositorio UISEK. Recuperado de https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4434

UPS. (s.f.). Diseño de una red logística para distribución de alimentos. Repositorio UPS. Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23940

UNACH. (s.f.). Propuesta metodológica para análisis de datos educativos. Espacio I+D. Recuperado de https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/240

UPS. (s.f.). Modelo para la gestión de riesgos en proyectos tecnológicos. Repositorio UPS. Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27269

UPSE. (s.f.). Plan estratégico para el desarrollo turístico local. Repositorio UPSE. Recuperado de https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10437

UNDAC. (s.f.). Análisis del impacto ambiental en operaciones mineras. Repositorio UNDAC. Recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3502

UniAgustiniana. (s.f.). Estrategias pedagógicas para fomentar la creatividad. Repositorio UniAgustiniana. Recuperado de https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/1316

UTA. (s.f.). Desarrollo sostenible en comunidades rurales. Repositorio UTA. Recuperado de https://repositorio.uta.edu.ec:8443/handle/123456789/36929

UTI. (s.f.). Innovaciones tecnológicas en el sector automotriz. Repositorio UTI. Recuperado de https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/3891

UDE. (s.f.). Análisis financiero de proyectos educativos. Repositorio UDE. Recuperado de http://dspace.biblio.ude.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/260/Tesis%20-%20DOMINGUEZ,%20Hernan%20Gabriel.pdf?sequence=1

REIBCI. (2021). Análisis de datos en ciencias de la información. Revista REIBCI. Recuperado de http://reibci.org/publicados/2021/ago/4300103.pdf

UNIAJC. (s.f.). Gestión de innovación tecnológica en pymes. Repositorio UNIAJC. Recuperado de https://repositorio.uniajc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e25e79bc-737a-4c38-9c43-5659a099ea40/content

USAC. (s.f.). Evaluación de programas de inclusión educativa. Repositorio USAC. Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/19805/

SEGURIDAD Y ACCIDENTES EN EL SECTOR MINERO EN DESARROLLOS MINEROS Y VOLADURAS EN EL ESTADO DE DURANGO

María del Pilar Reyes Sierra[1]
Raúl Amador Velázquez[2]
Magallanes Sáenz Julio[3]

Resumen

El objetivo principal de esta investigación es la elaboración de un plan para la detección de riesgos en una empresa minera municipio de Durango. para ello, se aplicó un instrumento de investigación a un total de 135 personas de una muestra N de 204 personas, con un margen de error del 5% dentro de la misma entidad integrado por 30 preguntas en el cual se consideran 2 variables (factor humano y el factor ambiental). Se utilizó una escala Likert de 5 puntos donde 5 es totalmente de acuerdo ,4 de acuerdo ,3 Ni acuerdo y ni desacuerdo, 2 En desacuerdo, 1 Totalmente desacuerdo. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software SPSS donde el Alfa de Cronbach fue de .801. Además, se realizó la prueba de KMO t Bartlett obteniéndose .848. Los resultados en base a la correlación de Pearson con las variables de tiempo y opinión y en base a la disertación de Osei-Boateng et al. (2021), donde se encontraron correlaciones positivas entre la percepción del clima de seguridad y el comportamiento seguro ($\rho = .45$, $p < .01$). asi como un análisis Spearman de (ρ entre .37 y .58, $p < .001$) y la comparación de ambos indicadores concluyen que la mejor manera en la que se pueden evitar riesgos es proporcionando equipo de protección personal necesarios al igual capacitaciones.

ABSTRACT

The main objective of this research is to develop a risk detection plan for a mining company in the municipality of Durango. To this end, a research instrument was administered to 135 people from a sample of 204 (N), with a 5% margin of error, within the same entity. The instrument consisted of 30 questions considering two variables: human factors and environmental factors. A 5-point Likert scale was used, where 5 represents strongly agree, 4 agree, 3 neither agree nor disagree, 2 disagree, and

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango. mariapilareyes@durango.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango raul.amador@itdurango.edu.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango 19040912@durango.tecnm.mx

1 strongly disagree. Data processing was performed using SPSS software, where Cronbach's alpha was .801. Additionally, Bartlett's t-test (KMO) was conducted, yielding a result of .848. The results were based on Pearson's correlation with the variables of time and opinion, and on the dissertation by Osei Boateng et al. (2021), where positive correlations were found between the perception of the safety climate and safe behavior ($\rho = .45$, $p<.01$). As well as a Spearman analysis (ρ between .37 and .58, $p<.001$) and the comparison of both indicators conclude that the best way to avoid risks is by providing necessary personal protective equipment as well as training.

INTRODUCCIÓN

La minería ha sido históricamente una de las actividades económicas más importantes en Durango, contribuyendo significativamente al desarrollo industrial y social de la región.

Sin embargo, esta labor conlleva riesgos inherentes que, de no ser gestionados adecuadamente pueden derivar en accidentes graves, e incluso en tragedias humanas. La seguridad en las minas no solo es un tema de cumplimiento normativo, sino exigencia ética y operativa para proteger la vida de los trabajadores y garantizar la sostenibilidad del sector.

En Durango, la extracción de minerales como el oro, la plata y el zinc ha sido fundamental para la economía local, pero también ha estado marcada por incidentes que evidencian las condiciones peligrosas a las que se enfrentan los mineros. Desprendimientos de rocas, explosiones, intoxicaciones por gases y fallas en maquinaria son solo algunos riesgos que persisten en este entorno laboral. A pesar de los avances en regulaciones y tecnología, los accidentes siguen ocurriendo, muchas veces por falta de capacitación, mantenimiento inadecuado de equipos o la omisión de protocolos de seguridad.

El uso correcto del equipo de protección personal (EPP) como cascos, lámparas de seguridad, respiradores y arneses, es crucial para minimizar estos peligros.

Sin embargo, su implementación no basta por si sola: se requiere una cultura de prevención que involucre inspecciones constantes, actualizaciones de normas y la participación activa de los empleados. Además, factores como las condiciones geológicas inestables de Durango y la antigüedad de algunas minas, exigen medidas adicionales de monitoreo y reforzamiento estructural.

Este trabajo busca analizar las causas de los accidentes mineros en la región, evaluar la eficiencia de las medidas de seguridad actuales y proponer estrategias para reducir los riesgos tomando como referencia 2 variables independientes que son el factor humano y el factor ambiental. A través de casos documentados y estadísticas oficiales, se destacarán la urgencia de mejorar los estándares de

protección, no solo para cumplir la legalización como la Ley Federal del Trabajo y la NOM-023-STPS-2012

MARCO TEÓRICO

Datos generales sobre la minería.

México es el productor principal de oro y plata en el mundo, así como también cobre y zinc, teniendo a los estados de Zacatecas, Chihuahua y Durango como los principales productores.

La minería contribuyó al 2.4% del PIB de México en el 2022 (SGM y Secretaría de Economía, 2022), además de recibir 3,491 millones de dólares en inversión extranjera (DataMéxico 2023).

Esta actividad económica en México generó 282,000 empleos aproximadamente en el año de 2023, representando el 0.46% de la población económicamente activa (DataMéxico, 2023).

La minería contribuye al desarrollo de la infraestructura de los lugares en donde opera, no solo dando empleo a la población, si no también ofreciéndoles vivienda e incluso escuela y sistemas de salud. Este desarrollo en infraestructura minera ayudo a 83 millones de mexicanos en 2023 (DataMéxico, 2023).

Con los beneficios que ofrece la industria minera, también vienen algunos desafíos ambientales y sociales, siendo estos la contaminación del suelo, aire y agua, el desplazamiento de comunidades, asi como la degradación de sus ecosistemas. Todo esto siendo mayormente causa de la falta de una regulación efectiva.

Las empresas mineras principales en México son: Grupo México, Industrias Peñoles, First Majestic, Grupo Acerero del Norte y Autlan. Siendo Grupo México la más grande de las empresas mencionadas, la cual ha estado relacionada con los accidentes mineros más graves del país, por ejemplo, el de Pasta de Conchos de 2006.

La minería mexicana atrae una gran parte de las inversiones extranjeras, aprovechando sus ricos yacimientos minerales, esta inversión alcanzo los 3,419 millones de dólares (DataMéxico, 2023).

Los accidentes laborales dentro del sector minero.

Entre los años de 2019 y 2022, se registró un promedio de 865 accidentes anuales en el sector minero, entre los cuales se encuentran accidentes incapacitantes y mortales (Camimex, 2023), estos accidentes tienden a costar entre 750,000 y 1,000,000 de pesos al año al país, lo cual representa un aproximado del 3% o 4% del PIB nacional (El Tiempo, 2001). En el factor ambiental se contempla:

- Condiciones geológicas del terreno (estabilidad de las minas).
- Clima y condiciones meteorológicas extremas.

Pasta de Conchos en 2006, fue uno de los accidentes más graves en la historia de la minería mexicana, donde 65 mineros perdieron la vida en una explosión de acumulación de gas metano (Expansión Política, 2022).

Otros accidentes notables incluyen el de El Hondo 2n 1889, donde murieron 300 mineros y el de sabinas en 2022, donde 10 mineros quedaron atrapados debido a un derrumbe causado por una inundación en una mina abandonada.

Los accidentes mineros no solo tienen el impacto de la perdida de vida para las familias de las víctimas, sino también un impacto político, a menudo se atribuyen a la falta de supervisión del gobierno y negligencia en las empresas, por ejemplo el accidente de Pasta de Conchos influyo en la percepción pública del sexenio de Felipe Calderón.

El mayor porcentaje de los accidentes que suceden en las minas se deben a la falta de conocimientos y riesgos por no usar adecuadamente el equipo de protección personal, a lo que llamamos “error humano”.

Dentro de la actividad minera, la seguridad se ha convertido en un tema de mayor importancia ya que la tecnología aplicada al igual que la innovación de los procesos, y la capacitación de los trabajadores han hecho que los accidentes disminuyan en mayor porcentaje. (CAMIMEX 2022)

La minería es uno de los principales sectores económicos de nuestro país, ya que desde nuestros antepasados se ha desarrollado cierta actividad. En la actualidad ha cambiado el proceso, y la maquinaria para facilitar los procesos artesanales que se llevan a cabo. (Alquicira 2023)

Las estadísticas sobre los accidentes en el sector minero en el año 2022 registraron una tasa del 0.90 de cada 100 trabajadores dando un 11% de reducción con años anteriores. (CAMIMEX 2022)

La minería en Durango ha tenido una gran evolución social y ha traído inversiones importantes, ya que esta es una de las mejores actividades del estado que contribuyen con el producto interno bruto. Se aporte el 11.2% de oro, el 14 de plata, el 1.5 de zinc, el 9% de plomo y el 19 de hierro. (Efraín Mariano 2024)

La investigación sobre las causas principales de accidentes en la minería mexicana tiene una relevancia significativa en varios factores económicos, políticos y sociales.

El análisis de las causas de accidentes en la minería nos ayuda a identificar los factores de riesgo más comunes y crear estrategias preventivas, contribuyendo a la reducción del número de accidentes así como de fatalidades, ayudando a salvar las vidas de los trabajadores. Por ello en el factor humano se contempla - Nivel de capacitación y experiencia de los trabajadores.

- Fatiga y estrés laboral.
- Cumplimiento de protocolos de seguridad.

Al entender las causas de los accidentes, se pueden implementar mejores condiciones para el trabajo, entre ellas están las actualizaciones de equipos de seguridad, capacitación continua al personal y mejor aplicación de las normas, no solo reduciendo los accidentes si no mejorando drásticamente la calidad de vida de los trabajadores.

Los accidentes mineros generan costos significativos para las empresas y al país, incluyendo gastos médicos, indemnizaciones, perdida en la producción y daños a la infraestructura. Previniendo estos accidentes, también se reducen los costos, permitiendo mayor inversión en otras áreas de desarrollo.

Un entorno de trabajo más seguro y eficiente puede contribuir a un aumento en la productividad de los trabajadores. Menos accidentes quieren decir menos interrupciones en las operaciones mineras, lo que se traduce en una mayor producción y rentabilidad para la empresa.

Los accidentes en las minas nos solo afectan a los mineros, sino también a sus familias, que pueden enfrentar dificultades económicas al perder a un ser querido que proveía con su trabajo en la mina. Al reducir los accidentes, se protege el bienestar de estas familias y ayuda a la estabilidad social.

Esta investigación busca también generar conciencia sobre la importancia de la seguridad laboral de los mineros. Al difundir estos resultados y las estrategias de prevención, se espera que tanto las empresas como los trabajadores adopten una cultura de prevención y de seguridad laboral más sólida.

Los hallazgos de esta investigación pueden funcionar como una base para una posible actualización y fortalecimiento de las normas de seguridad en el sector de la minería mexicana. Incluyendo la revisión de las normas oficiales mexicanas (NOM) y su implementación en políticas públicas de forma más efectiva.

En este estudio también se pone en evidencia la responsabilidad tanto del gobierno como de las empresas en la prevención de accidentes. Esto puede llevarnos a una mayor rendición de cuentas y a la implementación de medidas más estrictas para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Abordando las causas de los accidentes mineros, esta investigación también contribuye a la promoción de prácticas mineras más responsables y sostenibles. Incluyendo no solo la seguridad de los trabajadores, sino también la protección del medio ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales.

Finalmente, reduciendo los accidentes mineros y mejorar las condiciones de trabajo, también mejoraría la reputación del sector minero en México. Esto podría atraer más inversiones extranjeras y fortalecer la posición del país en el mercado minero global.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Determinar riesgos laborales presentes en el sector minero
2. Evaluar si la empresa minera DMV toman acciones en cuestiones de seguridad laboral.
3. Recopilar la opinión de los empleados respecto a las condiciones de trabajo.

HIPÓTESIS

La implementación adecuada del equipo de seguridad y protocolos específicos podría reducir significativamente los riesgos laborales en “el sector minero".

METODOLOGÍA

Área de Estudio:

La investigación se desarrolla en Durango, Durango, México, enfocándose en empresas mineras. Estas serán analizadas con especial atención en la prevención de accidentes laborales. El estudio se centró en el estado de Durango, específicamente en la industria minera. La investigación consideró factores como instalaciones, equipo de trabajo, protocolos y capacitación.

Lugar de estudio:

El estudio se realiza en la empresa "DMV" ubicada en el estado de Durango. Se localiza en Prof. Everardo Gamiz colonia el maestro.

Tipos de investigación

Se utiliza un enfoque cuantitativo, descriptivo y experimental. Además, se lleva a cabo una investigación de campo para identificar focos de riesgo dentro del establecimiento, analizando actividades, zonas y momentos percibidos como vulnerables por los mineros.

Diseño del Estudio

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo. Se realizó una investigación de campo algunas minas del estado de Durango, recolectando información mediante un cuestionario estructurado de 30 preguntas aplicado a 135 empleados.

Instrumento de Recolección de Datos

-Cuestionario: Diseñado con 30 preguntas referenciando 2 artículos arbitrados para que estén orientadas a la contribución de datos más acercados a los accidentes en el sector minero

-Análisis Estadístico: Los datos fueron procesados en SPSS, obteniendo un índice de confiabilidad de Cronbach de 0.801 y una prueba KMO de 0.848, confirmando la consistencia del instrumento.

Índice de Fiabilidad

Se utilizó el software estadístico SPSS para analizar los datos recopilados del instrumento de investigación. Se aplicó el instrumento de investigación a una muestra de 135 individuos (Cartín, 2021) con el objetivo de evaluar la confiabilidad de dicho instrumento.

Índice de Cronbach:

Los resultados obtenidos en las estadísticas de fiabilidad son las siguientes:

Figura No. 1

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.801	30

Cuyos valores factibles oscilan entre 0.8 y 1.00, obteniéndose un factor positivo y confiable

Estos índices nos indican la fiabilidad del instrumento de investigación.

El índice de KMO y Bartlett presentaron los siguientes resultados:

Figura No.2

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.848
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	1120.146
	gl	435
	Sig.	<.001

Cuyos valores factibles oscilan entre 0.6 y 1.00, obteniéndose un factor positivo y confiable

Las correlaciones de Pearson que se encontraron fueron las siguientes:

		Marca temporal	1.- Tiempo en la empresa	2.- ¿Cuáles son los riesgos más comunes que enfrentas en tu trabajo diario?
Marca temporal	Correlación de Pearson	1	.042	-.026
	Sig. (bilateral)		.634	.765
	N	134	134	134
1.- Tiempo en la empresa	Correlación de Pearson	.042	1	.183*
	Sig. (bilateral)	.634		.034
	N	134	134	134
2.- ¿Cuáles son los riesgos más comunes que enfrentas en tu trabajo diario?	Correlación de Pearson	-.026	.183*	1
	Sig. (bilateral)	.765	.034	
	N	134	134	134

4.- ¿Cuáles dirías que son las principales causas de accidentes en la minería?	Correlación de Pearson	-.154	.143	.171*
	Sig. (bilateral)	.076	.100	.048
	N	134	134	134
5.- ¿Cómo suele reaccionar la empresa o la	Correlación de Pearson	.104	.087	.089
	Sig.	.234	.315	.304

9.- ¿4entes que los equipos de protección personal son adecuados y suficientes?	Correlación de Pearson	-.166	.004	.046
	Sig. (bilateral)	.055	.962	.598
	N	134	134	134
10.- ¿Has participado en 4mulacros o entrenamientos	Correlación de Pearson	-.080	.233**	.145
	Sig. (bilateral)	.361	.007	.093

Prueba Kruskal-Wallis

Para analizar si existían diferencias significativas en la percepción de las condiciones de seguridad entre los distintos grupos de trabajadores según su área de trabajo o antigüedad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Esta prueba permitió comparar las medianas entre grupos independientes. El número total de N obtenido fue de 134.

Comparaciones por parejas de Marca temporal

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Sig. ajust.[a]
-	.000	50.910	.000	1.000	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de .050.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

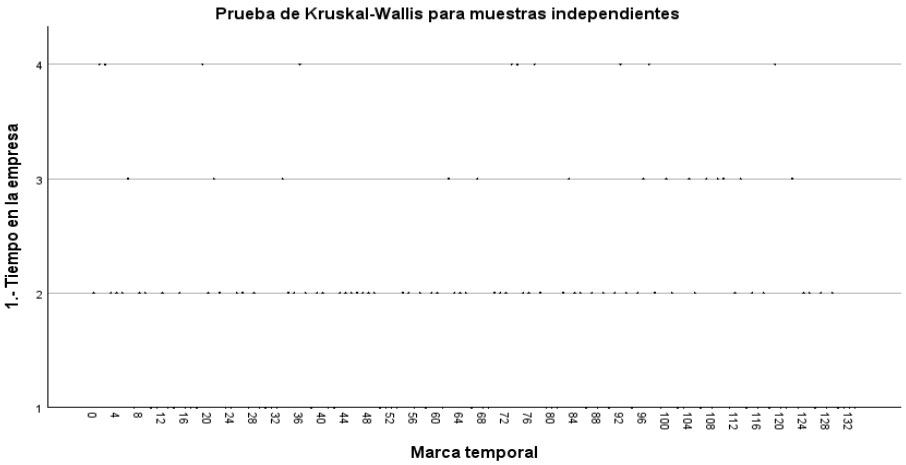
Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes

1.- Tiempo en la empresa entre Marca temporal

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	134
Estadístico de prueba	133.000[a]
Grado de libertad	133
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.484

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

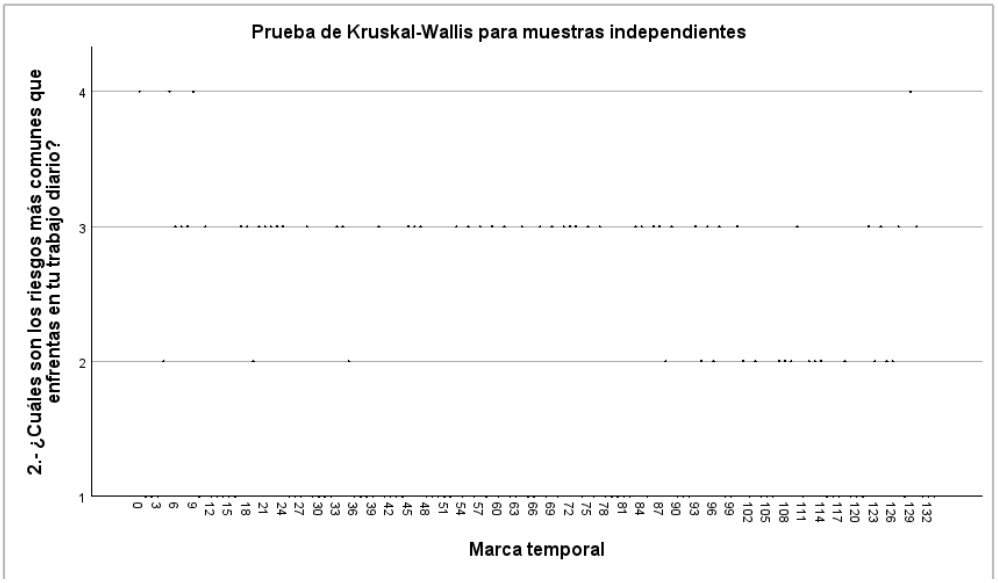


2.- ¿Cuáles son los riesgos más comunes que enfrentas en tu trabajo diario? entre Marca temporal

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	134
Estadístico de prueba	133.000[a]
Grado de libertad	133
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.484

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.



