



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO



**POTOSÍ**  
PARA LOS POTOSINOS  
GOBIERNO DEL ESTADO 2021-2027



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
**SUPERIOR**  
DE SAN LUIS POTOSÍ, CAPITAL

**ESTRATEGIAS DE CALIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO PARA UNA PYME DEL SECTOR PRIMARIO EN JUÁREZ**

**PROGRAMA INTEGRAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA ADMINISTRADORA DE AEROPUERTOS Y HELIPUERTOS.**

**LA METODOLOGÍA CASCADA MEDIANTE FUNCIONES LÓGICAS COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA SOLUCIÓN DE SECUENCIAS ELECTRONEUMÁTICAS APLICADO EN DIFERENTES SISTEMAS PROGRAMABLES**

**REINGENIERÍA OPERACIONAL Y MATRIZ DE CALIDAD APLICADA A LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL GUISADO Y PUERCO DE EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

**CAMPUS MANAGER: SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE ESTUDIANTES EN ENTORNOS EDUCATIVOS**

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LÁMINAS POLIMERICAS PP, PET Y PVC CALENTADAS POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE 1000 WATTS**

**EVALUAR LA FACTIBILIDAD PARA CREAR UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN EN BENEFICIO DE LA COMUNIDAD DE SAN SEBASTIÁN ZINACATEPEC, PUEBLA, MÉXICO**

**DESARROLLO DE METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD PARA SELLADO DE CONTENEDORES FLEXIBLES HERMÉTICOS UTILIZADOS EN TERAPIA RENAL**

**OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL TALLER MECÁNICO DE UNA GANADERA EN GUASAVE, SINALOA, A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA 5'S**

**IMPLEMENTACIÓN DE PPAP EN LA INDUSTRIA METAL-MECÁNICA**



Imagen de portada  
Autor: Contributor



#### Directorio

**Dr. Ramón Jiménez López**  
Director General Tecnológico Nacional de México

**MC. Manuel Chávez Sáenz**  
Director de Institutos Tecnológicos Descentralizados

**Lic. Juan Carlos Torres Cedillo**  
Secretario de Educación del Gobierno  
del Estado de San Luis Potosí

**Dra. Gloria Edith Palacios Almón**  
Director de Educación Media Superior  
y Superior De la SEGE

**Mtra. Laura Luz García Lumbreras**  
Directora General del ITSSLPC

#### Consejo editorial

**MPS. Adela Marisol Sierra Guerrero**  
Encargada de la Dirección  
Académica del ITSSLPC

**Dra. Lya Adlih Oros Méndez**  
Subdirectora Académica del ITSSLPC

**Lic. Miriam Del Rocio Barboza Ruiz**  
Encargada de la Dirección de Planeación  
y Vinculación del ITSSLPC

**Lic. Verónica del Rosario García Sánchez**  
Encargada de la Subdirección de Vinculación

**Dra. Gabriela Rangel Ramírez**  
Encargada de la Subdirección de Estudios de  
Posgrado e Investigación del ITSSLPC

**MMA. Hulda Zulema del Angel López**  
Encargada de la Jefatura de División de Estudios de  
Posgrado e Investigación del ITSSLPC

#### Editor

**Dra. Gabriela Rangel Ramírez**  
Encargada de la Subdirección de Estudios  
de Posgrado e Investigación del ITSSLPC

**MMA. Hulda Zulema del Angel López**  
Encargada de la Jefatura de División de Estudios de  
Posgrado e Investigación del ITSSLPC

#### Diseñador

**Lic. Roberto Misael Gaytan Amaya**

**REVISTA CAPITAL INTELECTUAL**, Año 11. No. 32; Enero – Abril 2025, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital Carretera 57 México – Piedras Negras Km 189+100 Tramo Querétaro – San Luis Potosí N° 6501 Villa de Pozos, San Luis Potosí, C.P. 78421 Tel. 444 8041220. <https://slpotosicapital.tecnm.mx/comunicacion-difusion/revista/>; [revista.captial.intelectual@gmail.com](mailto:revista.captial.intelectual@gmail.com); Editor responsable: Dra. Gabriela Rangel Ramírez, Encargada de la Subdirección de Estudios de Posgrado e Investigación. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 042014-073119354200-102, ISSN: 2007-9893; ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor, Responsable de la última actualización de este número, Lic. Verónica del Rosario García Sánchez, Subdirectora de Vinculación del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Su objetivo principal es difundir el quehacer académico (investigación y docencia) del personal adscrito al ITSSLPC, así como del personal del Tecnológico Nacional de México y otras instituciones de Educación Superior Nacionales y Extranjeras. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital. Todo artículo publicado es responsabilidad de los autores. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital.

# INDICE

<b>ESTRATEGIAS DE CALIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO PARA UNA PYME DEL SECTOR PRIMARIO EN JUÁREZ</b>	<b>4</b>
<i>Alzate Espinoza Juan Héctor, Báez Hernández Grace Erandy, Huerta Uribe Brittanía.</i>	
<b>PROGRAMA INTEGRAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA ADMINISTRADORA DE AEROPUERTOS Y HELIPUERTOS</b>	<b>9</b>
<i>García Mercado Emmanuel, López Toto Angélica del Carmen, Santillán Ferreira Guadalupe</i>	
<b>LA METODOLOGÍA CASCADA MEDIANTE FUNCIONES LÓGICAS COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA SOLUCIÓN DE SECUENCIAS ELECTRONEUMÁTICAS APLICADO EN DIFERENTES SISTEMAS PROGRAMABLES</b>	<b>21</b>
<i>Torres Baez Edgar Armando, Flores Garcia Efrén, Luna Ávila Uriel Alejandro, Avila Martinez Martín Tadeo</i>	
<b>REINGENIERÍA OPERACIONAL Y MATRIZ DE CALIDAD APLICADA A LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL GUIADO Y PUERCO DE EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS</b>	<b>36</b>
<i>Nadia Lizzette Puentes Llanos, David Fierro Perea, Rommel Arel Leal Palomares, Cindy Rosas Domínguez</i>	
<b>CAMPUS MANAGER: SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE ESTUDIANTES EN ENTORNOS EDUCATIVOS</b>	<b>43</b>
<i>Jorge Alberto Lázaro Méndez, Claudia Gabriela Pulido Lúa, Alexis Rodrigo Aboite Medina, Erandy Danae Díaz Bautista, Ángel Leonardo Ávila Vega</i>	
<b>ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LÁMINAS POLIMERICAS PP, PET Y PVC CALENTADAS POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE 1000 WATTS</b>	<b>50</b>
<i>Salvador González Muñoz, Víctor Samuel Vilchis Bravo</i>	
<b>EVALUAR LA FACTIBILIDAD PARA CREAR UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN EN BENEFICIO DE LA COMUNIDAD DE SAN SEBASTIÁN ZINACATEPEC, PUEBLA, MÉXICO</b>	<b>60</b>
<i>Isabel Ramírez Castro, Luis Antonio Pereda Jiménez, Rosa María Mora Morales, Romero Gil Edgardo</i>	
<b>DESARROLLO DE METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD PARA SELLADO DE CONTENEDORES FLEXIBLES HERMÉTICOS UTILIZADOS EN TERAPIA RENAL</b>	<b>72</b>
<i>Chocoteco Ramírez, Eréndira Nayadanty, Ramón Cipriano, Filiberto</i>	
<b>OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL TALLER MECÁNICO DE UNA GANADERA EN GUASAVE, SINALOA, A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA 5'S</b>	<b>80</b>
<i>Juan Héctor Alzate Espinoza, Raúl Loredó Medina, María Guadalupe Osuna Estrada.</i>	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE PPAP EN LA INDUSTRIA METAL-MECÁNICA</b>	<b>95</b>
<i>María del Carmen Murillo Flores, José Armando Rodríguez Cerros, Claudia Alonso Lara, Lorena Carreón Calvillo, Marcela Rodríguez González</i>	

# ESTRATEGIAS DE CALIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO PARA UNA PYME DEL SECTOR PRIMARIO EN JUÁREZ

Alzate Espinoza Juan Héctor, [juan.ae@guasave.tecnm.mx](mailto:juan.ae@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Báez Hernández Grace Erandy, [grace.bh@guasave.tecnm.mx](mailto:grace.bh@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Huerta Uribe Brittanía, [L20111493@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:L20111493@cdjuarez.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

## Abstract

This article examines quality strategies in the supply chain of an SME in the primary sector located in Ciudad Juárez, Mexico. The objective is to identify practices that ensure high-quality products and meet customer expectations. Focusing on continuous improvement, the study analyzes key factors influencing quality management throughout the company's supply chain, including raw material quality control, process standardization, final product inspection, and customer feedback. Based on an analysis of current practices, recommendations are provided to enhance quality in processing and distribution, highlighting the importance of adopting strategies aligned with international standards to strengthen the SME's competitiveness in the local and regional market.

**Keywords:** Quality, supply chain, continuous improvement, SME, primary sector.

## Resumen

Este artículo explora las estrategias de calidad en la cadena de suministro de una PyME del sector primario en Ciudad Juárez, México. El objetivo es identificar prácticas que garanticen productos de alta calidad y satisfagan las expectativas de los clientes. Con un enfoque en la mejora continua, el estudio analiza factores clave como el control de calidad en la materia prima, la estandarización de procesos, el control de calidad en el producto final y la retroalimentación del cliente. A partir de un análisis de las prácticas actuales, se ofrecen recomendaciones para mejorar la calidad en el procesamiento y distribución, destacando la importancia de adoptar estrategias alineadas con estándares internacionales para fortalecer su posición en el mercado local y regional.

**Palabras Clave:** Calidad, cadena de suministro, mejora continua, Pyme, sector primario.

## Introducción

La calidad en la cadena de suministro es un factor crucial para la competitividad de las PyMEs del sector primario, especialmente en regiones estratégicas como Ciudad Juárez, México. Estas empresas no solo enfrentan el desafío de mantener estándares de calidad para satisfacer a los clientes, sino que también deben adaptarse a las crecientes exigencias de un mercado global. A nivel internacional, México ocupa el puesto 56 en el Índice Global de Innovación 2024 y es la tercera economía más innovadora de América Latina, solo detrás de Chile y Brasil (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2024[1]). Este ranking resalta tanto el avance del país como la necesidad

de fortalecer la calidad en sectores productivos claves.

En este contexto, el presente estudio se enfoca en una PyME del sector primario en Ciudad Juárez, analizando las estrategias de calidad implementadas en su cadena de suministro. Con un enfoque en la mejora continua y la satisfacción del cliente, se examinan prácticas que abarcan desde el control de calidad en la materia prima hasta la estandarización de procesos y la retroalimentación de clientes. A partir de este análisis, se proponen recomendaciones para optimizar la gestión de calidad y alinear las prácticas de la empresa con estándares internacionales, fortaleciendo así su posición en el mercado local y regional.

