

Compartiendo conocimientos

FEGLININ

Año 9, N°35, diciembre 2025

VOL 4

REVISTA OFICIAL
DE LA



Tópicos:

Tecnología; Innovación; Calidad;
Productividad; Desarrollo Económico.



CONTENIDO

DISEÑO Y ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO DE PATAS COMO COMPONENTE PARA UN SISTEMA DE MANUFACTURA ADAPTABLE MODULAR	4
ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR Y SU IMPACTO EN LOS COSTOS Y GASTOS DE LAS EMPRESAS EN VERACRUZ.	10
EVALUACIÓN DE LA RESTAURACIÓN FOLIAR EN ÁRBOLES DE LIMÓN AFECTADOS POR INCENDIO: CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS Y DE SUELO.....	18
FORTALECIMIENTO DEL DIAGNÓSTICO MÉDICO A DISTANCIA: UNA PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA ATENCIÓN EN COMUNIDADES DE DIFÍCIL ACCESO.....	27
IMPACTO DEL PRECIO EN LA OFERTA DEL MERCADO QUE INFLUYEN EL DESARROLLO EMPRESARIAL.....	35
LIDERAZGO FEMENINO Y CLIMA LABORAL EN EMPRESAS DE ZITÁCUARO: DIAGNÓSTICO PARA UN MODELO ORGANIZACIONAL.....	42
MEJORAMIENTO MEDIANTE SIMULACIÓN EN SIMIO DE LA RUTA DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ.	49

Código DOI asignado a este volumen: <https://doi.org/10.70417/IZ8n32Ipy22G>

Comisión Editorial F.G.D.P.

Directora Editorial:

Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández
Federación Global de Profesionistas AC
administracion@federacionglobal.com

Secretario Técnico:

Dr. Lorenzo Sánchez Vásquez
Abbott Laboratories de México
lorenzo.sanchezI@abbott.com

Consejeros Técnicos:

Dra. Minerva Cristina García Vargas
Tecnológico Nacional de México Campus Zitácuaro
minerva.gv@zitacuaro.tecnm.mx

Dr. Ramsés Flores Gama
Universidad Loyola del Pacífico
ramses.flores@loyola.edu.mx

Editor Responsable:

Mtro. Juan Pablo Díaz Moreno
Federación Global de Profesionistas AC
congreso@federacionglobal.com

FEGLININ, año 9, No. 35, vol. 4, octubre - diciembre 2025, es una publicación trimestral editada por la Federación Global de Profesionistas AC, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, TEL (722) 32-92-228, <https://www.federacionglobal.com>, administracion@federacionglobal.com, editor responsable: Juan Pablo Díaz Moreno. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No -en trámite-, ISSN: 2594-2298, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, secretaria general de la Federación Global de Profesionistas AC, Lic. Sandra Patricia Vázquez Hernández, calle Juan de Dios Bonilla, 11-c, Col. Alta Costa Azul, Acapulco de Juárez, Guerrero, México, C.P. 39850, fecha de la última modificación, 14 de diciembre de 2025.

Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido publicado en esta revista, mismo que es propiedad y queda registrado a nombre de los autores; su reproducción no autorizada constituye una infracción y un delito de conformidad con las leyes aplicables

EDITORIAL

Las cosas no han estado sencillas ni hoy ni nunca en realidad, se ha hecho imperativo poner nuestro máximo esfuerzo en todas y cada una de las cosas que hacemos y para ello se requiere estar atentos a nuestro entorno y reconocer nuestra realidad en todos sus aspectos.

Ahora más que nunca, cuando estamos a unos pocos días de iniciar el 2026, nos damos cuenta de que se requiere trabajar mucho más arduamente en fortalecer los lazos institucionales que se ha tendido la Federación Global de Profesiones desde aquel 2017 cuando inicio operaciones esta asociación civil. Estas diferentes relaciones que se han formalizado a través de diversos convenios firmados bilateralmente y en algunos casos con varias instituciones más al mismo tiempo, le han ido dando forma a la Federación Global de Profesiones, pero sobre todo le han permitido cumplir con su misión al compartir por los medios establecidos material suficiente y amplio para establecer proyectos de gran impacto.

Estamos cerrando el 2025 y nos congratula recordar que durante este año se ha creado el que parece ser uno de los proyectos más significativos, no solo en la Federación Global de Profesiones, sino que, nos atrevemos a decir, también a nivel nacional, se trata de lanzamiento del estándar “FGDP-GCT01:2005”.

Dicho estándar garantiza para aquellas organizaciones privadas, gubernamentales, e incluso no gubernamentales, del sector educativo o del sector productivo, ya sea primario, secundario, o incluso terciario, que se decidan a CERTIFICARSE, una operatividad más eficaz y certera.

Estamos enfocados en generalizar la implementación a nivel nacional e incluso internacionalmente de dicho estándar para beneficio de la comunidad global.

Como siempre, gracias a todos por la confianza en esta su revista, pero sobre todo en lo que hacemos en la Federación Global de Profesiones

Atte:

Juan Pablo Díaz Moreno

Presidente de la FGDP

DISEÑO Y ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO DE PATAS COMO COMPONENTE PARA UN SISTEMA DE MANUFACTURA ADAPTABLE MODULAR



DESIGN AND FINITE ELEMENT ANALYSIS OF LEGS AS A COMPONENT FOR A MODULAR ADAPTIVE MANUFACTURING SYSTEM

Mtro. Raúl Zúñiga Colín¹
 Alcaute Díaz Kenia Diane²
 Esquivel Reyes Gabriel Angel³
 Miranda García Rodolfo Oliver⁴

RESUMEN

Actualmente en el diseño y desarrollo de un producto es muy importante implementar pruebas que permitan validar el diseño del nuevo producto antes de su manufactura con la finalidad de verificar que cumpla las características para lo que fue diseñado. El análisis de elemento finito permite realizar simulaciones a través de un procedimiento numérico que permite dar soluciones y liberar el diseño.

ABSTRACT

Currently in the design and development of a product it is very important to implement tests that validate the design of the new product before its manufacture in order to verify that it meets the characteristics for which it was designed. Finite element analysis allows simulations to be carried out through a numerical procedure that allows solutions to be found and the design released.

Palabras clave: Simulación, Diseño, análisis elemento finito.

Keywords: Simulation, Design, finite element analysis.

INTRODUCCIÓN

Las cintas transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es transportar, elevar o distribuir materiales hacia otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que las manipule directamente de forma continuada (RULMEKA). Son los bastidores los componentes más sencillos de las cintas, y su función es obviamente, la de soportar las cargas de material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento, entre el punto de alimentación y el de descarga del material (GERVASO, Octubre, 2013). Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma (AENOR, Diciembre 1985). El motivo por el cual se desarrolla el sistema de manufactura adaptable modular ya que el Tecnológico Nacional de México campus Zitácuaro Michoacán no cuenta con un sistema de

¹ Ing. Raúl Zúñiga Colín, catedrático del Instituto Tecnológico de Zitácuaro raul.zc@zitacuaro.tecnm.mx

² Alcaute Díaz Kenia Diane, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zitácuaro 122650361@zitacuaro.tecnm.mx

³ Esquivel Reyes Gabriel Angel, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zitácuaro 122650359@zitacuaro.tecnm.mx

⁴ Miranda García Rodolfo Oliver, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zitácuaro 122650365@zitacuaro.tecnm.mx

simulación de procesos, se busca desarrollar infraestructura real de un sistema que permita; adaptarse a los espacios con que se dispone, pueda tener modularidad, y permita ser fabricado con la finalidad de reducir costos comprados con los sistemas que existen actualmente en el mercado.

METODOLOGÍA

Propuesta de diseño

La estructura interna la finalidad que tiene este diseño es hacer el trabajo con la base fija que permita hacer cambios en la altura del módulo, constituye una estructura de material PTR R249 con medidas de 2.5" por 1.125" calibre 14 (1.9 mm), este componente del módulo soportará el peso del volumen que se trasladará. (figura 2). La estructura externa está diseñada para ser móvil para que la altura de los módulos pueda cambiar. Está constituida por PTR 300, que mide 3" de alto por 1.5" de ancho y es de calibre 14 (1.9 mm). Las dimensiones de la parte de fabricación de la estructura externa son: PTR R300 dos cortes de 700 mm de altura, 7 barrenos de 15 mm de diámetro, con una distancia entre ellos de 90 mm. Los barrenos permitirán aumentar la altura, los dos barrenos de 15 mm de diámetro servirán para colocar la placa de posición a una altura de 610 y 660 mm (figura 1).

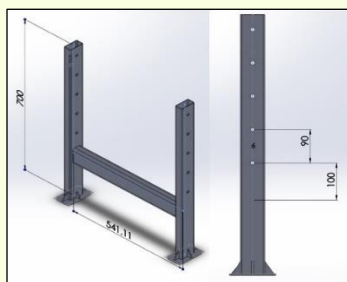


Figura 1 Parte externa

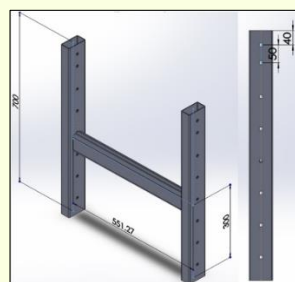


Figura 2 Parte interna

Análisis de elemento finito

El método de los elementos finitos es un procedimiento numérico que se puede utilizar para obtener soluciones. El análisis de elementos finitos se basa en transformar un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, esta transformación se denomina discretización del modelo el conocimiento de lo que sucede en el interior de este modelo del cuerpo aproximado, se obtiene mediante la interpretación de los valores conocidos en los nodos es por tanto la aproximación de valores de una función a partir del conocimiento de un número determinado finito de puntos (Moaveni, 2015).

El análisis de elemento finito se realiza por medio del software ANSYS con la finalidad de validar el diseño de su componente para soportar la carga para el que fue diseñado 1019.7172 kg (10,000 N). Análisis de patas, se aplica un mallado de 5 mm con carga de 10,000 N, ver anexo H. En este análisis se aplica únicamente a una de las dos patas. La carga de 20000 N se divide entre dos por el número de componentes de este tipo con el que cuenta cada módulo, se consideran dos patas ya que se encuentran unida con PTR cuadrado como se menciona en

la arquitectura del módulo. Se aplica la carga en los cuatro barrenos en donde se colocará la placa de posición, dichos barrenos son lo que soportaran a las partes laterales del módulo y se aplican soportes fijos a las bases de las patas, los resultados obtenidos son los siguientes; deformación total máxima es de 0.07893 mm, el máximo estrés principal se encuentra en la cara exterior de la placa posición con 83.375 Mpa, deformación elástica equivalente con un máximo 0.00076 mm/mm, factor de seguridad mínimo 1.6347, ver figura 3.

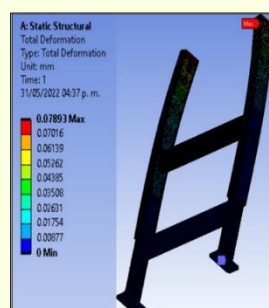
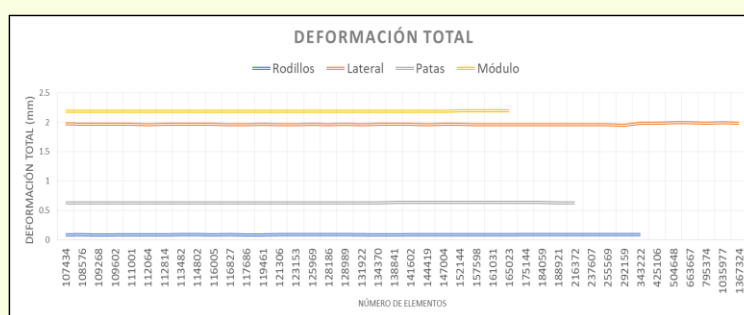


Figura 3 Parte externa

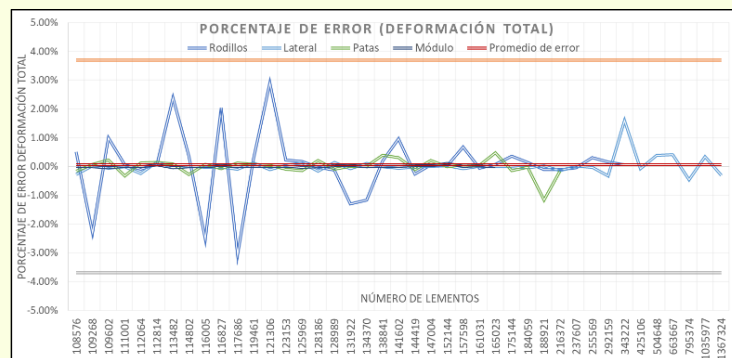
Análisis de convergencia

El objetivo de realizar un modelo de elementos finitos radica en determinar las tensiones y deformaciones producidas en los miembros del módulo al aplicar una carga (Ros Martín, 2017). Para realizar el análisis de convergencia de malla se utilizaron los resultados de la deformación total y el máximo esfuerzo principal.

La parametrización de la malla se realizó con un refinamiento que van desde de 4.9 mm a 1.7 mm obteniendo el comportamiento para la deformación total, se observa que no presenta variación, ver grafica 1. En el porcentaje de error de la deformación total se puede observar que converge con tamaño de malla de 4.6 en 274,387 elementos, el porcentaje de error tiene una variación promedio de 0.00005%, ver grafica 2.

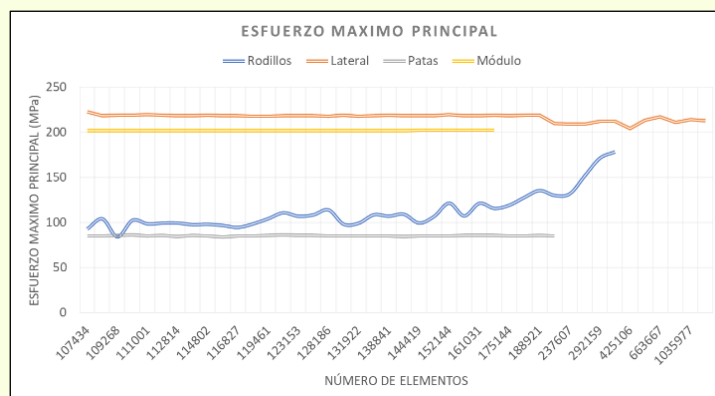


Grafica 1 Comportamiento deformación total de cada uno de los componentes

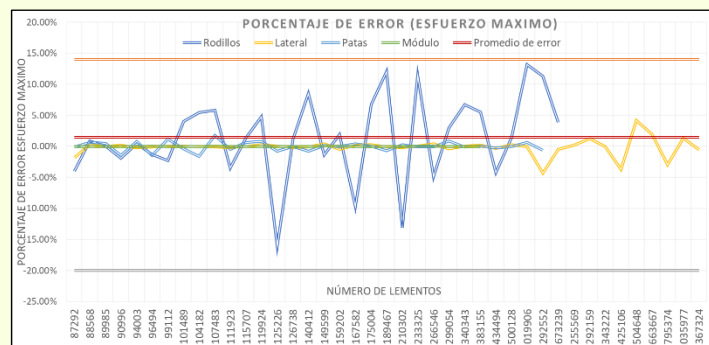


Gráfica 2 Porcentaje de error de deformación total

El comportamiento del máximo esfuerzo principal de las patas muestra poca variabilidad, ver grafica 3. El porcentaje de error del máximo de esfuerzo principal se puede observar que es poca la variación, ya que se logra la convergencia en 274,387 elementos con mallado de 4.6 mm, a partir de este punto no existe variación en el porcentaje de error con un promedio de 0.000013%, ver grafica 4.



Gráfica 3 Comportamiento esfuerzo máximo principal



Gráfica 4 Porcentaje de error del esfuerzo máximo

RESULTADOS

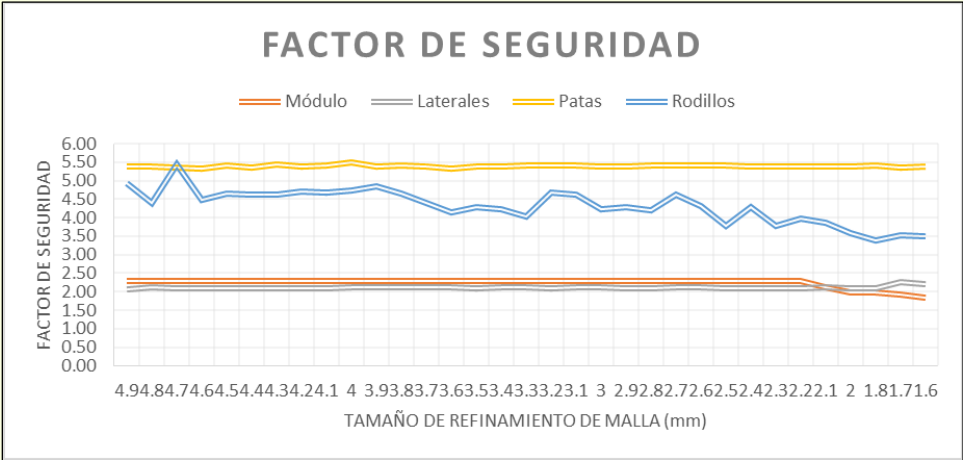
Factor de seguridad

El factor de seguridad es la relación de la resistencia real entre la resistencia requerida de un material elástico sometido a diversas cargas (Solidworks, 2021). El factor de seguridad se calcula dentro del intervalo limitante elástico y mediante el esfuerzo último o de rotura, con

el fin de conocer si existen deformaciones permanentes o colapso de la estructura debido a las fuerzas aplicadas en cada una de las pruebas (Ricardo stalin Borja Robilino, 2017).

$$F.S = \frac{P_{max}}{P_{allowable}} \quad (1)$$

Se determinan los factores de seguridad calculados con esfuerzos principales superiores al 1.5 mínimo, definidos para este diseño ver anexo I. De acuerdo a la relación de la resistencia del material y la carga que se aplicó en cada análisis, se puede observar en la parametrización el comportamiento de los factores de seguridad, ver grafica 5.