Comparaciones por parejas de Marca temporal

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Sig. ajust.[a]
-	.000	51.015	.000	1.000	1.000

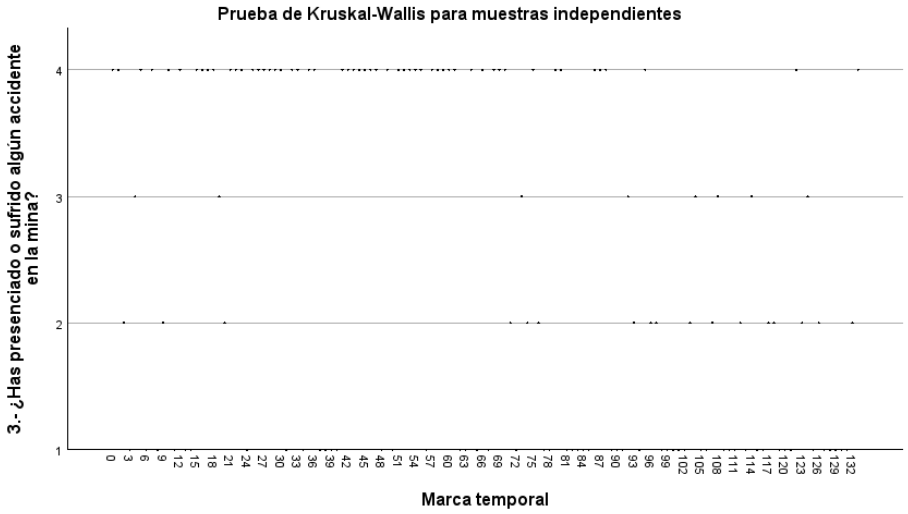
Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de .050.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	134
Estadístico de prueba	133.000[a]
Grado de libertad	133
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.484

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.



Correlación de Spearman

Dado que la escala utilizada es ordinal y no se asumió normalidad en los datos, se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la relación entre variables como la percepción de riesgo y la capacitación recibida.

[ConjuntoDatos1]

Correlaciones

		1.- Tiempo en la empresa	2.- ¿Cuáles son los riesgos más comunes que enfrentas en tu trabajo diario?	3.- ¿Has presenciado o sufrido algún accidente en la mina?	4.- ¿Cuáles dirías que son las principales causas de accidentes en la minería?	5.- ¿Cómo suele reaccionar la empresa o la administración de la mina cuando ocurre un accidente?	6.- ¿Existen protocolos de seguridad bien establecidos y se cumplen en la práctica?	7.- ¿Qué tan efectiva con4deras la capacitación en seguridad que reciben los mineros?	8.- ¿Qué medidas de seguridad crees que podrían mejorarse o implementarse para reducir los accidentes?	9.- ¿4entes que los equipos de protección personal son adecuados y suficientes?	10.- ¿Has participado en 4mulacros o entrenamiento s para emergencias?	11.- ¿Crees que los accidentes en la minería podrían reducirse 4gnificativame nte con más inver4ón en seguridad?	12.- ¿Cuál es la medida de seguridad más importante al iniciar la minería?
Rho de Spearman	1.- Tiempo en la empresa	1.000	.243**	-.084	.137	.087	-.094	.093	.040	-.053	.248**	.162	.032
	Sig. (bilateral)	.	.005	.335	.115	.317	.282	.284	.643	.546	.004	.062	.713
	N	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	131

28.- ¿Se realizan 4mulacros de emergencia en la mina con 3rdad?	Coeficiente de correlación	.109	-.027	.062	.087	.240**	.178*	.191*	.057	.097	.065	-.014	.202*
	Sig. (bilateral)	.216	.762	.484	.325	.006	.043	.030	.521	.274	.462	.871	.022
	N	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	128
30.- ¿Cómo evaluarías la comunicación entre los trabajadores y la empresa en temas de seguridad?	Coeficiente de correlación	.155	-.013	.019	.208*	.264**	.054	.462**	.075	.274**	.110	.002	.127
	Sig. (bilateral)	.078	.880	.830	.018	.002	.541	<.001	.398	.002	.215	.986	.153
	N	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	128

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Medidas simétricas

Para complementar el análisis entre variables categóricas, se incluyeron medidas simétricas como V de Cramer y el coeficiente de contingencia. Estas pruebas se utilizaron para analizar la asociación entre, por ejemplo, el uso de equipo de protección personal y la frecuencia reportada de accidentes.

El valor obtenido de V de Cramer = 0.426, con un nivel de significancia de p = 0.002, indica una asociación moderada y significativa entre las variables.

Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar	Asimetría		Curtosis	
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error estándar	Estadístico	Error estándar
Marca temporal	134	24-MAR-2025	24-APR-2025	12-APR-2025	12 05:07:53.1...	-.134	.209	-1.955	.416
1.- Tiempo en la empresa	134	1	4	1.86	.886	.942	.209	.295	.416
2.- ¿Cuáles son los riesgos más comunes que enfrentas en tu trabajo diario?	134	1	4	1.90	.975	.410	.209	-1.431	.416
3.- ¿Has presenciado o sufrido algún accidente en la mina?	134	1	4	2.48	1.375	.056	.209	-1.849	.416
4.- ¿Cuáles dirías que son las principales causas de accidentes en la minería?	134	1	4	2.04	.883	.111	.209	-1.298	.416
5.- ¿Cómo suele reaccionar la empresa o la administración de la mina cuando ocurre un accidente?	134	1	3	1.76	.919	.495	.209	-1.645	.416
6.- ¿Existen protocolos de seguridad bien establecidos y se cumplen en la práctica?	134	1	2	1.02	.148	6.530	.209	41.257	.416

Disertación

Los resultados obtenidos en este estudio sobre seguridad en minas de Durango coinciden en gran medida con los hallazgos de Osei-Boateng et al. (2021), quienes en una mina de Ghana encontraron correlaciones positivas entre la percepción del clima de seguridad y el comportamiento seguro (ρ = .45, $p < .01$). De forma similar, en nuestro análisis de Spearman se observaron correlaciones moderadas y significativas entre variables como percepción del EPP, frecuencia de inspecciones y comunicación con supervisores (ρ entre .37 y .58, $p < .001$), lo cual refuerza el valor de estas dimensiones como indicadores del entorno seguro.

Asimismo, el estudio de (Chokshi et al. 2019) encontró que la implementación de sistemas de gestión de seguridad se relaciona con la reducción de incidentes. Aunque en nuestro caso la prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias significativas entre grupos temporales, sí se observó una

consistencia en percepciones positivas, lo que apunta hacia un entorno preventivo consolidado, como sugieren ambos estudios.

RESULTADOS

*Correlación de Spearman

Debido a la naturaleza ordinal de la escala (tipo Likert), se utilizó la correlación de Spearman para explorar asociaciones entre variables clave. Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre:

-Percepción de la efectividad del equipo de protección personal (EPP) y frecuencia de inspecciones de seguridad ($\rho = .49$, $p < .001$).

-Comunicación con los supervisores y nivel percibido de riesgo ($\rho = .58$, $p < .001$).

-Capacitación recibida y confianza en el cumplimiento de protocolos ($\rho = .42$, $p < .001$).

Estos resultados indican que una mayor percepción de supervisión, capacitación y uso adecuado de EPP se asocia con una mayor sensación de seguridad entre los trabajadores.

*Medidas simétricas

Para analizar la asociación entre variables categóricas, se utilizó la V de Cramer, obteniendo un valor de 0.426 ($p = 0.002$) entre el uso de EPP y la frecuencia reportada de accidentes. Esta asociación es moderada pero significativa, indicando que los trabajadores que reportan un uso constante de EPP presentan una menor incidencia de accidentes.

En base a la aplicación del cuestionario a 135 trabajadores del sector minero de la mina DMV se realizó un análisis cuantitativo mediante el software SPSS el cual permitió validar la confiabilidad del instrumento y examinar puntos clave y sus correlaciones.

1. Confiabilidad del instrumento

El cuestionario obtuvo un .801 de confiabilidad de cronbach lo que indica una alta consistencia interna a su vez la adecuación muestral KMO es de .848 y la prueba de Barlett confirmaron que los datos eran adecuados para análisis multivariado validando la estructura del instrumento.

2. Correlación entre variables

Se aplicó la correlación de spearman debido a la naturaleza ordinal de los datos (escala de linkert) Los resultados tienen relaciones favorables y estadísticamente significativas entre:

- La percepción de la efectividad del equipo de protección personal y la frecuencia de inspecciones de seguridad
- La comunicación con los supervisores y el nivel percibido de riesgo
- La capacitación recibida y la confianza en el cumplimiento de protocolos

Estos resultados indican que una mayor supervisión, capacitación continua y uso adecuado del EPP sería un factor favorable del entorno de trabajo y una menor sensación de riesgo en los empleados.

3. Prueba de Kruskal

Se aplicó esta prueba para conocer diferencias significativas entre la percepción de seguridad entre trabajadores según su área y su antigüedad aunque no se hallaron diferencias estadísticamente significativas si se observa una tendencia hacia percepciones positivas donde había mayor presencia de inspecciones y protocolos claramente establecidos.

MEDIDAS SIMÉTRICAS

La asociación entre variables categóricas fue evaluada mediante la **V de Cramer**, obteniendo un valor de **0.426 (p = 0.002)** entre el uso constante de EPP y la frecuencia reportada de accidentes. Esta asociación moderada pero significativa sugiere que el uso sistemático del equipo de protección está relacionado con una menor incidencia de accidentes en el sitio laboral.

INTERPRETACIÓN GENERAL

En conjunto, los resultados apoyan la hipótesis planteada: *la implementación adecuada del equipo de seguridad y los protocolos específicos reduce significativamente los riesgos laborales en el sector minero*. Se reafirma que tanto el factor humano (capacitación, comunicación, cumplimiento) como el factor ambiental (inspecciones, condiciones del entorno) son fundamentales para consolidar una cultura de seguridad eficaz en la minería

REFERENCIAS

Cartín, A. (2021). *Implementación del análisis de riesgo laboral en la industria alimentariamedinte la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual.*

Chokshi, R. P. (2019). Efecto de los sistemas de gestión de seguridad sobre la reducción de incidentes en minería: Modelos de Poisson ajustados por horas trabajadas.

Federación, D. O. (18 de Mayo de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5248872&fecha=18/05/2012#%20gsc.tab=0&gsc.tab=0

Mexicano, S. G. (20 de Enero de 2020). *Gobierno de México*. Obtenido de https://www.gob.mx/sgm/acciones-y-programas/centros-experimentales-86023

Osei Boateng, A., Apagar Boateng, E. K., & & Boateng, P. (2021). Relación entre percepción del clima de seguridad y desempeño seguro en una mina de oro en Ghana. *African Medical Journal*.

política, E. (09 de Agosto de 2022). *Expansión política*. Obtenido de https://politica.expansion.mx/mexico/2022/08/09/accidentes-mineros-en-mexico

Sydle. (01 de Diciembre de 2021). *Sydle*. Obtenido de https://www.sydle.com/es/blog/checklist-61a786f45448461cf98f7b23

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ALMACÉN DE HERRAMIENTAS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS PORTUARIOS, LOGÍSTICOS Y DE TRANSPORTE TERRESTRE

Elsa Elena Corona Mayoral[1]

Delia del Carmen Gamboa Olivares[2]

Oscar López Aguirre[3]

RESUMEN

La presente es el resultado de una investigación aplicada en el almacén de herramientas de una empresa de servicios portuarios, logísticos y de transporte terrestre en donde existe la dificultad para mantener suficientes herramientas para satisfacer la demanda de las diversas operaciones, por otra parte, su almacenamiento inadecuado entorpece su localización. Tiene como objetivo garantizar la disponibilidad oportuna de herramientas y equipos necesarios para mantener las operaciones funcionando de manera segura y eficaz para lo que se aplica la metodología de mejora continua (PHVA), que se detalla por etapa.

Como resultado se obtuvo una reducción del 67% en los errores de identificación y retrabajos de los cables de carga (estrobos) mediante la clasificación ABC, un 17.43% por estrobos dañados o en mal estado, también se redujo en un 8.9% el inventario general de grilletes y ganchos. Por último, se logró una reducción del 30% en la probabilidad de enviar herramientas de eslingas planas en mal estado a las operaciones portuarias

Palabras clave: mejora continua, PHVA, productividad

ABSTRACT

This report presents the results of applied research conducted in the tool warehouse of a port, logistics, and land transport services company. Maintaining sufficient tools to meet the demands of diverse operations presents a challenge, and inadequate storage hinders their retrieval. The objective is to ensure the timely availability of the necessary tools and equipment to maintain safe and efficient operations. To achieve this, the continuous improvement methodology (PDCA) is applied, detailed in each stage.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. elsa.cm@veracruz.tecnm.mx

[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. delia.go@veracruz.tecnm.mx

[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz. oscar.la@veracruz.tecnm.mx

The results include a 67% reduction in identification errors and rework of cargo slings through ABC classification, a 17.43% reduction in damaged or defective slings, and an 8.9% reduction in the overall inventory of shackles and hooks. Finally, a 30% reduction was achieved in the probability of sending defective flat sling tools to port operations.

Keywords: continuous improvement, PDCA, productivity

INTRODUCCIÓN

La gestión del control en el área de cabuyería de la terminal portuaria enfrenta varias problemáticas que afectan las operaciones portuarias. Estas incluyen la dificultad para mantener suficientes herramientas (actualmente cuenta con un total de 6,036 de diferentes tipos), una rotación de inventario inadecuada, problemas de espacio y organización, dificultad en la identificación de herramientas, y necesidades imprevistas debido a cambios repentinos en las operaciones. Al detallar estas problemáticas se tiene:

Faltantes. La dificultad para mantener suficientes herramientas para satisfacer la demanda de las diversas operaciones en el muelle para la carga o descarga de mercancías de los buques atracados. Esto puede resultar en retrasos operativos y tiempos de inactividad costosos.

Rotación de inventario: Algunas herramientas tienen una rotación más rápida que otras, lo que puede conducir a la acumulación de inventario obsoleto o de baja demanda, mientras que las herramientas críticas pueden escasear. Es necesario gestionar adecuadamente el inventario para evitar la falta de herramientas esenciales y la acumulación de herramientas innecesarias.

Espacio y organización: El almacenamiento inadecuado dificulta la localización rápida y eficiente de las herramientas, lo que aumenta el tiempo de búsqueda y reduce la eficiencia operativa. Una disposición organizada y un sistema de almacenamiento eficiente optimizan el flujo de trabajo en el almacén de herramientas.

Identificación de herramientas: La dificultad para encontrar las herramientas según su tamaño es otra problemática importante, ya que no hay un control visual de las herramientas para su clasificación adecuada por tamaños. Actualización del sistema de etiquetado o codificación puede facilitar la identificación rápida de las herramientas necesarias.

Necesidades imprevistas: Las operaciones portuarias están sujetas a cambios repentinos y eventos imprevistos, como cambios en la programación de buques, demandas inesperadas o emergencias operativas. Estas situaciones pueden generar demandas urgentes de herramientas que no estaban previstas en el inventario, lo que requiere una capacidad de respuesta rápida y flexible por parte del almacén de herramientas.

Para abordar estos problemas, se implementará una metodología de mejora continua que optimice la gestión del inventario y el sistema de almacenamiento. El objetivo es garantizar la disponibilidad oportuna de herramientas y equipos necesarios para mantener las operaciones funcionando de manera segura y eficaz.

METODOLOGÍA

La metodología de análisis empleada se basa en el ciclo PHVA (ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), el ciclo PHVA, conocido en años recientes como el ciclo de Deming, es una metodología de cuatro etapas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar, que facilita la mejora de procesos en negocios y empresas. Esta metodología tiene como finalidad ayudar a los diferentes equipos a reducir costos y posibles errores, incrementar los ingresos y mejorar la satisfacción del cliente. Dependiendo de la naturaleza de la empresa y el proyecto, puede ser complementado con la metodología Lean de gestión de proyectos (Martins, 2024).

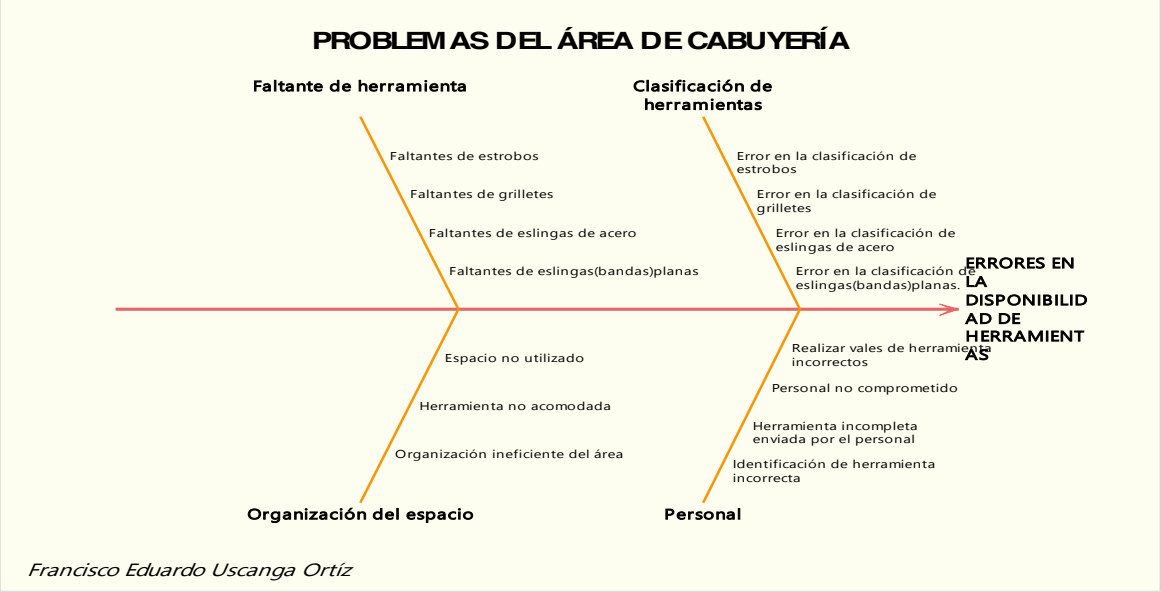
Para el desarrollo de la metodología se aplicaron las herramientas: Diagrama Ishikawa, clasificación ABC de inventario (E. Silver, 1998) y un cuestionario de 5 preguntas abiertas al personal del área de cabuyería.

RESULTADOS

Los resultados se presentan desde las etapas de la metodología PHVA:

PLANEAR. Para determinar cuáles son los problemas a resolver se realiza un diagrama Ishikawa (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de Ishikawa para analizar la causa de los errores.