## Antecedentes

La calidad y el conocimiento son cruciales para asegurar la consistencia en la producción y satisfacer las expectativas del mercado. Según Mendoza-Arviso y Solís-Rodríguez (2022), la estandarización y el control de procesos son esenciales para mejorar la eficiencia y calidad.[2]

Además, la colaboración y el intercambio de conocimientos permiten a las PyMEs adaptarse mejor a los cambios del entorno (Quezada-Sarmiento et al., 2019[3]; Ganguly, Talukdar y Chatterjee, 2020[4]). Schumpeter (1943) destaca la innovación como una ventaja competitiva [5], y estudios recientes (Sosa y Martín, 2015[6]; Fajardo, Cano y Tobón, 2012[7]) muestran que las estrategias de mejora continua y optimización de calidad son vitales para responder a las demandas del mercado.

## Planteamiento y Desarrollo

Este estudio descriptivo y evaluativo examina las estrategias de calidad en la cadena de suministro de una PyME del sector primario en Ciudad Juárez, dedicada a la producción y distribución de productos agrícolas. El propósito es describir y evaluar la efectividad de las estrategias implementadas — como el control de calidad en la materia prima, la estandarización de procesos, el control de calidad del producto final y la retroalimentación del cliente— y su impacto en la competitividad de la empresa.

Para ello, se realizaron auditorías internas y encuestas de satisfacción al cliente, con el fin de medir cómo estas estrategias influyen en la percepción de calidad y la eficiencia en la cadena de suministro. Los resultados de las auditorías, representados en la Figura 1, muestran el porcentaje de cumplimiento en cada una de las estrategias clave evaluadas. La estandarización de procesos y la retroalimentación del cliente destacan como los factores con mayores porcentajes de cumplimiento, lo cual sugiere que estas áreas ejercen una influencia significativa en la percepción de calidad y en la eficiencia operativa.

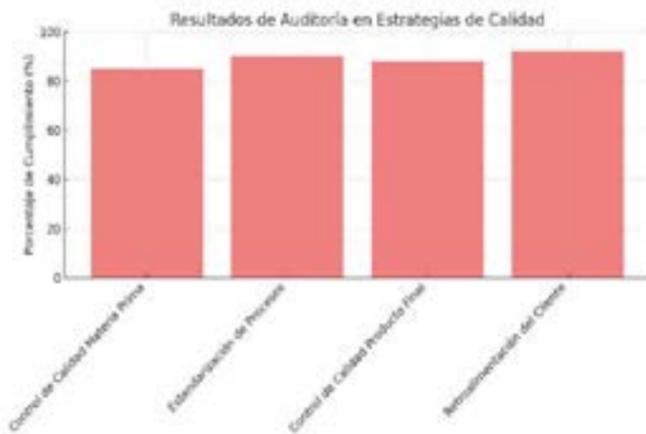


Fig. 1. Resultados de auditoría en estrategias de calidad; Fuente: Elaboración propia.

También se analizó en detalle el cumplimiento de los estándares de calidad en la materia prima. La Tabla 1 muestra un alto cumplimiento en aspectos como durabilidad y resistencia, aunque se identificaron oportunidades de mejora en la conformidad con las especificaciones técnicas de los proveedores para reforzar la consistencia de la calidad final.

Categoría de Inspección	Porcentaje de Cumplimiento	Comentarios
Durabilidad	87%	Rechazos principalmente por baja resistencia
Resistencia	85%	Mejora después de actualización de criterios
Conformidad con Especificaciones	83%	Variabilidad depende del proveedor
Total de Materia Prima Aceptada	85%	Aumenta consistencia en calidad final

Tabla I. Cumplimiento de estándares de materia prima.

La implementación de la estandarización de procesos según el estándar ISO 9001:2015 permitió a la empresa reducir el ciclo de producción en un 20%, mejorando la precisión y calidad constante de los productos, y fortaleciendo su competitividad en el mercado.

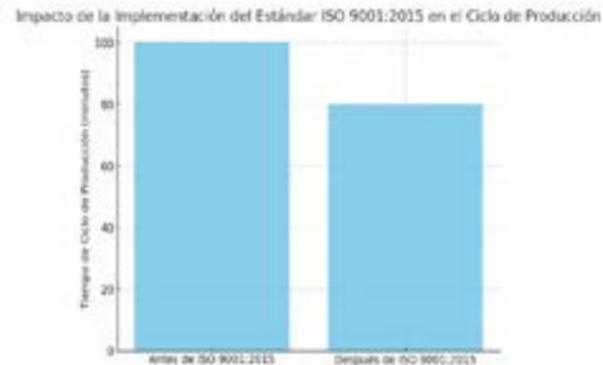


Fig. 2. Impacto de la Implementación del Estándar ISO 9001:2015 en el Ciclo de Producción; Fuente: Elaboración propia.

El control de calidad en el producto final, mediante inspecciones y auditorías semanales, ha reducido las devoluciones por defectos en un 25 por ciento, mejorando la satisfacción del cliente y fortaleciendo la confianza en la marca al asegurar que solo los productos que cumplen con los estándares lleguen al consumidor, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Impacto Detallado del Control de Calidad en el Producto Final

Métrica Evaluada	Resultado Antes de Implementación	Resultado Después de Implementación	Cambio (%)
Devoluciones por Defectos	40% de productos devueltos	15% de productos devueltos	-25%
Satisfacción del Cliente	70%	92%	+22%
Recomendación del Servicio por los Clientes	65% de clientes recomiendan	88% de clientes recomiendan	+23%
Quejas del Cliente	25 quejas mensuales	5 quejas mensuales	-80%
Percepción de Confianza en la Marca	Regular	Alta	Incremento significativo

Tabla II. Impacto del Control de Calidad en el Producto Final.

La estrategia de retroalimentación del cliente ha generado resultados significativos, como lo muestra la Figura 3: un incremento del 22% en la satisfacción del cliente, una reducción del 80% en las quejas y un 88% de clientes que recomiendan el servicio. Estos efectos reflejan cómo escuchar activamente a los

clientes y realizar ajustes en función de sus comentarios fortalece la relación con los consumidores y mejora la percepción de la marca.



Figura 3. Impacto de la Retroalimentación del Cliente en la Calidad y Satisfacción; Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

La implementación del estándar ISO 9001:2015 para estandarizar procesos permitió reducir el ciclo de producción en un 20%, mejorando la precisión y consistencia del producto. El control de calidad en el producto final redujo las devoluciones en un 25%, lo que se reflejó en una mayor satisfacción y confianza por parte de los clientes. Además, el enfoque en la retroalimentación de los clientes generó un aumento del 22% en satisfacción y una disminución del 80% en quejas, demostrando el valor de escuchar y ajustar las estrategias según las opiniones de los consumidores.

Para consolidar estos resultados, es recomendable seguir capacitando al personal en prácticas de calidad y mantener

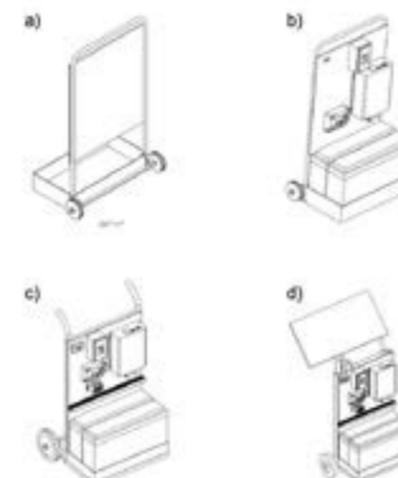


Figura 1. a) Diseño inicial que comprende la estructura del carro, b) Diseño con la incorporación de las baterías, controlador, inversor y protección termomagnética, c) Avance del diseño con modificación del sistema de empuje y acoplamiento de componentes eléctricos como interruptor e interfaz de conexión rápida de componentes eléctricos y/o electrónicos, d) Diseño final donde se aprecia la incorporación del panel fotovoltaico.

una cultura de mejora continua. Replicar estas estrategias en otros sectores podría ofrecer beneficios similares, promoviendo una orientación al cliente y fortaleciendo la posición competitiva de la empresa en el mercado.

## Bibliografía

[1] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2024). Índice global de innovación 2024. Recuperado de [URL del documento, si está disponible]

[2] Mendoza-Arviso, U., & Solís-Rodríguez, F. Th. (2022). Calidad, conocimiento e innovación de procesos de manufactura en Ciudad Juárez, México. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 12(23), 83-109. <https://doi.org/10.17163/ret.n23.2022.05>

[3] Quezada-Sarmiento, P. A., Salas, W. T., Mayancla, R., Suárez-Morales, L., Chango-Cañaveral, P. M., & Rosero-Bustos, G. (2019). Analysis of the relationship between quality management, knowledge management based on bodies knowledge and innovation in SMEs. 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 1-6. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760620>

[4] Ganguly, A., Talukdar, A., & Chatterjee, D. (2020). Social capital, knowledge quality, knowledge sharing, and innovation capability: An empirical study of the Indian pharmaceutical sector. Knowledge and Process Management, 27(1), 25-42. <https://doi.org/10.1002/kpm.1614>

[5] Schumpeter, J. (1943). Capitalism, socialism, and democracy. Harper and Row.

[6] Sosa, Y., & Martín, M. (2015). La creación del conocimiento e innovación a través de los sistemas de calidad. Tres estudios de caso. Economía y Sociedad, 33(1), 37-57.

[7] Fajardo, M., Cano, L., & Tobón, M. (2012). Impacto de la gestión de calidad en la estructura organizativa y en la innovación de la industria azucarera colombiana. Estudios Gerenciales, 28(No. Edición Especial), 317-338. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2012.1491>



Alzate Espinoza Juan Héctor. El Dr. Juan Héctor Alzate Espinoza es un académico e investigador con un Doctorado en Administración, dos Posdoctorados y una Maestría en Calidad. Como profesor en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave, impulsa proyectos interdisciplinarios en ingeniería y gestión. Su experiencia incluye certificaciones en metodologías innovadoras y competencias laborales. Con más de 11 años de docencia y publicaciones científicas, promueve la educación, la investigación y el desarrollo sostenible.



La Dra. Grace Erandy Báez Hernández es SNI Nivel 1, Ingeniera Industrial con Maestría en Ingeniería Industrial y Doctorado en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales. Profesora en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave, cuenta con reconocimiento PRODEP y liderazgo en un cuerpo académico. Posee certificaciones CONOCER y es facilitadora del Modelo Talento Emprendedor. Ha participado como jurado en ENEIT, conferencista y autora de publicaciones en redes de investigación internacionales.



Brittanía Huerta Uribe estudiante de Ingeniería en Logística en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, se especializa en gestión de la cadena de suministro y optimización de procesos. Su enfoque está en soluciones logísticas eficientes y sostenibles para el sector empresarial.