Grafica 5: Comportamiento de factores de seguridad en cada componente

En el análisis de límite de resistencia a la fatiga, se determinó que cada uno de los tipos de acero que se utilizarán en cada componente en el transportador son seguros, de acuerdo el criterio de Gerber en donde marca un factor de seguridad a fatiga superior a 1 como criterio para que un diseño resulte seguro, se observan en la tabla 1 factores de seguridad superiores al valor de referencia.

Tabla: 1: Resultados de análisis de fatiga

Acero	Componente	Esfuerzo Equivalente de von Mises (MPa)	Límite de Resistencia al Fatiga Modificado Se (MPa)	Factor de Seguridad
ASTM A 500 3"X1.5"	Partes Laterales	51.767	89.4772	1.728460216
	Patas	18.789	89.4772	4.762211933
ASTM A 500 2.5"X1.25"	Partes Laterales	21.076	93.160947	4.420238518
	Patas	18.789	93.160947	4.958270637
ASTM A53	Rodillos	24.886	178.5338	7.17406574
ASTM A36	Placa de Posición	47.197	60.6293	1.284600716

Viabilidad del diseño

A partir de las mejoras en el diseño, refinamiento para la aplicación de malla para el análisis de convergencia, cálculo del factor de seguridad se concluye que el componente cumple con el diseño y resistencia para soportar las cargas y los trabajos para lo que fue pensado ya que las simulaciones que se efectuaron se aplicó una carga extrema para asegurar la integridad estructural de 10,000 N, los resultados que se encontraron son se tiene factores de seguridad mínimo superiores al 1.5 permisible. Por los resultados anteriores se determina que el componente patas para el sistema de manufactura tiene viabilidad en su diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR. (diciembre 1985). Bandas transportadoras compuestas de goma con núcleo de tejido textil. Asociación española de normalización y certificación.
- GERVASO, M. S. (octubre, 2013). PROYECTO FIN DE CARRERA "DISEÑO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA MEDIANTE GUIDE DE MATLAB". Madrid, España.
- MARTÍN ROS MARTÍN, D. J. (2017). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ROTACIÓN DE UNIONES DE ACERO SEMIRRÍGIDAS UTILIZANDO MODELOS MICROMECAÑICOS DE FRACTURA Y ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS. Cartagena, Colombia: Industriales etsil.
- Moaveni, S. (2015). Finite Element Analysis Theory and Application with ANSYS. England: Pearson.
- Ricardo stalin Borja Robilino, P. S. (2017). Análisis estructural mediante el método de elemento finito del chasis del vehículo fórmulas SAE eléctrico de la universidad politécnica salesiana. Ecuador.
- RULMEKA. (s.f.). Manual de cintas transportadoras.
- Solidworks. (7 de septiembre de 2021). Dassault Systemes. Obtenido de http://help.solidworks.com/2020/spanish/SolidWorks/cworks/r_Maximum_Normal_Stress_Criterion.htm?verRedirect=1
- Valero, E. F. (2004). Aportaciones al estudio de máquinas eléctricas de flujo axial mediante la aplicación del método de elemento finito. Tesis doctoral.

ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR Y SU IMPACTO EN LOS COSTOS Y GASTOS DE LAS EMPRESAS EN VERACRUZ.

CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES AND THEIR IMPACT ON THE COSTS AND EXPENSES OF COMPANIES IN VERACRUZ



Dra. Loida Melgarejo Galindo¹
Dra. Rosalía Janeth Castro Lara²
Dra. Doreidy Melgarejo Galindo³
Alba del Carmen Velázquez Navarrete⁴

RESUMEN

El cuidado del medio ambiente debe ser una acción primordial, debido a indispensabilidad para la vida; se deben encausar acciones para su cuidado y preservación, que emanen de los distintos sectores y ámbitos, en el aspecto político, gubernamental, social y económico, cada uno desde su nivel de competencia.

Al respecto existen metodologías de protección, como la economía circular en el manejo de residuos, que tiene como propósitos, disminuir la contaminación y obtener beneficios económicos. El presente trabajo realiza un análisis de la frecuencia de generación de utilidades y disminución de costos en las empresas.

El estudio se desarrolla en municipios de la zona costera central del estado de Veracruz. Se emplea metodología mixta, descriptiva y transversal, donde se aplicaron encuestas y entrevistas con el objetivo de identificar estrategias de economía circular y su impacto en los costos y gastos en empresas de municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz.

ABSTRACT

Environmental protection must be a primary concern, given its indispensability for life. Actions for its care and preservation must be directed from various sectors and spheres—political, governmental, social, and economic—each within its respective area of responsibility.

In this regard, there are protection methodologies, such as the circular economy in waste management, which has two purposes: to reduce pollution and to generate economic benefits. This study analyzes the frequency of profit generation and cost reduction in companies.

The study was conducted in municipalities in the central coastal region of the state of Veracruz. A mixed, descriptive, and cross-sectional methodology was employed, utilizing surveys and interviews to identify circular economy strategies and their impact on costs and expenses in companies in the municipalities of La Antigua, Úrsulo Galvan, and Veracruz.

¹ Dra. Loida Melgarejo Galindo, Docente del área de ciencias económico-administrativas, Líder del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, loidamg@ugalvan.tecnm.mx

² Dra. Rosalía Janeth Castro Lara, Subdirectora de planeación y vinculación, Docente del área de ciencias básicas. Miembro del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

³ Dra. Doreidy Melgarejo Galindo, Secretaria de Academia de Licenciatura en Administración, Docente del área de ciencias económico-administrativas. Miembro del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Alba del Carmen Velázquez Navarrete, estudiante de la Licenciatura en Administración del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, L21885259@ugalvan.tecnm.mx

Palabras clave: *Sustentabilidad, ingresos, medio ambiente.*

Key words: *Sustainability, income, environment*

INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente hoy en día es un tema de relevante importancia, debido a los problemas y daños irreversibles que se han generado en el mundo a causa de diversos contaminantes creados por el individuo y por la sociedad, aun cuando es sabido que son indispensables para la subsistencia.

Existen numerosos contaminantes derivados de múltiples fuentes, unos de los principales es la generación de residuos, en cada una de sus diversas clasificaciones, como lo son domésticos, comerciales, industriales, sanitarios, agropecuarios, entre otros. Hoy en día la creación de dichos residuos es prácticamente inevitable, debido a la gran producción desempeñada por las empresas, encausada por la demanda de productos y servicios, por parte de la sociedad; con relación a lo anterior es importante mencionar que ante la complejidad de eliminar, se busca reducir y/o aprovechar dichos sobrantes, bajo la estrategia de cuidado en cada una de las actividades del proceso productivo indistintamente cual sea a mercancía final, donde se apueste por la optimización de la materia prima, pero además el aprovechamiento y manejo adecuado de los residuos; esto como estrategia de cuidado de la materia prima, los recursos naturales y el medioambiente; además como actividad de interés empresarial, ya que en la actualidad es conocido que el aprovechamiento de residuos puede ser una fuente de ingresos de recursos económicos para las empresas. Tal como lo dicta la economía circular, donde de acuerdo con Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, (2017). “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”. Al respecto, en el caso de la economía circular representa una alternativa para aprovechar el máximo los recursos en el proceso productivo, pero también los residuos que se generan, apoyando así, a la reducción de mermas en materiales, generación de desechos, obtener un beneficio económico, pero lo relevante es el cuidado y protección del medio ambiente.

Considerando lo anterior, La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de los Estados Unidos Mexicanos (2023), propone formas del manejo de residuos, donde se destaca, la importancia de su aprovechamiento mediante conjunto de acciones con el fin de recuperar el valor económico mediante la reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales.

Es decir, se torna importante la eliminación y/o aprovechamiento de residuos mediante un diseño superior de los materiales, los productos, los sistemas y dentro de estos, los modelos de actividad empresarial (Henzen, et al, 2022); así mismo Cerdá & Khalilova (2016) establecen la necesidad de implementar estrategias referentes al reciclaje, y aprovechar los materiales de los que se compone el producto.

Lo anterior justifica la pertinencia para la realización del presente estudio mismo que tiene como objetivo identificar estrategias de economía circular y su impacto en los costos y gastos de las empresas de municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz, en el estado de

Veracruz, México, el cual pertenece al proyecto titulado Evaluación del manejo de residuos en las organizaciones como referente de economía circular para la sostenibilidad.

Se estudiaron empresas comerciales y de servicios al ser las de mayor presencia, donde se evalúan las actividades de alquiler, renovación, reparación y reciclaje de residuos y su contribución en la reducción de costos en las empresas y la obtención de utilidades. Como objeto de estudio, se consideraron a los responsables y/o trabajadores de las empresas de los municipios mencionados como pregunta de investigación se establece ¿cómo impactan las Estrategias de economía circular en los costos y gastos de las empresas en Veracruz?

La investigación tiene metodología mixta, descriptivo y transversal, como técnica se emplea la encuesta, entrevista y observación, y como instrumento se utilizó un cuestionario estructurado, aplicado a una muestra de empresarios y/o empleados. Con los resultados se logró identificar la frecuencia en que las actividades de economía circular en el manejo de residuos han contribuido a reducir costos y su contribución en la obtención de utilidades por la venta de los mismos, lo que permite identificar si existe beneficio para las empresas.

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. Así mismo, con la presente investigación, se busca identificar si existe generación de utilidades por la venta de residuos, o bien si el empleo de la metodología de economía circular, ha contribuido a reducir costos.

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

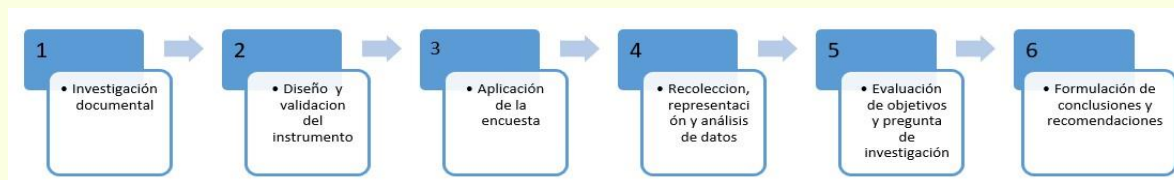
Así mismo, la investigación tiene un corte transversal al proponer realizarse en un tiempo determinado y en una población específica (Manterola, et. al. 2023). Misma que se desarrolló durante meses del año 2025.

Como objeto de estudio se consideran a las organizaciones de los municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz en el estado de Veracruz, y como sujeto de estudio a los representantes y/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 septiembre 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 se 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 conocer el área de aplicación, al momento se consideran 201 empresas encuestadas, pertenecientes a los municipios antes mencionados.

Finalmente, durante septiembre del año 2025 se realizó la curación de datos, 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 cumplir con el objetivo de la investigación, y responder a la pregunta de investigación y evaluar la hipótesis, para finalmente presentar resultados y conclusiones pertinentes. (Véase figura 1)



*Figura 1 Proceso de la metodología implementada
(Melgarejo, et. al, 2024)*

RESULTADOS

Los resultados obtenidos representan información de 201 empresas, donde se realizaron entrevistas y encuestada, con ello se han logrado identificar la implementación de estrategias de economía circular y su impacto en los costos y gastos de las empresas de municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz, en el estado de Veracruz, donde se presentan los siguientes resultados:

Como se mencionó las empresas objeto de estudio del giro comercial y servicios donde se aplicaron las técnicas de investigación, el 54% pertenece al municipio de Úrsulo Galván, el 33% al municipio de La Antigua y el 13% a Veracruz. (véase figura 2).

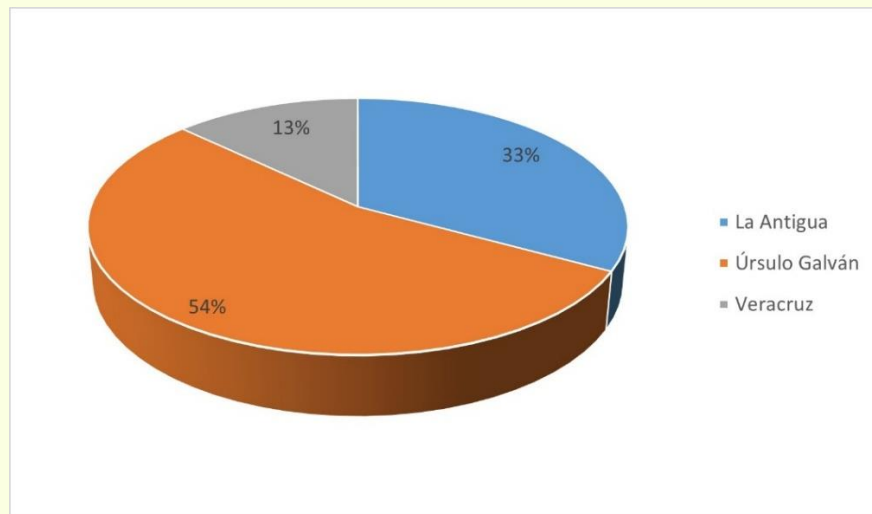


Figura 2. Distribución de empresas encuestadas por municipio

En cuanto a la clasificación de las empresas estudiadas, considerando a las de giro comercial, el 50% corresponde al municipio de La Antigua, el 38% a Úrsulo Galván y el 36% al municipio de Veracruz. Respecto al giro servicios, 64% al municipio de Veracruz, 63% Úrsulo Galván y finalmente el 50% al municipio de La Antigua. (véase figura 3)

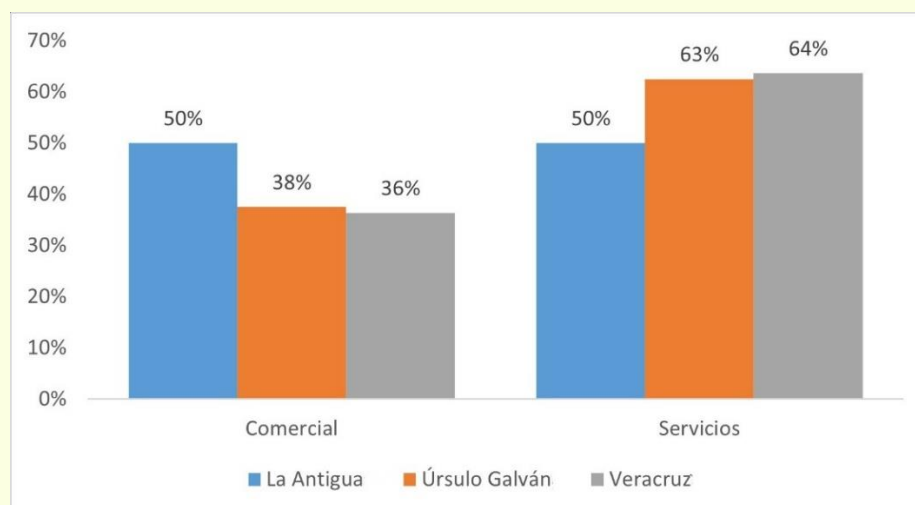


Figura 3. Giro de las empresas encuestadas por municipio

De acuerdo a la reducción de costos por empleo de actividades de economía circular como alquilar, renovar, reparar y reciclar residuos, en las empresas del municipio de la Antigua el 3% indicó que muy frecuentemente los genera, 19% frecuentemente, 39% ocasionalmente, 16% casi nunca y 23% indicó que nunca ha tenido dicho beneficio.

En empresas del Úrsulo Galván, el 9% indicó que muy frecuentemente han reducido costos por las actividades de economía circular, 23% indicó que frecuente, 38% ocasionalmente, 19% casi nunca, y 11% que nunca. En el municipio de Veracruz, el 7% indicó que muy frecuentemente han reducido costos por realizar dichas actividades de economía circular en los residuos generados, 33% indicó que frecuente, mismo porcentaje especificó que ocasionalmente, 20% respondió que casi nunca y 7% nunca. (Véase figura 4)

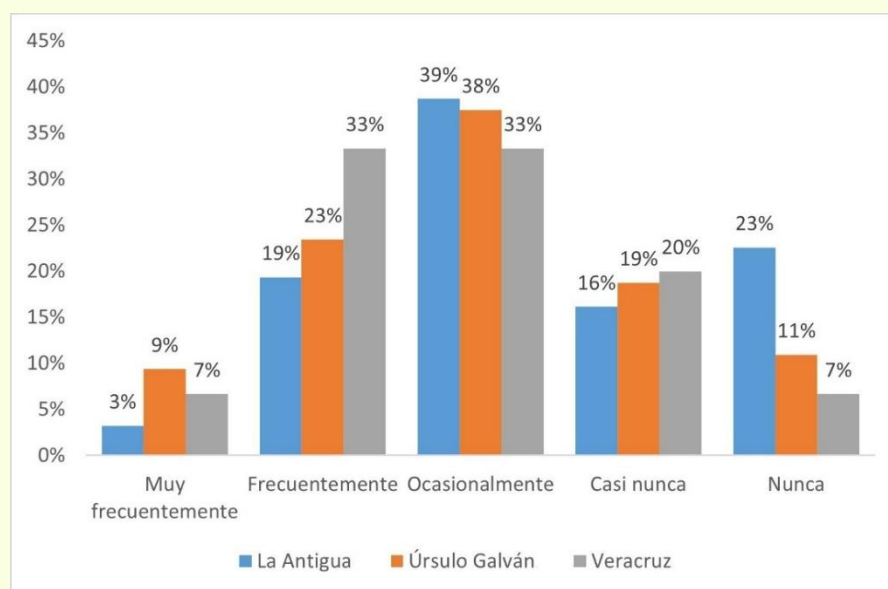


Figura 4. Frecuencia de reducción de costos en las empresas por implementar estrategias de economía circular en los residuos generados.

La generación de utilidades es otro beneficio al cual apuesta la economía circular mediante el uso y manejo adecuado de residuos, al respecto las empresas del municipio de La Antigua el 3% indicó que, si le ha permitido generar utilidades por la venta de residuos, 19% indicó que frecuentemente, 39% ocasionalmente, 16% casi nunca y 23% nunca ha generado utilidades bajo ese aspecto.