Fuente: Uscanga, F. E. (2024).

Se determinó que los errores más frecuentes en el área son la falta de herramientas, la clasificación inadecuada de las mismas, la deficiente organización del espacio y los errores del personal de cabuyería. Estas causas contribuyen a los problemas en la disponibilidad de herramientas, reduciendo así la eficiencia operativa. Además de este análisis y para su complemento, se aplicó una encuesta al personal operativo cuyo sumario de respuestas se muestra en la Tabla 1.

1	De acuerdo con el tiempo que llevas en el área. ¿Qué problema persiste más en el area de cabuyería)
	Los resultados indican que la mala clasificación de herramientas es el aspecto más destacado con un 61.5%, seguido por el faltante de herramientas con un 23.1%. La capacitación del personal y la organización del espacio obtuvieron cada uno un 7.7%.
2	¿En que herramientas existe el error de clasificación?
	Los errores en la identificación de estrobos son los más altos con un 50%, seguidos por los errores en la identificación de grilletes con un 37.5% y los errores en la identificación de es-lingas planas con un 12.5%, respectivamente.
3	¿Cómo está impactando el problema’
	El impacto del problema de la clasificación de herramientas se refleja en el retrabajo de armado de herramientas con un 50%, los errores en el envío de herramientas con un 37.5% y las demoras en el tiempo de armado de herramientas con un 12.5%.
4	¿Cuál medida correctiva sería mejor para la eliminación de este problema’
	Las medidas correctivas propuestas fueron: la clasificación de acuerdo a la demanda de la herramienta, que obtuvo un 50% de respuesta; la clasificación de acuerdo a la colorimetría de tamaño, con un 37.5%; y la clasificación por tamaños y volumen, con un 12.5%.
5	¿Qué tipo de herramientas persiste más con faltantes para operaciones?
	Para el problema de faltantes de herramientas, se puede observar que los faltantes de eslingas planas obtuvieron un 66.7%, y los faltantes de grilletes, un 33.3%.

Tabla 1: *Problemática relacionada con la disponibilidad de herramientas*

Fuente: Uscanga, F. E. (2024).

Con los resultados obtenidos de la encuesta se plantean las siguientes actividades para la reducción de los problemas y errores existentes:

a) Identificar y dar de baja de operaciones los estrobos dañados o en mal estado.

b) Implementar la Técnica ABC por demanda de los estrobos.

c) Clasificar por colorimetría los grilletes y ganchos.

d) Identificar y dar de baja de operaciones las eslingas planas en mal estado o dañadas.

HACER. A continuación, se desarrollan las actividades planteadas:

a) Identificar y dar de baja de operaciones los estrobos dañados o en mal estado.

Con el apoyo de los cabuyeros y maniobristas, se identificaron los estrobos que se encontraban dañados o en mal estado de acuerdo con los signos visibles de descosedura u oxidación del estrobo. El personal capacitado evaluó cada estrobo minuciosamente, registrando aquellos que necesitaban reparación o reemplazo inmediato, la identificación precisa de estos defectos es importante para asegurar la seguridad y eficiencia en las operaciones, con esta actividad se identificaron 19 estrobos dañados.

b) Implementación de la Técnica ABC por demanda de estrobos.

La implementación de la Técnica ABC en el área de cabuyería se realizó clasificando los estrobos de acuerdo a la demanda que tienen, recabando los datos históricos de los vales de herramienta realizados en un año natural. Donde:

- Artículos No 1-3 representan el 60% de la demanda total.
- Artículos 4 al 8 representan el 31.98% de la demanda total.
- Artículos 9-15 representan el 9.2% de la demanda total.

Seguidamente se replanteó el layout del área especificando en que parte del almacén estará la clasificación de estos estrobos. La clasificación ABC de los estrobos se encuentra en los racks marcados con letras de color, donde la ubicación de los estrobos de clasificación A está marcada con color amarillo, la clasificación B con color azul y la clasificación C con color verde (Figura 2). Este sistema de organización fue implementado para facilitar la identificación y el acceso rápido a los estrobos según su clasificación lo que mantiene la continuidad en el área de trabajo.

Figura 2 Layout de Clasificación ABC

Fuente: Uscanga F. E. (2024).

c) Clasificar por colorimetría los grilletes y ganchos.

Se determinó la colorimetría de los grilletes y ganchos que se usará como se presenta:

- Grillete para capacidad de 4 ¾ toneladas
- Grillete para capacidad de 6 ½ toneladas
- Grillete para capacidad de 8 ½ toneladas
- Grillete para capacidad de 12 toneladas
- Grillete para capacidad de 17 toneladas
- Grillete para capacidad de 21 toneladas
- Grillete para capacidad de 25 toneladas
- Gancho para izaje capacidad de 3 toneladas.
- Gancho para izaje capacidad de 3 toneladas.
- Gancho para izaje capacidad de 3 toneladas.
- Gancho para izaje capacidad de 3 toneladas

Se empezó por pintar los grilletes de acuerdo a su capacidad de carga con el apoyo de los maniobristas y cabuyeros, posteriormente se hizo lo propio con los ganchos. Se pretende así reducir los retrabajos o errores que surgen por la identificación inadecuada de estas herramientas.

d) Identificar y dar de baja de operaciones las eslingas planas en mal estado o dañadas.

Se identificaron las eslingas planas que se encontraban dañadas o en mal estado, utilizando como criterios de evaluación el desgaste, la descocedura del hilo y su antigüedad (Figura 3). Este proceso de inspección minuciosa permitió detectar aquellas eslingas que presentaban signos de deterioro, como abrasión excesiva, roturas o debilitamiento de las costuras. Además, se consideró la antigüedad de las eslingas, ya que con el paso del tiempo pueden perder sus propiedades físicas y mecánicas, volviéndose menos seguras para su uso en las operaciones de carga y descarga.

De acuerdo con la identificación de las eslingas dañadas o en mal estado, se recabaron los siguientes datos: la cantidad específica de eslingas dañadas y la clasificación detallada de las mismas.

Figura 3. Eslingas Planas dadas de baja

DESCRIPCION DE ARTICULO	CANTIDAD
ESLINGA PLANA OJO- OJO DE 4" X 12 MTS. CODIGO EE2-94 ANCHO DE OJO 2" LARGO DE OJO 12", CAP 5.084TONS. VERTICAL	35
ESLINGA PLANA EE2-94 DE 4" X 6 MTS. ANCHO DE OJO 2" LARGO DE OJO 12". CAP 5.084 TONS. VERTICAL MCA. VIKING	99
ESLINGA PLANA DE POLIESTER "SIN-FIN" DE 2" X 3.75 MTS CON CAPACIDAD VERTICAL 3 TONS, FIBRA COLOR ROJO	10
ESLINGA PLANA EE4-96 6 X 6 MTS. ANCHO DE OJO 2 X 20 LONG. OJO-OJO CAP. VERTICAL 13521 TONS.	37

Fuente: Uscanga, F. E. (2024)

VERIFICAR. Se verificaron los resultados de las acciones realizadas encontrándose que:

a) Por la baja de operaciones los estrobos dañados o en mal estado.

Resultó en una reducción del porcentaje de errores al elegir o seleccionar estrobos dañados en un 17.3% desglosados de la forma siguiente: un 17% los errores en el envío de estrobos Superflex de tamaño 1 ½ x 3.20 metros con capacidad para 16.70 toneladas dañados a operaciones portuarias; un 33% los errores en estrobos de acero Super-flex de tamaño 1 ½ x 2 metros con doble ojo y por la reducción de inventario de estrobos Superflex de tamaño 7/8 x 1.40 metros con doble rozadera reforzada Crosby se logra una reducción del 8% en los errores en el envío de este tipo. Esto da como resultado que los estrobos, estén siempre disponibles para las operaciones de manera segura y eficaz.

b) Por la Implementación de la Técnica ABC por demanda de estrobos.

Se hizo un comparativo “antes” u “después” de la mejora observándose una disminución de errores en la identificación y retrabajo de estrobos de un 67 %.

c) Al clasificar para la colorimetría los grilletes y ganchos.

Al clasificar por colorimetría se detectaron y desecharon aquellos que estaban dañados (perno del grillete, seguro de gancho, abollado o en mal estado por oxidación) dando por consiguiente los siguientes datos obtenidos de la herramienta dañada:

- Se redujo en 10.25% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 12 toneladas.
- Se redujo en 6.90% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 17 toneladas.
- Se redujo en 9.52% los errores en la identificación y envío de herramienta de gancho dañado para capacidad de 21 toneladas.
- Se redujo en 9.68% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 11 toneladas.
- Se redujo en 10.53% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 35 toneladas.
- Se redujo en 6.25% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 8.5 toneladas.
- Se redujo en 12.50% los errores en la identificación y envío de herramienta de grillete dañado para capacidad de 4.75 toneladas.

Así se asegura siempre contar con la cantidad adecuada de herramientas y tenerlas disponibles en tiempo y forma, cumpliendo con todos los estándares establecidos. Esta mejora no solo optimiza el desempeño operativo, sino que también minimiza los riesgos asociados a posibles fallos o retrasos en las operaciones.

d) Identificar y dar de baja de operaciones las eslingas planas en mal estado o dañadas.

De acuerdo a la identificación de la herramienta de eslingas planas en mal estado o dañadas se obtuvo los siguientes datos:

- Disminución del 49.75% los errores de envío de eslingas planas tamaño 4” x 6 mt.
- Disminución del 68.63% los errores de envío de eslingas tamaño 4” x 12 mts.
- Disminución del 8.20% los errores de envío de eslingas tamaño 2” x 3.75 mts.
- Disminución del 38.54% los errores de envío de eslingas tamaño 6” x 6 mts.

Mediante la identificación y retiro de las eslingas planas dañadas, se ha logrado reducir significativamente el riesgo de que estas herramientas defectuosas sean enviadas a las operaciones. Esta medida garantiza que solo se utilicen eslingas en buen estado, asegurando tanto la seguridad como la disponibilidad de los equipos necesarios para las actividades operativas.

ACTUAR. Algunas de las acciones correctivas que se tienen que hacer o seguir implementando para mantener y mejorar las actividades o mejoras realizadas en el presente proyecto son las siguientes:

Estandarización del proceso: Se requiere estandarizar el proceso de almacenamiento mediante la clasificación ABC con el objetivo de mantener y obtener mejores resultados en la implementación de esta mejora.

Optimización de almacenamiento: Organizar el almacén de manera lógica y eficiente, agrupando herramientas similares y etiquetando claramente cada sección.

Mantenimiento preventivo: Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para las herramientas, asegurando que se inspeccionen regularmente para mantenerlas en buen estado e identificar aquellas que se encuentren dañadas.

Realización de Inventarios Periódicos: Programar inventarios físicos regulares para verificar la precisión de las existencias registradas además comparar los resultados del inventario físico con los registros del sistema para identificar y corregir discrepancias.

Estas acciones correctivas no solo mejorarán el control de existencias y la disponibilidad de herramientas, sino que también contribuirán a la eficiencia operativa general y a la reducción de errores de herramienta asociados con la gestión de herramientas.

CONCLUSIONES

Los resultados esperados del presente proyecto fueron garantizar la disponibilidad de las herramientas en la cantidad adecuada y con seguridad, mediante la reducción de errores en la identificación y envío de herramientas dañadas a las operaciones portuarias. La participación de Francisco Eduardo Uscanga Ortiz para el logro de los resultados esperados fue determinante ya que implementó la

metodología con la que se logró reducir en un 67% los errores de identificación y retrabajos de estrobos mediante la clasificación ABC, un 17.43% por estrobos dañados o en mal estado, también se redujo en un 8.9% el inventario general de grilletes y ganchos. Por último, se logró una reducción del 30% en la probabilidad de enviar herramientas de eslingas planas en mal estado a las operaciones portuarias. Con las mejoras implementadas en este proyecto no solo se optimiza el uso de los recursos y reduce los costos asociados con la gestión de herramientas, sino que también se asegura un entorno operativo más seguro y productivo.

REFERENCIAS

E. Silver, D. F. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* (Third Edit ed.). New York: Wiley.

Martins, J. (2024). *¿Qué es el Ciclo Planificar-Haver-Verificar-Actuar?* Obtenido de Asana.

Uscanga, F. E. (2024). Control de Existencias en Almacén de Herramientas.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE MUESTRAS DE SUELOS DE CAÑA DE AZÚCAR

Luis Alberto Montes Gutiérrez[1]
Arturo Mendez Alducin[2]
Ana Grisel Hernandez Vallejo[3]

RESUMEN

El cultivo de la caña de azúcar en la región centro de Veracruz, representa una importancia socioeconómica significativa para la mayoría de los productores que destinan sus tierras para este cultivo. Por ser un cultivo que produce gran cantidad de biomasa, la caña de azúcar requiere también gran cantidad de nutrientes para su desarrollo y producción, por lo cual, mediante un muestreo y análisis de suelo se analizaron algunas características físicas y químicas para determinar el estado de fertilidad del suelo donde se establece un sistema productivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). El estudio se desarrolló durante Enero a Junio de 2024, en muestras de suelo de Úrsulo Galván. Las variables medidas fueron; pH, densidad aparente y textura. Los resultados indican rango de pH de 6.3 a 7.5, densidad aparente de 1.20 a 1.30 g/cm^3, las texturas más frecuentes fueron arcilla en un 70% y arena un 30%.

Palabras clave. Suelos, fertilidad, características

ABSTRACT

Sugarcane cultivation in the central region of Veracruz represents significant socioeconomic importance for the majority of producers who dedicate their land to this crop. Because it is a crop that produces a large amount of biomass, sugarcane also requires a large amount of nutrients for its development and production. Therefore, through soil sampling and analysis, some physical and chemical characteristics were analyzed to determine the fertility status of the soil where a sugarcane (Saccharum officinarum) production system is established. The study was carried out from January to June 2024, in soil samples from Úrsulo Galván. The measured variables were pH, apparent density, and texture. The results indicate a pH range of 6.3 to 7.5, apparent density of 1.20 to 1.30 g/cm3, the most frequent textures were clay (70%) and sand (30%).

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. luis.mg@ugalvan.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. ana.hv@ugalvan.tecnm.mx

Keywords: Soils, fertility, characteristics

INTRODUCCION

La caña de azúcar juega un papel muy importante en la economía del país y principalmente en el estado de Veracruz, pues en él existen el 33% de la superficie sembrada en los ingenios azucareros, de los cuales dependen miles de familias que de una u otra manera están involucradas directa e indirectamente en la explotación de la gramínea (Aguilar, 2014; Leano, 2013; SAGARPA, 2013; SAGARPA, 2016).

Ha sido un cultivo de gran relevancia histórica, económica y social en el estado de Veracruz. Cuenta con condiciones climáticas óptimas y suelos fértiles, ha visto en la producción de caña de azúcar una de sus principales fuentes de ingresos y empleo. La caña de azúcar no solo es fundamental para la economía veracruzana, sino que también representa un pilar en la cultura y el desarrollo rural de la región.

Veracruz es el principal productor de caña de azúcar en México, aportando aproximadamente el 40% de la producción nacional (SIAP, 2023). Esta actividad agrícola se extiende a lo largo de numerosas comunidades rurales, donde más de 150,000 familias dependen directa o indirectamente de la producción cañera (Zorrilla & González, 2021). Además, la industria azucarera en Veracruz está intrínsecamente ligada a la historia y evolución del estado, siendo uno de los motores de su desarrollo desde la época colonial hasta la actualidad.

La importancia de la caña de azúcar en Veracruz también se manifiesta en la diversificación de productos derivados, como la azúcar refinada, melazas, alcohol y bioenergía, lo que contribuye significativamente al valor agregado de la cadena productiva (González & Navarro, 2020). Asimismo, la actividad cañera es esencial en la sostenibilidad del medio rural, ya que permite la conservación de prácticas agrícolas tradicionales y promueve la estabilidad socioeconómica en áreas rurales.

En cuanto a la determinación de la textura de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar, es un factor crucial para garantizar una producción eficiente y sostenible. La textura del suelo, definida por la proporción de arena, limo y arcilla, influye en la retención de agua, la disponibilidad de nutrientes y la penetración de las raíces, aspectos fundamentales para el crecimiento y desarrollo óptimo de la caña de azúcar (Martínez-Santiago et al., 2022). Conocer la textura del suelo permite a los productores ajustar sus prácticas de manejo agrícola, para la toma de decisiones en el manejo del cultivo, ya que permiten prever posibles limitaciones en la disponibilidad de agua y nutrientes, y adaptar las prácticas de cultivo a las condiciones edáficas específicas de cada parcela.

La caña de azúcar es un cultivo de gran relevancia para el estado de Veracruz, no solo desde el punto de vista económico, sino también social y cultural. La determinación de pH, densidad aparente y textura de los suelos cañeros son características importantes para un manejo agrícola eficiente. Este trabajo se realizó durante enero junio de 2024, se colectaron muestras de suelo de caña de azúcar de la región centro del estado de Veracruz siendo un total de 10 muestras de suelo para conocer su pH, densidad aparente y textura.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el período de enero a junio de 2024, en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Se analizaron 10 muestras de suelos de la zona centro del Estado de Veracruz, donde predomina un clima Aw_2, cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 24.5 º C, precipitación media anual de 1350 mm y una humedad relativa del 75% (García, 1988). Se realizo la determinación de textura, densidad aparente y pH, los métodos utilizados corresponde al Manual de prácticas de suelos del ITUG, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021.RECNAT, 2001.

El análisis del suelo a partir de muestras representativas proporciona datos que permiten diagnosticar la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Además, el muestreo de suelo es esencial para identificar limitaciones que puedan afectar la producción agrícola, como la compactación, la baja capacidad de retención de agua o la presencia de contaminantes. A través del muestreo, es posible desarrollar planes de manejo que optimicen el uso de insumos agrícolas, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental (López, 2018).

Una correcta estrategia de muestreo también es importante para asegurar que las decisiones de manejo se basen en datos confiables y representativos de las condiciones reales del campo. Sin un muestreo adecuado, los análisis de suelo pueden llevar a conclusiones erróneas, resultando en prácticas de manejo ineficaces o incluso perjudiciales para los cultivos (Miller & Gardiner, 2007).

Muestreo de Suelo

El muestreo de suelo debe realizarse siguiendo procedimientos rigurosos para asegurar que las muestras obtenidas sean representativas del área de estudio. La práctica de muestreo implica varias etapas clave: la planificación del muestreo, la recolección de las muestras, el almacenamiento, transporte de estas y finalmente su análisis en laboratorio.

Planificación del Muestreo

La planificación del muestreo es una etapa crucial en la que se decide el objetivo del estudio, el tamaño del área a muestrear, el número de muestras necesarias y el método de muestreo a utilizar.

Dependiendo del objetivo del muestreo (por ejemplo, determinar la fertilidad general del suelo o diagnosticar un problema específico), se seleccionará el tipo de muestreo más adecuado.

Recolección de Muestras

La recolección de muestras se realiza utilizando herramientas como barrenas, palas o tubos de muestreo, que permiten extraer una porción de suelo representativa del perfil edáfico. Las muestras se toman generalmente de la capa arable del suelo (0-20 cm de profundidad), ya que esta es la zona donde se desarrollan la mayoría de las raíces y donde se aplican los fertilizantes.

Para asegurar que las muestras sean representativas, es importante recolectar varias submuestras en diferentes puntos del área de estudio, que luego se mezclan para formar una muestra compuesta. Esta muestra compuesta se envía al laboratorio para su análisis químico y físico (Alva, 2019).

Tipos de Muestreo de Suelo

Existen varios métodos de muestreo de suelo, cada uno adecuado para diferentes tipos de estudios y condiciones del campo. A continuación, se describen tres métodos comunes: el muestreo en cinco de oros, el muestreo al azar y el muestreo en cuadrícula.

Muestreo en Cinco de Oros

El muestreo en cinco de oros es un método sistemático que se utiliza cuando se desea obtener una muestra compuesta representativa de un área homogénea. El nombre proviene de la disposición de los puntos de muestreo, que forman la figura de un "cinco" en un dado: uno en el centro y cuatro en las esquinas del área a estudiar. Este método es útil en terrenos relativamente uniformes donde se espera poca variabilidad en las propiedades del suelo (López, 2018).