# PROGRAMA INTEGRAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS PSICOSOCIALES EN UNA EMPRESA ADMINISTRADORA DE AEROPUERTOS Y HELIPUERTOS.



García Mercado Emmanuel - [emmanuelgarciamercado@gmail.com](mailto:emmanuelgarciamercado@gmail.com) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado

López Toto Angélica del Carmen- [angelica.lt@alvarado.tecnm.mx](mailto:angelica.lt@alvarado.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado

Santillán Ferreira Guadalupe - [guadalupe.sf@alvarado.tecnm.mx](mailto:guadalupe.sf@alvarado.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado

## Abstract

The project was to contribute to an airport and heliport management company complying with all the obligations required by the Official Mexican Standard NOM-035-STPS-2018 in its numerals from 5 to 5.8, from 7 to 7.9 and from 8 to 8.5 of the Official Document of the Federation, forming a folder with all the documentary evidence, as well as analyzing article 43 Regarding the (FRPS) Psychosocial Risk Factors of the Federal Regulations on Safety and Health at Work, to know how the fines of the standard are determined and to act in case of detecting that the company does not comply with any fraction of the article. My main strategy was to implement different checklists to detect what you already have and what the company needed and, in that case, solve it, thanks to this and as a result achieve legal compliance and improve the organizational environment. It was very important to disseminate the information by designing an information guide on FRPS and implementing a training program on this new standard for the workers of the airport company so that everyone could correctly understand what psychosocial factors, psychosocial risk factors, psychosocial risks refer to and what effects they have on physical and mental health. as well as the objectives of the standard.

**Keywords:** Psychosocial Risk Factors, Organizational Environment, Checklist, Organizational Improvement.

## Resumen

El presente estudio se basa en el análisis comparativo de la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, denominada "Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención" el cual contribuye en que una empresa administradora de aeropuertos y helipuertos cumpla todas las obligaciones que pide la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018 en sus numerales a partir del 5 al 5.8, del 7 al 7.9 y del 8 al 8.5 del Diario Oficial de la Federación (DOF) formando una carpeta con todas las evidencias documentales, así como analizar el artículo 43 Respecto a los (FRPS) Factores de riesgo psicosociales del Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, para conocer cómo se determinan las multas de la norma y actuar en caso de detectar que la empresa no cumpla con alguna fracción del artículo. La estrategia principal fue implementar distintas listas de verificación para detectar en qué situación de nivel de riesgo se encontraba la empresa. Por lo que como resultado se generó un estudio propositivo para el desarrollo de un programa integral de capacitación para prevenir los factores de riesgos psicosociales en la empresa.

Fue muy importante la difusión de la información entre el personal por lo que dentro del programa integral se estableció el diseño para una guía informativa sobre los (FRPS) de esta forma la aeroportuaria pudieran entender correctamente a que se refieren los factores psicosociales, factores de riesgo psicosocial, riesgos psicosociales y qué efectos tienen en la salud física y mental, así como los objetivos de la norma.

**Palabras clave:** Factores de Riesgo Psicosocial, Entorno Organizacional, Lista de Verificación, Mejora Organizacional.

## Introducción

El presente estudio fue de índole propositivo para la empresa, ya que brinda una propuesta de solución para mantener informados y capacitados respecto a la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, denominada "Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención", la cual es un instrumento crucial para abordar los aspectos relacionados con la salud mental de los trabajadores en México. Esta normativa, emitida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, establece las directrices para identificar, analizar y prevenir los factores de riesgo psicosocial en el entorno laboral, reconociendo la importancia de promover ambientes laborales saludables. [8]

El estudio se aplicó en una empresa administradora aeroportuaria en los últimos meses en donde se analizó y evaluó a detalle la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, la cual es una norma relativamente nueva.

Debido a la pandemia muchas empresas apenas en los años 2022-2023 empezaron a tratar de implementarla, pero aún se desconoce y se tiene cierta confusión con el contexto de factores psicosociales, señala [2] dentro del análisis llevado a cabo en los distintos debates sobre la norma algunas personas confunden el término psicosocial pensando que es un aspecto meramente psicológico, otro punto de vista es que la norma obliga a las empresas a tener un psicólogo y que es complicado saber cómo están psicológicamente todos los trabajadores.

La norma es extensa, ya que requiere mucha evidencia documental, el problema principal es la falta de claridad en el tema de factores psicosociales.

La norma [8] establece que en donde realmente existe una gran confusión

debido a que la norma es solo inicio de una buena intención la cual es proteger a los trabajadores brindando un trabajo digno, eso es algo a destacar que después de tanto tiempo se tomara en serio los entornos laborales en México, donde incluso existen varios escenarios laborales que llegan a ser hostiles, donde hay faltas de respeto, violencia, entre otras cuestiones. Menciona [5] que la norma, tiene muchas áreas de oportunidad y lamentablemente utiliza terminología no muy digerible por todo el mundo, por ese motivo es que tanto los trabajadores y las organizaciones en su mayoría no terminan de comprender exactamente qué es lo que busca esta nueva norma.

Señala [3] que los factores psicosociales no son más que las interacciones que tiene un trabajador en su centro de trabajo, estas interacciones van desde su medio ambiente de trabajo, tareas propias del trabajo, condiciones de la organización, así como capacidades, necesidades y expectativas del trabajador, sus costumbres y cultura del trabajo, condiciones personales fuera del trabajo, etc.

Siendo así que, el objetivo es implementar un programa integral de prevención de factores de riesgo psicosocial aplicado a la NOM-035-STPS, con el propósito de promover un entorno laboral saludable, mejorar el bienestar emocional de los participantes y optimizar su rendimiento, a través de la identificación, evaluación y abordaje de los factores de riesgo psicosocial presentes en el contexto.

Los antecedentes que se han consultado derivan de la problemática que tienen las empresas ante los riesgos psicosociales que presentan los colaboradores en el trabajo ya que, por falta de información y conferencias, ellos carecen de comunicación para transmitirla a sus superiores o en dado caso, el jefe de RR.HH.

## Objetivo General

Desarrollar e implementar un programa integral de prevención de factores de riesgo psicosocial basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, con el propósito de promover un entorno laboral saludable, mejorar el bienestar emocional de los trabajadores y optimizar su rendimiento en una empresa administradora de aeropuertos y helipuertos, mediante la identificación, evaluación y mitigación de los riesgos psicosociales.

## Objetivos Específicos

1. Evaluar el cumplimiento y los factores de riesgo psicosocial en la empresa, mediante la aplicación de listas de verificación y cuestionarios de referencia de la NOM-035-STPS-2018, para identificar las áreas de oportunidad y riesgos existentes.

2. Diseñar e implementar un programa integral de capacitación y concientización, que incluya una guía informativa sobre los factores de riesgo psicosocial, con el fin de mejorar la comprensión y aplicación de la normativa dentro de la organización.

3. Desarrollar e implementar estrategias de prevención e intervención, basadas en la NOM-035-STPS-2018, con el propósito de mitigar los factores de riesgo psicosocial, mejorar el entorno laboral y optimizar el bienestar emocional y el desempeño de los trabajadores.

## Metodología

En este apartado se describen los métodos y materiales empleados para alcanzar el objetivo que se ha propuesto esta investigación: factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención, siendo el objetivo para esta investigación

Proponer un programa integral de prevención de factores de riesgo psicosocial basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, denominada "Factores de riesgo

psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención". Que facilite promover un entorno laboral saludable, mejorar el bienestar emocional de los participantes y optimizar su rendimiento, a través de la identificación, evaluación y abordaje de los factores de riesgo psicosocial presentes en el contexto, particularmente aplicado en un Aeropuerto de la zona Sur del país

**Tipo de estudio**

La presente investigación es un estudio propositivo, ya que se realiza un proyecto de nivel aplicado, porque ocupamos conocimiento teórico plasmado en una guía de capacitación esperando que en un futuro sea práctico en dicha empresa para el bienestar de su futuro destinado en todas aquellas compañías que operan en México y tienen empleados sujetos a la legislación laboral mexicana ya que, la norma aplica a todas las organizaciones, independientemente de su tamaño o industria. Según el alcance, la investigación es cualitativa porque comprende el registro, análisis e interpretación del problema actual, así mismo el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes y sobre como la empresa funciona. Según la distancia entre el investigador y el objeto de estudio es documental porque tanto selecciona, analiza y presenta resultados coherentes de información como artículos publicados en revistas, así como de la NOM-035-STPS. Con base en esta información se va a basar la planeación del trabajo para así explorar y observar el terreno cuando estos mencionados se apliquen. También es de campo ya que hay un acercamiento directo con la empresa ya que se trabajó con los trabajadores del área de bomberos, el personal de RH, y el de contabilidad. Según el tipo de diseño de investigación es descriptivo porque el investigador solo recopila, analiza y presenta los datos recopilados teniendo como argumento principal los beneficios de

llevar a cabo dicho estudio e implementar la NOM-035-STPS en la organización.

**Técnicas de recolección de información.**

Hay diversas técnicas para la recolección de datos, la más importante para efectos del cumplimiento legal y normativo son los cuestionarios de las guías de referencia I, II, III y V en la NOM-035-STPS, aplicar estos instrumentos es fundamental ya que gracias a los resultados de los cuestionarios se puede evaluar en primera estancia los cuestionarios de la guía de referencia I para identificar si es que existe un trabajador sujeto a "ATS" (Acontecimientos Traumáticos Severos)

Fig.1. Cuestionario de la Guía de Referencia I.

Gracias a los resultados de los cuestionarios como recolección de información de la guía de referencia II Y III se puede conocer cómo está la empresa en términos de riesgos psicosociales, para ser más específico, se recolectan los datos por categorías, dominios y dimensiones. Existen 5 categorías, 10 dominios y 20 dimensiones, estos se evalúan identificado el número del ítem y clasificándolo con las opciones de respuesta. De tal manera que al final se logren pasar de datos cualitativos a cuantitativos. Por otro lado, haciendo el mismo método se da a conocer si existe o

no un entorno y organizacional favorable.

Fig. 2. Cuestionario de la Guía de Referencia III parte 1.

Fig. 3. Cuestionario de la Guía de Referencia III parte 2.



Fig. 4. Cuestionario de la Guía de Referencia III parte 3.

Fig. 5. Cuestionario de la Guía de Referencia III parte 4.