En ese tenor, las empresas del municipio de Úrsulo Galván, el 9% ha generado utilidades muy frecuentemente, 23% frecuentemente, 38% ocasionalmente, el 19% casi nunca y el 11% indicó que nunca. Finalmente, en el municipio de Veracruz, el 7% ha generado utilidades con el empleo de la circularidad en sus residuos, el 33% frecuentemente, mismo porcentaje ocasionalmente, el 20% casi nunca y finalmente el 7% nunca ha generado. (Véase figura 5)

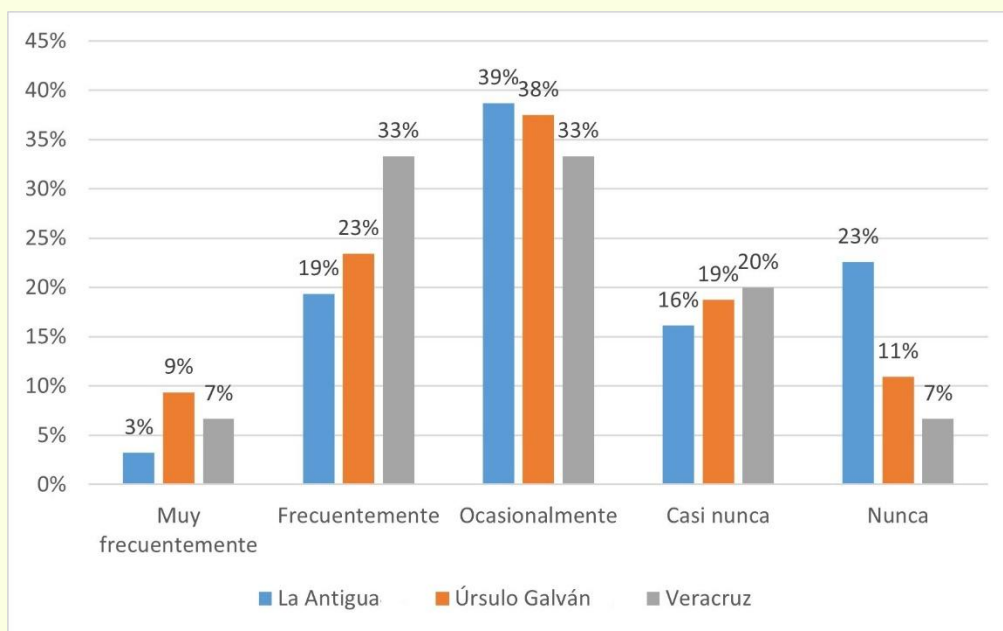


Figura 5. Frecuencia de generación de utilidades por venta de residuos en las empresas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró cumplir con el objetivo de identificar estrategias de economía circular y su impacto en los costos y gastos en empresas de municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz.

Se identificó que, en empresas del municipio de La Antigua, la implementación de actividades como alquilar, renovar, reparar y reciclar residuos, en su mayoría ha contribuido a la reducción de costos de manera ocasional, con un porcentaje de 39%, así mismo de manera conjunta la frecuencia de casi nunca a nunca con un 39% ha generado ese beneficio. Dicha frecuencia es reiterativa para las empresas del municipio de Úrsulo Galván y Veracruz con un 38% y 33% respectivamente, no obstante, en las empresas de este último municipio sobresale que el mismo porcentaje indicó si haber reducido sus costos con el uso y manejo adecuado de residuos.

La generación de utilidades es otra ventaja que se puede obtener mediante la economía circular en el manejo de residuos, en las empresas del municipio de La Antigua, el mayor porcentaje (39%) indicó que ocasionalmente se ha visto beneficiada, sin embargo, el mismo porcentaje indicó que casi nunca o nunca.

En el municipio de Úrsulo Galván el porcentaje máximo de 38% indicó que ocasionalmente ha generado utilidades, no obstante, el 29% casi nunca a nunca, por ultimo las empresas del municipio de Veracruz, sobresale en este aspecto, ya que el 33% indicó frecuentemente haberse beneficiado, siendo éste su porcentaje mayoritario.

Finalmente, retomando la pregunta ¿Cómo impactan las estrategias de economía circular en los costos y gastos de las empresas en Veracruz? Y considerando la hipótesis de trabajo que dicta: las estrategias de economía de circular en el uso y manejo de residuos impactan frecuentemente en la disminución de costos y en la generación de utilidades en las empresas de los municipios de La Antigua, Úrsulo Galván y Veracruz. Mencionamos que en su mayoría la reducción de costos se genera ocasionalmente casi nunca a nunca, mismo caso para la generación de utilidades, a consecuencia, de rechaza la hipótesis planteada y se hace evidente la necesidad de actividades de concientización y capacitación en el ámbito empresarial de los beneficios que conlleva dichas prácticas, coincidiendo con Trujillo (2024), quien “establece la necesidad de un programa de capacitación en economía circular para mejorar la gestión de residuos”.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por la autorización y apoyo para realizar el presente proyecto, Tecnológico Nacional de México/ IT. De Úrsulo Galván por las facilidades prestadas para el desempeño de las actividades, a los estudiantes de las diferentes licenciaturas que apoyaron con las actividades complementarias, servicio social, tesis y residencia profesional. Finalmente, al cuerpo académico en Consolidación ITURG-CA-4: Gestión e Innovación en las Organizaciones, por su invaluable apoyo y trabajo colaborativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.
- Henzen, et al (2022). Economía circular: Un enfoque práctico para transformar los modelos empresariales. España: ICG Marge, SL.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2023). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003.
- Manterola, C., Hernández-Leal, M. J., Otzen, T., Espinosa, M. E., & Grande, L. (2023). Estudios de corte transversal. Un diseño de investigación a considerar en ciencias morfológicas. *International Journal of Morphology*, 41(1), 146-155.
- Melgarejo, L; Castro, R.J; Melgarejo, D; Pérez M. (2024). Acciones de cuidado del agua implementadas por la sociedad en municipios del estado de Veracruz. *FEGLININ*, volumen XI (31), 62-67.
- 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*.

- Secretaria de economía. (08 de agosto de 2023). *Sistema de Información Empresarial Mexicano*. (Secretaría de Economía) Recuperado de <https://siem.economia.gob.mx/>
- Trujillo Quiñones, J. M. (2024). Implementación de un programa de capacitación en economía circular para mejorar la gestión de residuos–empresa AMBIPAR GROUP.

EVALUACIÓN DE LA RESTAURACIÓN FOLIAR EN ÁRBOLES DE LIMÓN AFECTADOS POR INCENDIO: CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS Y DE SUELO



EVALUATION OF FOLIAR RESTORATION IN LEMON TREES AFFECTED BY FIRE: PHYSIOLOGICAL AND SOIL CONSIDERATIONS

MC. Victor Manuel Langarica Rivera¹

MC. Guadalupe Ruiz Ibarra²

Dr. Marco Antonio Celis Crisóstomo³

Dr. Francisco Miguel Hernández López^{4*}

RESUMEN

El presente estudio evaluó la restauración foliar de árboles de limón (*Citrus latifolia*) afectados por un incendio en Tamazula de Gordiano, Jalisco, considerando factores fisiológicos y edáficos. El evento de fuego ocasionó la pérdida del 50 % de los árboles, afectando severamente injertos y brotes. Se aplicaron tratamientos con bioestimulantes foliares y enmiendas orgánicas (gallinaza) para promover la recuperación del follaje. Durante seis meses se midió el incremento del área foliar y se compararon los resultados entre tratamientos y testigo. Aunque se observó una ligera tendencia positiva en los tratamientos, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas. Las limitaciones en la respuesta se atribuyen al estrés post-incendio, a las altas temperaturas y a la degradación del suelo. Se concluye que la restauración foliar en estas condiciones es limitada y depende principalmente de la salud del suelo, la fisiología de las plantas y las condiciones climáticas locales.

ABSTRACT

*Please write a summary of the paper in English. This study evaluated the foliar restoration of lemon trees (*Citrus latifolia*) affected by fire in Tamazula de Gordiano, Jalisco, considering physiological and soil factors. The fire event caused a 50% loss of trees, severely damaging grafts and new shoots. Foliar biostimulants and organic amendments (poultry manure) were applied to promote foliage recovery. Over a six-month period, the increase in leaf area was measured and results were compared among treatments and control. Although a slight positive trend was observed in the treated plants, no statistically significant differences were detected. The limited response was attributed to post-fire stress, high temperatures, and soil degradation. It is concluded that foliar restoration under these conditions is restricted and primarily depends on soil health, plant physiological status, and local climatic conditions.*

Palabras clave: Limón, Incendio, Restauración Foliar.

Key Words: Lemon, Fire, Foliar Restoration.

¹ MC. Victor Manuel Langarica Rivera. Docente e Investigador del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. victor.langarica@tamazula.tecmm.edu.mx.

² MBP. Guadalupe Ruiz Ibarra Docente e Investigadora del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. guadalupe.ruiz@tamazula.tecmm.edu.mx.

³ Dr. Marco Antonio Celis Crisóstomo. Docente e Investigador del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. marco.celis@tamazula.tecmm.edu.mx.

⁴ Dr. Francisco Miguel Hernández López. Docente e Investigador del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula. francisco.hernandez@tamazula.tecmm.edu.mx. *Autor de correspondencia.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola, está expuesta a múltiples eventos, uno de los más destructivos son los incendios, capaz de poner en riesgo el extenso del área cultivable y las infraestructuras agropecuarias, amenazar la biodiversidad y los ecosistemas naturales (General de Seguros, 2024).

La quema de pastizales es una práctica habitual, tratan de generar brotes tempranos para el ganado (Gonzalez y Vollenweider, 2024) o eliminar la cobertura vegetal, controlar la maleza, reducir costos de cosecha, así como acelerar la preparación del suelo en el cultivo de caña de azúcar (Cabrera y Zuaznábar, 2010). En ambos eventos, se genera una destrucción y daños ambientales; en el suelo se genera la reducción de la carga microbiana, pérdida de nutrientes y la erosión del mismo, El material vegetativo pierde su capacidad de regeneración parcial o totalmente, además de la contaminación emitida a la atmósfera (Fragoso-Servón et al., 2023). El efecto del fuego sobre el suelo es variable, depende de factores como temperaturas alcanzadas, duración y frecuencias de quemas, el tipo de vegetación o cultivo, la temperatura en la superficie del suelo puede llegar a 200°C o más, decreciendo al aumento de la profundidad (Ramos-Rodríguez et al., 2024)

Cuando el fuego alcanza las hojas, provoca que se evapore el contenido de humedad de las mismas; posteriormente, el calor induce la pirolisis, es decir, la descomposición térmica de compuestos orgánicos como la celulosa, hemicelulosa y lignina, liberando gases y vapores combustibles. Estos compuestos volátiles (como resinas y terpenos) favorecen la ignición, generando la llama visible. A continuación, la materia sólida se transforma en brasas y finalmente en cenizas, cerrando el ciclo de combustión foliar (Byram, 1959). El efecto de la inflamabilidad en los árboles se determina considerando las propiedades fisicoquímicas del material, como el contenido de humedad, densidad, presencia de compuestos volátiles (resinas, aceites esenciales, terpenos) en la madera y la carga de combustible (cantidad de biomasa disponible por unidad de superficie). Además de factores ambientales (humedad, temperatura, viento, estacionalidad) (Gill y Zylstra, 2005).

Después de un evento de incendio se pueden realizar acciones de restauración ecológica dependiendo de la severidad del incendio y del potencial de regeneración natural. En los bosques que experimentaron una baja o mediana severidad de incendio, se sugiere optar por la regeneración natural mediante la exclusión de la perturbación - evento que altera un ecosistema al cambiar la disponibilidad de los recursos -; cuando el potencial de regeneración es bajo, y en el bosque se suscitó un incendio de alta severidad, se sugiere la siembra directa de semillas o el establecimiento de plantaciones de restauración (Martínez y cols., 2022).

Cuando una huerta es afectada por un evento de fuego, se tienen que hacer algunas consideraciones para su regeneración, realizando una evaluación del grado de daño en árboles, suelo y sistema radicular, antes de seleccionar el bioestimulante (Calvo et al., 2014). Después del estrés severo ocasionado por el incendio (pérdida de materia orgánica, alteración microbiana, daños foliares y radicales) se puede favorecer la recuperación empleando bioestimulantes, que actúan sobre la fisiología vegetal y el equilibrio del suelo. Dependiendo su naturaleza, pueden estimular la brotación, enraizamiento, recuperación foliar, mejorar la

estructura del suelo, la adsorción de nutrientes y retención de agua; promover la síntesis de proteínas, restaurar la microbiota o inducir resistencia plantas frente a plagas y enfermedades que pueden aprovechar la debilidad post-incendio. (Du Jardin, 2015).

Eventos bióticos como abióticos, pueden modificar las características del suelo, por lo que suelen usarse diferentes técnicas para su rehabilitación con fines agrícolas. Entre los productos usados en el suelo está la gallinaza, la cual, por su contenido significativo de materia orgánica, contribuye a mejorar la estructura física del suelo, favoreciendo la retención hídrica y estimulando la actividad de la microbiota edáfica. Además de ser considerada como un abono orgánico, caracterizada por su elevada concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Biopro, 2024).

Considerando las notas anteriores y el evento suscitado por fuego en los pastizales y árboles de la huerta de limón persa (*Citrus latifolia*), localizada en el ITJMMPyH Unidad Académica de Tamazula de Gordiano, Jalisco, México; se estableció el objetivo de analizar el efecto de la aplicación de bioestimulantes foliares y enmiendas orgánicas (gallinaza) sobre la recuperación del área foliar y el restablecimiento del crecimiento vegetativo de los árboles dañados por fuego; realizando aplicaciones en suelo y foliares durante los 180 días siguiente al incendio.

METODOLOGÍA

Este estudio se realizó en la huerta de limón persa (*Citrus aurifolia*) de 5 años de edad en Tamazula de Gordiano, Jalisco, el cual se ha visto dañado por eventos de fuego debido a la quema de pastizales cercano (Figura 1).



Figura 1. Evento de fuego en huerta de Limón por quema de pastizal

Se efectuó un diagnóstico inicial en los árboles, considerando el daño causado en las ramas, follajes, frutos, cambium y raíces, determinando su viabilidad. Posteriormente se realizó la poda, derribo y/o trasplante, de acuerdo al estado de fisiológico post-incendio del limonero.

La huerta de 1 ha, establecida en un marco de plantación de 6X4 fue seccionada en bloques para los tratamientos, uno para el bioestimulante foliar (Stoma), otro para el mejorador de suelo (gallinaza) y el último, como testigo, el cual quedo sin tratamiento alguno.

Durante el año en curso a la Huerta de Limón Persa se le realizaron las actividades agronómicas pertinentes. La fertilización normal está basada en las recomendaciones del INIFAP para el Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*).

Se relacionaron los periodos de crecimiento vegetativo y los de floración del limonero, con el clima de la región.

Se recopilaron los datos de clima, así como los momentos de desarrollo vegetativo y floración del cultivo de limón persa, en la región.

La planta se obtuvo del Centro de Desarrollo Frutícola Clavellinas de la SEDER Jalisco. Tiene como patrón el mandarino ácido (*Cítrico volkameriano*) y como injerto el limón persa (*Citrus aurantifolia*) (Figura 2).



Figura 2. Huerta de Limón al inicio de producción

El crecimiento del área foliar fue estimado mediante la comparación de imágenes fotográficas, tomadas, mes con mes, y analizadas con el programa Image J -es un programa de procesamiento y análisis de imágenes de código abierto, diseñado para visualizar, editar, analizar y procesar imágenes científicas- (National Institutes of Health, 2018) (ver Figura 3).

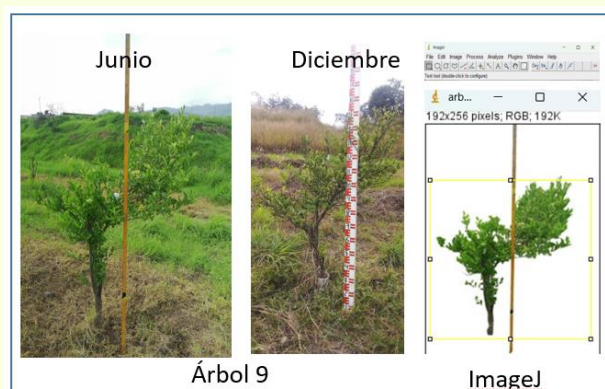


Figura 3. Procesamiento de Imagen con ImageJ

El análisis estadístico se realizó bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas a fin de garantizar la validez del modelo. El procesamiento y la interpretación de los datos se efectuaron en el entorno estadístico R (R Core Team, 2024), herramienta de código abierto ampliamente utilizada en investigaciones agronómicas para la ejecución de análisis estadísticos y la generación de representaciones gráficas de los resultados.

RESULTADOS

Son varias las consideraciones a tomar para rehabilitar una huerta de frutales afectada por un evento de fuego. Dependiendo del grado de severidad, se puede dañar parte o totalmente a la planta, además de tener cierto efecto en las condiciones circundantes a la misma, por lo que se deben de tomar acciones a corto, mediano y largo plazo.

A corto plazo, se determina la viabilidad económica de la huerta y de los árboles que subsistieron al evento por fuego. A mediano plazo se trabaja en los árboles en búsqueda de su posible recuperación, y a largo plazo se tiene que contemplar la salud del suelo y de la totalidad de la huerta y la vegetación natural circundante a los árboles productores

Un estudio realizado en la huerta sobre insectos polinizadores en la huerta, muestro la presencia de mayor población de insectos benéficos, cuando se conservaba su cubierta verde, en vez de dejarla desnuda.