Muestreo al Azar

El muestreo al azar consiste en seleccionar puntos de muestreo de manera aleatoria dentro del área de estudio. Este método es adecuado cuando no se tiene conocimiento previo de la variabilidad del suelo en el campo o cuando se desea evitar cualquier sesgo en la selección de los puntos de muestreo. Aunque es simple de implementar, este método puede requerir un mayor número de muestras para asegurar que la variabilidad del suelo esté bien representada (Miller & Gardiner, 2007).

Muestreo en Cuadrícula

El muestreo en cuadrícula implica dividir el área de estudio en una serie de cuadrantes de tamaño uniforme y tomar muestras de cada cuadrante. Este método es particularmente útil en áreas grandes y heterogéneas, donde se espera una alta variabilidad en las propiedades del suelo. Al utilizar una cuadrícula, se puede mapear la variabilidad espacial del suelo y desarrollar mapas de propiedades del suelo que son útiles para la agricultura de precisión (Brady & Weil, 2010).

Almacenamiento y Transporte

Una vez recolectadas, las muestras de suelo deben ser almacenadas en bolsas limpias y etiquetadas correctamente, indicando la ubicación, la profundidad y la fecha de muestreo. Es fundamental evitar la contaminación de las muestras durante el almacenamiento y transporte al laboratorio, lo que podría alterar los resultados del análisis.

Análisis en laboratorio

En el laboratorio, las muestras de suelo se analizan para determinar sus propiedades físicas (Textura, Densidad aparente, etc) y químicas (pH, contenido de nutrientes, materia orgánica, etc). Estos análisis proporcionan datos que permiten evaluar la fertilidad del suelo y su capacidad para sustentar el crecimiento de los cultivos.

Actividades realizadas

Se realizó el muestreó de suelos en las diferentes parcelas de caña de azúcar en algunas comunidades de la región siendo un total de 10 muestras obtenidas con el fin de conocer la textura, densidad aparente y el pH de estas muestras de suelo.

Antes de tomar las muestras de suelo en cada sitio, se definió la profundidad a la cual se muestrearía esta dependía de la profundidad de raíces del cultivo. En este caso para el cultivo de caña de azúcar se tomó la decisión de muestrear a una profundidad aproximadamente de 30 cm. ya que sus raíces de este cultivo no son tan profundas.

El material que se utilizó para realizar el muestreo fue el siguiente:

- Pala recta y/o barrena
- Machete
- Cubeta de plástico
- 1 m^2 de plástico
- Bolsas de polietileno con capacidad de 2 kg c/u
- Etiquetas
- Marcadores

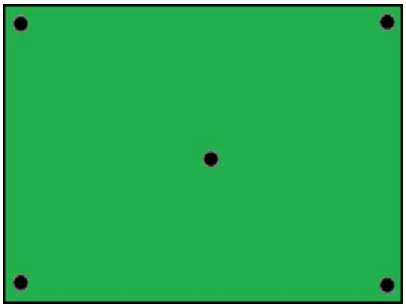
Antes de proceder al muestreo se realizó un recorrido del terreno, dibujando un croquis del terreno.

El número de muestras simples recomendadas para hacer la muestra compuesta varía de 5 a 25 dependiendo de la heterogeneidad del suelo y de su extensión. El primer paso para proceder al muestreo fue tomar las submuestras en todo el terreno, para ello se utilizó una pala recta (Figura 1).

Figura 1. Muestreo de suelo con pala recta

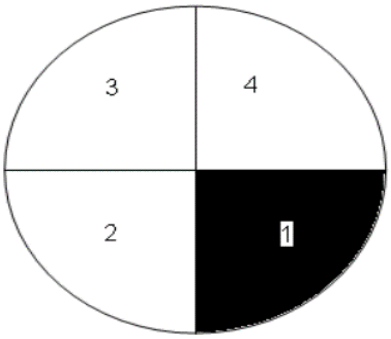
Se utilizo el muestreo del 5 de oros el cual consta de tomar 4 submuestras en cada esquina del terreno y una submuestra en el centro del terreno (Figura 2).

Figura 2. Muestreo 5 de oros



Las submuestras se colocaron en la cubeta de plástico y posteriormente se depositaron en el plástico y se revolvieron muy bien hasta obtener una muestra homogénea, la cual se extiende en forma circular (Figura 3). Este círculo se divide en cuatro partes y se toman los cuartos opuestos, con los cuales se vuelve a hacer otro círculo y se cuartean los opuestos hasta tener una muestra compuesta de 1 kg aproximadamente, con la cual se efectúan los análisis del suelo en el laboratorio.

Figura 3. Cuarteo de muestra de suelo



Posteriormente la muestra compuesta se puso en una bolsa de plástico con su correspondiente etiqueta. Las bolsas con las muestras correspondientes se cerraron con hilaza o con ligas para que no se saliera su contenido durante el transporte al laboratorio.

Los datos anotados en las etiquetas fueron los siguientes: nombre del productor, dirección, fecha en el cual se colectó la muestra, la profundidad de muestreo y el cultivo.

Posteriormente las muestras de suelo se trasladaron al laboratorio de suelo donde en el cuarto de secado y tamizado se extendieron en papel estraza las muestras donde se pusieron en unos anaqueles para secarse durante 5 a 7 días aproximadamente. Posteriormente estando las muestras de suelo secas se trituraron con un mazo de madera (Figura 4) y después se tamizaron a través de 2 tamices de diferentes diámetros De cada muestra tamizada se tomaron 500 g. de suelo, se embolso y se etiqueto para su procesamiento en el laboratorio.

Figura 4. Triturado de muestras de suelo

Después de tamizar todas las muestras se realizó en el laboratorio de suelos la determinación de textura, densidad aparente y pH. A continuación, se describe el procedimiento para realizar la textura, densidad aparente y pH de las muestras de suelo colectadas.

Determinación de textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Material y equipo

- Hidrómetro de Bouyoucos
- Probeta de 1000 ml.
- Agitador.
- 2 pipetas de 5 ml.
- Balanza.
- Vaso de precipitado de 100 ml.
- Termómetro.

- Oxalato de sodio
- Metasilicato de sodio
- Agua destilada.
- Chocomilera
- Calculadora.

Procedimiento

Se pesaron 50 g de suelo y se pasó el suelo a un vaso de precipitados después se aplicaron 2 cm de lámina de agua destilada (arriba de la superficie del suelo) y se agregaron 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de metasilicato de sodio (sirven como dispersante). Después se dejo reposar 10 minutos y posteriormente se agito por 15 minutos en una chocomilera. Después de pasar este tiempo se pasó la solución a una probeta de 1000 ml y se aforo con agua destilada a 900 ml. Se agito por 1 minuto la solución con un agitador manual y se procedió a tomar la primera lectura con el hidrómetro de bouyoucos y primera lectura de temperatura con el termómetro Posteriormente se dejó reposar durante 2 horas las muestras de suelo (Figura 5).

Figura 5. Reposo de las muestras.

Pasando este tiempo se tomó la segunda lectura con el hidrómetro de bouyoucos, y segunda lectura de temperatura con el termómetro (Figura 6).

Figura 6. Toma de la segunda lectura

Teniendo los datos se corrigieron las lecturas para conocer el porcentaje de arena, porcentaje de arcilla y porcentaje de limo que tuvo cada muestra de suelo.

Posteriormente con los porcentajes obtenidos se observó en el triángulo de texturas para conocer qué clase textural tenía cada muestra de suelo de caña de azúcar (Figura 7).

Figura 7. Triángulo de texturas

Determinación Densidad aparente

Material:

- Balanza
- Probeta de 50 ml
- Franela

Procedimiento

Se peso la probeta sin suelo en la balanza y se anotó ese peso. Posteriormente se agregó a la probeta un tercio de suelo y se dieron golpes firmes a la probeta con la franela cuando el suelo fue compactado se continuó agregando más suelo y así se continuó agregando más suelo hasta llegar a los 50 ml de la probeta. Después se pesó la probeta con suelo en la balanza y se anotaron los resultados (Figura 8).

Figura 8. Proceso de densidad aparente

Posteriormente con los datos obtenidos se realizaron los cálculos para obtener los resultados de densidad aparente de las 10 muestras de suelo de caña de azúcar.

Determinación pH

Material:

- Balanza.
- Vaso de precipitado de 100 ml.
- Agua destilada.
- Agitador.

Procedimiento

Se pesaron 20 gramos de suelo en la balanza y se colocó ese suelo en un vaso de precipitado de 100 ml, después se le agregaron 40 ml de agua destilada y se puso agitar en el agitador por 5 minutos, se dejó reposar por 5 minutos, se agito nuevamente otros 5 minutos y reposo 5 minutos otra vez se agito 5 minutos y por último se dejó reposar 10 minutos. Por último, se tomó la lectura de pH en el potenciómetro. (Figura 9).

Figura 9. Lectura de pH

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se encontraron que la mayoría de las muestras de suelo de caña de azúcar analizadas, específicamente el 70%, correspondieron a suelos con una textura arcillosa. Este predominio de la clase textural arcilla en la región centro de Veracruz nos dice que estos suelos arcillosos son característicos por su alta capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque también presentan desafíos como la pobre permeabilidad y la tendencia a compactarse, lo cual puede influir en la manejabilidad y productividad agrícola.

Por otro lado, el 30% de las muestras fue clasificado como arenoso. Los suelos arenosos, si bien presentan un excelente drenaje y facilidad para el laboreo, también tienen una baja capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que puede limitar su fertilidad y requerir un manejo más intensivo en términos de riego y fertilización para garantizar un rendimiento agrícola adecuado.

La prevalencia de suelos arcillosos en el área de estudio sugiere que las prácticas agrícolas en la región deben ser adaptadas para manejar las particularidades de este tipo de suelo. Por ejemplo, se podría considerar la implementación de técnicas como la adición de enmiendas orgánicas para mejorar la estructura del suelo y reducir la compactación, facilitando así el crecimiento de las raíces y la absorción de agua y nutrientes. Además, los agricultores podrían beneficiarse del uso de cultivos que sean más tolerantes a las condiciones de baja permeabilidad y que aprovechen la alta capacidad de retención de agua característica de los suelos arcillosos.

Para las zonas con suelos arenosos, es recomendable la adopción de prácticas de manejo que aumenten la capacidad de retención de agua, como la incorporación de materia orgánica y el uso de coberturas vegetales. Estas prácticas ayudarán a mitigar la rápida pérdida de humedad y nutrientes, mejorando así la sostenibilidad del uso agrícola de estos suelos.

El análisis realizado en las muestras de suelo cultivado con caña de azúcar en la zona centro del estado de Veracruz arrojó valores de densidad aparente comprendidos entre 1.20 y 1.30 g/cm^3, lo que permite inferir que los suelos presentan una adecuada condición física para el desarrollo del cultivo. Este rango de densidad se encuentra dentro de los límites considerados óptimos para favorecer la aireación y el movimiento del agua, lo cual promueve una mayor exploración radicular y, en consecuencia, una mejor absorción de nutrientes.

En cuanto al pH, el resultado obtenido fue entre 6.3 y 7.5, indicando que están en el rango de ligeramente ácido a ligeramente alcalino y, en algunos casos. Esta característica resulta favorable para el cultivo de caña de azúcar, ya que la mayoría de los nutrientes esenciales se encuentran disponibles en esta clasificación, reduciéndose el riesgo de toxicidad, manteniendo la eficiencia de los fertilizantes aplicados.

CONCLUSIÓNES

El muestreo de suelo es una práctica esencial para la gestión agrícola eficiente y sostenible. A través de métodos como el muestreo de cinco de oros, al azar o en cuadrícula, es posible obtener datos representativos que guíen la toma de decisiones en el manejo de cultivos. Estos métodos permiten a los agricultores y técnicos evaluar la fertilidad del suelo, identificar problemas potenciales y desarrollar estrategias de manejo adaptadas a las condiciones específicas del terreno.

La selección del método de muestreo adecuado depende de varios factores, incluyendo el tamaño y la heterogeneidad del área de estudio, así como los objetivos específicos del análisis. Independientemente del método elegido, es fundamental seguir procedimientos rigurosos para asegurar que las muestras obtenidas sean representativas y que los datos obtenidos sean precisos y útiles para la toma de decisiones agronómicas.

La determinación de textura de las 10 muestras de suelo en caña de azúcar en la región de Úrsulo Galván destaca la variabilidad textural del suelo en esta área. Con un predominio de suelos arcillosos, indica que el manejo del cultivo de caña de azúcar debe ajustarse a las condiciones específicas de cada parcela. Los suelos arcillosos tienden a retener más agua, lo que puede ser beneficioso en temporadas de sequía, pero también pueden presentar problemas de drenaje y compactación, afectando la aireación y el desarrollo radicular. Por lo tanto, es necesario implementar técnicas agronómicas que mejoren la estructura del suelo, como labranza de conservación y la incorporación de la materia orgánica, para mitigar estos desafíos.

Referente a los suelos arenosos representan una ventaja en términos de manejo, especialmente por su buen drenaje y aireación. Sin embargo, su capacidad de retención de agua es menor, lo que puede requerir estrategias específicas de riego para evitar el estrés hídrico en la caña de azúcar.

Los resultados texturales proporcionan una guía clara para mejorar las prácticas de manejo del cultivo de caña de azúcar. La identificación precisa de las texturas del suelo permite diseñar programas de fertilización y riego más eficientes, lo que podría optimizar tanto la productividad como la sostenibilidad del cultivo. Además, estos datos son esenciales para establecer sistemas de manejo que minimicen los riesgos de erosión, compactación y pérdida de nutrientes, adaptando las técnicas de cultivo a las características específicas de cada tipo de suelo.

La densidad aparente observada se ubica en un rango que facilita tanto la retención como la infiltración de agua, elementos claves en un cultivo de alta demanda hídrica, los valores de pH registrados aseguran un ambiente edáfico adecuado para la disponibilidad de nutrientes, lo cual representa un factor positivo para la sostenibilidad productiva de la región. Estos parámetros constituyen una base para la planificación de prácticas de manejo edáfico y fertilización que potencien la productividad del cultivo, contribuyendo a mantener la competitividad agrícola en esta región cañera.

Los resultados obtenidos evidencian que las muestras de suelos analizadas en la región de Úrsulo Galván presentan condiciones físicas y químicas favorables para el establecimiento y rendimiento de la caña de azúcar.

REFERENCIAS

Aguilar, R. N. (2014). Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. Nova scientia, 6(12), 125-161.

Alva, A. K. (2019). Soil sampling methods for nutrient management. Handbook of Soil Science, 1-24.

García, E. (1988). Modificaciones Sistema de clasificación climática de Köppen (4ª ed.). México: Instituto de Geografía, UNAM.

González, M., & Navarro, R. (2020). El desarrollo de la industria azucarera en Veracruz: Un enfoque histórico y económico. Universidad Veracruzana.

Leano, B. M. A. (2013). Cadena agroalimentaria de la caña de azúcar en el estado de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Tesis de Licenciatura. Veracruz. 72 p.

López, R. (2018). Técnicas de muestreo de suelos y su importancia en la agricultura de precisión. Editorial Agraria.

Martínez-Santiago, O., Jiménez, R., & Hernández, L. (2022). Caracterización física y química de suelos cultivados con caña de azúcar en Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13(5), 1103-1115.

Miller, R. W., & Gardiner, D. T. (2007). Soils in Our Environment (11th ed.). Pearson Prentice Hall.

SAGARPA. (2013). Impactos caña de azúcar. Sagarpa. http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf.

SAGARPA. (2016). Caña de azúcar un valioso alimento. http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/cana-de-azucar-un-valioso-alimento.

SIAP. (2023). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/siap.

Zorrilla, J., & González, M. (2021). Impacto socioeconómico de la producción de caña de azúcar en Veracruz. Economía Agraria y Recursos Naturales, 21(2), 55-72.

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE SUELOS GANADEROS

Luis Alberto Montes Gutiérrez[1]
Salvador Paredes Rincón[2]
Jesús Herrera Alarcón[3]
Dennis de Jesús Navarrete Salgado[4]

RESUMEN

La producción bovina en el estado de Veracruz enfrenta restricciones asociadas principalmente a la escasez de forraje con adecuada calidad nutritiva, situación que se vincula, entre otros aspectos, con la limitada fertilidad de los suelos destinados a la actividad ganadera. Frente a este panorama, se planteó como objetivo identificar algunas características fisicoquímicas en muestras de suelo de pastizales debido al escaso desarrollo de estos. La investigación se llevó a cabo de julio a diciembre de 2024, mediante el análisis de muestras de suelo recolectadas en diversas localidades en el estado de Veracruz. En este proceso las variables medidas fueron; textura, densidad aparente, pH, materia orgánica. Los resultados indicaron que las texturas más frecuentes fueron arena en un 40% y arcilla un 60%, rango de pH de 5.5 a 6.9, densidad aparente de 0.73 a 1.58 g/cm^3 y la Materia Orgánica de 1.07 a 2.15%.

Palabras clave: Características fisicoquímicas, fertilidad, suelos ganaderos.

ABSTRACT

Cattle production in the state of Veracruz faces restrictions associated primarily with a shortage of forage with adequate nutritional quality, a situation linked, among other factors, to the limited fertility of soils used for livestock farming. Given this situation, the objective was to identify some physicochemical characteristics in soil samples from pastures due to their limited development. The research was carried out from July to December 2024, through the analysis of soil samples collected from various locations in the state of Veracruz. The variables measured in this process were texture, bulk density, pH, and organic matter. The results indicated that the most frequent textures were sand (40%) and clay (60%), with a pH range of 5.5 to 6.9, bulk density of 0.73 to 1.58 g/cm^3, and an average organic matter content of 1.07 to 2.15%.

[1] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. luis.mg@ugalvan.tecnm.mx
[2] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. salvador.pr@ugalvan.tecnm.mx
[3] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. jesus.ha@ugalvan.tecnm.mx
[4] Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván

Keywords: Physicochemical characteristics, fertility, livestock soils.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye una delgada capa formada a lo largo de siglos mediante la desintegración paulatina de las rocas superficiales, proceso influenciado por la acción del agua, las variaciones térmicas y el viento (FAO, 2024). En este medio se desarrolla una comunidad subterránea con cadenas tróficas diversas y complejas, localizadas en la rizósfera, la cual funge como una fuente de recursos heterogéneos —tanto químicos como morfológicos— que interactúan con la microflora y fauna edáfica, organismos responsables de la descomposición y mineralización de la materia orgánica (Julca *et al.,* 2006).

Desde una perspectiva funcional, el suelo es un sistema abierto y dinámico, compuesto por elementos inorgánicos y orgánicos que generan poros, cavidades, galerías y fisuras. Estos espacios se encuentran ocupados principalmente por oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2), además de agua, iones y diversas sustancias en solución o suspensión, factores que determinan sus propiedades físicas y químicas (Infoagro, 2017).

Las particularidades de cada tipo de suelo dependen de múltiples factores: la naturaleza de la roca madre, su grado de antigüedad, el relieve, el régimen climático, la vegetación, la fauna asociada, así como las modificaciones derivadas de la intervención humana (Vargas et al., 2018). Finalmente, el tamaño de las partículas minerales que lo integran resulta determinante para establecer sus propiedades físicas, tales como la textura, la estructura, la capacidad de drenaje y la aireación (FAO, 2024).