Tabla 5  
Valor de las respuestas de los ítems

Ítem	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5
5	1	2	3	4	5
6	1	2	3	4	5
7	1	2	3	4	5
8	1	2	3	4	5
9	1	2	3	4	5
10	1	2	3	4	5
11	1	2	3	4	5
12	1	2	3	4	5
13	1	2	3	4	5
14	1	2	3	4	5
15	1	2	3	4	5
16	1	2	3	4	5
17	1	2	3	4	5
18	1	2	3	4	5
19	1	2	3	4	5
20	1	2	3	4	5

Tabla 6  
Grupos de ítems por dimensión, dominio y categoría

Categoría	Dimensión	Dominio	Ítem
Ambiente de trabajo	Condiciones de ambiente de trabajo	Seguridad y salud	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Salud y bienestar	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Seguridad y salud	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Salud y bienestar	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Factores propios de la actividad	Carga de trabajo	Carga de trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Falta de control sobre el trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Organización del trabajo	Estructura de trabajo	Organización del trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Organización del trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Liderazgo y relaciones en el trabajo	Liderazgo	Liderazgo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Relaciones en el trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Entorno organizacional	Recursos en el trabajo	Recursos en el trabajo	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Violencia	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Entorno organizacional	Reconocimiento del desempeño	Reconocimiento del desempeño	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
		Reconocimiento del desempeño	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20

Fig. 5 y 6. Sobre valor de las opciones de respuesta y Grupos de ítems por dimensión, dominio y categoría

Fig. 7. Criterios para la toma de acciones

Con la guía de referencia V se recolectan datos del trabajador, este contenido es un complemento y no es obligatorio para las empresas, pero es importante porque de esta manera se puede identificar de mejor manera a los trabajadores que respondieron los cuestionarios de las guías de referencia I, II y III, se obtiene información de los trabajadores del tipo de sexo, edad, estado civil, Nivel de estudios, Ocupación/profesión/puesto, departamento/servicio/área, así como el tipo de contratación, tipo de personal, tipo de jornada de trabajo, si realiza rotación de turnos, cuanta tiempo tiene en el puesto actual y cuanta experiencia laboral tiene.

Otra forma de recolectar información en este caso meramente cualitativa es a base de entrevistas a los trabajadores, se hacen preguntas del tipo: ¿En su instancia en esta empresa ha notado que se da a conocer la importancia de los riesgos psicosociales? ¿Conoce la política de la empresa respecto a los riesgos psicosociales? ¿La empresa ha impartido capacitaciones respecto al tema, ha asistido a ellas? ¿Observa que la empresa está tomando acciones para prevenir los riesgos psicosociales, cree que esas acciones realmente han funcionado para generar un mejor clima laboral? Etc. La finalidad de entrevistar a mínimo unas 3 o 5 personas es para cumplir lo normativo sumado a darle voz a los trabajadores y escuchar sus opiniones para conocer si realmente se hacen las cosas bien o en su caso, existen cuestiones a mejorar.

Por último se observa, como responsable de implementar la NOM-035-STPS-2018 solo con el hecho de observar y supervisar todas las áreas de trabajo se puede dar cuenta de manera superficial y momentánea como está el clima laboral, si bien no es una estrategia que pueda garantizar nada por el hecho de que no estamos obteniendo información del día a día de la empresa y de las relaciones laborales en un ámbito más cercano si es una forma de empezar a reconocer o intuir por donde podría haber problemas o no.

### Consideraciones éticas

Al analizar la NOM-035-STPS-2018 se tomaron las siguientes consideraciones éticas importantes para garantizar el respeto de los derechos de los trabajadores y la integridad de las prácticas laborales, todas son importantes, sin embargo, las más sobresalientes son las cuales son señaladas por [1] y tienen la pertinencia en el estudio.

CONSIDERACIÓN ÉTICA	SIGNIFICADO
Confidencialidad	Es garantizar la seguridad de la información recopilada durante la evaluación de riesgos psicosociales, ya que los empleados deben sentirse seguros de que sus respuestas no serán utilizadas en su contra.
Consentimiento informado	No es decir que se obtiene el consentimiento de los trabajadores antes de realizar evaluaciones psicosociales, tomando en cuenta que hay que informarles sobre el propósito, el alcance y el uso de la información recopilada.
No discriminación	Debido a que la información recopilada no debe utilizarse para tomar decisiones laborales adversas sin fundamentación clara y objetiva.
Acceso a recursos de apoyo	No es brindar de preparación acerca a material de apoyo y servicios de salud mental para los empleados que puedan necesitar ayuda luego que la identificación de riesgos se debiera centrarse en una herramienta positiva, más en su estado para mejorar las condiciones laborales.
Participación activa de los empleados	Es involucrar a los colaboradores en el proceso y en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de medidas preventivas en vista de que la participación activa fomenta un enfoque ético y preventivo.
Transparencia	Se refiere a ser transparente en la comunicación sobre los resultados y los métodos, tomando en cuenta que los empleados deben comprender cómo se utilizó la información y cómo se abordaron los problemas identificados.
Capacitación y sensibilización	Se refiere a proporcionar educación para mostrar la importancia del tema a los empleados, supervisores y empleadas sobre la importancia de la salud mental en el trabajo. Esto ayuda a construir un entendimiento ético común y a promover un ambiente de trabajo saludable.
Mantenimiento ético	Es implementar medidas éticas consistentes para asegurar de que la aplicación de la normativa cumpla con estándares legales y no genere impactos negativos inesperados.
No estigmatización	Se refiere a evitar la estigmatización de los empleados que puedan estar experimentando problemas de salud mental. Cabe aclarar que los resultados y medidas deben ser distribuidos para promover la inclusión y el apoyo, no para señalar o aislar a los trabajadores.

Fig. 8. Consideraciones éticas para la aplicación de la NOM-035-STPS.

### Limitaciones del estudio

Aunque esta norma es un paso importante para abordar los riesgos psicosociales en el entorno laboral, también tiene algunas limitaciones y críticas de estudio. Algunas de ellas son mencionadas por [4] las siguientes:

- La norma proporciona un marco general para abordar los riesgos psicosociales en el trabajo, pero no especifica medidas precisas o soluciones concretas. Esto deja a las empresas con cierta flexibilidad para adaptar sus estrategias de acuerdo con sus necesidades específicas.
- La evaluación de riesgos psicosociales puede ser subjetiva y compleja de medir con precisión. Esto puede hacer que sea difícil para las empresas identificar y cuantificar adecuadamente los factores que afectan la salud mental de los trabajadores.
- Especifica que aunque la norma es obligatoria, el cumplimiento y la supervisión pueden ser desafiantes. Por ende, las empresas pueden encontrar dificultades para implementar medidas efectivas y garantizar que se cumplan todas las disposiciones.
- La norma se enfoca en la identificación y el abordaje de riesgos una vez que se han manifestado, lo que puede no ser suficiente para prevenir completamente problemas de salud mental en el lugar de trabajo. Sería preferible un enfoque más proactivo en la prevención.
- Implementar las medidas requeridas por la norma puede implicar costos adicionales para las empresas, especialmente aquellas que deben realizar cambios significativos en sus prácticas laborales.

### Teorías que respaldan e impactan en el estudio

Teoría de Maslow.

La teoría de Maslow sugiere que los seres humanos tienen una serie de necesidades que deben ser satisfechas en un orden específico. Comenzando por las más básicas y ascendiendo hacia las más complejas:

- Necesidades fisiológicas: alimentación, agua, sueño.
- Necesidades de seguridad: seguridad

física, empleo estable.

- Necesidades sociales: pertenencia, amor, relaciones.
- Necesidades de estima: respeto, reconocimiento, autoestima.
- Autorrealización: desarrollar el potencial personal, creatividad, resolución de problemas.

### Aplicación en el presente estudio

- En el entorno laboral, es esencial que los empleadores aseguren que las necesidades fisiológicas y de seguridad estén cubiertas. Esto incluye un ambiente de trabajo seguro, estabilidad laboral y condiciones adecuadas de trabajo.
- La satisfacción de las necesidades sociales puede prevenir el aislamiento y el estrés. Esto nos da a entender que promover un entorno colaborativo y de apoyo entre compañeros de trabajo ayuda a reducir los riesgos psicosociales.
- Las necesidades de estima se ven satisfechas cuando los empleados sienten que su trabajo es valorado y reconocido. Es por ello que programas de reconocimiento y retroalimentación positiva son fundamentales.
- Menciona [6] que, brindar oportunidades para el desarrollo y la autorrealización puede incrementar la satisfacción laboral y reducir el estrés. Por tal motivo se incita crear talleres de formación y desarrollo profesional que sean ejemplos de cómo se puede fomentar este aspecto.

Modelo de demanda-control-apoyo

Como lo señala [9], este modelo establece que los niveles de estrés laboral están determinados por tres factores clave:

- Demandas del trabajo: cantidad y complejidad de las tareas laborales.
- Control sobre el trabajo: grado en que los empleados pueden influir en cómo se realiza su trabajo.
- Apoyo social: asistencia y soporte recibido por parte de colegas y superiores.

## Aplicación en estos factores de riesgo

- Es importante evaluar y ajustar las cargas de trabajo para evitar la sobrecarga. Esto nos enseña que es esencial asegurar que las demandas laborales sean manejables para prevenir el estrés y el agotamiento.
- Promover la autonomía en el trabajo permite a los empleados tener mayor control sobre sus tareas y métodos de trabajo. Esto reduce el estrés y mejora la satisfacción laboral.
- Nos dice [7] que establecer un ambiente de apoyo social sólido, donde los empleados sientan que pueden contar con la ayuda de compañeros y supervisores, es crucial para reducir los riesgos psicosociales. Programas de mentoría y equipos de trabajo colaborativos pueden ser útiles en este aspecto.

## Resultados

La Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS, fue creada para identificar y prevenir los riesgos psicosociales en el entorno laboral. Por ello, es útil para promover ambientes de trabajo saludables y prevenir problemas de salud mental en los empleados.

Nota importante: por razones de confidencialidad acordadas con la empresa, no se puede proporcionar el cuadro comparativo resultante de las listas de verificación y entrevistas.

Siendo así, teniendo en consideración lo anterior, los hallazgos al implementarla son los siguientes:

- La aplicación de la NOM-035-STPS llevó a una mejora significativa en el ambiente laboral al identificar y abordar factores de riesgo psicosocial.
- El proyecto ayudó a identificar y reducir los riesgos psicosociales en el lugar de trabajo, como la carga de trabajo excesiva, la falta de control sobre las tareas, el acoso laboral y otros factores que pueden afectar negativamente la salud mental de los trabajadores.

- La implementación de la NOM-035-STPS aseguró que la empresa cumpla con las regulaciones y normativas laborales relacionadas con la salud mental en el trabajo.
- Un ambiente de trabajo saludable ayudó a contribuir a un mejor desempeño de los empleados.
- Algunos empleados o directivos se resistieron a los cambios que implica la aplicación de la norma. La gestión del cambio y la comunicación efectiva fueron clave para superar esta resistencia.
- La NOM-035-STPS exige un monitoreo continuo de los factores de riesgo psicosocial. La aplicación de la NOM-035-STPS puede tener impactos significativos en la salud mental y el bienestar de los empleados, así como en el desempeño general de la organización. Sin embargo, es importante abordar los desafíos potenciales como el poner en marcha un plan de capacitación para prevenir los factores de riesgos psicosociales y gestionar adecuadamente el cambio para asegurar una implementación exitosa.