El estudio del clima de la región de Tamazula de Gordiano, Jalisco y su relación con la producción de brotes vegetativos y florales, mostraron estos se generan mayormente en los meses de enero, mayo, junio y octubre. Teniendo mayor éxito de crecimiento las vegetativas que vienen acompañadas del periodo de lluvias; y las florales, las que se presentan después de una condición de estrés como cambio de temperatura o frio o respuesta al agua después de una sequía leve prolongada (Figura 4).



Figura 4. Clima de Tamazula y su generación de brotes

La humedad relativa ($< 40\%$) al inicio del año aunado al incremento de la temperatura, crea cierto grado de sequía, generando condiciones de estiaje y el desarrollo de incendios forestales. Durante el 2025 se registraron más de 900 incendios y 83800 ha; afectaciones que se hicieron presentes en el Bosque de la Primavera, los bosques de las regiones de Mazamitla, El Arenal, la Sierra Córdilo-Canales y la de Quila, Tequila, El Arenal, Casimiro Castillo, Tamazula de Gordiano y Zapotlán El Grande, en el estado de Jalisco (Haros, 2025).

Mediante el diagnóstico inicial de la huerta, se cuantifico la pérdida del 50% de los árboles, por la quema de los pastizales cercanos.

El estudio de rentabilidad realizada por Ramos (s/f) y Martínez et al., (2023) en cítricos, estima que una huerta de limón persa requiere de al menos 250 árboles por hectárea en producción, para recuperar lo invertido. Es decir, mantener al menos el 60% de la población de árboles por hectárea. Aunque la citricultura constituye una actividad rentable, la reducida extensión de los predios de productores de bajos ingresos —particularmente aquellos con superficies menores a cinco hectáreas— puede resultar insuficiente para generar los recursos económicos necesarios para cubrir el sustento de una familia. En nuestro caso, con el daño del 50% de la huerta se debería optar por cambiar o reiniciar con una nueva plantación.

En los árboles sobrevivientes se observó la fruta que poseían, fue dañada en su totalidad, por lo que no era opción para su comercialización. Las ramas jóvenes o brotes nuevos también sufrieron daño. Aunque permanecieron en pie algunos árboles, fue notorio que el injerto sufrió más lesiones que el patrón, al grado en ocasiones de dañarse en su totalidad. Algunos árboles generaron, de nuevo, ramas a partir del patrón, lo que no es conveniente, ya que la calidad del fruto cuando se forme, decrece en mucho en su calidad comercial y organoléptica.

El incendio se suscitó en el mes de abril, en el mes caliente del año. Por lo que la huerta está sufriendo una condición de estrés por el calor y la baja concentración de humedad en el ambiente. condición que no favorece a la rehabilitación natural del árbol, razón por la que se optó por usar bioestimulantes en los árboles, después de la poda de ramas afectadas y gallinaza para el restablecimiento del suelo.

En los primeros 6 meses después del incidente, se observó un crecimiento de aproximadamente un 70% del área foliar en la planta testigo. Aunque aparentemente el crecimiento % fue ligeramente mayor en tratamiento considerado para restablecer el suelo y menor en el área foliar (ver Figura 5), Con la evidencia disponible, no se confirman diferencias estadísticamente significativas entre Testigo, Stoma y Gallinasa en el aumento del área foliar evaluado por día. Sin embargo, la tendencia Testigo $>$ Gallinasa $>$ Stoma es consistente en los descriptivos y sugiere posibles efectos que merecen validación mediante modelos longitudinales y/o mayor n. (ver Figura 6),

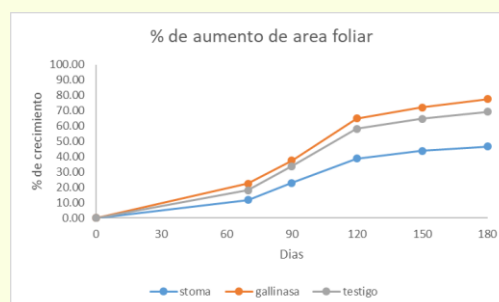


Figura 5. % de aumento de área foliar

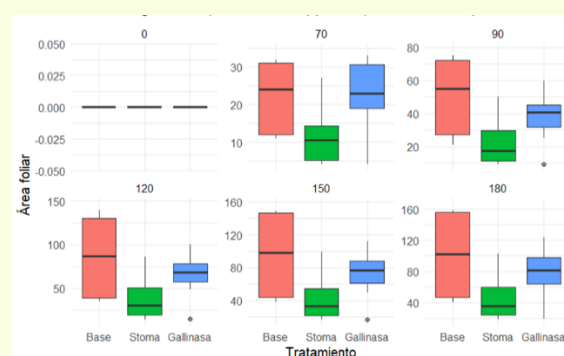


Figura 6. % Área foliar

La ausencia de respuesta tras la aplicación de un agroquímico o mejorador de suelo, con la función de estimular el crecimiento foliar, puede atribuirse a diversos factores: fisiológicos, ambientales, de manejo o relacionados con la calidad del producto. El estado fisiológico de la planta es determinante. Después de la condición de estrés por fuego, el metabolismo se ve comprometido, lo que limita la adsorción y aprovechamiento de los compuestos activos.

Pretender que una planta desarrolle follaje en un suelo infértil, en condiciones de daño por fuego o fuera de su ciclo natural de crecimiento, es una utopía. Ningún estimulante o manejo agronómico puede sustituir los requerimientos fisiológicos básicos ni las condiciones ambientales necesarias para la regeneración vegetal. El crecimiento vegetal responde a principios biológicos y ambientales que deben respetarse para que cualquier intervención sea efectiva. Nuestros resultados nos invitan a continuar con el proceso de investigación, haciendo acciones de restablecimiento de la salud del suelo, tomar el tiempo de tal forma que el clima y el desarrollo fisiológico sean propicios para estimular la generación vegetal, así como evaluar las plantas que pudieron soportar el incendio, para tomar en cuenta en el proceso productivo y de conservación en el cultivo de Limón.

CONCLUSIONES

El incendio ocasionó la pérdida del 50% de los árboles, afectando de manera irreversible tanto la parte aérea como los injertos de la mayoría de las plantas sobrevivientes. Bajo estas condiciones, la rehabilitación total de la huerta resulta limitada, y en términos productivos, lo más viable es establecer una nueva plantación.

La aplicación de bioestimulantes foliares y enmiendas orgánicas no generó diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento del área foliar respecto al testigo; sin embargo, se observó una tendencia favorable hacia el uso combinado de gallinaza, lo que sugiere un posible efecto positivo en el restablecimiento del suelo.

La falta de respuesta significativa puede atribuirse al estrés fisiológico post-incendio, al deterioro del sistema radicular y foliar, y a las condiciones climáticas adversas (altas temperaturas y baja humedad) que impidieron la absorción y asimilación adecuada de los compuestos activos.

Se constató que la presencia de cubierta vegetal favorece la actividad de insectos polinizadores benéficos, lo que subraya la importancia ecológica del manejo sustentable del suelo y la vegetación asociada.

De acuerdo con la bibliografía y el análisis de rentabilidad, una huerta con menos del 60% de árboles productivos por hectárea no logra recuperar la inversión; por tanto, la afectación del 50% de la superficie implica la pérdida de viabilidad económica del sistema productivo.

En términos biológicos y agronómicos, se concluye que pretender una respuesta vegetativa normal en un suelo degradado, bajo condiciones de daño por fuego o fuera del ciclo fenológico adecuado, es inviable, dado que ningún estimulante puede sustituir los requerimientos fisiológicos esenciales ni las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento. Se recomienda continuar con acciones de recuperación del suelo y monitoreo de las condiciones climáticas, así como evaluar las plantas que mostraron mayor tolerancia al fuego, con el fin de incorporarlas a futuros programas de selección y conservación en el cultivo de limón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biopro. (2024). *Gallinaza: El abono que revoluciona la agricultura sostenible*. Biopro. Recuperado el 20 de agosto de 2025, de Biopro: blog agricultura
- Byram, G. M. (1959). *Combustion of forest fuels*. In: Davis, K. P. (Ed.), *Forest Fire: Control and Use* (pp. 61–89). McGraw-Hill.
- Cabrera, J. A., & Zuaznábar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00. Recuperado en 20 de agosto de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100001&lng=es&tlng=es
- Calvo, P., Nelson, L., y Kloepper, J. W. (2014). *Agricultural uses of plant biostimulants*. *Plant and Soil*, 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Du Jardin, P. (2015). *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation*. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Fragoso-Servón, P.; Pereira-Corona, A. y Prezas-Hernández, B. (2023). Efecto de la Quema de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) Sobre las Propiedades de los Suelos Agrícolas en la Zona Kárstica del Sur de Quintana Roo. *European Scientific Journal*, ESJ, 19(6), 330. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n6p330>
- General de Seguros. (22 de julio de 2024). *Protege tus cultivos: guía de prevención de incendios forestales en México*. <https://generaldeseguros.mx/incendios-forestales-mexico>

- Gill, A. M., & Zylstra, P. (2005). *Flammability of Australian forests*. Australian Forestry, 68(2), 87–93. <https://doi.org/10.1080/00049158.2005.10674952>
- González C., A. y Vollenweider J. J. (2004) Efecto de una quema prescripta de pastizales nativos sobre los procesos biológicos del suelo. Rev. Arg. De Prod. Anim. Vol 24 N° 3-4: 207-215. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/uso_del_fuego/06-PPAbril.pdf
- Haros, Erendira. (2025). Más de 900 incendios forestales registró Jalisco en 2025; ¿cuál fue el área más afectada? Azteca Jalisco. <https://www.aztecajalisco.com/local/dia-mundial-prevencion-incendios-forestales-cuales-son-bosques-que-mas-se-han-quemado-jalisco-cual-ha-sido-reduccion>
- Martínez-García, J.; Perea-Peña, M.; Ochoa-Ambríz, F. y Bobadilla-Soto, E. (2023). Rentabilidad de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) en Apatzingán, Michoacán. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 52, pp. 415-426. <https://www.redalyc.org/journal/141/14178277006/html/>
- Martínez-Garza, C.; Juan-Baeza, I. ; Hernández-Hernández, M. (2022). La regeneración del bosque después de un incendio. Inventio. Año 18, núm. 44, 2022. doi: 10.30973/inventio/2022.18.44/9
- National Institutes of Health. (2018). *ImageJ* (Version 1.52a) [Software]. <https://imagej.nih.gov/ij/>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.3.2) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ramos-Novelo, José Alonzo (s/f). Rentabilidad de la citricultura. FIRA Banco de México. Recuperado de <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00001451.pdf>
- Ramos-Rodríguez, M.; Tigua-Parrales, M.; Baque-Ramos, J.; Manrique-Toala, T. y Castro-Landín, A.. (2024). Efectos del fuego sobre características físicas, químicas y nutricionales del suelo en tierras de vocación forestal. Madera y bosques, 30(1), e3012509. Epub 10 de marzo de 2025. <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3012509>

FORTALECIMIENTO DEL DIAGNÓSTICO MÉDICO A DISTANCIA: UNA PROPUESTA TECNOLÓGICA PARA MEJORAR LA ATENCIÓN EN COMUNIDADES DE DIFÍCIL ACCESO



STRENGTHENING REMOTE MEDICAL DIAGNOSIS: A TECHNOLOGICAL PROPOSAL TO IMPROVE CARE IN HARD-TO-REACH COMMUNITIES

José Ronaldo García Vázquez¹

Silvestre Bedolla Solano²

Juan José Bedolla Solano³

Marcos Alejandro Vasquez Bedolla⁴

RESUMEN

En México y en muchos otros países, los servicios de salud en zonas rurales siguen enfrentando importantes limitaciones para acceder a diagnósticos especializados. Esta situación retrasa la atención, complica el seguimiento médico y reduce las oportunidades de intervención temprana. En este artículo presento una propuesta tecnológica que surge de la necesidad real de acercar a médicos generales y especialistas mediante una plataforma web ligera, intuitiva y de bajo costo. A partir de herramientas como visores DICOM, gestión de casos con tickets y comunicación en tiempo real, se busca demostrar que es posible mejorar la calidad del diagnóstico sin depender de infraestructura hospitalaria compleja.

ABSTRACT

In Mexico and many other countries, rural healthcare services continue to face significant limitations in accessing specialized diagnoses. This situation delays care, complicates medical follow-up, and reduces opportunities for early intervention. In this article, I present a technological proposal that arises from the real need to connect general practitioners and specialists through a lightweight, intuitive, and low-cost web platform. Using tools such as DICOM viewers, ticket-based case management, and real-time communication, the aim is to demonstrate that it is possible to improve the quality of diagnosis without relying on complex hospital infrastructure.

Palabras clave: Telemedicina, diagnóstico a distancia, DICOM, plataforma web, zonas rurales.

Key Words: Telemedicine, remote diagnosis, DICOM, web platform, rural areas.

INTRODUCCIÓN

La brecha entre las comunidades rurales y los centros urbanos en términos de infraestructura sanitaria continúa siendo evidente, especialmente cuando se trata de servicios especializados como radiología. Durante el desarrollo de plataformas médicas y sistemas de apoyo al diagnóstico, he podido observar que muchos médicos en estas regiones trabajan

¹ José Ronaldo García Vázquez, es Ingeniero en Sistemas Computacionales y estudiante de la Maestría en Desarrollo Regional e Innovación Tecnológica (MDRIT) en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Acapulco (TecNM/ITA) mm23320017@acapulco.tecnm.mx

² Silvestre Bedolla Solano, es Doctor en Ciencias de la Educación e integrante del Núcleo Académico Básico (NAB) de la MDRIT en el TecNM/ITA silvestre.bs@acapulco.tecnm.mx

³ Juan José Bedolla Solano, es Doctor en Desarrollo Regional e integrante del NAB de la MDRIT en el TecNM/ITA juan.bs@acapulco.tecnm.mx

⁴ Marcos Alejandro Vasquez Bedolla, es Medico Radiólogo en el IMMS Vicente Guerrero en el municipio de Acapulco de Juárez alejandro-bedolla@hotmail.com

prácticamente solos y sin herramientas tecnológicas que faciliten el intercambio de opiniones clínicas.

Ante este panorama, surge la necesidad de diseñar herramientas accesibles que permitan enviar, visualizar y comentar estudios radiológicos de forma rápida y segura. Más allá de la simple transferencia de archivos, este tipo de plataformas representa una manera de acompañar al personal médico que atiende en escenarios complicados, donde la disponibilidad de un especialista puede significar la diferencia entre un diagnóstico oportuno y una complicación grave.

A causa de la pandemia por el nuevo coronavirus (SARS-CoV-2) ha generado nuevos retos en la forma en que la radiología respalda la labor clínica y proporciona servicios de manera oportuna (Castillo, Bazaes, & Huete, 2020). Transmitir imágenes médicas e información médica asociada, de forma rápida, segura y estandarizada, desde cualquier lugar y en cualquier momento (Berenguer & Lores, 2022), es algo que genera un realce en la innovación para las radiografías ya que son una herramienta fundamental en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. La realización de una radiografía de tórax portátil en proyección anteroposterior (AP) ayuda a una menor propagación de la infección (E. Martínez Chamorro, 2021), pero su interpretación puede ser compleja y subjetiva. La plataforma que se presenta en este estudio tiene como objetivo mejorar la visualización de las radiografías y facilitar el intercambio de diagnósticos entre médicos especialistas en radiología.

METODOLOGÍA

La plataforma fue desarrollada utilizando PHP y una arquitectura modular, integrando bases de datos relacionales y almacenamiento seguro de archivos médicos. Sus principales componentes y flujos son los siguientes:

1. Carga y análisis de imágenes DICOM

- Los médicos generales pueden crear un nuevo caso (“Ticket”) desde la interfaz web, seleccionando un paciente y subiendo archivos en formato DICOM.
- El archivo es validado (tipo, tamaño y formato) y almacenado en un directorio seguro del servidor o en la nube (por ejemplo, AWS S3).
- Cada imagen queda asociada a un ticket médico y a un paciente específico.

2. Sistema de estudios médicos

- Cada ticket contiene información del paciente, estado del caso (pendiente, en proceso, completado), médico solicitante y radiólogo asignado.
- El sistema permite la asignación automática o manual de tickets a radiólogos, quienes reciben notificaciones cuando se les asigna un nuevo caso.
- Los tickets pueden ser gestionados desde un panel centralizado (dashboard), donde se visualizan los estados y responsables de cada caso.

3. Visualización y Anotación de Imágenes

- Los radiólogos pueden acceder a las imágenes DICOM mediante un visor integrado en la plataforma (archivos [view_dicom.php](#) y [viewer.php](#)).
- El visor permite explorar las imágenes, consultar los datos asociados al paciente y al caso, y añadir observaciones o diagnósticos directamente relacionados con el ticket.
- Las observaciones quedan registradas y asociadas tanto al ticket como al usuario que las realizó.

4. Comunicación y Registro de Actividad

- La plataforma registra todas las actividades relevantes (subida de archivos, asignación de tickets, comentarios, cambios de estado) en una tabla de actividades, permitiendo el seguimiento y auditoría de los casos.
- Se pueden dejar comentarios y observaciones en cada ticket, facilitando la colaboración y el intercambio de información entre médicos generales y radiólogos.

5. Seguridad y Control de Acceso

- El acceso a la plataforma está protegido por autenticación de usuario y control de roles ([auth.php](#)), diferenciando entre médicos generales, radiólogos y administradores.
- Solo los usuarios autorizados pueden acceder a los casos y archivos correspondientes a su rol.
- El sistema implementa buenas prácticas de gestión de sesiones y protección de datos médicos sensibles, alineándose con normativas como HIPAA y GDPR.

6. Notificaciones y Alertas

- Al asignar un ticket o subir una imagen, el sistema puede enviar notificaciones internas y correos electrónicos a los usuarios involucrados, informando sobre el estado del caso y las acciones requeridas.