Las partículas minerales que conforman el suelo se dividen en arena —clasificada desde muy gruesa (2.00–1.00 mm) hasta muy fina (0.25–0.10 mm)—, limo (0.05–0.002 mm) y arcilla (menos de 0.002 mm). La proporción relativa de cada una de ellas define la textura, propiedad que determina tanto el tamaño como la cantidad de espacios existentes entre las partículas. Esta característica regula la circulación y la retención de agua, así como la disponibilidad de nutrientes y la aireación, factores que repercuten directamente en el desarrollo de los pastos y en la productividad ganadera. Un suelo con textura equilibrada favorece el crecimiento radicular de las especies forrajeras. Whitehead (2000) advierte que los suelos arenosos, por su baja capacidad de retener agua y nutrientes, limitan el desarrollo de los pastos en periodos de sequía, mientras que Brady y Weil (2008) destacan que los suelos arcillosos, aunque ricos en agua y nutrientes, presentan problemas de compactación y deficiente aireación. Según Lal y Shukla (2004), una alta proporción de arcilla reduce la infiltración, generando encharcamientos y condiciones anaeróbicas que afectan la vida microbiana y la

productividad forrajera. En contraste, los suelos arenosos, con drenaje rápido, pueden sufrir pérdidas de nutrientes por lixiviación. De acuerdo con Lemaire et al. (2015), el conocimiento de la textura del suelo es esencial en el manejo ganadero para seleccionar especies forrajeras y aplicar prácticas adecuadas. La FAO (2024) señala que los suelos limosos, de gránulos intermedios, son pesados y pobres en nutrientes; los arcillosos, de partículas muy finas, retienen humedad y nutrientes, aunque son difíciles de trabajar; y los francos, mezcla de arena, limo y arcilla, se caracterizan por ser fértiles, fáciles de manejar y mantener un balance adecuado entre drenaje y retención de agua.

En sistemas ganaderos, la textura se complementa con la estructura, que corresponde a la forma en que las partículas se agrupan, confiriendo al suelo su arquitectura. Una propiedad clave asociada es la densidad aparente (DAP), definida como la masa de suelo seco por unidad de volumen, incluyendo los poros, y expresada en g/cm³ (Blanco-Canqui & Lal, 2008). Una DAP elevada indica compactación, limitando la penetración radicular, la absorción de agua y nutrientes, condición que suele originarse por el sobrepastoreo o el tránsito de maquinaria (Hamza & Anderson, 2005). Horn et al. (1995) sostienen que suelos con alta DAP reducen la infiltración de agua y, en consecuencia, afectan la producción de forraje. Por el contrario, una DAP baja favorece la porosidad y el crecimiento radicular, aunque valores excesivamente bajos indican suelos inestables y vulnerables a la erosión (Hillel, 2004). Según Soane y Ouwerkerk (1995), la compactación disminuye la proporosidad de los macroporos, incrementando el riesgo de inundaciones en suelos deficientemente drenados, y de acuerdo con Greenland (1977), puede generar condiciones anaeróbicas que restringen la actividad microbiana benéfica. Para mitigar estos efectos, Jones et al. (2006) recomiendan estrategias como la rotación de pastizales, el establecimiento de áreas de descanso, la siembra directa, el uso de cubiertas vegetales y la incorporación de materia orgánica.

Otro indicador determinante es el pH del suelo, el cual influye en el crecimiento vegetal y en la disponibilidad de nutrientes. Valores inferiores a 7,0 corresponden a suelos ácidos, los cuales limitan la absorción de nutrientes y afectan la actividad radicular (Beegle & Lingenfelter, 2024). Estos autores distinguen entre acidez activa —asociada a la concentración de iones H^+ en la solución del suelo— y acidez intercambiable, que depende de los iones H^+ retenidos en los sitios de intercambio de las arcillas y la materia orgánica, y que determina la dosis de encalado requerida. Factores como lixiviación, erosión, absorción de cationes básicos por los cultivos, descomposición de residuos o el uso de fertilizantes amoniacales incrementan la acidez (Beegle & Lingenfelter, 2024). El encalado, además de neutralizar la acidez, libera fósforo fijado en compuestos insolubles y optimiza la disponibilidad de micronutrientes.

La materia orgánica (MO) constituye otro componente esencial del suelo, proveniente de la descomposición de residuos vegetales y animales (FAO, 2024). Esta favorece la retención de agua en climas áridos, estimula la biodiversidad microbiana y mejora la estructura del suelo al formar agregados estables que incrementan la aireación y el drenaje (Oades, 1984; Stevenson, 1994). Según Six et al. (2004), la MO es una fuente clave de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, mientras que Lal (2004) resalta su papel en la mitigación del cambio climático, al constituir un importante reservorio global de carbono. Brady y Weil (2008) destacan que suelos ricos en MO incrementan la productividad ganadera gracias a la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas. Asimismo, Hudson (1994) demostró que un aumento del 1% en el contenido de MO eleva significativamente la capacidad de retención de agua. La FAO (2024) enfatiza que la MO, junto con la actividad de lombrices e insectos, contribuye a la aireación, la infiltración y el reciclaje de nutrientes, condiciones esenciales para el desarrollo radicular de las plantas forrajeras.

Para mantener la fertilidad, es indispensable reponer la MO mediante prácticas como rotación de cultivos, abonos verdes, uso de estiércol o compost, y evitar prácticas degradantes como el sobrepastoreo, que incrementa la compactación y la pérdida de cobertura (Lal, 2004; FAO, 2024). El uso moderado de fertilizantes minerales puede complementar la nutrición, siempre que se apliquen en dosis ajustadas a los requerimientos específicos del suelo, evitando daños a la biota edáfica.

Acorde con lo expuesto, se propuso conocer la calidad de suelos ganaderos en algunos lugares del estado de Veracruz, mediante análisis de características fisicoquímicas de muestras de suelos ganaderos, para entender y optimizar el manejo con propósitos ganadero, ya que permite evaluar la capacidad del suelo para sostener el crecimiento de los pastos.

CONTENIDO, MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo durante el periodo de julio a diciembre de 2024, en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Se analizaron muestras de suelos de algunos lugares del estado de Veracruz, donde predomina un clima Aw_2, cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 24.5 ºC, precipitación media anual de 1350 mm y una humedad relativa del 75% (García, 1988).

Materiales evaluados. Se evaluaron muestras de suelo de 10 lugares del estado de Veracruz, que corresponden al uso de suelo agrícola y a su vez en ganadería bovina; colectadas de cinco submuestras, mezcladas para obtener solo una muestra compuesta de aproximadamente 1 Kg en cada sitio o localidad, de las cuales se realizaron las determinaciones de textura, densidad aparente (DAP), potencial de hidrógeno (pH), y materia orgánica (MO). Los métodos utilizados corresponden al

Manual de prácticas de suelos del ITUG (2024), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021.RECNAT, 2001. Estos fueron: determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos. Para la determinación de la densidad aparente (DAP) se empleó el método de la probeta, para determinación del pH del suelo medido con potenciómetro y determinación de materia orgánica del suelo, por el método Walkley y Black. La preparación de las muestras consistió en: secado al ambiente en superficie con papel estraza, triturado y tamizado con tamiz menor a 2 mm (malla 10). Los parámetros medidos fueron; textura, densidad aparente (g/cm^3), potencial de hidrógeno (pH), y porcentaje de materia orgánica (MO).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este proceso las variables medidas fueron; textura, densidad aparente, pH, materia orgánica. los resultados obtenidos mediante el análisis de muestras de suelo colectadas en diversas localidades en el estado de Veracruz.

Los resultados indicaron que las texturas más frecuentes fueron arena en un 40% y arcilla un 60% (Cuadro 1). Las texturas predominantes en este estudio concuerdan con lo señalado por FAO, (2006). Menciona que las texturas más comunes en esta región son las arcillosas y arenosas, asimismo, concuerdan con lo señalado por Torres & Rodríguez, (2012), quienes sostienen que en las áreas costeras sus suelos son de textura arenosa. Respecto a densidad aparente; Los resultados obtenidos fueron en un rango de 0.73 a 1.58 g/cm^3 (Cuadro 1). Estos resultados son similares a los reportados por Torres y Rodríguez, (2012), quienes señalan que las zonas costeras y áreas cercanas a las planicies aluviales, tienen una DAP más alta, que varía entre 1.4 y 1.6 g/cm^3, debido a que los suelos arenosos están compuestos por partículas más grandes y tienen menos espacio poroso, lo que permite que el agua drene rápidamente, en específico en el centro de Veracruz, los valores de densidad aparente varían según las texturas del suelo, con valores más bajos en suelos arcillosos y más altos en suelos arenosos.

El pH de los suelos de estas regiones se puede considerar, generalmente, de moderadamente ácidos a ligeramente alcalinos en un rango de pH de 5.5 a 6.9 (Cuadro 1). Estos resultados de pH son similares a los obtenidos por Kawas (1996) en el litoral de Tamaulipas con un rango de 6.7 a 7.0, mientras en el norte del estado de Veracruz tuvo un rango de 7.0 a 8.0, de manera similar en el estado de Tabasco donde obtuvo un rango de 7.4 a 8.8, y similar en el estado de Campeche, un rango de 5.2 a 8.4

Con respecto a la Materia Orgánica fue de 1.07 a 2.15%, refleja una variabilidad significativa en la cantidad de MO presente en los suelos de la región. La mayoría de los suelos analizados presentan una cantidad moderada de materia orgánica.

Esta concentración de MO es relevante para las estrategias de manejo, ya que suelos con bajos contenidos de MO pueden estar en riesgo de degradación, disminución en la capacidad de retención de agua y nutrientes, y menor actividad biológica. Por otro lado, los suelos con valores cercanos o superiores al 3% indican un mayor potencial para sostener cultivos más intensivos, ya que la MO mejora la estructura del suelo, favorece la infiltración de agua y actúa como un reservorio de nutrientes clave (Brady & Weil, 2017).

Es importante considerar que los niveles moderados de MO observados podrían estar vinculados tanto a las prácticas de manejo actuales como a las condiciones climáticas de la región, caracterizadas por su clima cálido subhúmedo, lo cual acelera la descomposición de la materia orgánica (Lal, 2004). Esta información es vital para ajustar prácticas de manejo de suelos, como la adición de abonos orgánicos o el uso de cultivos de cobertura, que pueden incrementar y estabilizar los niveles de MO en el tiempo.

Muestra	Lugar	Municipio	pH	Textura	Densidad Aparente (g/cm^3)	Materia orgánica (%)
1	El Paraíso	Úrsulo Galván	6.5	Arena	1.20	1.07
2	Úrsulo Galván	Úrsulo Galván	6.9	Arcilla	1.37	1.21
3	Cotaxtla	Cotaxtla	5.5	Arena	0.73	1.10
4	Jamapa	Jamapa	6.6	Arena	1.40	1.34
5	El Jícaro	Tierra Blanca	6.5	Arcilla	1.25	1.58
6	El Bobo	Úrsulo Galván	6.0	Arena	1.20	1.10
7	La Antigua	La Antigua	6.4	Arcilla	1.33	1.42
8	La Posta	La Antigua	6.5	Arcilla	1.33	1.54
9	Tamarindo	Puente Nacional	6.0	Arcilla	1.20	2.01
10	Cardel	La Antigua	6.4	Arcilla	1.58	2.15

Cuadro 1. *Resultados determinación de Textura, Densidad Aparente, pH y MO.*

CONCLUSIONES

El análisis de la fertilidad del suelo constituye un proceso complejo y multidimensional que requiere la aplicación de distintos métodos con el fin de obtener una visión integral de sus condiciones, lo cual permite optimizar su manejo y evaluar la capacidad de este para sostener el crecimiento vegetal. Con base en los resultados, se recomienda que para conservar el suelo sea indispensable realizar un diagnóstico previo y, posteriormente, aplicar estrategias de manejo sustentable, entre ellas planes de

fertilización o abonado orientados a mantener estable su estructura, promover la cobertura vegetal que lo proteja, incrementar su contenido de materia orgánica, reducir riesgos de salinización y alcalinización, así como implementar prácticas culturales y correctivas adecuadas (Poch, 2021).

En este sentido, la estructura del suelo puede mejorarse mediante el suministro de materia orgánica que incremente el complejo arcillo-húmico; en suelos ácidos, a través de la aplicación de enmiendas calizas; y evitando labores en periodos desfavorables, lo que contribuye a prevenir pérdidas de materiales fértiles por erosión. Asimismo, es fundamental no utilizar abonos con sodio ni aplicar volúmenes excesivos de agua que puedan desestabilizar los agregados, dispersar los coloides y generar costras superficiales (Infoagro, 2017).

El manejo adecuado del suelo es clave para mantener, restaurar y mejorar su calidad. En este sentido, resulta crucial prevenir el sobrepastoreo, ya que el pisoteo del ganado compacta el suelo y la selección preferencial de ciertos pastos por los animales puede provocar la desaparición progresiva de estas especies. Para enriquecer el suelo, es recomendable la incorporación de composta, estiércol animal, restos de cosecha o el uso de abonos verdes. La materia orgánica, además de aportar nutrientes, confiere mayor esponjosidad al suelo, favoreciendo la retención de humedad y la aireación.

Si bien los fertilizantes minerales representan una alternativa viable, su aplicación debe realizarse con moderación y conocimiento previo de las deficiencias específicas del suelo, ya que un uso excesivo puede afectar los cultivos y alterar negativamente la microbiota edáfica. Para complementar el estudio de la fertilidad y establecer medidas correctivas pertinentes, se sugiere llevar a cabo un análisis que permita determinar la concentración de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), así como microelementos relevantes como zinc (Zn) y hierro (Fe).

REFERENCIAS

Beegle Douglas B y Lingenfelter Dwight D. 2024. Acidez del suelo y cal agrícola. Disponible en: https://extension.psu.edu/soil-acidity-and-aglime

Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). The Nature and Properties of Soils. 14th Edition. Pearson Prentice Hall.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson Education.

Brady, N. C., y Weil, R. R. (2017). Elementos de la naturaleza y propiedades de los suelos (4ª ed.). Pearson.

FAO. 2024. El suelo. Disponible en: https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s04.htm.

García, E. (1988). Modificaciones Sistema de clasificación climática de Köppen (4ª ed.). México: Instituto de Geografía, UNAM.

García, C., Hernández, T., & Costa, F. (2005). Potential use of dehydrogenase activity as an index of microbial activity in degraded soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36*(3-4), 243-256. https://doi.org/10.1081/CSS-200043066

Greenland, D. J. (1977). *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics*. Wiley.

Hamza, M. A., & Anderson, W. K. (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research*, 82(2), 121-145.

Hillel, D. (2004). *Introduction to Environmental Soil Physics*. Elsevier Academic Press.

Horn, R., Vossbrink, J., & Peth, S. (1995). Impact of modern animal husbandry on soil physical properties. *Advances in Geoecology*, 27, 13-19.

Hudson, B. D. (1994). Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(2), 189-194.

Infoagro. 2017. El suelo y su estructura física. Disponible en: https://mexico.infoagro.com/el-suelo-y-su-estructura-fisica/

Janzen, H. H. (2006). The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it?. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), 419-424.

Jones, C. A., Birkas, M., & Gyuricza, C. (2006). Mechanical soil disturbance and soil compaction. *Advances in Soil Science*, 24, 157-170.

Kawas G JJ. 1996. determinación del perfil mineral de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del golfo de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible en: chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://eprints.uanl.mx/5661/1/1080125917.PDF

Lal, R. (2004).*Impactos de secuestro de carbono en suelo en el cambio climático global y la seguridad alimentaria*. Science, 304(5677), 1623-1627. https://doi.org/10.1126/science.1097396

Lal, R., & Shukla, M. K. (2004). Principles of Soil Physics. CRC Press. Disponible en: https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203021231/principles-soil-physics-rattan-lal-manoj-shukla

Lal, R., & Shukla, M. K. (2004). *Principles of soil physics*. CRC Press.

Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68.

Lemaire, G., Hodgson, J., & Chabbi, A. (2015). Grassland Productivity and Ecosystem Services. CABI.

Poch Clare R M..2021. El suelo es el gran patrimonio de las explotaciones agrícolas. Sembralia 2021. Disponible en: https://sembralia.com/blogs/blog/suelo-explotacion-agricola

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2004). Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241(2), 155-176.

Soane, B. D., & van Ouwerkerk, C. (1995). *Soil Compaction in Crop Production*. Elsevier Science.

Vargas, R., Estrada-Bustamante, M., & Ortega, R. (2018). Evaluación de la fertilidad del suelo mediante pruebas de campo y laboratorio en un sistema de rotación de cultivos. *Revista de Agricultura y Suelo, 47*(1), 56-68. https://doi.org/10.1016/j.ras.2018.04.005

Whitehead, D. C. (2000). Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships. CABI.

LA 5P DE LA MERCADOTECNIA PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE UN JABÓN LÍQUIDO DE ACEITE VEGETAL

Ma. Cristina Guerrero Rodriguez[1]
Verónica Hernández Morales[2]
Roberto Anibal Flores Guerrero[3]
Ricardo Fabian Alvarado Mar[4]

RESUMEN

Este jabón biodegradable a base de aceite vegetal usado representa una alternativa sostenible a los productos de limpieza convencionales, ya que nos ofrece beneficios tanto ecológicos como económicos. Este tipo de jabón se elabora mediante el proceso de saponificación, en el cual el aceite vegetal reciclado reacciona con un álcali, como el hidróxido de sodio, para formar sales de ácidos grasos (jabón) y glicerina. También ayuda minimizando residuos, protege ecosistemas y fomenta prácticas sostenibles (García & López, 2019)

El uso de aceite usado en lugar de aceites vírgenes reduce la demanda de recursos naturales, disminuye la contaminación asociada a la disposición inadecuada de estos residuos y contribuye a la economía circular (Morales et al., 2020).

Palabras clave: Jabón liquido, aceite vegetal, sustentabilidad.

ABSTRACT

This biodegradable soap made from used vegetable oil represents a sustainable alternative to conventional cleaning products, offering both ecological and economic benefits. This type of soap is made through the saponification process, in which recycled vegetable oil reacts with an alkali, such as sodium hydroxide, to form fatty acid salts (soap) and glycerin. It also helps minimize waste, protects ecosystems, and encourages sustainable practices (García & López, 2019).

The use of used oil instead of virgin oils reduces the demand for natural resources, decreases pollution associated with improper waste disposal, and contributes to the circular economy (Morales et al., 2020).

Key words: Liquid soap, vegetable oil, sustainability.

[1] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
[2] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
[3] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero
[4] Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

INTRODUCCION.

En las últimas décadas, la creciente preocupación por el impacto ambiental de los polímeros sintéticos ha impulsado el desarrollo de materiales más sostenibles, especialmente aquellos que pueden ser degradados por mecanismos naturales. Entre estas alternativas, los polímeros de injerto biodegradables han cobrado relevancia debido a su estructura versátil y su potencial para aplicaciones en productos de consumo, como los artículos de limpieza y textiles. Estos polímeros consisten en una cadena principal —frecuentemente un copolímero en bloque de óxidos de etileno y propileno— sobre la cual se injertan cadenas laterales derivadas de monómeros funcionales, como los ésteres vinílicos y, opcionalmente, la N-vinilpirrolidona.

La innovación radica en que estas estructuras permiten obtener materiales solubles en agua y, a la vez, biodegradables, lo que representa una ventaja significativa frente a polímeros con cadenas principales exclusivamente carbonadas, los cuales son resistentes a la acción microbiana. Asimismo, al emplear procesos de polimerización por radicales libres, se facilita la producción a escala industrial sin comprometer la eficiencia ni la funcionalidad del material.

El desarrollo de estos polímeros no solo responde a la necesidad de minimizar la contaminación por microplásticos, sino que también anticipa las futuras regulaciones que exigirán un alto grado de biodegradabilidad en productos de uso doméstico. Por ello, los polímeros de injerto con base en monómeros de éster vinílico representan una prometedora línea de investigación para formular productos más amigables con el ambiente sin sacrificar rendimiento.

METODOLOGÍA.

La presente invención se refiere a polímeros de injerto novedosos que comprenden una cadena principal de copolímero en bloque (A) como base de injerto con cadenas laterales poliméricas (B) injertadas en ella. Las cadenas laterales poliméricas (B) se obtienen por polimerización de al menos un monómero éster vinilico (B1) y opcionalmente N-vinilpirrolidona como monómero adicional opcional (B2). Más preferiblemente, la cadena principal del copolímero en bloque (A) es un copolímero tribloque de óxido de polietileno (PEG) y óxido de polipropileno (PPG). La presente invención se refiere además a un proceso para obtener dicho polímero de injerto, el proceso se lleva a cabo preferentemente por polimerización via libre-radical. Además, la presente invención se refiere al uso del polímero de injerto en, por ejemplo, productos de cuidado del hogar y tejidos. Otro objetivo de la presente invención son los productos tejidos y de cuidado del hogar como tal, que contienen el polimero de injerto.