## Discusión

En el marco de la investigación sobre el análisis de la NOM-035-STPS, se han identificado diversas aportaciones, limitaciones y se han extraído deducciones valiosas que ofrecen una comprensión más profunda de su impacto y abren puertas a investigaciones futuras. En el siguiente texto se destacan los hallazgos clave, señalando los beneficios obtenidos, los desafíos enfrentados y las sugerencias para investigaciones subsiguientes, así como la novedad científica, lo controversial, las perspectivas y prospectivas teóricas, las aplicaciones prácticas.

## Aportaciones

1. La implementación de la norma

contribuyó a una mejora sustancial en el ambiente laboral, reduciendo factores de riesgo psicosocial y promoviendo un clima más saludable.

2. Se logra identificar y abordar eficazmente riesgos psicosociales como carga de trabajo excesiva y acoso laboral, contribuyendo a la salud mental de los empleados.

3. La aplicación de la NOM-035-STPS asegura el cumplimiento con regulaciones laborales, evitando sanciones y fortaleciendo la reputación de la empresa.

4. Los resultados fueron positivos sin embargo el factor de riesgo que se encontró fueron las elevadas cargas de trabajo. A continuación, se especifican los criterios para la toma de decisiones al respecto.

Nivel de riesgo	Necesidad de acción
Muy alto	Se requiere realizar el análisis de cada categoría y dominio para establecer acciones de intervención apropiadas, mediante un Programa de intervención que deberá incluir evaluaciones específicas, y contemplar campañas de sensibilización, revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión.
Alto	Se requiere realizar un análisis de cada categoría y dominio, de manera que se puedan determinar las acciones de intervención apropiadas a través de un Programa de intervención, que podrá incluir una evaluación específica y deberá incluir una campaña de sensibilización, revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión.
Medio	Se requiere revisar la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral, así como reforzar su aplicación y difusión, mediante un Programa de intervención.
Bajo	Es necesario una mayor difusión de la política de prevención de riesgos psicosociales y programas para la prevención de los factores de riesgo psicosocial, la promoción de un entorno organizacional favorable y la prevención de la violencia laboral.
Nulo	El riesgo resulta despreciable por lo que no se requiere medidas adicionales.

Fig.9. Criterios para la toma de decisiones.

## Limitaciones

- La implementación no conlleva costos significativos en recursos humanos ya que no se realizaron cambios infraestructurales, lo que podría representar un beneficio financiero para la organización.
- Se puede identificar resistencia por parte de algunos empleados y directivos,

destacando la importancia de estrategias de gestión del cambio y comunicación efectiva.

- La norma exige un monitoreo constante, lo que puede requerir recursos adicionales y un compromiso a largo plazo por parte de la empresa.

## Deducciones para una investigación futura

- Se recomienda investigar el impacto a largo plazo de la aplicación de la norma en la salud mental de los empleados y en el desempeño general de la organización.
- Futuras investigaciones podrían explorar cómo la norma se adapta a diferentes sectores industriales y organizacionales, considerando las particularidades de cada uno.
- Sería beneficioso investigar estrategias efectivas para mitigar los costos asociados con la implementación de la NOM-035-STPS, especialmente para empresas más pequeñas.
- Se sugiere investigar cómo los factores culturales influyen en la efectividad de la norma, considerando que las percepciones y respuestas pueden variar según la cultura organizacional.

## Novedad científica

La investigación sobre el análisis de la NOM-035-STPS destaca la novedad científica al abordar de manera integral los factores de riesgo psicosocial en el entorno laboral, considerando no solo la identificación y análisis, sino también la prevención efectiva. La contribución principal radica en la comprensión más profunda de cómo esta normativa puede impactar positivamente en la salud mental de los empleados y, por ende, en el rendimiento laboral.

## Controversias

La controversia surge en torno a los costos

asociados con la implementación de la norma, así como la resistencia al cambio identificada entre algunos empleados y directivos. Estos aspectos señalan desafíos prácticos y cuestionamientos sobre la viabilidad y aceptación de estas medidas en diversos contextos organizacionales.

### **Perspectivas y prospectivas teóricas**

Desde una perspectiva teórica, la investigación resalta la necesidad de considerar factores culturales y sectoriales al aplicar la NOM-035-STPS. Las perspectivas futuras podrían profundizar en modelos teóricos que expliquen cómo los factores psicosociales impactan en diferentes contextos y cómo las intervenciones pueden adaptarse para una mayor efectividad.

### **Aplicaciones prácticas**

Las aplicaciones prácticas de este trabajo se centran en guiar a las empresas hacia entornos laborales más saludables. La identificación de factores de riesgo permite implementar medidas preventivas específicas, mejorando la calidad de vida de los empleados y potencialmente aumentando la productividad y la retención del talento.

### **Pertinencia en relación a la línea de investigación**

Este trabajo es altamente pertinente en relación con la línea de investigación sobre salud ocupacional y bienestar laboral. La exploración de la aplicación de la NOM-035-STPS no solo contribuye al entendimiento de los riesgos psicosociales, sino que también ofrece valiosas recomendaciones para la gestión efectiva de estos factores en diversos entornos laborales, reforzando así la relevancia de la investigación en el contexto de la salud y seguridad en el trabajo.

### **Conclusiones**

La Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS, centrada en la identificación, análisis y prevención de factores de riesgo psicosocial en el trabajo, ha sido una herramienta fundamental para promover ambientes laborales saludables. La aplicación de esta normativa busca mejorar la salud mental de los empleados y prevenir problemas asociados y es un tema de gran relevancia en el ámbito laboral, ya que busca salvaguardar la salud mental de los trabajadores. La postura de este programa se basa en la convicción de que el bienestar emocional de los empleados es esencial para lograr un entorno laboral productivo y sostenible a largo plazo. A lo largo de esta reflexión, se expone el criterio respaldado por datos obtenidos en la investigación realizada y apoyada por una argumentación teórica coherente. En primer lugar, es crucial reconocer la importancia de la NOM-035-STPS en el contexto actual, donde las demandas laborales y las presiones cotidianas pueden tener un impacto significativo en la salud mental de los trabajadores. La normativa, al identificar y abordar los factores de riesgo psicosocial, busca prevenir problemas como el estrés laboral, la ansiedad y la depresión, que pueden derivar en consecuencias negativas tanto para el individuo como para la empresa. La investigación realizada revela que la implementación efectiva de la NOM-035-STPS puede traducirse en beneficios tangibles para las organizaciones. Se ha observado que las empresas que priorizan la salud mental de sus empleados experimentan una mayor retención de talento, un aumento en la productividad y una mejora en el clima laboral. Estos resultados respaldan la idea de que cuidar el bienestar emocional no solo es ético, sino también estratégico para el éxito empresarial a largo plazo. Desde una perspectiva teórica, la NOM-035-STPS se alinea con enfoques psicológicos y sociológicos que destacan la importancia

de crear ambientes laborales saludables. Teorías como la de Maslow sobre la jerarquía de necesidades y el modelo de demanda-control-apoyo respaldan la premisa de que atender las necesidades psicosociales de los trabajadores es esencial para promover un equilibrio positivo entre la vida laboral y personal. No obstante, es crucial señalar que la implementación efectiva de esta normativa puede presentar desafíos. La falta de conciencia, la resistencia al cambio y la ausencia de recursos pueden obstaculizar la aplicación exitosa de la NOM-035-STPS. Por lo tanto, se hace necesario un compromiso firme por parte de las empresas, respaldado por políticas y programas concretos, para garantizar que la normativa se traduzca en mejoras palpables en el bienestar de los empleados. Es así como se respalda la aplicación de la NOM-035-STPS como una medida esencial para proteger la salud mental de los trabajadores. Los datos de investigación y la argumentación teórica apoyan la idea de que un enfoque proactivo hacia los factores de riesgo psicosocial no solo mejora el bienestar de los empleados, sino que también contribuye al éxito a largo plazo de las organizaciones. Es imperativo que las empresas abracen esta normativa no solo como un requisito legal, sino como una inversión en el capital humano que impulsará el crecimiento sostenible y la prosperidad en el entorno laboral.

### **Agradecimientos**

Este estudio ha sido posible gracias al esfuerzo, apoyo y colaboración de diversas personas e instituciones, a quienes queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento.

En primer lugar, extendemos nuestro profundo reconocimiento al Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, por brindarnos el respaldo académico y las herramientas necesarias para llevar a cabo esta investigación. De manera especial a la empresa administradora de aeropuertos

y helipuertos, por abrirnos sus puertas y permitirnos realizar este estudio. A su equipo directivo y de Recursos Humanos, por facilitar el acceso a la información necesaria y permitirnos aplicar las evaluaciones de la NOM-035-STPS-2018 en su entorno laboral. A los trabajadores del área de bomberos, personal de contabilidad y colaboradores de diversas áreas operativas y administrativas, por su disposición, participación en entrevistas y encuestas, y por compartir sus experiencias, lo que enriqueció significativamente los hallazgos de esta investigación.

Esperamos que este estudio contribuya a la creación de ambientes de trabajo más saludables, promoviendo el bienestar emocional y la calidad de vida de los empleados. Gracias a todos los que hicieron posible este proyecto y que, con su apoyo y colaboración, nos permitieron llevarlo a cabo con éxito.

### **Referencias Bibliográficas**

- [1] C.L., Cooper and S. Cartwright. **Mente sana; organización sana: un enfoque proactivo para el estrés ocupacional.** [Relaciones Humanas, 47 (4), 455- 471. 1994. <https://doi.org/10.1177/001872679404700405>
- [2] C.S.M., Duarte and C.M. Vega. **Perspectivas y retos de la NOM-035-STPS-2018 para la atención de riesgos psicosociales y la promoción de entornos organizacionales favorables en México.** Trascender, Contabilidad y Gestión. Año 6, Núm. 17. 2021 DOI: <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.101>
- [3] Z.E. Méndez, and E.J. Mul. **Implicaciones de los factores de riesgo psicosocial y la nom-035-stps-2018 en la calidad de vida laboral**, Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 16. 2021 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8569299>
- [4] C. Nogareda, E. Gracia, I. Martínez and M. Salanova. **El trabajo emocional: concepto y prevención.** NTP 720. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Universitat Jaume. 2007 [https://www.want.uji.es/wp-content/uploads/articulos/2007/2007\\_](https://www.want.uji.es/wp-content/uploads/articulos/2007/2007_)

gracia\_an.pdf

[5] E.R.S. Rios, A. H. Ramírez, and S. A.T. Torres, Una reflexión de la Norma Oficial Mexicana 035 en torno al debate de la tensión capital – trabajo. Administración y Organizaciones. Volumen 24, Número 47, 2021. DOI: 10.24275/uam/xoc/dcsh/rayo/2021v24n47/Rios

[6] R.M. Ryan and E.L. Deci. El “qué” y el “por qué” de la búsqueda de objetivos: Las necesidades humanas y la autodeterminación del comportamiento. Editorial Serie Empresarial de E.U. Edic. Psicológica Encuesta. Vol.11, No.(4), pp. 227-268. 2000. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32080529/Deci\\_\\_\\_Ryan\\_\(2000\).pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32080529/Deci___Ryan_(2000).pdf)

[7] J. Siegrist. Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions. Journal of Occupational Health Psychology, 1(1), 27-41. 1996. <http://doi.org/10.1037/1076-8998.1.1.27>

[8] STPS, Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-035-STPS-2016, Factores de riesgo psicosocial-Identificación y prevención, publicado el 26 de octubre de 2016. Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación, México, 2016.