7. Historial y Estadísticas

- Todos los casos, diagnósticos y observaciones quedan almacenados para consulta futura y generación de reportes estadísticos, lo que permite evaluar el desempeño y el impacto de la plataforma en la atención médica local.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta se basa en una arquitectura modular que permite integrar distintas funciones sin requerir equipamiento costoso. Entre las herramientas más relevantes se encuentran:

- Carga de imágenes DICOM, con validación automática de formato y asociadas directamente al expediente del paciente.

- Sistema de tickets, que ayuda a ordenar los casos, asignar responsables y dar seguimiento a cada estudio.
- Visor web DICOM, pensado especialmente para que los radiólogos puedan revisar imágenes incluso desde equipos básicos o con conexiones lentas.
- Registro de observaciones y comentarios, que fortalece la comunicación médica sin necesidad de recurrir a aplicaciones externas o poco seguras.
- Control de roles y seguridad, respetando los principios esenciales de protección de datos y confidencialidad clínica.

La plataforma no busca reemplazar la labor del radiólogo, sino facilitarla, generando un puente directo entre médicos generales y especialistas.

RESULTADOS

La integración de estos módulos permite que la plataforma funcione como un sistema completo de gestión de imágenes y colaboración médica para el diagnóstico pulmonar. El flujo típico es:

1. El médico general registra al paciente y crea un ticket, subiendo la radiografía DICOM.
2. El sistema asigna el ticket a un radiólogo, quien recibe una notificación.
3. El radiólogo visualiza la imagen, realiza anotaciones y sube su informe.
4. El médico general recibe el diagnóstico y puede continuar el seguimiento del paciente.
5. Todo el proceso queda documentado y es accesible para futuras consultas o auditorías.

Se muestra el ejemplo de análisis de imágenes radiológicas con el visor en línea, esta herramienta es eficaz al momento de procesar la visualización de alguna radiografía ya que interpreta las imágenes DICOM de una manera más rápida que otros sistemas.

A medida que se probó la plataforma en distintos escenarios, se observó una mejora clara en la fluidez del proceso diagnóstico: los tiempos de respuesta disminuyeron, los médicos pudieron obtener segundas opiniones con mayor rapidez y las imágenes se visualizaron con mayor consistencia que cuando se enviaban mediante aplicaciones de mensajería.

Algo que vale la pena destacar es que, al ser una herramienta ligera, puede funcionar en lugares donde la conectividad es limitada, lo que se convierte en una ventaja frente a otros sistemas más robustos pero imposibles de operar fuera de un entorno hospitalario.

Este tipo de soluciones abre la puerta a futuras integraciones, como la incorporación de algoritmos de inteligencia artificial capaces de apoyar la detección de patrones radiológicos relacionados con enfermedades pulmonares, lesiones óseas o patologías crónicas frecuentes.

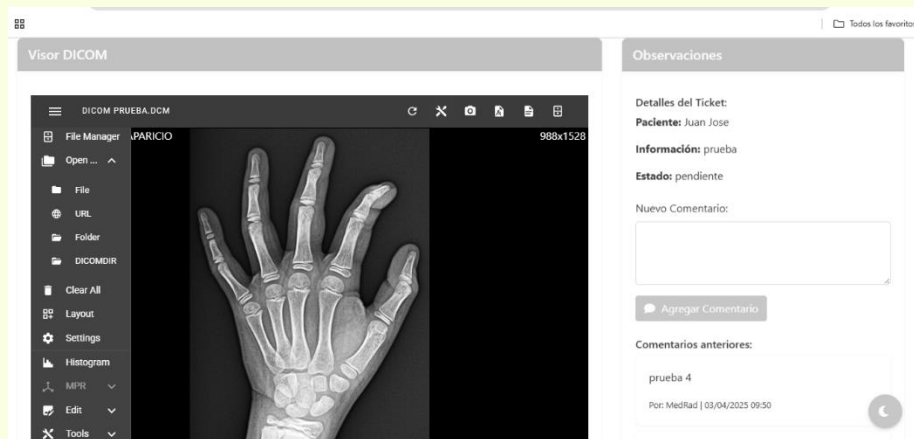


Figura 1 Interfaz de visualización de imágenes DICOM

Nota. Sistema para la visualización de imágenes Dicom con las herramientas más comunes por radiólogos, en los cuales se encuentran, contraste, zoom e imagen invertida. (Elaboración propia).

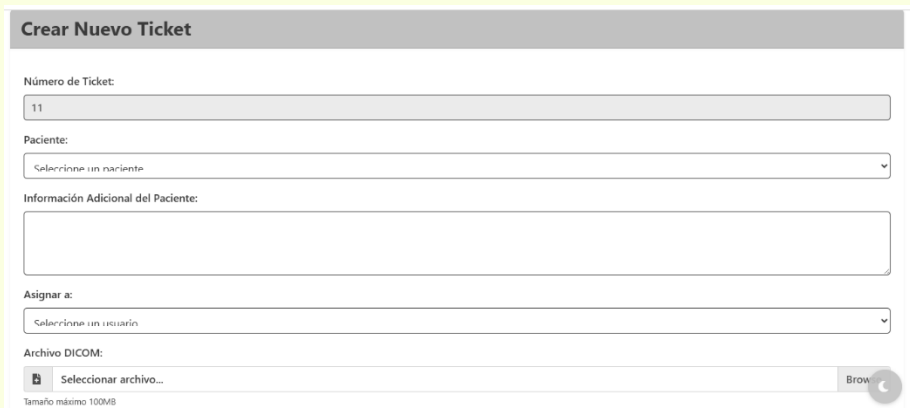


Figura 2 Interfaz de carga de imágenes DICOM

Nota. Pantalla donde el médico general selecciona al paciente y sube la radiografía en formato DICOM, completando la información clínica relevante. (Elaboración propia).

Plataforma Salud

Dashboard

Mis Tickets

Crear Ticket

Nuevo Paciente

Cerrar sesión

Total Tickets

1

Pendientes

1

Finalizados

0

En Proceso

0

Mis Tickets

Nuevo Ticket

Número	Paciente	Estado	Asignado a	Fecha	Acciones
10	Juan Jose ID: 5	Pendiente	MedRad	01/04/2025 09:03	Ver

Figura 3 Panel de gestión de tickets

Nota. Vista del dashboard donde se muestran los tickets activos, su estado, el paciente asociado y el profesional responsable. (Elaboración propia).



Figura 4 Visor DICOM y panel de observaciones

Nota. Herramienta de visualización de imágenes DICOM, con opciones para añadir observaciones, diagnósticos y consultar los comentarios previos. (Elaboración propia).

DISCUSIÓN

La plataforma propuesta representa una solución integral para mejorar el diagnóstico de enfermedades pulmonares en zonas rurales, abordando las limitaciones de acceso a especialistas y recursos tecnológicos. Su diseño centrado en la usabilidad, la seguridad y la colaboración interdisciplinaria permite una adopción eficiente en entornos con infraestructura limitada. La integración de funcionalidades como el análisis automatizado de imágenes y la gestión de casos mediante tickets contribuye a la optimización de los flujos de trabajo y la calidad de la atención médica.

Así también la plataforma demuestra cómo la integración de tecnologías web y protocolos de imágenes médicas puede optimizar el proceso de diagnóstico en comunidades rurales. El uso de tickets médicos, control de roles y visores DICOM facilita la colaboración entre médicos generales y radiólogos, permitiendo un flujo de trabajo más eficiente y seguro.

Uno de los principales retos fue asegurar la compatibilidad con archivos DICOM y la protección de datos sensibles. El sistema implementa validaciones estrictas para la carga de archivos y utiliza sesiones seguras para la autenticación y el control de acceso. Además, la arquitectura modular permite escalar el sistema y agregar nuevas funcionalidades, como la integración de algoritmos de inteligencia artificial para el análisis automatizado de imágenes en el futuro.

El siguiente diagrama de flujo ilustra el proceso principal de la plataforma:

- Inicio
- Médico general inicia sesión
 - Registra paciente y crea ticket
 - El sistema valida y almacena el archivo
 - El ticket es asignado a un radiólogo
 - Radiólogo recibe notificación

- Radiólogo visualiza imagen y añade observaciones
- Radiólogo sube diagnóstico
- Médico general recibe diagnóstico
- Seguimiento y cierre del caso

➤ Fin

CONCLUSIONES

La implementación de una plataforma web para la gestión y análisis de imágenes médicas, combinada con sistemas de comunicación y seguridad robustos, puede transformar la atención médica en comunidades rurales. Este enfoque facilita el acceso a diagnósticos especializados, mejora la colaboración entre profesionales de la salud y garantiza la protección de los datos médicos, contribuyendo significativamente a la equidad en salud.

Hacer una mejora importante en la calidad de la atención médica brinda a los pacientes una calidad de vida más duradera. (MJ, MA, & GMA, 2003) Desarrollar una plataforma con una interfaz intuitiva y herramientas de análisis avanzadas para satisfacer las expectativas de los radiólogos y mejorar la eficiencia en el diagnóstico.

La prioridad de la seguridad y confidencialidad de los datos médicos, implementando medidas robustas de protección de la información.

Como fue la integración de la plataforma con sistemas PACS y RIS para optimizar el flujo de trabajo de los radiólogos y facilitar el acceso a las imágenes médicas.

El cambio en el diseño de la plataforma con flexibilidad y escalabilidad para adaptarse a las necesidades cambiantes del entorno médico y garantizar su relevancia a largo plazo.

Estas conclusiones sirven como guía para el desarrollo futuro de la plataforma, asegurando que cumpla con las expectativas y requisitos de los profesionales de la radiología y contribuya de manera efectiva al proceso de diagnóstico médico. Además, se sugiere la realización de investigaciones adicionales para explorar áreas específicas de mejora y continuar refinando la plataforma en función de las necesidades del usuario.

El desarrollo de herramientas tecnológicas orientadas al diagnóstico remoto no solo representa un avance técnico, sino también un compromiso con la equidad en salud. Acercar la experiencia del radiólogo a las comunidades rurales contribuye a una atención más humana, rápida y confiable.

La plataforma aquí presentada demuestra que no es necesario contar con grandes recursos para ofrecer un servicio de calidad; basta con diseñar soluciones que entiendan las necesidades reales del entorno clínico. En adelante, la integración de IA, videoconferencias médicas y reportes estructurados podría fortalecer aún más este sistema y convertirlo en un apoyo cotidiano para los profesionales de la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Berenguer, A. S., & Lores, H. B. (2022). Sistema de Transmisión Interhospitalaria de Imágenes Médicas. *orangejournal*, 3(6), 48-57, <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995X/2021.6.05>.
- Castillo, F., Bazaes, D., & Huete, Á. (2020). Radiología en la Pandemia COVID-19: Uso actual, recomendaciones para la estructuración del informe radiológico y experiencia de nuestro

departamento. Revista chilena de radiología. 26(3), 88-99. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082020000300088>.

- E. Martínez Chamorro, A. D. (2021). Diagnóstico radiológico del paciente con COVID-19. Sciencedirect, 56-73; <https://doi.org/10.1016/j.rx.2020.11.001>.
- MJ, G., MA, M., & GMA, N. (2003). Sistema PACS-CNR, una propuesta tecnológica. Rev Mex Ing Biomed, 24(1):77-85.
- Moreno, J. P. (2017). El Primer Libro. México: GANDHI.
- Roldán-Valadez, E., Espejo-Fonseca, R., & Hernández-Ortiz, J. (2003). Hacia una radiología “sin placas”:. medigraphic, 4:219-224.
- Huang, H. K. (2010). PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications. Wiley-Blackwell.
- European Society of Radiology (ESR). (2019). ESR paper on structured reporting in radiology.
- Organización Mundial de la Salud. (2016). Telemedicina: oportunidades y desarrollos en los Estados Miembros.

IMPACTO DEL PRECIO EN LA OFERTA DEL MERCADO QUE INFLUYEN EL DESARROLLO EMPRESARIAL

IMPACT OF PRICE ON MARKET SUPPLY THAT INFLUENCES BUSINESS DEVELOPMENT

Dra. Doreidy Melgarejo Galindo¹

Dra. Loida Melgarejo Galindo²

Dra. Rosalía Janeth Castro Lara³

Juan Diego Ortega Cervantes⁴

RESUMEN

El desarrollo empresarial es un elemento fundamental para el crecimiento económico de un país, por lo que es un aspecto de importancia y de interés de estudio el analizar aspectos que influyen en él, como el caso de la oferta de mercado, para la cual el lograr niveles adecuados es necesario identificar y evaluar de factores que impactan en ella, siendo frecuentemente un factor de gran impacto el precio, lo que deriva la investigación, cuya finalidad es evaluar el impacto del precio en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, que influyen el desarrollo empresarial. La investigación posee un método cuantitativo ya que estudia un fenómeno susceptible de cuantificación; es correlacional ya que se examina relación entre variables y transversal por realizarse en un periodo de tiempo determinado y en una muestra de una población específica; en la investigación se empleó la técnica encuesta y se diseñó un cuestionario como instrumento de medición para la recolección de datos, que al ser analizados permitió la evaluación y aceptación de hipótesis de investigación y logro de los objetivos.

ABSTRACT

Business development is a fundamental element for a country's economic growth. Therefore, analyzing the factors that influence it, such as market supply, is an important and interesting area of study. Achieving adequate levels of supply requires identifying and evaluating the factors that impact it, with price frequently being a major factor. This leads to the research, whose purpose is to evaluate the impact of price on market supply in Cardel, La Antigua municipality, Veracruz, and how this influences business development. The research employs a quantitative method, as it studies a phenomenon susceptible to quantification; it is correlational, as it examines the relationship between variables; and it is cross-sectional, as it is conducted over a specific period and with a sample from a specific population. The survey technique was used, and a questionnaire was designed as the data collection instrument. The analysis of the data allowed for the evaluation and acceptance of the research hypotheses and the achievement of the objectives.

Palabras clave: Demanda, Productor, Consumo.

Key Words: Demand, Producer, Consumption.

¹ Dra. Doreidy Melgarejo Galindo es secretaria de academia de la licenciatura en administración. Docente del área de ciencias económico-administrativas. Miembro del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, doreidy.mg@ugalvan.tecnm.mx

² Dra. Loida Melgarejo Galindo es docente del área de ciencias económico-administrativas. Líder del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván loida.mg@ugalvan.tecnm.mx

³ Dra. Rosalía Janeth Castro Lara es subdirectora de planeación y vinculación, Docente del área de ciencias básicas. Miembro del cuerpo académico ITURG-CA-4 del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, rjaneth.cl@ugalvan.tecnm.mx

⁴ Juan Diego Ortega Cervantes es estudiante de la carrera de ingeniería en gestión empresarial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, L21884962@ugalvan.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

Con la globalización las empresas al estar en constante competencia para permanecer en el mercado se ven obligadas a buscar su desarrollo, entendiendo por desarrollo empresarial al conjunto de estrategias, acciones y procesos orientados a mejorar el crecimiento, competitividad y sostenibilidad de una empresa en el tiempo. (Álvarez, 2025)

Sin embargo, lograr el desarrollo empresarial es un reto para las empresas, ya que mucho depende del nivel de oferta que ellas obtengan, por lo que es necesario que las empresas implementen estrategias que contribuyan a su incremento, para lo que es necesario identificar y evaluar de los factores que impactan en la decisión de producción y venta por parte de las empresas y/o productores, que influyen en sus niveles de venta y crecimiento de las organizaciones.

La oferta del mercado es todas las cantidades que los productores de determinado bien o servicio están dispuestos a ofrecer a cada nivel de precio. (Rodríguez, 2009). Así mismo, para (Mankiw, 2012) la cantidad ofrecida de cualquier bien o servicio es la cantidad que los vendedores quieren y pueden vender, pero que, para ambos casos, el precio es un factor común en la oferta de mercado y frecuentemente el principal factor, que impacta de la oferta y ventas de una zona.

En el caso de las organizaciones de ciudad Cardel, Veracruz, que han tenido bajas ventas, que no solo han dificultado su desarrollo, sino el crecimiento económico de la zona, deriva la conveniencia de la investigación, que contribuya al establecimiento de estrategias que incrementen de producción, ventas y utilidades de la organización, que facilite el desarrollo empresarial y a su vez, el crecimiento económico de la ciudad.

La presente investigación tiene como objetivos “*Identificar el nivel de oferta del mercado en ciudad Cardel, Veracruz*”, “*Determinar el nivel de precios en ciudad Cardel, Veracruz*”, que contribuya a “*Evaluar el impacto del precio en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, que influyen el desarrollo empresarial*”, generaron como pregunta de investigación *¿El precio impacta en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz?* y derivando la hipótesis *El precio impacta en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz.*

Para la investigación en el trabajo de campo en aplicó la técnica encuesta, la cual se limita a empresas o empresarios de la ciudad, por ser los que realizan la oferta de mercado.

Finalmente, con la información obtenida permitió la identificación y evaluación de posibles factores de impacto en la oferta de mercado y específicamente, la evaluación del impacto del factor precio en la oferta de mercado, y con ellos la obtención de información de relevancia para la implementación de estrategias que fomente la oferta y se incrementen las ventas en ciudad Cardel, que influyan en el desarrollo empresarial de la ciudad y la región.

METODOLOGÍA

El estudio al derivarse del proyecto “Factores de impacto en la oferta del mercado que influyen en el desarrollo empresarial” (Melgarejo et al, 2025), el cual, a su vez de un proyecto de continuidad del proyecto “Factores de impacto en la demanda del mercado para el desarrollo empresarial” (Melgarejo et al, 2024), posee un método cuantitativo debido a que se estudia fenómenos susceptibles de cuantificación y utiliza pruebas estadísticas para el análisis de los datos.

El estudio inicia con una investigación documental, en el que se analizó la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio (Bernal, 2010). En dicha revisión documental permitió conocer el estado del arte del tema y la generación del marco teórico.