Varios estados ya han introducido iniciativas para prohibir los microplásticos, especialmente en los productos cosméticos. Más allá de esta prohibición de los microplásticos insolubles, existe un intenso diálogo sobre los futuros requisitos de los polímeros solubles utilizados en los productos de consumo. Por lo tanto, es muy deseable identificar nuevos ingredientes biodegradables mejores para tales aplicaciones. Este problema es predominantemente grave en el caso de los polímeros producidos por polimerización radical basados en cadenas principales de sólo carbono (una cadena principal que no contiene heteroátomos como el oxígeno), ya que una cadena principal de sólo carbono es particularmente difícil de degradar para los microorganismos.

Además, al no contener fosfatos, fragancias sintéticas ni otros aditivos contaminantes, este tipo de jabón es menos dañino para el medio ambiente acuático. Estudios demuestran que los jabones biodegradables se descomponen rápidamente por acción de microorganismos, minimizando su impacto en suelos y cuerpos de agua (García & López, 2019). Por otra parte, su producción a pequeña escala permite generar emprendimientos sostenibles y fomenta la conciencia ambiental en las comunidades.

Ademas de sus ventajas, se deben tener en cuenta aspectos técnicos como la adecuada filtración del aceite, el control del pH del producto final y la correcta formulación para asegurar su eficacia y seguridad. El desarrollo y promoción de jabones biodegradables con materia prima reciclada puede representar una solución viable y ecológica ante el creciente problema de la contaminación por residuos sólidos y productos químicos domésticos.

METODOLOGÍA

Se realizará la siguiente metodología:

1. Recolección y filtrado del aceite usado
   - Se recolectó aceite vegetal usado proveniente de cocinas domésticas.
   - El aceite fue filtrado con malla fina o tela para eliminar impurezas sólidas (restos de comida, residuos carbonizados).
2. Preparación de la solución alcalina (lejía)
   - Se disolvió hidróxido de sodio (NaOH) en agua destilada, siguiendo las proporciones adecuadas según el índice de saponificación del aceite utilizado.
   - La solución se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura segura (35–45 °C).

3. Proceso de saponificación

- Se mezcló el aceite filtrado con la solución de NaOH a temperatura controlada (35–50 °C).
- Se agitó continuamente durante 30–60 minutos hasta alcanzar la traza (espesor tipo pudín).
- Opcionalmente, se añadieron aditivos naturales (aceites esenciales, colorantes vegetales, hierbas secas).

4. Moldeado y curado del jabón

La mezcla se vertió en moldes de silicona o madera y se dejó reposar por 24 a 48 horas.

- Luego, los jabones se desmoldaron y se dejaron curar durante 4 a 6 semanas en un lugar seco y ventilado para completar la saponificación y eliminar la humedad residual.

5. Pruebas básicas de calidad

- Se verificó el pH del producto final (ideal: 8–10).
- Se realizaron pruebas de espuma, dureza y biodegradabilidad casera (degradación en medio natural o compost).

  Para validar la efectividad del jabón biodegradable, se llevó a cabo un análisis estadístico del tamaño muestral arrojando una “n” de 384.16. Este cálculo aseguró la representatividad de los resultados, permitiendo que las pruebas de calidad y biodegradabilidad sean confiables y extrapolables a un mayor número de unidades producidas.

RESULTADOS.

Modo de Conservación.

- Almacenamiento: Guarda el jabón en un lugar fresco y seco, alejado de la humedad para evitar que se deshaga antes de su uso.
- Evita Exposición Directa al Sol: La luz solar directa puede reducir la vida útil del jabón.

Precauciones

- Uso Externo: Este producto está diseñado para uso externo solamente. Evita el contacto con los ojos.
- Reacciones alérgicas: Si experimentas alguna reacción alérgica, suspende el uso del producto y consulta a un médico.
- Mantener Fuera del Alcance de los Niños: Al ser un producto natural, aún puede causar irritación en los ojos o si se ingiere.

Se preveen diversos beneficios tales como:

- Reducido Impacto Ambiental: Su fórmula biodegradable no contamina el agua ni el medio ambiente.
- Cero Plásticos: Si el jabón viene en envase, es reciclable o compostable.
- Ingredientes Naturales: Usamos ingredientes que provienen de fuentes sostenibles, respetando la biodiversidad.

Enseguida se presenta en analisis de las 5P de la mercadotecnia.

Producto: Jabón biodegradable, natural, multiusos, con envase ecológico.

Precio: Estrategia Premium o de Penetración con descuentos por volumen.

Plaza: Distribución en tiendas ecológicas, en línea y mercados locales.

Promoción: Campañas en redes sociales, marketing de influencia, promociones de lanzamiento.

Personas: Fomentar la educación sobre sostenibilidad, atención al cliente especializada, y construir una comunidad interesada en productos ecológicos.

CONCLUSIONES

La reutilización de aceite vegetal usado para la elaboración de jabón biodegradable es una práctica sustentable que contribuye a la reducción de residuos y la contaminación ambiental, promoviendo la economía circular.

El proceso de saponificación con hidróxido de sodio permite transformar eficazmente el aceite reciclado en jabón con propiedades limpiadoras adecuadas, manteniendo un pH seguro y un nivel de espuma aceptable para uso doméstico.

El jabón resultante es biodegradable, lo que minimiza el impacto negativo en ecosistemas acuáticos y terrestres, a diferencia de los detergentes convencionales que contienen químicos tóxicos y no se degradan fácilmente.

La producción artesanal o a pequeña escala de este jabón puede fomentar emprendimientos locales y aumentar la conciencia ambiental en comunidades, contribuyendo también a la valorización de residuos.

Para garantizar la calidad del jabón, es importante controlar parámetros como la pureza del aceite, la concentración de lejía y el tiempo de curado, ya que estos afectan las propiedades físicas y químicas del producto final.

REFERENCIAS

García, M., & López, R. (2019). *Elaboración de jabones ecológicos a partir de aceite vegetal usado*. Revista de Química Ambiental, 12(3), 45–52.

Morales, L., Pérez, J., & Torres, A. (2020). *Reutilización de aceites vegetales para la producción de jabones biodegradables: una alternativa sostenible*. Ciencia y Tecnología Ambiental, 8(2), 101–110.

BASF SE. (2024). *Polímeros de injerto biodegradables con cadenas laterales a base de éster vinílico* (Patente núm. EP20157383). Oficina Europea de Patentes. https://worldwide.espacenet.com/ (Fecha de publicación de la traducción: 14 de octubre de 2024).

Zhang, Y. (s.f.). *[Documento técnico no especificado en detalle, mencionado en contexto como referencia técnica sin información adicional]*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2007). *WO 2007/138053 A1: Polímeros de injerto anfifílicos basados en óxidos de polialquileno*.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2003). *WO 03/042262 A1: Polímeros de injerto con heterociclos nitrogenados en cadenas laterales*.

Gross, R. A., & Kalra, B. (2002). Biodegradable polymers for the environment. *Science*, 297(5582), 803–807. https://doi.org/10.1126/science.297.5582.803

Narancic, T., & O'Connor, K. E. (2019). Plastic waste as a global challenge: Are biodegradable plastics the answer to the plastic waste problem? *Microbiology*, 165(2), 129–137. https://doi.org/10.1099/mic.0.000749

European Chemicals Agency (ECHA). (2022). *Microplastics restriction proposal under REACH*. https://echa.europa.eu/hot-topics/microplastics

Sivalingam, G., & Madras, G. (2004). Synthesis of graft copolymers by free radical polymerization and their degradation. *Polymer Degradation and Stability*, 84(3), 393–398. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.01.021

CONTROL DE INVENTARIOS EN EL AREA DE ALMACEN DE UNA AEROLINEA COMERCIAL

Yonatan Eduardo Gómez Plata[1]
Israel Becerril Rosales[2]

RESUMEN

En el dinámico y exigente entorno de la aviación comercial, la eficiencia operativa y la precisión logística son elementos clave para garantizar la continuidad de las operaciones y la seguridad de los vuelos. En este contexto, el control de inventarios en el área de almacén técnico de una aerolínea adquiere un rol estratégico, al asegurar la disponibilidad oportuna de componentes e insumos críticos para el mantenimiento y funcionamiento de las aeronaves.

El presente proyecto tiene como objetivo la optimización del sistema de gestión de inventarios mediante la implementación de herramientas tecnológicas, metodologías logísticas modernas y buenas prácticas de almacenamiento. La integración del sistema ERP AMASIS, junto con la asignación de códigos SKU, la actualización de imágenes de materiales y la clasificación precisa de los mismos, permitió fortalecer la trazabilidad, reducir errores en los registros y mejorar la toma de decisiones basada en datos confiables. Asimismo, la aplicación del método FEFO y la depuración de materiales sin rotación contribuyeron a una gestión más ágil, sostenible y alineada con los estándares de la industria aeronáutica.

Este trabajo busca demostrar cómo un enfoque innovador y tecnológicamente respaldado en el control de inventarios puede impactar positivamente en la eficiencia global de una aerolínea comercial moderna.

Palabras clave: Eficiencia operativa, SKU, Inventario, Clasificación.

ABSTRACT

In the dynamic and demanding environment of commercial aviation, operational efficiency and logistical precision are key elements to ensuring operational continuity and flight safety. In this context, inventory control in an airline's technical warehouse area takes on a strategic role, ensuring the timely availability of critical components and supplies for aircraft maintenance and operation.

[1] Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. platayonatan321@gmail.com
[2] Tecnológico Nacional de México / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. israel.becerril@tesjo.edu.mx

This project aims to optimize the inventory management system through the implementation of technological tools, modern logistics methodologies, and good storage practices. The integration of the AMASIS ERP system, along with the assignment of SKU codes, the updating of material images, and their accurate classification, strengthened traceability, reduced record-keeping errors, and improved decision-making based on reliable data. Furthermore, the application of the FEFO method and the non-rotating material purification contributed to more agile, sustainable management aligned with aviation industry standards. This paper seeks to demonstrate how an innovative and technologically supported approach to inventory control can positively impact the overall efficiency of a modern commercial airline.
Keywords: Operational efficiency, SKUs, Inventory, Classification.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los inventarios tienen como objetivo verificar y controlar las existencias con las que disponen las empresas, mediante un conteo de los materiales y/o productos existentes, esto los hace una herramienta fundamental dentro de las empresas ya que proporciona una serie de datos que permiten conocer el nivel de existencias, además identificar la ubicación de los productos, de esta manera permite realizar una clasificación correcta en base a las necesidades que se desean cumplir (Meana, 2024).

La gestión y control de inventarios implica el coordinar, planificar, monitorear, supervisar el flujo de materiales y almacenamiento de los productos y/o materiales, busca garantizar que los niveles de inventarios sean los suficientes para cumplir con la demanda de los clientes en periodos de tiempo, en la gestión pueden influir diversas variables que influyen en el movimiento donde se realizan los registros (Rolón, 2024). En primer punto, la demanda se refiere a la cantidad de bienes que están dispuestos a comprar en un periodo de tiempo determinado, dentro de un inventario pueden existir productos y/o materiales con mucha demanda y otros con baja demanda en diversos ciclos de tiempo (Viacava Malaga & Andrade Maldonado, 2024). Otro punto importante son los plazos de tiempo, inician en el momento en que se realiza una orden para el proveedor suministre un pedido, se debe conocer cuento tiempo pasara hasta que el pedido llegue al almacén, de esta forma ayuda el flujo correcto del sistema de aprovisionamiento en la gestión de inventarios (Borbor, 2024). Además, se deben contemplara los costos, es decir, los gastos asociados con el aprovisionamiento, almacenamiento y de los sistemas de inventarios que se utilizan dentro del proceso.

Es esencial conocer qué tipo de productos y/o materiales se tendrán en almacén, estos pueden ser productos terminados (PT), materia prima, repuestos, etc. Para ello existen herramientas que nos ayudan a identificar los productos con su información detallada, en este caso hablamos de SKU (Stock

Keeping Unit) este tipo de códigos alfanuméricos ayuda a identificar y distinguir los artículos que se encuentran en los inventarios dentro del almacén (Matto & Rios, 2025). Estos ayudan a controlar los inventarios y conocer la cantidad de pedidos a ordenar, evitando confusiones, de esta forma conocer las cantidades exactas de los productos.

El control es clave para garantizar que la llegada sea optima y correcta de acuerdo con los niveles de demanda que se tienen, de esta forma la entrega de los productos sea dentro del tiempo establecido, y genera que las empresas sean rentables, ya que pueden alcanzar una óptima rotación de inventarios y se posicionen dentro del mercado competitivo (Chachalo & Robert, 2025). Esto permite planificar de forma correcta las estrategias de servicio, además de determinar el flujo de productos que se necesitan para satisfacer la demanda de los consumidores, debido a la identificación de los patrones de demanda y los cambios en las tendencias del mercado, para ello se requiere de diversas herramientas tecnológicas que ayudan a mejorar los sistemas de inventarios de manera eficiente, aumentando la competitividad de las empresas (Delgado Ruiz, 2024).

Para la gestión de los inventarios se basan en distinta clasificación y tipos de inventario que ayudaran a mejorar el sistema, estos pueden cambiar dependiendo las necesidades que se desean satisfacer en el almacén y en la rotación de los inventarios. La clasificación ABC está enfocada en categorizar los materiales en base a su importancia relativa, esta metodología se divide en tres categorías: la primera categoría “A” son aquellos productos de alta importancia, “B” son los productos de media importancia y “C” son los de menor importancia. Los niveles de importancia pueden pertenecer a los niveles de flujo, valor económico, importancia estratégica, etc. Esta clasificación es permite concentrar aquellos recursos para reducir costos y mejorar la disponibilidad (Arrieta Salgado, 2025). Así mismo, se encuentra la clasificación XYZ, es una técnica estadística usada para determinar la clasificación de los productos según la estabilidad de la demanda durante un tiempo determinado, esta clasificación identifica el comportamiento estable se clasificaría como “X”, variable será un comportamiento “Y” o errático se asignaría como “Z” (Molina Moreno, 2025). Las empresas deberán analizar e identificar que clasificación, sistema, herramientas ayudarán en base a sus necesidades para una correcta gestión de inventarios dentro de sus almacenes, de esta forma reducirán los atrasos en entregas, retrasos de envío, y reducción de costos.

El presente trabajo expone el proyecto llevado a cabo en una aerolínea comercial, enfocado en la correcta clasificación de los materiales almacenados en el almacén técnico de Toluca. Durante un periodo de seis meses, se realizaron conteos físicos detallados del inventario, regularizando los materiales según fuera necesario. Asimismo, se tomaron fotografías de cada artículo contabilizado, las cuales fueron cargadas en la base de datos AMASIS junto con su respectivo número de parte.

Cada material fue clasificado de acuerdo con su tipo correspondiente, con el objetivo de mejorar la gestión del almacén, controlar las fechas de caducidad en los casos aplicables, identificar los lotes en piezas de refacción y registrar números de serie en caso de tratarse de herramientas.

Posteriormente, se llevó a cabo una revisión y corrección de las fotografías previamente cargadas. Este proceso incluyó la verificación de los materiales aún en stock, la toma de nuevas imágenes en caso de errores o mala calidad, y la sustitución de las fotos incorrectas en la base de datos.

Otra fase importante del proyecto consistió en la definición de la aplicabilidad de los materiales que no la tenían registrada. Este paso permitió determinar si un material correspondía a un tipo específico de aeronave o si se trataba de una herramienta, con el fin de asegurar su uso adecuado.

Finalmente, se realizó una última revisión de los materiales clasificados como "tipo 1", con el propósito de corregir posibles errores de categorización y garantizar la precisión en la clasificación general. Con todo ello, se logró optimizar el control, uso y trazabilidad del inventario técnico, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

METODOLOGÍA

Etapa 1: cambio de materiales tipo 1 a su tipo correspondiente.

Al inicio del proyecto, ninguno de los materiales contaba con una clasificación según su tipo. Por esta razón, se desarrolló una tabla en la que se definieron los seis tipos de materiales utilizados en el centro de mantenimiento de la empresa, con el objetivo de asignar correctamente cada material a su categoría correspondiente (Véase la Tabla 1).

Tipo de material	Descripción	Consumible/rotable, Serializado	Reparable/ No Reparable	Lote/Serie	Fecha de caducidad
0	Material no seguido en stock: Consumible cuyo valor es muy bajo o cuya tasa de utilización es muy importante	C	NR	N/A	N/A
1	Consumible seguido en stock: consumible clásico	C	NR	N/A	N/A
2	Material con fecha de caducidad	C	NR	L	SI
3	Consumible con número de lote	C	NR	L	N/A
4	Consumible reparable	C	R	N/A	N/A
5	Rotable reparable	S	R	S	N/A
6	Rotable no reparable	S	NR	S	N/A

Tabla 1. **Clasificación de los materiales de almacén**

La empresa opera con tres tipos de aeronaves, por lo que trabaja con dos principales proveedores de materiales: Airbus y Superjet. La aerolínea se distingue por contar con la flota más joven del país, con una edad promedio de seis años, compuesta por los modelos Airbus A320, A321 y Superjet 100. Esta

flota moderna permite ofrecer a los pasajeros altos niveles de comodidad y seguridad, cumpliendo con estándares de clase mundial:

- El **Airbus A320** cuenta con capacidad de hasta 180 pasajeros, en La empresa lo adecuamos con una capacidad máxima de 150 pasajeros.
- El **Airbus A321** cuenta con capacidad de hasta 220 pasajeros, en La empresa lo adecuamos con una capacidad máxima de 192 pasajeros.
- El **Superjet 100**, cuenta con capacidad de hasta 103 pasajeros, en La empresa lo adecuamos con capacidad de 93 pasajeros, con un diseño exclusivo en su interior.

Por consiguiente, una vez obtenido el número de parte, se procedió a realizar la búsqueda en el sitio oficial de Airbus, ya que esta plataforma proporciona información detallada sobre el tipo de material correspondiente. La búsqueda se realizó exclusivamente en el sitio de este proveedor, debido a que el segundo proveedor, Superjet, no cuenta con una página web oficial. A continuación, se presenta la Tabla 2, que muestra la clasificación de los materiales según la información proporcionada por Airbus.

Airbus	Amasis
0	3
1	3
2	5
6	4

Tabla 2. *Clasificación de acuerdo con Airbus*

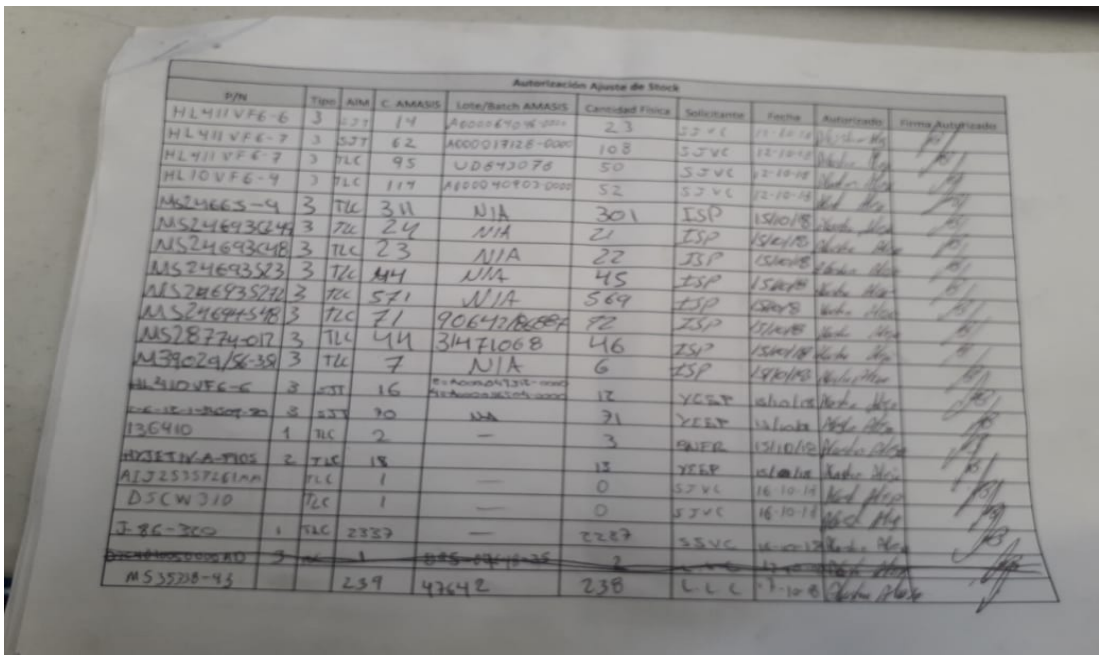
En esta tabla se muestra el proveedor correspondiente, lo cual permite establecer que, si un número de parte aparece como tipo 0 o 1 en el sistema de Airbus, en nuestra base de datos —denominada AMASIS— deberá ser clasificado como tipo 3.