[9] M.S. Vega, NTP 603: Riesgo psicosocial: el modelo demanda-control-apoyo social (I) Ministerio de trabajo y asuntos sociales, España, 2001. <https://preventoronline.com/imagesbd/download/anex6446.pdf>



Emmanuel García Mercado, egresado de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, en las prácticas profesionales tuvo la oportunidad de contribuir al cumplimiento normativo

de un aeropuerto, uno de sus logros fue desarrollar la capacidad de impartir capacitaciones a los trabajadores sobre la NOM-035. Es una persona con ganas de aprender y analizar diversos temas, entusiasta en compartir conocimientos adquiridos siempre y cuando puedan ser de utilidad para los demás.



Angélica del Carmen López Toto, Docente del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. Cuenta con investigaciones y publicaciones en revistas nacionales e internacionales se enfocan al estudio de la

Gestión Empresarial y Educación. Doctorante en Ciencias Administrativas, (UCC). Perfil deseable PRODEP; Integrante del Cuerpo Académico TECNOLOGIAS, GESTION Y DESARROLLO EMPRESARIAL con clave ITESAL-CA-2. Dentro de sus logros académicos obtenidos, es ser reconocida como asesora de Proyectos en Innovación y Tecnología, forma parte de la Red de Investigación Redibai, Evaluadora de Artículos científicos de Revistas reconocidas y Evaluadora de Proyectos de Investigación Regional y Nacional.



Guadalupe Santillán Ferreira, Docente del Instituto Tecnológico Superior de Alvarado. Cuenta con investigaciones y publicaciones en revistas nacionales e internacionales se enfocan al estudio de la

Gestión Empresarial. Doctorante en Ciencias Administrativas, (IEU). Perfil deseable PRODEP; Integrante del Cuerpo Académico TECNOLOGIAS, GESTION Y DESARROLLO EMPRESARIAL con clave ITESAL-CA-2. Dentro de sus logros académicos obtenidos, es ser reconocida como asesora, de dos acreditaciones a nivel internacional en Santiago de Chile en el 2015. Y en el 2016, en Salamanca España, en el 2016.



# LA METODOLOGÍA CASCADA MEDIANTE FUNCIONES LÓGICAS COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA LA SOLUCIÓN DE SECUENCIAS ELECTRONEUMÁTICAS APLICADO EN DIFERENTES SISTEMAS PROGRAMABLES



TorresBaez Edgar Armando- [edgar.torres@tecsuperiorslp.edu.mx](mailto:edgar.torres@tecsuperiorslp.edu.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

Flores García Efrén - [efren.fg@slp.tecnm.mx](mailto:efren.fg@slp.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

Luna Ávila Uriel Alejandro- [l21350302@slpotosicapital.tecnm.mx](mailto:l21350302@slpotosicapital.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

Ávila Martínez Martín Tadeo - [l21350263@slpotosicapital.tecnm.mx](mailto:l21350263@slpotosicapital.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

## Resumen

En la industria, los controladores lógicos programables se utilizan comúnmente para automatizar diferentes tipos de procesos. Dentro de los automatismos, se requiere realizar un análisis detallado del proceso para entender su funcionamiento y poder realizar la automatización del mismo. Por esta razón, el sector industrial demanda personal especializado capaz de generar criterios que permitan realizar la toma de decisiones adecuadas, de modo que puedan diseñar e implementar soluciones para atender las necesidades de los procesos industriales. Por otra parte, en México las instituciones encargadas de proporcionar las bases para que los ingenieros y/o técnicos sean capaces de enfrentar los retos del sector industrial son las instituciones de nivel medio superior y superior cuyos planes de estudios se enfocan en disciplinas como la electrónica y la mecatrónica. Las instituciones educativas en su compromiso por proporcionar competencias necesarias implementan herramientas como laboratorios virtuales que permiten tener un proceso de enseñanza-aprendizaje teórico práctico. En este artículo, se presenta la forma de realizar la implementación de una metodología para la automatización de sistemas electroneumáticos, usando funciones lógicas básicas para su fácil entendimiento y se muestra su aplicación en diferentes lenguajes de programación y dispositivos programables.

## Introducción

Dentro de los planes de estudio de instituciones educativas de nivel medio superior y superior, existen materias que tienen un enfoque en desarrollar las habilidades y competencias necesarias para la automatización industrial [1], algunas de ellas son electrónica digital, controladores lógicos programables, circuitos hidráulicos y neumáticos, protocolos de comunicación, por mencionar solo algunas.

En estas asignaturas, se abarcan diferentes temas que permiten que al egresar el estudiante cuente con los conocimientos necesarios para automatizar procesos, ya sea combinacionales o secuenciales utilizando diferentes lenguajes de programación y aplicarlos en diferentes dispositivos programables.

Dentro del sector industrial la mayoría de las aplicaciones utilizan más de una fuente de energía para su funcionamiento, puede

ser eléctrica, neumática e hidráulica, esto depende generalmente, del tipo de actuador que tiene el sistema [2].

Uno de los actuadores más utilizados son los cilindros de simple y doble efecto, los cuales realizan un movimiento lineal, y son controlados por válvulas.

Generalmente, las aplicaciones que involucran este tipo de actuadores, utilizan más de uno y son implementados mediante la secuencia ordenada de movimientos de los mismos, para un fin en específico, usualmente se utilizan los dispositivos lógicos programables para su control haciendo sistemas semiautomáticos y automáticos [3].

Actualmente, las necesidades del sector industrial, requieren que las instituciones educativas doten a sus estudiantes de técnicas que les permitan analizar y solucionar sistemas automatizados, existen diferentes, algunas de ellas son: máquinas de estado, método paso a paso mínimo, máximo, cascada, intuitivo y grafset [4].

Estas técnicas al ser metodologías bien establecidas, son fáciles de implementar y entender por los estudiantes, la mayoría de esas metodologías, al impartirse en la cátedra suele aplicarse con PLC's, pues estos dispositivos basan su lenguaje de programación en los diagramas eléctricos escalera o también conocidos como Ladder [5].

En el presente trabajo se utiliza la metodología cascada, aplicado a un caso típico de la industria, la adaptación de esta técnica, será mediante funciones lógicas simples, permitiendo obtener ecuaciones estándar, para su aplicación, no solo en lenguaje escalera, sino en cualquier dispositivo programable, pues cada lenguaje de programación cuenta dentro de sus instrucciones con operadores lógicos.

El desarrollo del presente artículo se distribuye en diferentes apartados, en la

sección A), se explicarán los pasos que se deben seguir para aplicar la metodología cascada y obtener las ecuaciones lógicas estándar. La sección B), es para explicar un proceso industrial típico al cual se le aplicará la metodología para dar la solución a la necesidad del sistema. Posteriormente, las siguientes secciones corresponden a realizar la implementación de las ecuaciones obtenidas, aplicadas al proceso industrial explicado, usando diferentes dispositivos programables y lenguajes de programación como son (Arduino, Python, Control I/O, LabVIEW y Lenguaje Ladder) usando diferentes herramientas de simulación, como el software de FluidSim, CadeSimu y Factory I/O.

## Análisis y Fundamentos de la Metodología de Cascada

La metodología expuesta en este documento es del tipo cualitativo, está consiste en una serie de pasos que dan solución a un sistema secuencial. Los pasos a seguir para la metodología son los siguientes [6-8]

1. Determinar cuántos actuadores hay en el proceso y nombrarlos con letras mayúsculas o números consecutivos.
2. Establecer el orden y la secuencia de operaciones que se realizan en el proceso, de acuerdo al plano de situación.
3. Realizar el diagrama espacio fase.
4. Obtener la ecuación de movimiento, indicando el nombre del actuador acompañado de un signo (+) cuando se trata de un avance y de un signo (-) cuando se trata de un retroceso.
5. Agrupar la ecuación de movimiento en un mínimo de 3 grupos y no exceder un máximo de 5 grupos.
6. Asegurar que los grupos incluyan la mayor cantidad de movimientos.
7. La única restricción que se debe

considerar es que, dentro de un grupo, no se debe repetir movimiento de un mismo actuador. Es decir, el grupo puede contener n movimientos de n cilindros, pero no puede tener movimiento de avance y retroceso de un mismo cilindro.

8. Considerar un par de sensores finales de carrera para cada cilindro, tanto para detectar el avance (+) y retroceso (-) del vástago, etiquetarlo con la letra "S", estos sensores se van a numerar de forma consecutiva.

9. Para el diagrama neumático y/o hidráulico, si los cilindros son de doble efecto, considerar electroválvulas de control 5/2 y/o 4/2, si son de simple efecto usar válvulas 3/2, para cada uno de ellos, y nombrar el solenoide con la letra "Y", continuar una numeración consecutiva.

10. Dentro de la ecuación de movimientos, asignar los sensores finales de carrera, considerando que son los elementos que dan origen a generar los movimientos y los cambios de grupo. Tomar en cuenta lo siguiente:

- a. Los sensores finales de carrera que realizan el cambio de grupo se ubican sobre las líneas verticales que separan cada grupo en la ecuación.
- b. Los sensores que generan movimiento dentro de un grupo, se ubican en la parte inferior y/o superior de la ecuación de movimiento.
- c. El sensor final de carrera que cicla la secuencia, es el que se ubica en la parte inferior de toda la ecuación de movimientos.

11. Considerar que los grupos dentro de la ecuación serán etiquetados con la letra K y tendrán una numeración consecutiva, y se van a reemplazar en la ecuación (2), según se requiera.

12. La nomenclatura que se utilizará para identificar, los elementos usados en el planteamiento de las ecuaciones estándar se concentran en la tabla 1.