La investigación también se considera descriptiva, ya que se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández et. al, 2010) y porque se soporta principalmente en técnicas como la encuesta, ... y la revisión documental (Bernal, 2010); el trabajo de campo se desarrolló municipios de la zona centro del estado de Veracruz y específicamente en Ciudad Cardel, municipio de La Antigua, para el que se empleó la técnica encuesta y se diseñó como instrumento de medición un cuestionario integrado por preguntas de opción múltiple, escala de calificación y preguntas abiertas, aplicado a una muestra de empresas o empresarios del lugar, durante en un tiempo específico, considerándose un estudio transversal “... en un tiempo determinado y en una población específica.” (Álvarez y Delgado, 2015).

Para el trabajo de campo, se realizó una encuesta fue dirigida empresas de la ciudad de estudio, para la que se diseñó un cuestionario el cual fue validado en el mes de marzo y abril de 2025 mediante una prueba piloto en una pequeña muestra, en la que al no surgir dudas u observaciones de mejora sobre el cuestionario y el encuestado entendió y respondió correctamente dicho cuestionario y que los resultados preliminares obtenidos favorecían la obtención de los objetivos de la investigación, el instrumento se dio por validado.

Posterior a la validación del instrumento la encuesta final se realizó durante el periodo de mayo a agosto de 2025 a una muestra. Para la determinación del tamaño de la muestra se aplicó la fórmula para el cálculo de tamaño de muestra para poblaciones finitas a un nivel de confianza de 90% y margen de error de 10%, considerando como población de interés empresas de la zona de estudio, y a la fecha se logró aplicar la encuesta a una aleatoria de 63 empresas de ciudad Cardel.

Finalmente, durante los meses de septiembre y octubre del año 2025, se realizó la captura, representación y análisis datos, en hoja de cálculo (Excel) y el software SPSS Statistics, permitiendo la obtención de resultados que ayudan al logro de los objetivos, responder la pregunta de investigación formulada y evaluación de la hipótesis de investigación, que permitió la generación de conclusiones y recomendaciones, y que para ello, la metodología implementada se representa de manera esquematiza (véase Figura 1).



Figura 1 Proceso de la metodología de investigación implementada.

Fuente: Melgarejo et al, 2024

RESULTADOS

El estudio realizado en una muestra de empresas de ciudad Cardel, revela los siguientes resultados que permitieron el logro de los objetivos de la investigación:

Respeto al giro de las empresas de interés, el 78% de ella pertenecen al giro comercial, seguido de 16% que forman parte del sector servicios y 6% de giro comercial (véase Figura 2).

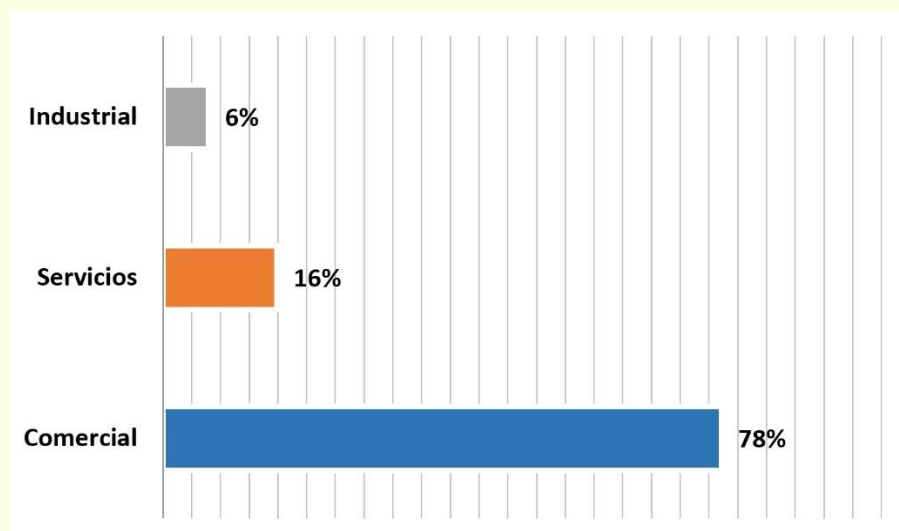


Figura 2 Giro de las empresas ciudad Cardel, Veracruz.

En relación a la identificación del nivel de oferta de mercado en ciudad Cardel, en 44% de los productores u oferentes lo perciben como Medio, seguido de 29% que lo consideran como Alto, 14% como Muy alto, 10 % como Bajo y únicamente 3% Muy bajo (véase Figura 3).

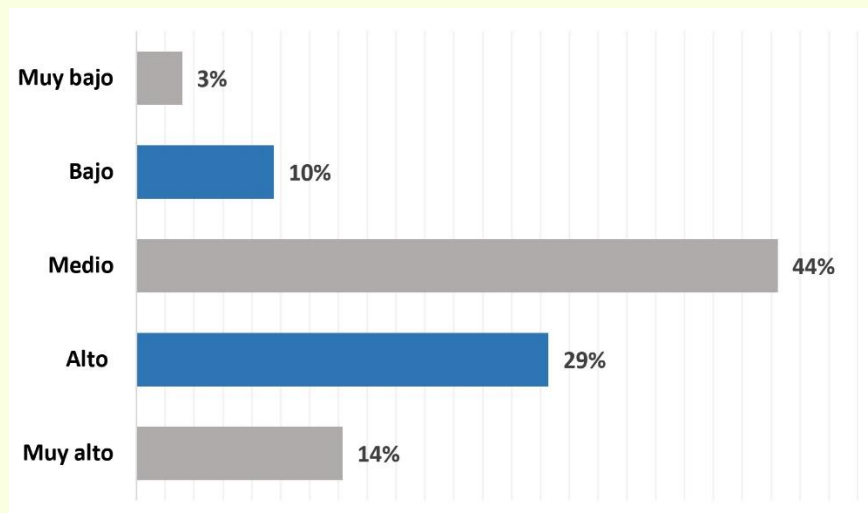


Figura 3 Nivel de oferta de mercado en ciudad Cardel, Veracruz.

Por su parte, referente a la determinación del nivel de precios, el 65% de considera como Medio, seguido de 16% que lo evalúan como Alto, 14% como Bajo y únicamente 5% como Muy alto (véase Figura 4).

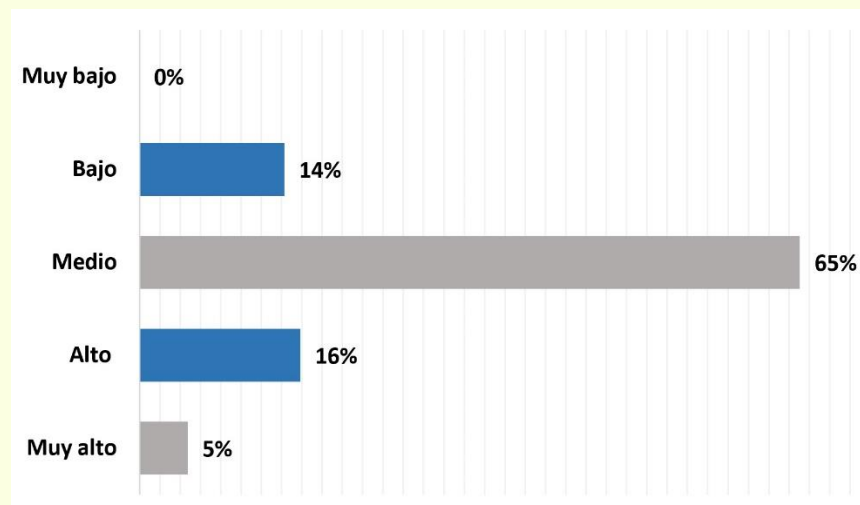


Figura 4 Nivel de oferta de mercado en ciudad Cardel, Veracruz.

Finalmente, respecto al impacto del precio en la oferta del mercado en ciudad Cardel, en el diagrama de dispersión muestra una relación entre el Precio y la Oferta del mercado. En dicha figura se muestra una covarianza en sientos positivo, que indica que a medida que aumenta el nivel de Precios (X) también aumenta la Oferta de mercado (Y) y viceversa.

Así mismo, en la gráfica se muestra un coeficiente de correlación lineal positivo simple de 0.4353, que indica, que existe una correlación positiva baja entre las variables representadas en el gráfico, lo que significa que el precio tiene una baja influencia en la oferta de mercado, si incrementa el precio incrementa poco la oferta de mercado en ciudad Cardel, lo que significa que el precio impacta en la oferta de mercado y por tanto, sé que el precio si impacta en ella, sin embargo, estadísticamente no es significativa la interdependencia y por lo que no tiene caso desarrollar un análisis de regresión del que se genere una ecuación que describa la

poca relación en entre dichas variables y de las que se realicen estimaciones de nieves de oferta de mercado de acuerdo al comportamiento o cambios del precio (véase Figura 5).

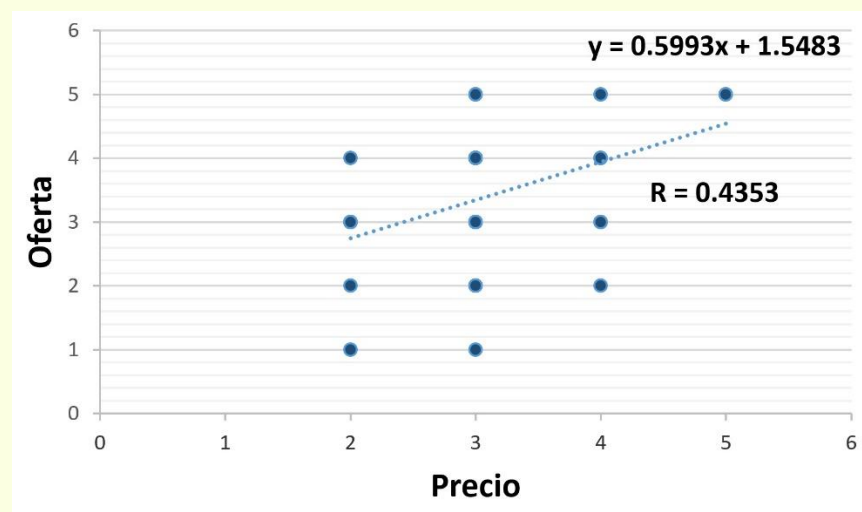


Figura 5 Impacto del precio del producto o servicio en la oferta de mercado en ciudad Cardel, Veracruz.

CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos, se concluye que el nivel de oferta de mercado en ciudad Cardel es de Medio a Alto, con lo que se logra el objetivo “Identificar el nivel de oferta del mercado en ciudad Cardel, Veracruz”, como en la figura 3 se muestra.

Los resultados también permitieron el logro del objetivo de “Determinar el nivel de precios en ciudad Cardel, Veracruz”, el cual se concluye que en su mayoría es un nivel Medio, tal como en se representa en la figura 4.

Con los niveles de precio y de oferta de mercado se logró hacer el análisis para alcanzar el objetivo de Evaluar el impacto del precio en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz, que influyen el desarrollo empresarial”, así como, dar respuesta a la pregunta de investigación ¿El precio impacta en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz? y la aceptación de hipótesis “El precio impacta en la oferta del mercado en ciudad Cardel, municipio de La Antigua, Veracruz.”, de acuerdo a lo representado en la figura 5, en la que se muestra un diagrama de dispersión que indica un coeficiente de correlación (R) de 0.4353, que indica la existencia de una correlación positiva baja entre las variables de estudio, por lo que los precios impacta poco en la oferta de mercado en ciudad Cardel en sentido positivo, y a medida que incrementa el nivel de precios se incrementa la oferta de mercado y viceversa (Véase figura 5).

Finalmente, dado que el precio impacta en la oferta de mercado se puede considerar un factor de impacto y las empresas considéralo en el diseño estrategias que fomenten la oferta y la demanda en la ciudad, sin embargo, al sin bajo el nivel de impacto, se recomienda el análisis de otros posibles factores con mayor impacto que incrementen tanto la oferta y demanda, que influyan en el desarrollo empresarial de la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, D. (2025). ¿Qué es el desarrollo empresarial y cuál es su importancia? Obtenido de <https://ernestoresendizlopez.com/blog/desarrollo-empresarial-que-es-y-por-que-es-importante/>
- Bernal, C. D. (2010). Metodología de la investigación (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y 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>
- Mankiw, N. G. (2012). Principios de economía (Sexta edición ed.). Cengage Learning Editores,. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1M62bmQ-X_BifArVl9TujwU6WULC49bnF/view
- Melgarejo Galindo, D., Melgarejo Galindo, L., & Castro Lara , R. J. (2024). Factores de impacto en la demanda del mercado para el desarrollo empresarial. Mexico. Obtenido de <https://proyectos.dpII.tecnm.mx/index.php/>
- Melgarejo Galindo, D., Melgarejo Galindo, L., Castro Lara, R. J., & Müller Tejeda, J. (2025). Factores de impacto en la oferta del mercado que influyen en el desarrollo empresarial. México. Obtenido de <https://proyectos.dpII.tecnm.mx/index.php/>
- Melgarejo Galindo, D., Melgarejo Galindo, L., Castro Lara, R. J., & Ortega Cervantes, J. D. (2024). La publicidad como factor de impacto en la demanda del mercado para el desarrollo empresarial. FEGLININ, volumen XII (31), 46-52.
- Rodríguez, C. (2009). Diccionario de economía. México. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1dZerfn953E4O79bbf5ySK_4HpFltaOGL/view

LIDERAZGO FEMENINO Y CLIMA LABORAL EN EMPRESAS DE ZITÁCUARO: DIAGNÓSTICO PARA UN MODELO ORGANIZACIONAL

FEMALE LEADERSHIP AND WORK ENVIRONMENT IN COMPANIES IN ZITÁCUARO: DIAGNOSIS FOR AN ORGANIZATIONAL MODEL



Dra. María del Carmen Clara Arcos Ortega¹

Mtra. Alejandra Delgado Urbina²

Mtra. María Cristina González García³

Dr. Javier García Hurtado⁴

RESUMEN

En la actualidad el liderazgo femenino se torna cada vez más relevante en el ámbito empresarial no solo por transformar la cultura organizacional sino por promover la equidad y mejorar el clima laboral. Esta investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de liderazgo femenino para empresas de la región, se realizó una revisión teórica sobre los estilos de liderazgo, las habilidades de las mujeres al ejercerlo y la relación que guarda con el clima laboral. Se analizaron ocho empresas de la ciudad, aplicando la técnica de la entrevista a través de un cuestionario con escala de Likert, teniendo como principales resultados la evidencia de que el liderazgo femenino se basa en la empatía, la resiliencia y la comunicación efectiva, lo que tiene un impacto positivo en la satisfacción laboral, cohesión grupal y productividad. Esta investigación fue realizada a través de los trabajos de investigación en el Tecnológico Nacional de México campus Zitácuaro.

ABSTRACT

Currently, female leadership is becoming increasingly relevant in the business world, not only for transforming organizational culture but also for promoting equity and improving the work environment. This research aims to design a female leadership model for companies in the region. A theoretical review was conducted on leadership styles, women's leadership skills, and their relationship to the work environment. Eight companies in the city were analyzed using an interview technique with a Likert scale questionnaire. The main findings indicate that female leadership is based on empathy, resilience, and effective communication, which has a positive impact on job satisfaction, group cohesion, and productivity. This research was carried out through research work at the National Technological Institute of Mexico, Zitácuaro campus.

Palabras clave: Liderazgo femenino, clima laboral, empresas de Zitácuaro, gestión empresarial, equidad de género.

Key Words: Female leadership, work environment, companies in Zitácuaro, business management, gender equality.

¹Dra. María del Carmen Clara Arcos Ortega. Docente de la academia de Ciencias Económico-Administrativa y área de posgrado del Instituto Tecnológico de Zitácuaro. maria.ao1@zitacuaro.tecnm.mx

² Mtra. Alejandra Delgado Urbina. Docente de la academia de Ciencias Económico-Administrativa del Instituto Tecnológico de Zitácuaro. alejandra.du@zitacuaro.tecnm.mx

³ Mtra. María Cristina González García. Docente de la academia de Ciencias Económico-Administrativa del Instituto Tecnológico de Zitácuaro. maria.gg@zitacuaro.tecnm.mx

⁴ Dr. Javier García Hurtado. Docente de la academia de Ciencias de la Tierra del Instituto Tecnológico de Zitácuaro. javier.gh@zitacuaro.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

Un tema actual por su relevancia es el liderazgo femenino, derivado principalmente por la equidad de género, reconociendo que la inclusión de las mujeres en posiciones de liderazgo tiene una marca distintiva en la cultura, la productividad y el éxito laboral. Tradicionalmente los puestos directivos son ejercicios por el mando masculino, establecidos en la jerarquía y la autoridad, mientras que el femenino se basa en la colaboración la empatía y la inclusión, llevando a generarse un ambiente laboral más positivo y con mayor innovación. Sin embargo, la brecha de género en los puestos corporativos o empresariales aun es muy amplia. La ausencia de un modelo de liderazgo sólido puede generar desorientación, desmotivación y desconexión entre los miembros del equipo, así como incoherencia en las decisiones y en la aplicación de políticas.

En el mundo empresarial actual, el liderazgo femenino se ha consolidado como un eje estratégico en la promoción de la cultura organizacional inclusiva, el desempeño laboral y en el fortalecimiento de la equidad de género. Diversos estudios han demostrado que la participación de mujeres en puestos directivos no solo apoya la inclusión y diversidad, sino que impacta de manera significativa en la productividad, la innovación y retención de talento. (Eagly & Carli, 2003; Ely, Ibarra & Kolb, 2011).

En el caso de Zitácuaro, Michoacán, las empresas se enfrentan a diversos desafíos estructurales que se relacionan con la gestión del talento humano, la cultura organizacional y sobre todo la inclusión de mujeres en roles directivos. Las brechas de género que limitan la inserción de mujeres en posiciones de liderazgo siguen siendo un hecho, lo que repercute de manera directa en el clima laboral y la eficiencia operativa de las organizaciones. Por lo que este documento surge de la necesidad de diseñar un modelo de liderazgo femenino en el contexto de la cultura de Zitácuaro, con la intención de identificar las competencias requeridas, el estilo de liderazgo efectivo y las condiciones de las organizaciones que favorezcan un clima laboral positivo.