Una vez identificado el tipo de material asociado al número de parte, se realiza una búsqueda en AMASIS para verificar si existe stock disponible. En caso de no contar con existencias, se procede a actualizar la clasificación del material al tipo correspondiente. Así, cuando la empresa adquiera nuevamente dicho material y este haya sido reclasificado como tipo 3, será obligatorio solicitar un número de lote o número de serie, el cual deberá registrarse correctamente en la base de datos.

Por otro lado, si el material pertenece a los tipos 2, 3, 5 o 6 y existe en inventario, es necesario localizar la pieza físicamente y verificar si cuenta con número de lote, número de serie y, en el caso de los materiales tipo 2, su fecha de caducidad.

En caso de que la cantidad de piezas físicas difiera de la registrada en la base de datos AMASIS, se procede a trasladar dichas piezas al supervisor o encargado del almacén para realizar un nuevo conteo. Posteriormente, el responsable firma la regularización correspondiente de ese número de parte o pieza, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Hoja de regularización



Autorización Ajuste de Stock

P/N	Tipo	AIM	C. AMASIS	Lote/Batch AMASIS	Cantidad Física	Solicitante	Fecha	Autorizado	Firma Autorizado
HL411VFE-6	3	[illegible]	14	[illegible]	23	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
HL411VFE-7	3	SJT	62	[illegible]	108	SJVC	[illegible]	[illegible]	
HL411VFE-7	3	TLC	95	UD843076	50	SJVC	[illegible]	[illegible]	
HL10VFE-4	3	TLC	114	[illegible]	52	SJVC	[illegible]	[illegible]	
MS24665-4	3	TLC	311	N/A	301	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS24693C44	3	TLC	24	N/A	21	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS24693C48	3	TLC	23	N/A	22	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS24693S23	3	TLC	44	N/A	45	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS24693S22	3	TLC	571	N/A	569	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS24694S48	3	TLC	71	[illegible]	72	ISP	[illegible]	[illegible]	
MS28774-017	3	TLC	44	31471068	46	ISP	[illegible]	[illegible]	
M39029/56-358	3	TLC	7	N/A	6	ISP	[illegible]	[illegible]	
HL410VFE-6	3	SJT	16	[illegible]	12	YCEP	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	3	SJT	30	N/A	31	YCEP	[illegible]	[illegible]	
136410	1	TLC	2	—	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	2	TLC	18		13	YCEP	[illegible]	[illegible]	
AIJ25353261MM		TLC	1	—	0	SJVC	16-10-14	[illegible]	
DSCW310		TLC	1	—	0	SJVC	16-10-14	[illegible]	
J-86-300	1	TLC	2337	—	2287	SSVC	[illegible]	[illegible]	
[illegible]	3	[illegible]	1	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
MS35338-43			239	47642	238	LLC	[illegible]	[illegible]	

La segunda fase del proyecto comprende tres procesos principales:

1. **Revisión de fotografías cargadas en AMASIS:** Actualmente se tienen registradas 10,700 imágenes, de las cuales se ha completado un 10% de revisión hasta el 05/10/2018.
2. **Carga de aplicabilidad faltante para los modelos A320 y RRJ95:** Se identificaron 6,521 números de parte (N/P) sin aplicabilidad registrada, correspondientes a los tipos 1 a 6, con un avance del 12% al 05/10/2018.
3. **Segunda revisión de números de parte clasificados como tipo 1 y con stock cero:** En total, se deben revisar 7,108 números de parte, con un progreso del 40% hasta la fecha mencionada.

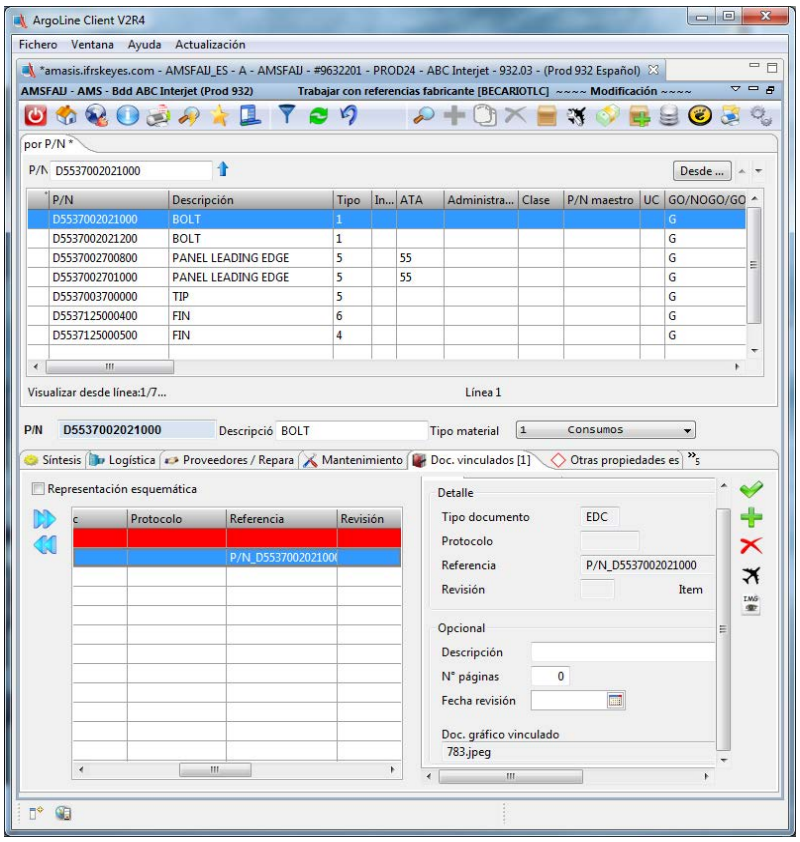
Etapa 2: Revisión de fotos

En este primer proceso de la segunda etapa del proyecto se revisaron todas las fotos de los materiales que estén cargadas en la base de datos AMASIS, por consiguiente, se proporcionó la lista de los P/N (números de parte) para que fuera revisada la foto de cada uno de los materiales y en caso de ser necesario buscar el material, tomarle la foto y corregirla en AMASIS.

Como se hace mención en la parte final de la primera etapa llevada a cabo en este proyecto esta segunda etapa contempla 3 procesos distintos y en este primer proceso se explicará cómo se realizó la corrección de fotos de los materiales en stock, ya que es imposible corregir la de un material con el cual se cuentan entradas y salidas, pero no hay físicamente a continuación se muestra el proceso de esta etapa.

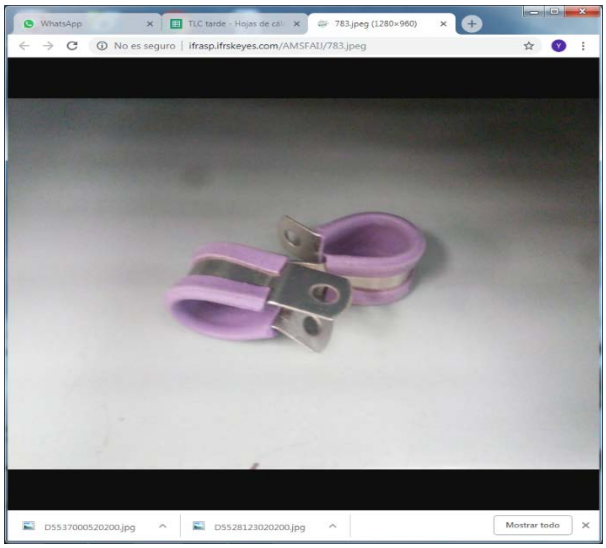
El primer paso fue buscar el material en la base de datos AMASIS para la revisión de su foto (Figura 2).

Figura 2. Búsqueda de material en base de datos.



Una vez localizado el material en la base de datos, el siguiente paso consiste en hacer clic en el ícono de imagen para verificar que la fotografía cargada corresponda correctamente al material en cuestión (Figura 3).

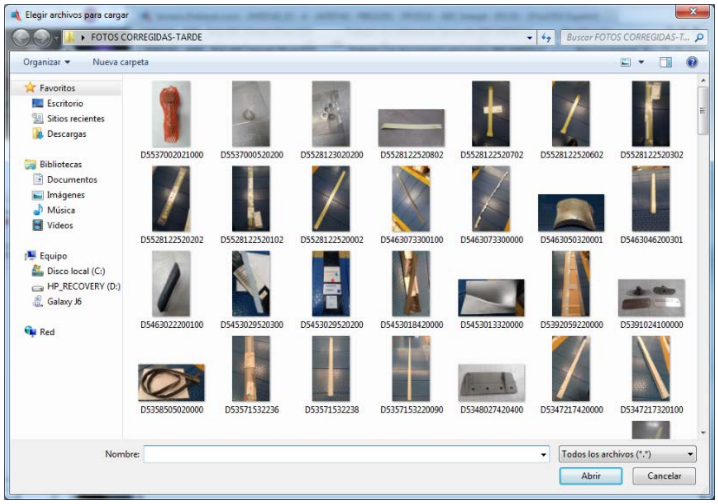
Figura 3. Foto de material cargada incorrectamente



Este material tenía cargada una fotografía que correspondía a otro componente, por lo que fue necesario realizar la corrección. Para ello, se localizó el material en el almacén, se tomó una nueva fotografía y se procedió con el proceso de actualización.

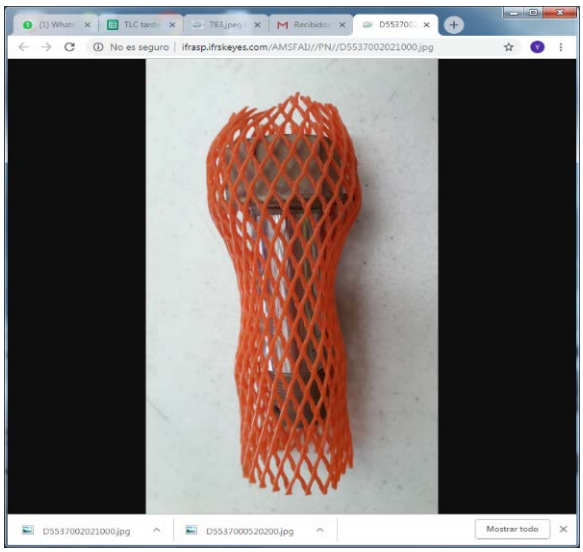
1. El primer paso consistió en crear un nuevo documento destinado a almacenar la imagen correcta. Este documento se tituló con el número de parte del material correspondiente.
2. Una vez creado el documento, se procede a seleccionar la opción correspondiente para su almacenamiento y vinculación. El sistema ofrece dos alternativas: almacenar y vincular un nuevo documento, o vincular uno que ya haya sido previamente cargado en la base de datos. En este caso, se selecciona la primera opción.
3. Una vez completado el paso anterior, se procede a seleccionar la carpeta correspondiente dentro de la base de datos en la que se almacenará la imagen.
4. Una vez definida la carpeta donde se almacenará la imagen, se procede a buscar el archivo en el equipo de cómputo para seleccionarlo y cargarlo en la base de datos AMASIS (Figura 4).

Figura 4. Selección de imagen



5. Una vez seleccionada la imagen, se hace clic en “Abrir” y, posteriormente, en la ventana emergente de AMASIS se selecciona la opción “Enviar”.
6. Una vez que se selecciona “Enviar”, se espera a que la imagen se cargue completamente en la base de datos. Al finalizar, el sistema mostrará un mensaje indicando que el proceso se completó exitosamente.
7. Una vez completado todo el proceso, se debe hacer clic en el botón rojo con el símbolo de encendido (power). A continuación, se procede a revisar la nueva fotografía cargada (Figura 5).

Figura 5. Foto correcta cargada



8. Una vez verificado que el material cuenta con la fotografía correcta, se procede a eliminar el documento que contenía la imagen anterior, de modo que en la base de datos solo permanezca la fotografía más reciente.

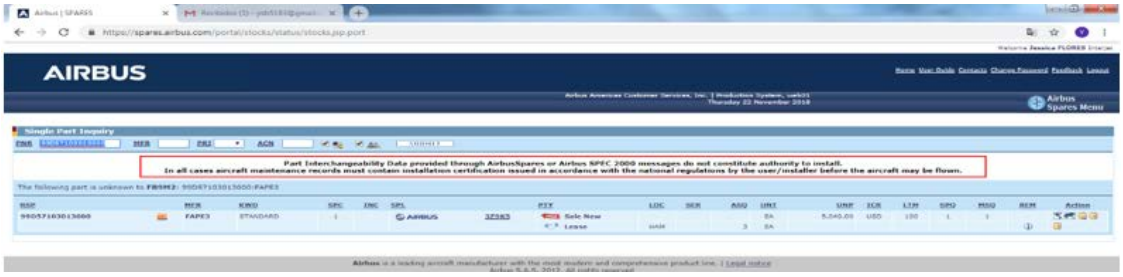
Con esto se concluye el proceso de corrección de fotografías. Este procedimiento se aplicó únicamente a los materiales que contaban con imágenes incorrectas. En los casos donde la foto era correcta, no se realizaron modificaciones, pero se registró en la hoja de control de cambios si se efectuó o no alguna actualización en la imagen.

Etapa 3: Definición de aplicabilidad

En este proceso se recibe una lista de materiales cuya aplicabilidad aún no ha sido definida; estos pueden ser herramientas o específicos para un modelo particular de avión. A continuación, se muestra el procedimiento para definir la aplicabilidad de un material que corresponde específicamente al avión Airbus modelo 320 y que inicialmente no contaba con esta información.

1. El primer paso consiste en seleccionar un número de parte de las listas proporcionadas. Este número se copia y se busca en la página oficial de Airbus (Figura 6).

Figura 6. búsqueda de material en Airbus



Según la información proporcionada por el sitio oficial de Airbus, este material corresponde a un tipo 1, lo que, según la tabla de clasificación de la empresa equivale a un tipo 3: consumible con número de lote. Por lo tanto, este material está destinado para el avión y no puede ser considerado una herramienta, asignándole así aplicabilidad para un avión Airbus A320. Al buscarlo en AMASIS, se verificó que en el apartado de aplicabilidades no tenía ninguna asignación registrada. Por ello, en la base de datos AMASIS se accede al apartado de aplicabilidades para crearla. Automáticamente, el sistema solicita ingresar un código, que en este caso corresponde a **A320**, modelo del avión. En caso de tratarse de una herramienta, el código a ingresar sería **HER**. Para materiales del otro proveedor,

Con la finalización de este proceso, se concluye la definición de la aplicabilidad del material. De esta manera, cuando dicho material ingrese o salga del almacén, el sistema solicitará automáticamente un número de lote y se sabrá con certeza que está destinado para el avión, específicamente para el modelo A320.

Durante este proceso, se asignó una aplicabilidad distinta a cada material, ya sea como herramienta, consumible o material con lote. Los materiales que quedaron sin aplicabilidad definida corresponden a los suministrados por Superjet, ya que este proveedor no cuenta con una página web o manuales que indiquen su tipo. Estos materiales suelen ser de uso general, como lijas, trapos, entre otros.

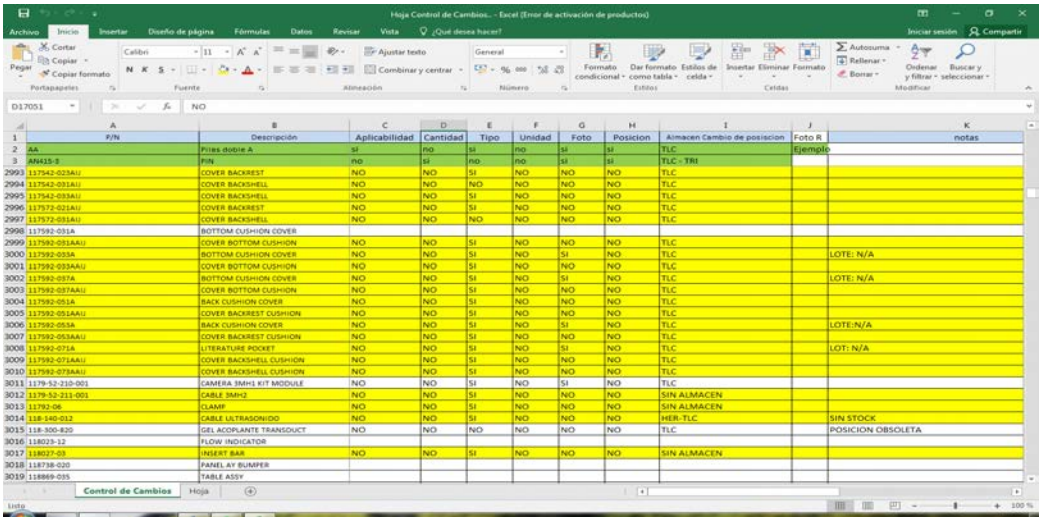
Etapa 4: Revisión de los materiales tipo 1

En esta etapa se realizó una última revisión de los materiales que permanecieron clasificados como tipo 1 tras la primera revisión y cambio de tipo realizados en la primera fase del proyecto. En este caso, no se presentaron modificaciones, ya que dichos materiales correspondían a uso general.

Este procedimiento se llevó a cabo para evitar posibles errores y asegurarse de que ningún material estuviera clasificado incorrectamente como tipo 1 cuando correspondiera a otro tipo.

En la Figura 7 se muestran los registraros diarios de los avances y cambios realizados.

Figura 7. Hoja de control de cambios



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	P/N	Descripción	Aplicabilidad	Cantidad	Tipo	Unidad	Foto	Posicion	Almacen Cambio de posisicion	Foto R	notas
2	AA	Pilas doble A	si	no	si	no	si	si	TLC	ejemplo	
3	AN415-3	PIN	no	si	no	no	si	si	TLC - TRI		
2993	117542-023AU	COVER BACKREST	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
2994	117542-031AU	COVER BACKSHELL	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TLC		
2995	117542-033AU	COVER BACKSHELL	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
2996	117572-021AU	COVER BACKREST	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
2997	117572-031AU	COVER BACKSHELL	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TLC		
2998	117592-031A	BOTTOM CUSHION COVER									
2999	117592-031AAU	COVER BOTTOM CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3000	117592-033A	BOTTOM CUSHION COVER	NO	NO	SI	NO	SI	NO	TLC		LOTE: N/A
3001	117592-033AAU	COVER BOTTOM CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3002	117592-037A	BOTTOM CUSHION COVER	NO	NO	SI	NO	SI	NO	TLC		LOTE: N/A
3003	117592-037AAU	COVER BOTTOM CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3004	117592-051A	BACK CUSHION COVER	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3005	117592-051AAU	COVER BACKREST CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3006	117592-053A	BACK CUSHION COVER	NO	NO	SI	NO	SI	NO	TLC		LOTE:N/A
3007	117592-053AAU	COVER BACKREST CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3008	117592-071A	LITERATURE POCKET	NO	NO	SI	NO	SI	NO	TLC		LOT: N/A
3009	117592-071AAU	COVER BACKSHELL CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3010	117592-073AAU	COVER BACKSHELL CUSHION	NO	NO	SI	NO	NO	NO	TLC		
3011	1179-52-210-001	CAMERA 3MH1 KIT MODULE	NO	NO	SI	NO	SI	NO	TLC		
3012	1179-52-211-001	CABLE 3MH2	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SIN ALMACEN		
3013	11792-06	CLAMP	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SIN ALMACEN		
3014	118-140-012	CABLE ULTRASONIDO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	HER-TLC		SIN STOCK
3015	118-300-820	GEL ACOPLANTE TRANSOUCT	NO	NO	NO	NO	NO	NO	TLC		POSICION OBSOLETA
3016	118023-12	FLOW INDICATOR									
3017	118027-03	INSERT BAR	NO	NO	SI	NO	NO	NO	SIN ALMACEN		
3018	118738-020	PANEL AY BUMPER									
3019	118869-035	TABLE ASSY									

En esta hoja de control de cambios diaria se registraron los números de parte a los que se les realizó alguna modificación, ya sea la actualización de la fotografía, el cambio de cantidad, la asignación de aplicabilidad, la modificación de la unidad o la reubicación dentro del almacén. Además, se anotaba el almacén correspondiente o si el material se encontraba en otra ubicación, ya que en ese caso no se podían realizar cambios en la pieza.