Nombre	Abreviatura
Final de carrera que cambia de grupo	FC
Grupo Anterior	GAnt
Grupo Actual	GAct
Grupo Siguiente	GSig
Botón Inicio	BI
Botón Paro	BP
Solenoides	Y

TABLA 1. Nomenclatura utilizada en las ecuaciones

Para la implementación del sistema de control se proponen dos ecuaciones base:

$$K0 = [BI + K0] * ((BP) \boxtimes) \quad (1)$$

$$GAct = [(FC * GAnt) + GAct] * ((GSig) \boxtimes) \quad (2)$$

Donde (1) se encarga de realizar el proceso de puesta en marcha y frenado del sistema. Mientras que (2) tiene como finalidad realizar los cambios de grupo, esta ecuación se repite el número de veces de acuerdo al número de grupos, excepto para el grupo N:

Para el grupo N, se tiene (3), considerando que el sensor final de carrera que se posiciona en esta ecuación es el encargado de hacer el último cambio de grupo, (del último al primero):

$$GAct = FC \quad (3)$$

Para la etapa de potencia, se segmentará de la siguiente manera: Grupo N-1, Grupo N-2, hasta el Grupo N, la ecuación correspondiente al Grupo N-1 está definida por (4):

$$Y_n = GAct \quad (4)$$

Se considera que el solenoide utilizado en esta ecuación es el encargado de generar el movimiento en este grupo. Para el caso del Grupo N-2, se tiene que:

$$Y_n = (GSig) \boxtimes GAct$$

(5)

Finalmente, la ecuación correspondiente al Grupo N, se define por (6):

$$Y_n = (GAnt) \boxtimes (GSig) \boxtimes \quad (6)$$

No se debe olvidar que, al existir movimientos secundarios en los grupos, se debe de agregar a cada ecuación, la multiplicación del sensor final de carrera que genera el movimiento de dicho actuador.

### Caso de Estudio: Prensa Perfiladora

Una forma de entender el procedimiento es aplicar esta metodología a un caso típico del sector industrial, el cual consiste en automatizar el proceso mostrado en la Fig. 1 [9].

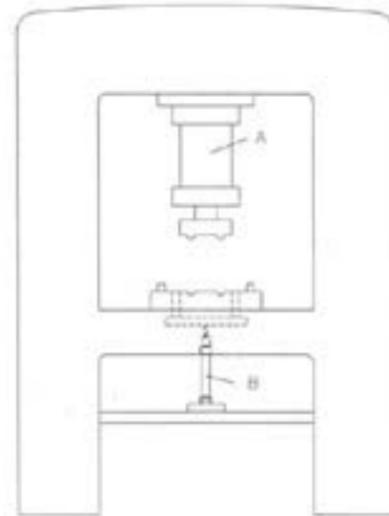


Fig. 1. Plano de situación.

El sistema consiste en automatizar una prensa perfiladora, la cual debe seguir los siguientes pasos:

1. El proceso consiste en colocar de manera manual una chapa de lámina.
2. Posteriormente al accionar un botón de inicio, el cilindro A, que está ubicado en posición vertical superior, acciona el vástago con la finalidad de realizar el

perfilado.

3. Posteriormente el cilindro A, regresa a su posición inicial.

4. Una vez que el cilindro A, realizó el movimiento negativo, sigue el accionamiento del cilindro B, para expulsar la lámina.

5. Finalmente, el cilindro B, regresa a su posición inicial.

### Análisis y Diseño de la Metodología Cascada Aplicada al Caso de una Prensa Perfiladora

Una vez que se conoce la metodología a seguir y que se tiene claro el funcionamiento del proceso a automatizar, se realiza cada uno de los pasos descritos en la sección II. Aplicando la metodología cascada a este proceso industrial, los primeros dos puntos, quedan cubiertos dentro de la explicación anterior sobre el proceso. Ya que se identificaron el orden de la secuencia de movimientos que realizan los actuadores y posteriormente se asigna una etiqueta a cada uno de ellos.

Continuando con la metodología el paso número 3, consiste en realizar el diagrama espacio fase, este se muestra en la Fig. 2.

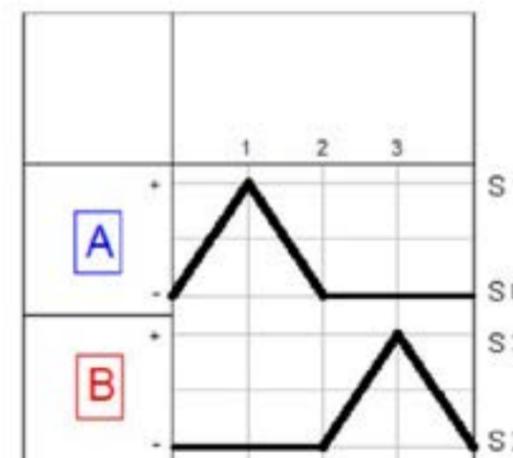


Fig. 2. Diagrama de espacio fase

Posteriormente tomando como referencia el diagrama espacio fase, se elabora la

ecuación de movimientos (7), que indica el paso 4.

$$A+ \quad A- \quad B+ \quad B- \quad (7)$$

El paso 5, 6 y 7, especifican que se debe realizar la agrupación de la ecuación de movimientos respetando las restricciones que plantea la metodología, tal como se muestra en la siguiente figura:

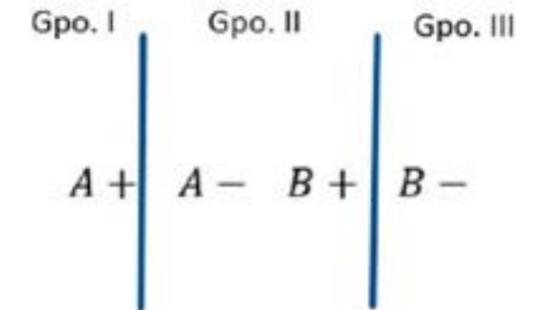


Fig. 3. Ecuación de movimientos

En el paso 8, se establece que se debe asignar un par de sensores finales de carrera por cada cilindro (Fig. 3), estos sensores como ya se comentó, sirven para detectar el avance y retroceso de cada actuador.



Fig. 4. Asignación de las etiquetas a los sensores finales de carrera utilizados en el sistema.

El paso 9, indica que deberá realizarse el diagrama neumático, considerando que para este caso particular se utilizan cilindros de doble efecto, las electroválvulas que se utilizarán son 5/2 y los solenoides se etiquetan con la letra "Y", continuando una numeración continua (ver Fig. 5).



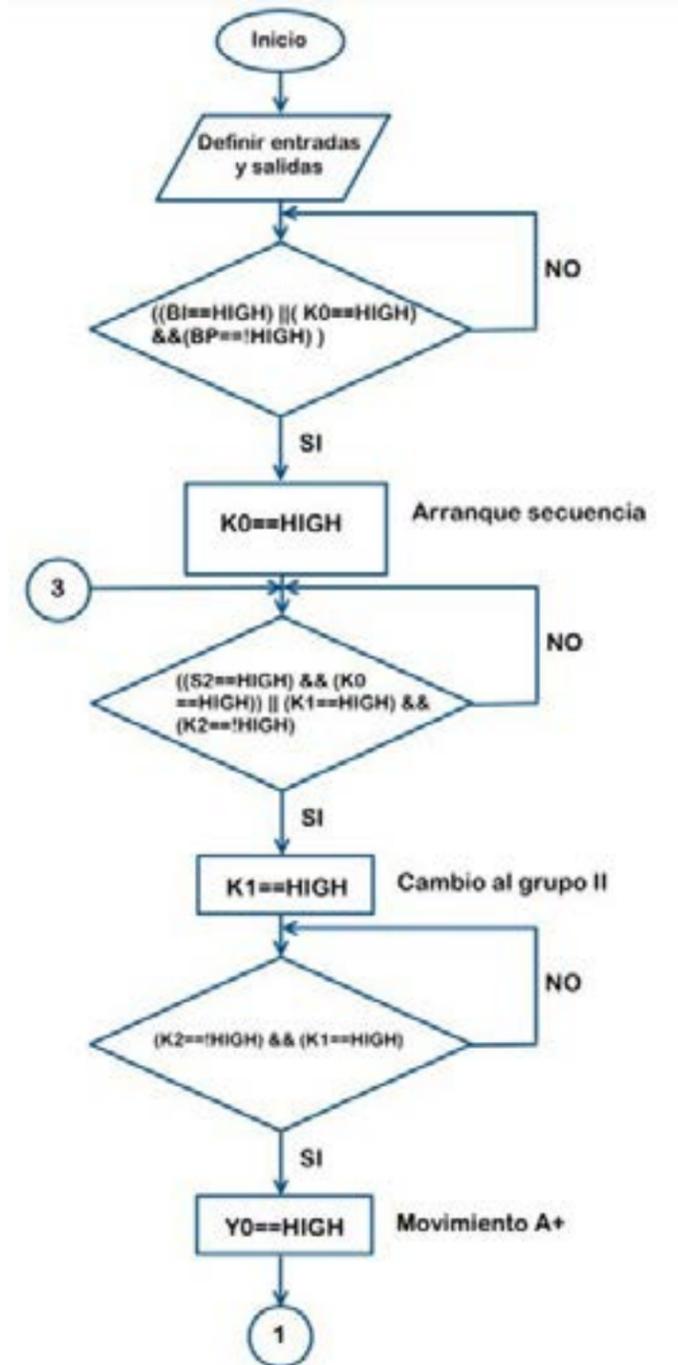


Fig. 8. Diagrama de flujo para implementarse en Arduino Uno y Raspberry Pi Pico parte 2.

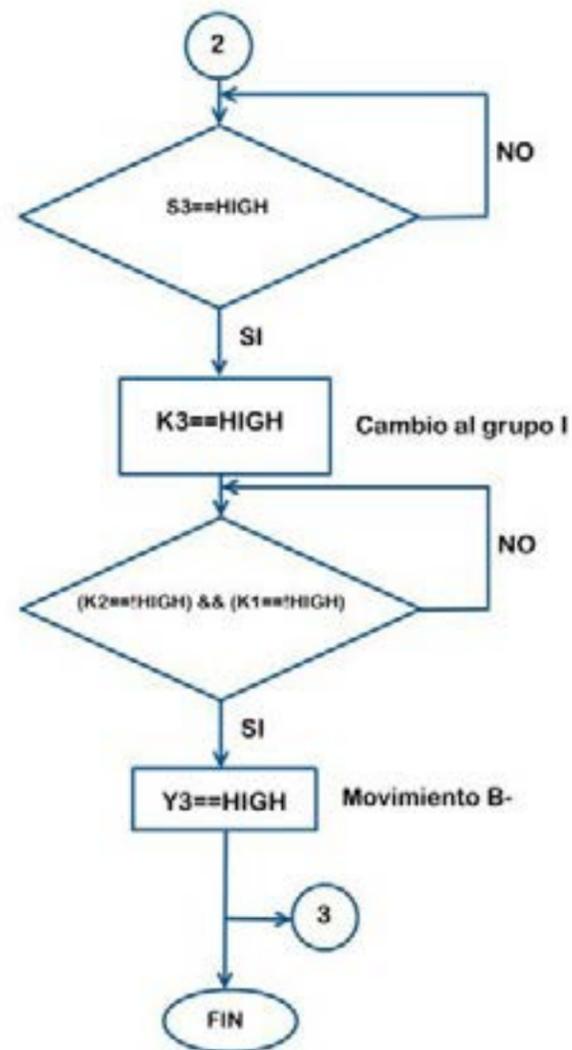


Fig. 9. Diagrama de flujo para implementarse en Arduino Uno y Raspberry Pi Pico parte 3.