Este estudio surge a partir de la necesidad de que se comprendan las características con las mujeres ejercen un liderazgo en el ámbito local, considerando especialmente las características propias de la cultura y tradiciones de Zitácuaro. El liderazgo femenino ha pasado desapercibido en los estudios organizacionales, sin embargo, no se puede negar la influencia de las mujeres al ejercer el liderazgo en diversos contextos sociales, políticos y económicos. En los últimos años, se ha observado que las mujeres líderes adoptan estilos colaborativos, empáticos y transformacionales, en contraste con los enfoques autoritarios o tradicionales que ejerce el liderazgo masculino (Bass y Avolio, 1994; Eagly & Johannesen-Schmidt, 2001). De acuerdo a Duque et al. (2024), que busca evidenciar el impacto que en el nuevo paradigma de la gestión de empresas tiene el liderazgo femenino en América Latina, donde concluye que adoptar prácticas que promuevan la igualdad de género y sostenibilidad del emprendimiento es tan importante como las políticas empresariales y el liderazgo femenino.

Por su parte, Ledezma (2022), plantea que el liderazgo femenino tiene un efecto positivo en la rentabilidad de la empresa, por lo que analiza la evolución, incidencia y beneficios

de las mujeres en la gerencia empresarial. Peralta, et al. (2025), realiza un análisis del liderazgo femenino en las empresas, donde se destaca la cultura empresarial, la toma de decisiones y el crecimiento económico como sus áreas de influencia, por lo que evidencia la importancia de la participación equitativa de las mujeres en puestos de liderazgo. En Zitácuaro, no existen trabajos de investigación similares a este tema, lo que genera justificación teórica, muestra que la participación de las mujeres en puestos de liderazgo sigue siendo limitada, lo que justifica la necesidad de un modelo organizacional con enfoque de género adaptado al contexto local.

Por ello, esta investigación plantea la siguiente pregunta: ¿cuáles son las características del liderazgo femenino y del clima laboral en las empresas de Zitácuaro y cómo pueden integrarse en el diseño de un modelo organizacional que promueva la equidad y bienestar laboral? El objetivo general es realizar un diagnóstico para el diseño de un modelo organizacional de liderazgo femenino que contribuya a mejorar el clima laboral en empresas del municipio de Zitácuaro. Los objetivos específicos se planean bajo el siguiente esquema: Desarrollar un modelo de liderazgo empresarial con la finalidad de conocer los estilos de liderazgo femenino, analizar las características existentes de clima laboral en las empresas zitacuarenses a través del análisis diagnóstico para detectar áreas de oportunidad, diseñar una propuesta de modelo de liderazgo femenino efectivo para las empresas de Zitácuaro considerando los resultados del análisis diagnóstico.

Es importante considerar que la cultura organización es entendida como el conjunto de valores, creencias y conductas que influyen en el clima laboral en la percepción que tienen todos los empleados sobre su ambiente de trabajo. El papel del liderazgo femenino promueve una cultura inclusiva y colaborativa mejorando de manera significativa el clima laboral, lo que repercute en una disminución del ausentismo y un incremento en la competitividad de la organización. La implementación de políticas que promuevan la participación femenina a través de mentoría, evaluaciones justas y capacitan es esencial para disminuir las brechas de género y permitir la participación femenina en roles de liderazgo, lo que contribuye a consolidar un ambiente donde la diversidad de género se valore y fomente el talento femenino.

METODOLOGÍA

De manera práctica y concreta se describe la forma de responder a las preguntas de esta investigación adopta un enfoque cuantitativo y descriptivo, con un diseño transversal. La población estuvo conformada por 23 empresas del municipio, se seleccionaron 8 empresas de la zona urbana mediante el muestreo no probabilístico por conveniencia, representando un censo parcial del estrato urbano. Se utilizó un cuestionario estructurado con 20 ítems basados en dos variables: liderazgo femenino con 10 ítems y clima laboral con 10 ítems; y se buscó que fueran respondidas por jefes de departamento o jefes de área. La variable independiente que habla sobre el liderazgo femenino se analiza desde las dimensiones de modelos de liderazgo, gestión empresarial y habilidades directivas. Mientras que la variable dependiente sobre clima laboral tiene dimensiones como entorno organizacional y cultura organizacional.

Se aplicó al total de la muestra el cuestionario y sobre ese se analizó el coeficiente de confiabilidad de Alpha de Cronbach, obteniendo un $\alpha = 0.84$. La recolección de datos se realizó a través de Google Forms, el análisis estadístico se produjo con IBM SPSS, aplicando estadística descriptiva y correlación de Pearson para explorar la correlación entre variables con un nivel de significancia p menor de 0.05. Las respuestas se midieron mediante una escala de Likert de cinco puntos con opciones: muy de acuerdo, en desacuerdo, indeciso, de acuerdo y muy de acuerdo.

RESULTADOS

De las personas encuestadas $n=8$, el 62% ($n=5$) fueron hombres mientras que el 38% ($n=3$) mujeres, denotando con esto que la mayoría de los puestos directivos están ocupados por hombres, el índice promedio de liderazgo femenino se ubica en 3.2 ($DE = 0.6$), y el clima laboral alcanzó el 3.8 ($DE = 0.5$), la desviación estándar indica el grado de dispersión de las respuestas respecto al promedio, siendo estos valores indicativos de la percepción relativamente homogénea entre los participantes, lo que indica que la mayoría de las respuestas están dentro del rango de 2.6 a 3.8 y al estar cerca del promedio hay consenso. Se observó que existe una correlación positiva moderada entre ambas variables $r=0.56$, lo que representa una correlación positiva moderada y $p = 0.05$ que indica que esta relación es estadísticamente significativa, lo que sugiere que un mayor nivel de liderazgo se asocia con una mejor percepción del clima laboral.

En la Tabla 1, se aprecian específicamente las dimensiones mejor evaluadas del liderazgo femenino.

Tabla 1. Dimensión y aprobación

Dimensión	% de aprobación
Empatía	82%
Comunicación efectiva	76%
Resolución de conflictos	71%

Nota: Elaboración propia

Los hallazgos muestran que las empresas que tienen mayor presencia femenina en puestos directivos presentan indicadores más altos en clima laboral, cohesión de equipo y satisfacción. Se identificaron algunas áreas de oportunidad entre las que destacan:

- Programas de capacitación en liderazgo con enfoque de género.
- Implementación y cumplimiento de políticas de equidad.
- Participación equilibrada en la toma de

decisiones estratégicas. El diagnóstico de modelo se

basa en:

- Análisis de la participación y representación,
- Percepción del clima laboral,
- Capacidades y competencias de liderazgo femenino,
- Cultura organizacional y políticas de equidad,
- Impacto de este liderazgo y

- Algunas recomendaciones sobre el tema

En la Figura 1, se aprecian el modelo de liderazgo femenino, basado en los resultados del diagnóstico.



Figura 1, se aprecian el modelo de liderazgo femenino

Nota: En esta figura se muestran los componentes a considerarse de manera interconecta de cada dimensión.

Una vez analizados estos datos se realizó una propuesta de modelo que consiste, principalmente:

1. Liderazgo transformacional con enfoque de género, que promueva la empatía, resiliencia, gestión participativa y compromiso de equipos
2. Habilidades Directivas que fomenten la comunicación asertiva, la resolución de conflictos y la gestión del cambio, desarrollando habilidades de autoconciencia y autogestión que potencia la confianza y el liderazgo de las mujeres.
3. Gestión inclusiva y participativa implementando canales de comunicación abiertos.
4. Políticas y estrategias establecer programas de mentoría, capacitación en liderazgo ético y sostenible promoviendo la igualdad y equidad, diseñar mecanismos para evaluar el desempeño y promoción.
5. Cultura organizacional con equidad que valore la diversidad e inclusión, con un clima laboral positivo y sentido de pertenencia
6. Evaluación de indicadores estableciendo métricas para medir el avance de la participación femenina, satisfacción laboral, innovación y productividad, con revisiones periódicas en los resultados organizacionales.

Propuesta de implementación del modelo, se pretende realizar el tres fases, la primera fase es la inicial donde se realizarán trabajos de sensibilización y capacitación en igualdad de género, así como establecer las metas de la participación femenina. La segunda fase de consolidación incluye el diseño y aplicación del programa de mentorías y el establecimiento de las políticas de evaluación, finalmente la fase tres de evaluación y

mejora, implica rediseñar estrategias de acuerdo a los resultados de los indicadores y promover la cultura inclusiva en todos los niveles de la organización.

El modelo de liderazgo observado se caracteriza por prácticas asociadas al liderazgo transformacional. El diseño de modelo de liderazgo se basó principalmente en una gestión empresarial de calidad y eficiencia, desarrollo de habilidades directivas enfocada en comunicación asertiva, participación en la toma de decisiones y la motivación. Su diseño organizacional es flexible con estructuras de forma horizontal y canales de comunicación abiertos.

Estos resultados coinciden con Ledezma (2022), quien reporta efectos positivos en el liderazgo femenino, de igual forma con organizacionales (Avolio y Bass, 1995; Judge & Piccolo, 2004) quienes hacen hincapié en el valor del liderazgo transformacional y colaborativo en diferentes contextos empresariales, en contraste con Peralta et al. (2025) que destaca diferencias según el sector económico. Derivado de la aplicación de esta investigación, se encontró que, en Zitácuaro, los resultados sugieren que la presencia de mujeres en puestos de liderazgo puede tener un efecto positivo en la percepción del entorno laboral, especialmente en dimensiones como la comunicación y la motivación.

CONCLUSIONES

El estudio evidenció una baja representación femenina en puestos de liderazgo (37%), y una percepción positiva del clima organizacional, la correlación entre las variables respalda la necesidad de implementar un modelo organizacional con enfoque de género. Motivo por el cual se hace necesario el desarrollo de estrategias que promuevan la participación de mujeres en roles directivos, así como mecanismos de evaluación del clima laboral que permitan identificar áreas de mejora, estas acciones permitirán contribuir a fortalecer el sentido de pertenencia, reducir el ausentismo y mejorar la competitividad organizacional.

El diseño de un modelo de liderazgo femenino en el contexto de las empresas zitacuarenses, es una estrategia viable en la mejora del clima laboral y la promoción de la equidad de género, enfatizando la empatía, la comunicación efectiva, la resiliencia y la gestión participativa como parte fundamental del liderazgo transformacional. Por lo que el liderazgo femenino no sólo es posible, sino deseable en el entorno de organizaciones que buscan innovar con cohesión y sostenibilidad, por lo que es necesario implementar políticas que lo favorezcan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avolio, B. J., & Bass, B. M. (1995). Individual consideration viewed at multiple levels of analysis: A multi-level framework for examining the diffusion of transformational leadership. *The Leadership Quarterly*, 6(2), 199–218.
- Bass, B. M., & Avolio, B. J. (2000). Multifactor Leadership Questionnaire. Mind Garden.
- Duque, Á. E., Santos, T. L., De Sousa, A. C., Verges, I. Y., & Ubal, N. P. (2024). Female entrepreneurial leadership: A business policy approach in System B business management in Latin America. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13119627>

- Eagly, A. H., & Carli, L. L. (2003). The female leadership advantage: An evaluation of the evidence. *The Leadership Quarterly*, 14(6), 807–834.
- Ely, R. J., Ibarra, H., & Kolb, D. M. (2011). Taking gender into account: Theory and design for women's leadership development programs. *Academy of Management Learning & Education*, 10(3), 474–493.
- Eagly, A. H., & Johannesen-Schmidt, M. C. (2001). The leadership styles of women and men. *Journal of Social Issues*, 57(4), 781–797.
- Judge, T. A., & Piccolo, R. F. (2004). Transformational and transactional leadership: A meta-analytic test of their relative validity. *Journal of Applied Psychology*, 89(5), 755–768.
- Ledezma, S. A. (2022). Incidencia del liderazgo femenino en el desempeño de las empresas paraguayas. Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Paraguayo Alemana.
- Peralta, F. L., González, S. L., Zambrano, K. A., & Ramos, J. N. (2025). La importancia del liderazgo femenino en la dirección empresarial. *Arandu UTIC*, 12(1), 2582–2592.
<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.759>

MEJORAMIENTO MEDIANTE SIMULACIÓN EN SIMIO DE LA RUTA DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE LA CIUDAD DE ORIZABA, VERACRUZ.



IMPROVEMENT THROUGH SIMULATION IN SIMIO OF THE SPECIALIZED URBAN SOLID WASTE COLLECTION ROUTES IN THE MAIN ZONES OF ORIZABA, VERACRUZ

Ing. Ind. Gloria Albino Mateo¹

Dr. Miguel Josué Heredia Roldán²

M.I.I. Constantino Gerardo Moras Sánchez³

Ing. Ind. Lucero Ixmattlahua López⁴

RESUMEN

El presente estudio aborda la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos de los servicios especializados en la ciudad de Orizaba, Veracruz, las cuales fueron diseñadas empíricamente sin una evaluación técnica de su eficiencia. Se recopilieron datos operativos de cinco rutas activas y se analizaron mediante simulación en SIMIO para identificar ineficiencias en tiempos y recorridos. Posteriormente, se aplicó el modelo del Problema del Agente Viajero (TSP) utilizando Solver en Excel con el motor Evolutionary, generando trayectos alternativos más eficientes, los cuales fueron validados nuevamente a través de simulación. Los resultados evidenciaron reducciones significativas en los tiempos de recorrido y una mejora en la utilización de recursos. Se concluye que la integración de modelos matemáticos y herramientas de simulación constituye una metodología eficaz para optimizar la operación de los sistemas de recolección urbana, promoviendo una gestión más técnica y sostenible.

ABSTRACT

This study addresses the optimization of urban solid waste collection routes for specialized services in the city of Orizaba, Veracruz, which were empirically designed without a technical efficiency assessment. Operational data from five active routes were collected and analyzed through simulation using SIMIO software to identify inefficiencies in travel times and paths. Subsequently, the Traveling Salesman Problem (TSP) model was applied using Excel Solver with the Evolutionary engine, generating more efficient alternative routes that were later validated through simulation. The results showed significant reductions in travel times and improvements in resource utilization. It is concluded that the integration of mathematical models and simulation tools constitutes an effective methodology for optimizing the operation of urban waste collection systems, fostering a more technical and sustainable management approach.

Palabras clave: Optimización de rutas, residuos sólidos urbanos, problema del agente viajero.

Key Words: Route optimization, urban solid waste, traveling salesman problem.

¹ Ing. Ind. Gloria Albino Mateo estudiante en ingeniería industrial del TECNM campus Orizaba.

gloria94mateo@gmail.com

² Dr. Miguel Josué Heredia Roldán es docente del TECNM campus Orizaba miguel.hr@orizaba.tecnm.mx

³ M.I.I. Constantino Gerardo Moras Sánchez es docente del TECNM campus Orizaba constantino.ms@orizaba.tecnm.mx

⁴ Ing. Lucero Ixmattlahua López M18010056@orizaba.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los residuos sólidos urbanos (RSU) constituye uno de los principales desafíos para las ciudades en crecimiento, no solo por su impacto ambiental, sino también por las exigencias operativas, sociales y económicas que implica (Abarca Guerrero et al., 2015). En este contexto, la ciudad de Orizaba, Veracruz, enfrenta una situación particular además del aumento constante de su población, ha adquirido relevancia como destino turístico nacional tras su designación como Pueblo Mágico en 2015. De acuerdo con García-Mondragón et al.(2023), la generación de residuos sólidos urbanos es una consecuencia directa del desarrollo económico y crecimiento de la población. Este reconocimiento ha generado un incremento en el flujo de visitantes y, en consecuencia, la cantidad de residuos generados, lo que intensifica la presión sobre los sistemas municipales de recolección y limpieza urbana.

Para atender esta demanda, el Departamento de Limpia Pública de Orizaba implementó un programa de servicios especializados dirigido a comercios, empresas e instituciones con necesidades específicas. Este programa opera mediante cinco rutas principales: Norte, Sur, Centro, Calle Real y Orgánica; sin embargo, estas rutas fueron diseñadas principalmente con base en la experiencia de los operarios, sin el respaldo de herramientas analíticas que garanticen su eficiencia. Esta situación ha derivado en recorridos extensos, mayores tiempos de traslado y un uso poco eficiente de los recursos humanos y materiales, problemática que también se ha documentado en otros municipios mexicanos, como el caso de Benito Juárez, Quintana Roo, donde se identificaron deficiencias en la planeación operativa. (Salazar-Rodríguez & Hernández-Diego, 2018)

Diversos estudios han demostrado que la aplicación de modelos matemáticos y herramientas de simulación pueden mejorar significativamente la eficiencia de los sistemas de recolección de optimización que mejoren la eficiencia operativa de las rutas actuales. Entre ellos, el Problema del Agente Viajero (TSP), ampliamente utilizado para determinar la ruta más corta posible que recorra una serie de puntos una sola vez y regrese al origen. (Aplegate,et al. 2006). Su implementación en la gestión de residuos ha demostrado beneficios al reducir distancias, consumo de combustible y tiempos de servicio Valdiviezo Z. & Estrella B., (2023). Además, su utilidad ha permitido su implementación en diversas áreas operativas y de transporte. (Prada Cuadra & Paredes Torres, 2017).

De manera Complementaria, la simulación computacional permite modelar sistemas reales en entornos virtuales para analizar su comportamiento sin alterar el sistema físico. Según Coss Bú. (2003), esta herramienta facilita la comprensión y evaluación de procesos complejos. Investigaciones recientes como las de Solis Galan et al. (2017) ha demostraron que el uso de SIMIO en la simulación de una estancia de transferencia municipal de residuos sólidos urbanos permite identificar cuellos de botella, optimizar recursos y reducir los tiempos. Asimismo, Rosas et al,(2019) destacan la interfaz amigable y realista de este software, mientras que (Ortega Ortiz, 2020) subraya su utilidad para realizar modificaciones y experimentos sin intervenir en el sistema real.