RESULTADOS

Cambio tipo 1 TLC

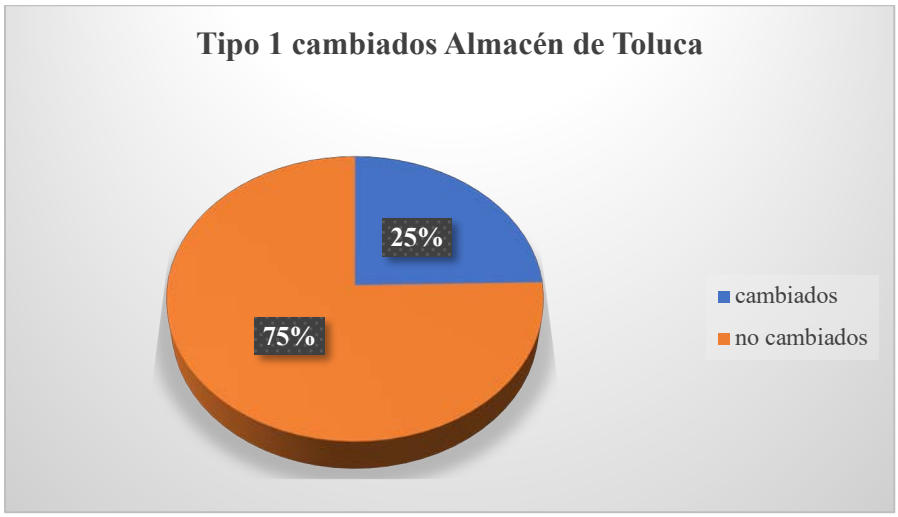
En la Tabla 3 se presentan los resultados del cambio de tipo 1 a su clasificación correspondiente, realizados únicamente en el almacén de Toluca, que fue el área de trabajo principal.

Estadística N/P Tipo 1 Almacén Toluca	Cantidad
Cantidad inicial	19062
Revisados al 05/10/2024	19062
Faltantes por revisar	0
Cambiados al 05/10/2024	4704
No cambiados	14358

***Tabla 3**. Números de parte tipo 1 cambiados en almacén Toluca*

Esto significa que, de un total de 19,062 números de parte registrados en la base de datos, 4,704 fueron reclasificados a su tipo correspondiente. Los que no se modificaron se encontraban en otro almacén, como el de México, o permanecían clasificados como tipo 1 (Gráfica 1).

Grafica 1. Porcentaje materiales tipo 1 cambiados a su tipo correspondiente



La mayoría de los materiales almacenados en Toluca fueron reclasificados. La gráfica muestra que, del total de materiales registrados en la lista de la empresa, el 25% de los cambios corresponden al almacén de Toluca. Cabe destacar que estos resultados reflejan únicamente las modificaciones

realizadas en Toluca, ya que el proyecto también se llevó a cabo en otro almacén, cuyos datos no están incluidos aquí.

Resultado cambio de cantidad en materiales almacén TLC

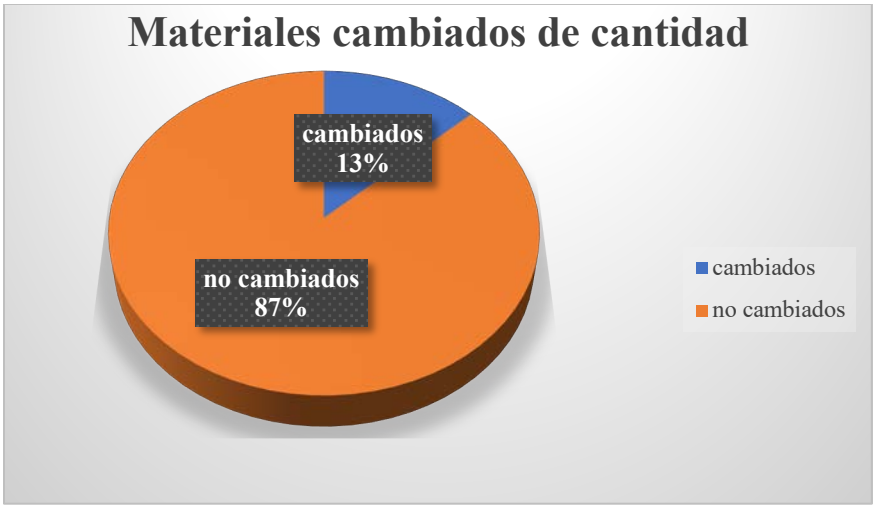
Dentro de la cantidad de materiales registrados en la hoja de control de cambios, algunos presentaron diferencias en la cantidad respecto a la base de datos, por lo que fue necesario realizar una regularización para ajustar el número correspondiente. En la Tabla 4 que muestra cuántos materiales presentaron esta discrepancia en cantidades.

Estadística N/P Material con cambio de cantidad	Cantidad
Cantidad inicial	2655
Revisados	2655
Faltantes por revisar	0
Cambiados	396
No cambiados	2259

Tabla 4. *Estadística cambio de cantidad de materiales*

En la tabla anterior se muestra que, de un total de 2,655 materiales revisados físicamente, solo 396 requirieron una corrección en la cantidad registrada en la base de datos AMASIS, debido a que había piezas faltantes o sobrantes (Gráfica 2).

Grafica 2. Porcentaje de materiales cambiados de cantidad



En este apartado se indica que solo un pequeño porcentaje de los materiales de las listas requirió regularización o ajuste en la cantidad registrada en el almacén.

Definición de Aplicabilidad TLC

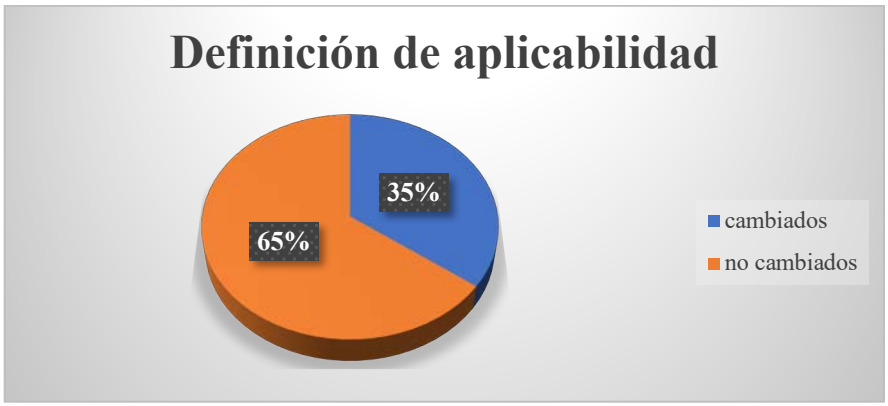
En este apartado se presentan, en la siguiente tabla, todos los números de parte proporcionados por la empresa y recopilados en la hoja de control de cambios (Tabla 5).

Estadística N/P con definición de aplicabilidad	Cantidad
Cantidad inicial	6521
Revisados	6521
Faltantes por revisar	0
Cambiados	3529
No cambiados	2992

Tabla 5. *Estadística definición de aplicabilidad*

En la tabla anterior se muestra que, de los 6,521 números de parte registrados en la hoja de control de cambios para la definición de aplicabilidad, solo a 3,529 se les asignó dicha aplicabilidad. A continuación, en la siguiente gráfica, se presenta el porcentaje de materiales con aplicabilidad definida (Gráfica 3).

Gráfica 3. Porcentaje de números con definición de aplicabilidad.



La gráfica anterior muestra que en el almacén de Toluca se definió la aplicabilidad para el 65 % de los números de parte proporcionados, lo que indica que a más de la mitad de los materiales de la lista se les pudo asignar una aplicabilidad específica.

Carga de fotos

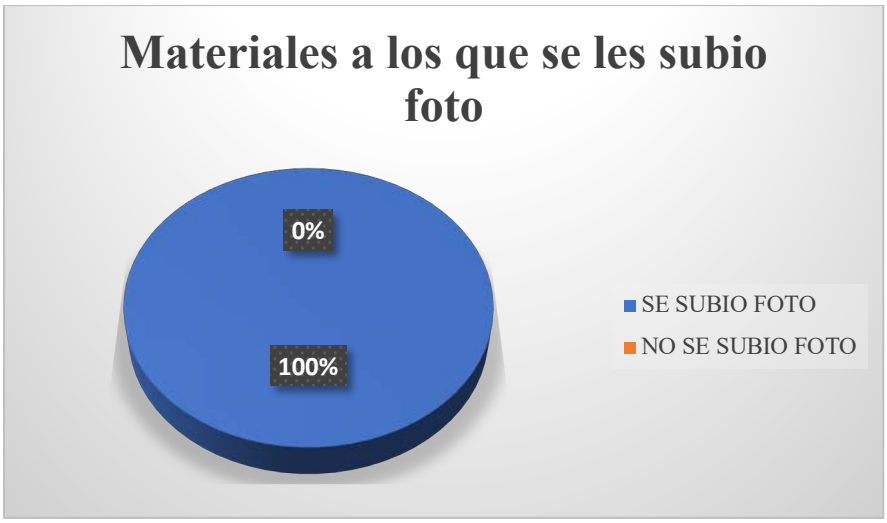
En este apartado se presenta el total y los porcentajes de fotos cargadas para materiales que inicialmente no contaban con imagen en la base de datos, pero que contaban con stock, lo que permitió tomarles la fotografía correspondiente y subirla a la base de datos (Tabla 6).

Estadística N/P sin foto	Cantidad
Cantidad inicial	2655
Revisados	2655
Faltantes por revisar	0
Cambiados	2655
No cambiados	2655

Tabla 6. *Estadística definición de aplicabilidad*

Como se muestra en la tabla de materiales con stock que fueron contabilizados físicamente para proceder con su cambio de tipo correspondiente, se tomó fotografía al 100% de estos (Gráfica 4).

Grafica 4. Materiales a los que se les subió foto



En este apartado se indica que al 100 % del material buscado físicamente se le tomó fotografía y se cargó en la base de datos, asignándole el título correspondiente al número de parte.

Material con cambio de posición TLC

En este apartado se presenta la cantidad de material que fue reubicado debido a que estaba almacenado en una posición incorrecta o porque su caja estaba duplicada. Esta reubicación fue necesaria para garantizar que los materiales se encuentren en su lugar correcto y puedan ser localizados rápidamente (*Tabla 7).*

Estadística N/P sin foto	Cantidad
Cantidad inicial	2655
Revisados	2655
Faltantes por revisar	0
Cambiados	52
No cambiados	2603

Tabla 7. *Estadística cambio de posición de material*

De los 2,655 números de parte que se tuvieron que localizar, 52 requirieron ser reubicados debido a que estaban en una posición incorrecta o porque la base de datos indicaba una ubicación distinta *(Gráfica 5).*

Grafica 5. Material con cambio de posición

Del 100 % de los materiales buscados, solo el 2 % requirió corrección o reubicación de su posición.

Corrección de fotos TLC Y CDMX

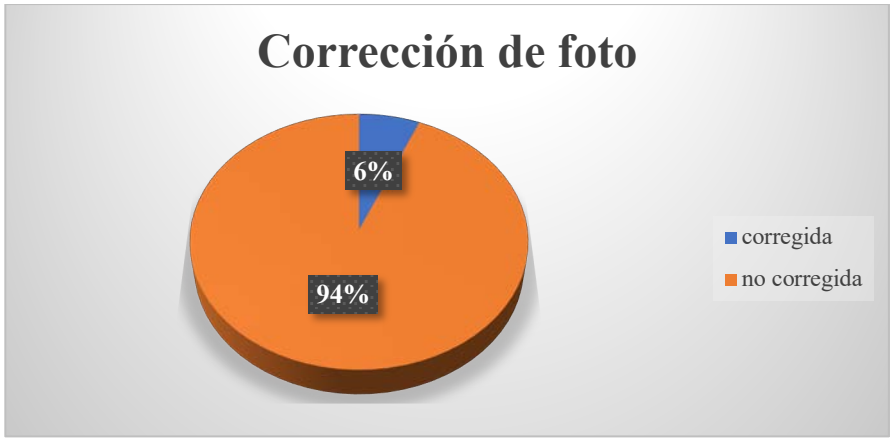
En este apartado se proporcionó una lista de materiales con fotografías ya cargadas en la base de datos. Cada foto fue revisada individualmente, verificando si el material tenía stock y comparando la imagen almacenada con una foto reciente tomada para asegurar su correspondencia (Tabla 8).

Estadística N/P corrección de foto	Cantidad
Cantidad inicial	10700
Revisados	10700
Faltantes por revisar	0
Cambiados	681
No cambiados	10019

Tabla 8. *Estadística corrección de foto*

En este apartado, de los 10,700 números de parte que contaban con foto cargada, 681 requirieron la corrección de la imagen debido a que estaba asociada a un material diferente (Gráfica 6).

Grafica 6. Corrección de fotos



Solo el 6 % del total de materiales con foto requirió corrección; el resto estaba correctamente cargado.

Resultados en total del cambio de tipo 1 en TLC y CDMX

En la primera fase del proyecto, cuyo objetivo fue reclasificar los materiales almacenados en Toluca y México, se obtuvieron los siguientes resultados:

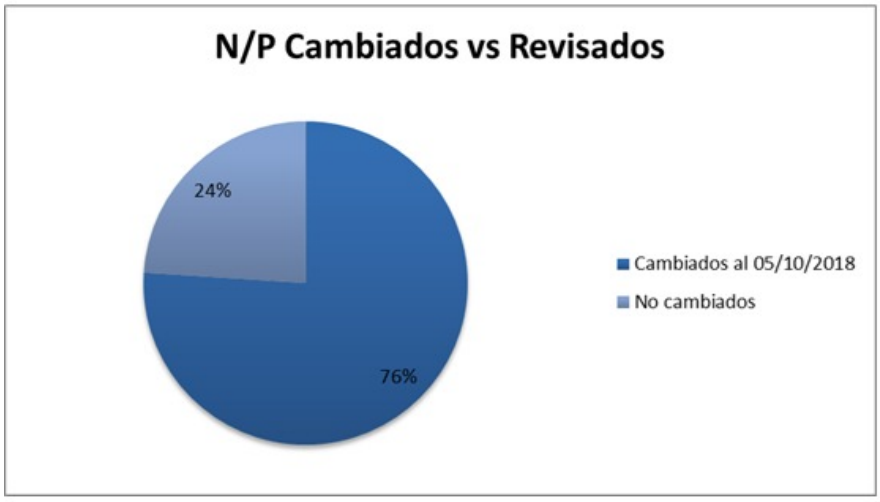
Se trabajó con un total de 29,354 números de parte clasificados inicialmente como tipo uno. Al 05/10/2018, se habían revisado la totalidad de estos números, de los cuales 22,243 fueron reclasificados a su tipo correspondiente, mientras que 7,011 permanecieron sin cambio. Así concluyó la primera etapa programada del proyecto (Tabla 9).

Estadistica N/P Tipo 1	Cantidad
Cantidad inicial	29354
Revisados al 05/10/2024	29354
Faltantes por revisar	0
Cambiados al 05/10/2024	22243
No cambiados	7011

Tabla 9. *Conclusión de la etapa 1 en general*

En la Grafica 7 se presenta el porcentaje de números de parte que fueron reclasificados.

Grafica 7. Total de números cambiados



Estos resultados corresponden a los dos almacenes principales de la aerolínea en los que se llevó a cabo el proyecto: Toluca y Ciudad de México, ya que se trabajó de manera conjunta con ambos.

CONCLUSIÓN

La implementación del proyecto enfocado en el control de inventarios en el área de almacén de una aerolínea comercial representó un avance significativo en la gestión logística y operativa del almacén técnico. A través de una planificación estructurada y la aplicación de buenas prácticas, se logró transformar un sistema tradicional en un modelo de gestión más moderno, eficiente y alineado con los requerimientos críticos de la industria aeronáutica.

Uno de los logros más relevantes fue la optimización en el control y precisión de los registros de inventario. Esto fue posible gracias a la correcta clasificación de los materiales, la estandarización mediante la asignación de códigos SKU, la actualización visual de los productos a través de imágenes representativas, y la consolidación de toda esta información en el sistema ERP AMASIS. Estas acciones no solo facilitaron la trazabilidad de los insumos y componentes, sino que también redujeron significativamente las discrepancias en los conteos y registros, permitiendo una gestión más transparente y confiable.

Además, la aplicación del método FEFO (First Expired, First Out) para la rotación de inventario y la depuración de materiales sin movimiento contribuyeron a un uso más racional de los recursos disponibles. Con ello, se minimizó el riesgo de vencimientos innecesarios, se optimizó el espacio de almacenamiento y se fortaleció la disponibilidad de insumos críticos, lo que es fundamental para mantener la continuidad operativa de las aeronaves y cumplir con los estándares de seguridad y mantenimiento.

En conjunto, estas mejoras no solo impactaron positivamente en la operatividad diaria del almacén, sino que también proporcionaron una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, al contar con información más precisa, actualizada y accesible. El proyecto, por tanto, no solo respondió a una necesidad técnica inmediata, sino que sentó las bases para una cultura organizacional más orientada a la eficiencia, la trazabilidad y la mejora continua.

Finalmente, puede afirmarse que este proyecto marcó un antes y un después en el manejo del inventario dentro del almacén técnico de la aerolínea, reforzando su capacidad para afrontar los retos operacionales del sector aéreo con mayor solidez, control y visión estratégica.

REFERENCIAS

Arrieta Salgado, K. (2025). *Publicación: Clasificación ABC de inventarios mediante modelos de aprendizaje por refuerzo.* Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/entities/publication/a0d8c512-58cd-4767-ac46-19f64b678f66

Borbor, A. (24 de Agosto de 2024). *SciELO.* Obtenido de Revista InveCOM:

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2739-00632024000200185

Chachalo, M., & Robert, V. (20 de Marzo de 2025). *Control de Inventarios para la Mejora en la Gestión Logística.* Obtenido de Revista Científica Internacional: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10343911

Delgado Ruiz, S. B. (10 de Noviembre de 2024). *Modelo PDCA para incrementar el índice de rotación de inventario aplicando .* Obtenido de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC): https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/682410/Delgado_RS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Matto, A., & Rios, M. (2025). *El marketing y la administración de la mercadería.* Lima: Fondo Editorial.

Meana, P. (2024). *Gestión de Inventarios.* España: Ediciones Paraninfo.

Molina Moreno, J. A. (2025). *REDISTRIBUCIÓN DEL ALMACÉN PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA .* Obtenido de Universidad EAFIT: https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/d6c6d2f9-59bc-4fb9-a339-652325b46e15/content

Rolón, A. (2024). *Transformación Tecnológica en el Modelo de Gestión de Inventarios en las Mipymes, Revisión Bibliográfica*. Obtenido de Ciencia Latina: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9701