Bajo este enfoque, la presente investigación tiene como objetivo evaluar y optimizar las rutas de los servicios especializados de recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Orizaba, Veracruz, mediante la aplicación combinada del modelo TSP y la simulación en SIMIO. Con el fin de mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos.

METODOLOGIA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con carácter aplicado y experimental, mediante el uso de herramientas de modelado matemático (TSP) y simulación computacional. El propósito metodológico fue optimizar las rutas actuales del servicio especializado de recolección de residuos sólidos urbanos en Orizaba, Veracruz, utilizando el software SIMIO para validar y comparar diferentes escenarios operativos.

El diseño metodológico se fundamentó en los diez principios de la simulación propuestos por Law y Kelton (2015), que aseguran una construcción estructurada y confiable del modelo de simulación.

1.- Formulación del problema

El presente estudio parte de la identificación de ineficiencias en las rutas de recolección de residuos del programa de servicios especializados en la ciudad de Orizaba, Veracruz. Las cinco rutas actuales fueron diseñadas de forma empírica basada en la experiencia de los operarios, sin un análisis técnico que garantice su eficiencia. Esto genera recorridos más largos, mayores tiempos de traslado. Las principales medidas de desempeño seleccionadas son el tiempo promedio en el sistema y el porcentaje de utilización, indicadores para evaluar la eficiencia operativa. Ante este escenario se pretende analizar y optimizar el sistema de recolección mediante el desarrollo de un modelo de simulación en SIMIO, que permita comparar escenarios operativos y proponer rutas más eficientes.

2.- Recopilación de datos y definición del modelo

Para representar el sistema de recolección de residuos, se recopiló información detallada de las cinco rutas especializadas del municipio de Orizaba, en colaboración con el Departamento de Limpia Pública. Se consideraron variables como frecuencia y secuencia de recolección, tiempos por parada, duración de recorrido, tráfico urbano, condiciones viales y parámetros operativos de los camiones (velocidad promedio, capacidad y horarios).

Con estos datos se elaboró el modelo conceptual, estructurado en entidades (rutas, vehículos, puntos de recolección), recursos y restricciones operativas, el cual se implementó en SIMIO para reproducir con precisión el comportamiento real del sistema. Según Cruz García et al. (2023), los datos de simulación deben ajustarse a distribuciones estadísticas simples, como la uniforme, para representar adecuadamente la variabilidad operativa. La siguiente tabla muestra los datos más representativos empleados en el modelo. (Véase Tabla 1)

Tabla 1. Datos de la Ruta Norte para simulación en SIMIO.

CVO	Servicio	Hora de Llegada	Hora de salida	Tiempo de traslado (min)	Tiempo de servicio (min)	Tiempo de trayectoria	Tiempo de procesamiento
	SERMU N		6:15			Random.Uniform(10, 20)	
1	Panadería Flores	6:45	7:26	30	41	Random.Uniform(29.5,30.5)	Random.Uniform(40.5, 41.5)
2	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...
25	Talabartería Orizaba	14:32	14:33	3	1	Random.Uniform(2.5 ,3.5)	Random.Uniform(0.5,1.5)
26	Pastelería Mayita	14:41	14:49	8	8	Random.Uniform(7.5 ,8.5)	Random.Uniform(7.5,8.5)

Fuente: elaboración propia (2025)

3.- Validación del modelo conceptual

En esta fase se revisó que el modelo conceptual representara adecuadamente las condiciones reales del sistema de recolección. Se validaron los procesos, tiempos de servicio, distancias y rutas.Esta validación se realizó mediante la revisión con el personal operativo y el encargado del área de Limpia Pública, a través de entrevistas y retroalimentación directa. Este proceso permitió confirmar que los supuestos y las variables del modelo reflejaban de forma precisa el comportamiento del sistema real antes de su programación en SIMIO.

4.- Construcción del modelo

Una vez validado el modelo conceptual se procedió al desarrollo del modelo computacional en el software de simulación SIMIO. Cada elemento del sistema fue presentado como entidad, y las cinco rutas se modelaron como procesos independientes, cada una con su respectiva secuencia de recolección. Para lograr una representación más realista del entorno se integraron herramientas de georreferenciación como Google Maps, Google My Maps, QGIS versión 3.42, que permitieron reflejar la ubicación de los puntos de recolección y los trayectos de los vehículos.

Para ofrecer una visión general de las rutas simuladas, se presentan los recorridos actuales de las rutas Norte y Calle Real, tal como se fueron representado en el modelo. (Véase Figura 1.)



Figura 3.Simulación de las rutas actuales realizadas en SIMIO

Fuente: elaboración propia 2025

5. Ejecución de pruebas piloto

Para ejecución de las corridas piloto no existe una formula que ayude a determinar las corridas optimas, por lo que se tuvo que realizar de manera arbitraria por lo que se eligieron 18 corridas. (Véase Tabla 2.)

Tabla 1. Corridas piloto de rutas en SIMIO

Ruta	Corridas piloto	Tiempo promedio en el sistema(horas)
Centro	18	7.394
Norte	18	8.7031
Sur	18	8.1224
Orgánica	18	8.2612
Calle real	18	10.144

Fuente: elaboración propia 2025

6. Validación del modelo programado

Para el método de validación se emplea el MSE (Error Cuadrático Medio) y la prueba estadística t-apareada. Estos métodos permiten comparar los resultados obtenidos en la simulación con los datos reales de cada una de las rutas como se puede observar los datos obtenidos de la Ruta Norte (Véase Tabla 3.)

Tabla 2. Validación del modelo Ruta Norte

N°	Tiempo promedio en el sistema		Validación MSE		Corridas	X_j	Y_j	$Z_j = X_j - Y_j$	$(Z_j = X_j - \bar{Z}_{15})^2$
	Real	Simio	e	e ²					
1	8.7031	8.7142	-0.0111	0.0001232	1	8.7031	8.7142	-0.0111	0.00013940
2	8.7871	8.7776	0.0095	0.0000903	2	8.7871	8.7776	0.0095	0.0007732
3	8.7361	8.7792	-0.0431	0.0018576	3	8.7361	8.7792	-0.0431	0.00191902
4	8.7249	8.7338	-0.0089	0.0000792	4	8.7249	8.7338	-0.0089	0.00009229
5	8.8285	8.7264	0.1021	0.0104244	5	8.8285	8.7264	0.1021	0.01028061
6	8.6501	8.7463	-0.0962	0.0092544	6	8.6501	8.7463	-0.0962	0.00939090
7	8.7394	8.6357	0.1037	0.0107537	7	8.7394	8.6357	0.1037	0.01060763
8	8.7162	8.6213	0.0949	0.0090060	8	8.7162	8.6213	0.0949	0.00887238
9	8.6933	8.7284	-0.0351	0.0012320	9	8.6933	8.7284	-0.0351	0.00128212
10	8.7073	8.7028	0.0045	0.0000203	10	8.7073	8.7028	0.0045	0.00001439
11	8.7131	8.6212	0.0919	0.0084456	11	8.7131	8.6212	0.0919	0.00831622
12	8.6243	8.7189	-0.0946	0.0089492	12	8.6243	8.7189	-0.0946	0.00908336
13	8.7095	8.7191	-0.0096	0.0000922	13	8.7095	8.7191	-0.0096	0.00010623
14	8.7389	8.7329	0.006	0.0000360	14	8.7389	8.7329	0.006	0.00002802
15	8.6573	8.7622	-0.1049	0.0110040	15	8.6573	8.7622	-0.1049	0.01115277
16	8.7182	8.7244	-0.0062	0.0000384	16	8.7182	8.7244	-0.0062	0.00004770

17	8.7639	8.6658	0.0981	0.0096236	17	8.7639	8.6658	0.0981	0.00948546
18	8.8912	8.7841	0.1071	0.0114704	18	8.8912	8.7841	0.1071	0.01131954
			Total	0.0925005	Total				0.09221536
			MSE	0.0051389	Promedio	8.72791111	8.71635	0.011561111	

Fuente: elaboración propia 2025

Dado que el Error Cuadrático Medio (MSE) es 0.0051389 indica que las diferencias entre los tiempos promedio reales y los simulados son mínimos, demuestra que el modelo de SIMIO refleja alta confiabilidad.

Mientras que el intervalo de la prueba t-apareada (-0.0250647,0.0481869) incluye al 0 esto indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los datos reales y los simulados por lo que el modelo puede considerarse representativo.

Este procedimiento se realizó para cada una de las rutas, concluyendo que los modelos son validos

Paso 7. Diseño de experimentos

Determinar el número óptimo de corridas es una de las etapas más importantes dentro de la metodología de simulación para ello se utiliza la siguiente ecuación

$$n * (\beta) = \min \left\{ i \geq t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right\}$$

Ecuación 1

En este paso se utiliza el programa SIMIO primero se establece el número de replicas especificando las medidas de desempeño, dependiendo de la ruta que se trate se obtuvieron que el numero optimo para la ruta Norte es de 18, ruta Orgánica 35, para la ruta Sur 29, para la ruta Centro 57 y 19 para la calle Real.

Paso 8. Ejecución de simulación

En el simulador SIMIO se establecen el numero de replicas que corresponde por cada ruta, gracias a que se cuenta con una sección de experimentos en le programa lo que permite realizar este paso, en este sentido se requiere la configuración de las variables de entrada y especificación de las medidas de desempeño que son: tiempo promedio en el sistema y el porcentaje de utilización

RESULTADOS

Para la optimización de las rutas se empleó Excel con solver junto con Google Maps para la creación de los recorridos, y se simuló su desempeño en SIMIO. Inicialmente se generó una matriz de distancias entre cada punto de recolección y posteriormente se aplicó Solver este proceso genero una lista de puntos optimizados, comenzando en Mercado Melchor Ocampo, Mercado Cerritos y continuando por Soriana Circunvalación, Frutería los Bukis ... hasta Guardería Happy Drops. (Véase Figura 3.)

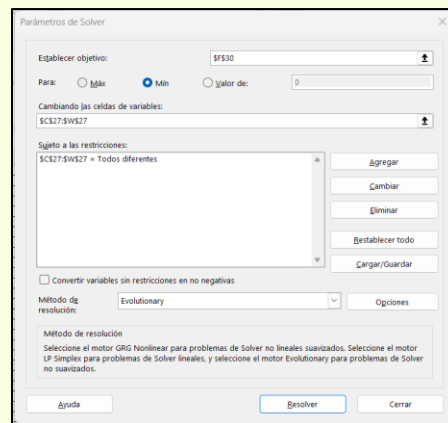


Figura 4. Ventana solver.

Fuente: elaboración propia 2025

Con la obtención de los datos mencionados anteriormente se construye el nuevo modelo de simulación, esto se realiza para cada una de las cinco rutas. Un ejemplo de las nuevas rutas correspondientes a la Ruta Norte y Calle Real se puede observar a continuación (Véase Figura. 4)

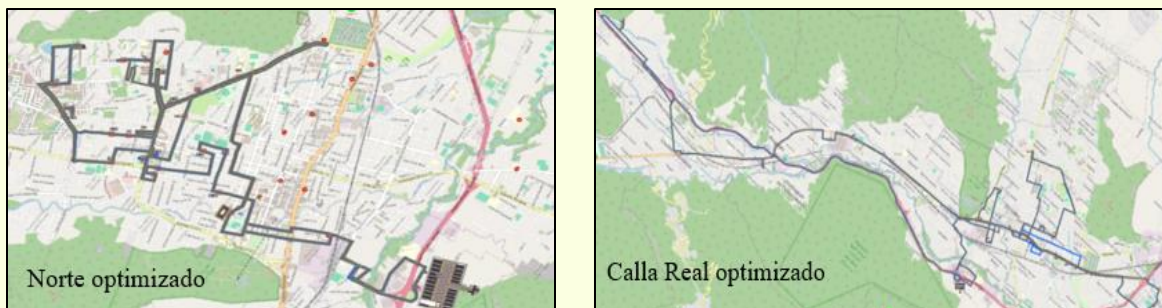


Figura 5. Rutas optimizadas Ruta Norte y Ruta Calle Real.

Fuente: elaboración propia 2025

Posteriormente se analizan los resultados de las simulaciones con respecto a los datos reales mediante una tabla comparativa. (Véase Tabla 4.)

Tabla 3. comparativa de rutas actuales y optimizadas

Rutas Actuales				Rutas Optimizadas		
Ruta	Corridos piloto	Tiempo promedio (h)	utilización (%)	Rutas	Tiempo Promedio (h)	Utilización (%)
Centro	18	7.394	82.15%	Centro	6.798	75.53%
Norte	18	8.7031	90.76%	Norte	7.4817	83.12%
Sur	18	8.6117	95.68%	Sur	7.1542	79%
Orgánica	18	8.2612	91.79%	Orgánica	7.6181	84.64%
Calle real	18	10.144	112.71%	Calle real	9.6056	106.72%

Fuente: elaboración propia 2025

De acuerdo con la simulación, las rutas actuales presentan un tiempo promedio de servicio que, en varios casos, se aproxima o incluso excede la jornada laboral de 9 horas. Este comportamiento se observa especialmente en la Ruta Calle Real, cuya utilización sobrepasa

el 100 %, indicando sobrecarga operativa y posibles retrasos en la recolección diaria. Con la implementación de las rutas optimizadas, se observa una reducción promedio del 11.2 % en el tiempo total de recorrido y una disminución del nivel de utilización promedio en un 8 %, lo que se traduce en una operación más equilibrada y factible dentro del horario laboral establecido.

Por ejemplo:

- La Ruta Sur pasa de una utilización del 95.68 % a 79 %, liberando casi una hora y media de la jornada.
- La Ruta Norte reduce su tiempo de 8.70 a 7.48 horas, garantizando la finalización dentro del turno.
- La Ruta Calle Real, aunque mantiene una alta carga operativa, logra una mejora del 5.3 %, acercándose a la meta de operar dentro del límite de 9 horas.

Estas mejoras reflejan una distribución más eficiente de los puntos de recolección y una reducción de recorridos innecesarios, logrando mayor equilibrio entre las rutas y mejor aprovechamiento de los recursos.

CONCLUSIONES

La optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos en Orizaba demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia del sistema. La implementación del modelo combinando Excel Solver, Google Maps y SIMIO permitió no solo reducir los tiempos promedio de recorrido, sino también reorganizar las rutas de manera más equilibrada y coherente con la realidad operativa. Esta mejora se traduce en beneficios tangibles, como la reducción de la jornada laboral sobrecargada de los operadores, menor desgaste de los vehículos y un uso más eficiente de los recursos humanos y materiales.

En particular, se observó que la ruta Centro redujo casi una hora de recorrido, mientras que la ruta Orgánica también logró disminuir significativamente el tiempo total de operación gracias a la optimización de la secuencia de visitas a los puntos de recolección. Estos resultados evidencian que la combinación de herramientas matemáticas y simulación no solo ofrece soluciones teóricas, sino que genera rutas prácticas, viables y adaptadas a la realidad de la ciudad. La investigación demuestra que la integración de modelos matemáticos con simulación computacional es una herramienta poderosa para la planificación urbana y la toma de decisiones estratégicas, ofreciendo soluciones que benefician tanto a la operación municipal como a la calidad de vida de los ciudadanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abarca-Guerreo, L., Maas, G., & Hogland, W. (2015). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(2), 141-168. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000200141&lng=en&tlng=.
- Aplegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V., & Cook, W. J. (2006). *The Traveling Salesman Problem A Computational Study*. New Jersey: Princeton University Press.
- Coss Bú, R. (2003). *Simulación un enfoque práctico*. México: LIMUSA, S.A DE C.V.

- Cruz García, M. J., Moras Sanchez, C. G., Heredia Roldán, M. J., & Bello Castellanos, L. A. (2023). Evaluación de la Ruta 8 de Recolección de Residuos Sólidos en la Ciudad de Orizaba, Veracruz, Usando Simulación en SIMIO. Elibro online con iss 1946-5351.
- Fuentes Rosas, L., López Cabrera, A., Tobón Galicia, L., & Mora-Sánchez, C. (2019). Análisis de la red logística de un crucero vial utilizando simulador en SIMIO para evaluar la alternativa de colocar un semáforo. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*. Obtenido de <http://repositorio.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID016.pdf>
- Garcia-Mondragón, D., Cervantes-Zepeda, I., Gómez-Demetrio, W., Gallego-Alarcón, I.-P., & Gonzáles-Blanco, G. (2023). Gestión de los residuos sólidos en México: análisis cualitativo de los diagnósticos básicos. *Inter disciplina*, 11(30), 215-242. Obtenido de <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2023.30.81788>
- Law, A. M., & Kelton, W. (2015). *Simulation Modeling and Analysis* (5th ed. ed.). McGraw-Hill Education.
- Ortega Ortiz, B. (2020). Evaluación del sistema de limpia pública del H. Ayuntamiento Camerino Z. Mendoza para mejorar su productividad mediante la Simulación Con Simio. Obtenido de <http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/handle/123456789/654>
- Prada Cuadra, G. A., & Paredes Torres, W. Y. (2017). Diseño de optimización de rutas de transporte TSP y plan de acción para incrementar la rentabilidad de Perú GLP S.A.C Trujillo. Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11651>
- Salazar-Rodríguez, A., & Hernández-Diego, C. (2018). Evaluación de la eficiencia del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, 20(2), 73-102. Obtenido de <https://quivera.uaemex.mx/article/view/11083>
- Solis Galan, Y., Cortés Robles, G. J., & Martínez Hernández, L. (2017). Simulación de una estación de transferencia municipal de Residuos Sólidos Urbanos con el software SIMIO. *Journal CIM*, 5(2). Obtenido de <http://repositorios.orizaba.tecnm.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/685/SAD17A-02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdiviezo Zeballos, K. R., & Estrella Basilio, G. E. (2023). Optimización de rutas de recolección y transporte de los residuos Sólidos domiciliarios utilizando sistemas de información geográfica. Perú. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5284>