A. Implementación de la metodología usando una placa Arduino Uno CadeSimu

El lenguaje C++, es la base de la plataforma Arduino, conociendo la sintaxis de este se puede verificar que se cuenta con los operadores lógicos necesarios para implementar las ecuaciones propuestas en la sección anterior. Estos operadores son mostrados en la tabla 2 [10].

Función lógica	Operador lógico de la plataforma Arduino
AND	&&
OR	
NOT	!

Recordar que Arduino divide sus programas en dos funciones principales, void main y void setup. En la función void setup, es donde se definen los pines físicos a utilizar de la tarjeta, donde se conectarán los sensores y actuadores utilizados en el sistema.

Comentado lo anterior, para este documento se omite la explicación de la configuración de los pines, así como la explicación de la declaratoria de variables, si se desea acceder al código completo, está disponible en el siguiente enlace: <https://acortar.link/OfbCHL>

Dentro de la función void main, es donde se genera el código principal, al igual que en el planteamiento de la metodología, primero se programan las ecuaciones de la etapa de control, a modo de demostración se muestra el planteamiento de (10), que es la encargada de generar el cambio del grupo I al grupo II. Esta ecuación se muestra en la figura 10.

```

if( ((S2==HIGH && k0==HIGH) || (k1==HIGH)) && (k2==!HIGH) )
{
  k3=HIGH;
}
else
{
  k1=LOW;
}

```

Fig. 10. Ecuación implementada en Arduino encargada de generar el cambio del grupo I al II

La simulación del funcionamiento con la placa Arduino se realiza con el software de CadeSimu, en la siguiente figura se muestra la interconexión de los diversos componentes, aunque no es una simulación idéntica al proceso descrito en III, el objetivo será demostrar que los actuadores replican la secuencia que se plantea en el diagrama espacio-fase de la figura 2, la comprobación del resultado se puede apreciar en la sección V.

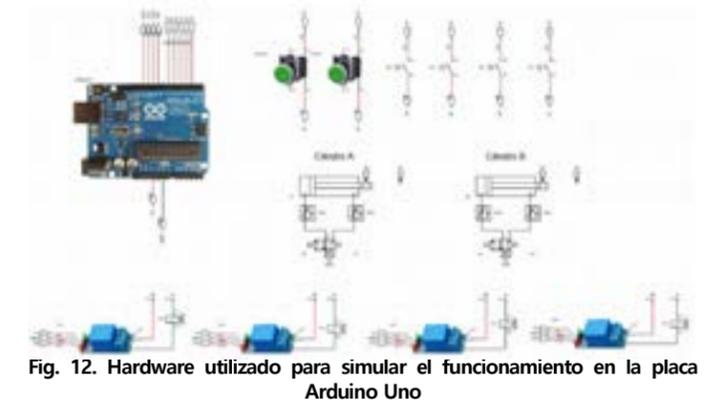


Fig. 12. Hardware utilizado para simular el funcionamiento en la placa Arduino Uno

B. Implementación de la metodología usando una placa Raspberry Pi Pico y Factory I/O

Para seguir con la validación de las ecuaciones se realiza primero una escena en el software Factory I/O, esta escena al igual que el hardware, no representa de manera idéntica el proceso que se describe en la sección III, esta escena solo servirá para validar que la secuencia de los movimientos de los actuadores es válida [11].

Esta misma escena creada y descrita en este punto, es la misma que se tomará para validar las implementaciones de las siguientes secciones, la escena se puede visualizar en la figura 9, donde se puede apreciar las etiquetas que indican a los actuadores A y B, así como los botones de inicio y paro, sensores finales de carrera y los solenoides utilizados en el sistema



Para implementar el sistema usando la tarjeta Raspberry Pi pico, se utiliza como lenguaje de programación  $\mu$ Python, con el intérprete de Thonny, conociendo las reglas de este lenguaje y su sintaxis, se tiene que los operadores lógicos en  $\mu$ Python son los mostrados en la tabla 3 [12], adicional a esta información se puede tomar como referencia el diagrama de flujo de la figura 5.

Función lógica	Operador lógico del lenguaje Python
AND	<code>and</code>
OR	<code>or</code>
NOT	<code>not</code>

Tabla 3. Operadores lógicos usados en Python

Una vez que se conocen estos operadores se procede a realizar una conexión mediante un protocolo Modbus RTU, para entablar una comunicación entre el software de Factory I/O y la tarjeta de desarrollo Raspberry, como el objetivo de este documento no es explicar la configuración del protocolo de comunicación, solo se muestra las funciones implementadas en  $\mu$ Python (Figura 14), si se desea acceder al código completo, estará disponible en el siguiente link. <https://acortar.link/PXdrtts>

```
#Ecuaciones para las memorias
K0= (BI or K0) and not BP

#####
K1=((s2 and K0) or K1)and not K2

#####
K2=((s1 and K1) or K2) and not K3

#####
K3=s3

#Ecuaciones de la parte de potencia

Y1=K2
Y2= K2 and s0
Y0= not K2 and K1
Y3= not K2 and not K1
```

Fig. 14. Código de las ecuaciones de la etapa de control y potencia para la placa Raspberry Pi Pico en  $\mu$ Python.

### C. Implementación de la metodología usando Control I/O y Factory I/O

Otro método para validar el correcto funcionamiento de las ecuaciones obtenidas es mediante la herramienta Control I/O del software Factory I/O, en este complemento del software se pueden implementar las ecuaciones de la etapa de control, como se muestra en figura 11, donde se aprecia el planteamiento de (1) y (10) y para la etapa de potencia figuras 12, se muestran (13) y (14), al ser un entorno gráfico, la forma de implementar las ecuaciones, es a través del uso de los bloques adecuados, estos bloques se pueden encontrar en el apartado de "Function blocks" y después en "Logical" (Games, 2024).

Los bloques a utilizar se pueden apreciar en la tabla 4.

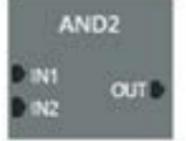
Función lógica	Operador lógico bloque "Control I/O"
AND	
OR	
NOT	

Tabla 4. Operadores lógicos usados en Control I/O

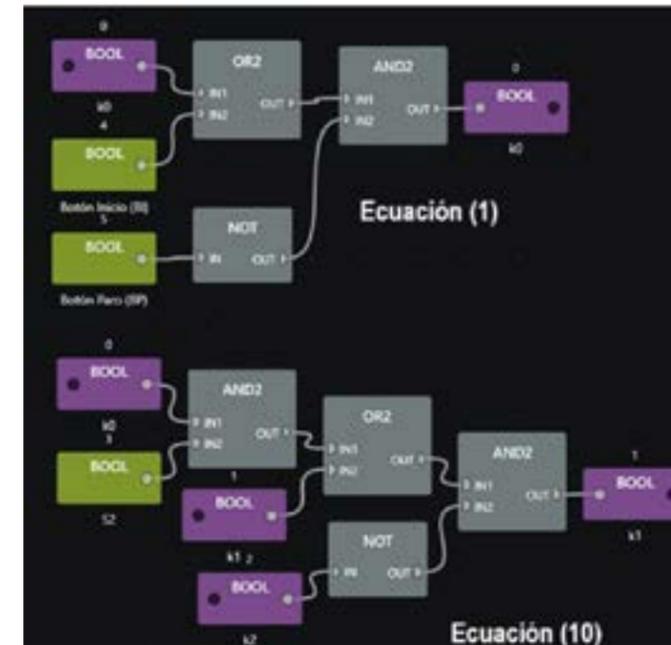


Fig. 15. Ecuaciones (1) y (10) de la etapa de control con el software Control I/O.

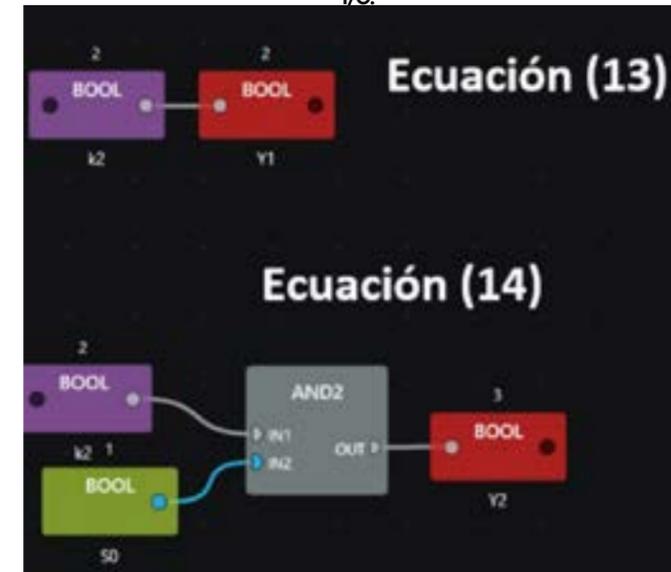


Fig. 16. Ecuaciones (13) y (14) de la etapa de potencia con el software Factory I/O.

Una vez que se implementan estas ecuaciones se procede a realizar la comprobación del resultado mediante la simulación de la sección V, si se requiere acceder el planteamiento completo de las ecuaciones en control I/O, se pueden consultar en el siguiente enlace <https://acortar.link/YHsdvZ>.

### D. Implementación de la metodología usando PLC y Factory I/O

Para implementar las ecuaciones en lenguaje escalera (Ladder), se utilizará el software de TiaPortal para poder realizar la conexión con el software Factory I/O, retomando la escena explicada en la sección c) [13-14] se genera una conexión por medio de un servidor OPC.

Las funciones lógicas, también tienen equivalencias en conexiones de diagrama escalera, considerando que la lámpara Y, es la salida del sistema, se pueden ejemplificar las funciones lógicas como se describe a continuación.

- Cuando se tienen 2 contactos normalmente abiertos conectados en paralelo son equivalentes a una función lógica OR.
  - Cuando se tienen 2 contactos normalmente abiertos en serie es la equivalencia de una función lógica AND.
  - Cuando se tiene un contacto normalmente cerrado en serie con la salida es el equivalente a la función lógica NOT.
- Estas conexiones equivalentes se muestran en la Fig. 17. Tomando de referencia las conexiones expuestas en la figura anterior, se procede a la implementación en el software de TiaPortal, primeramente, se definen las variables a utilizar en el programa, las cuales se muestran en la Fig. 18.

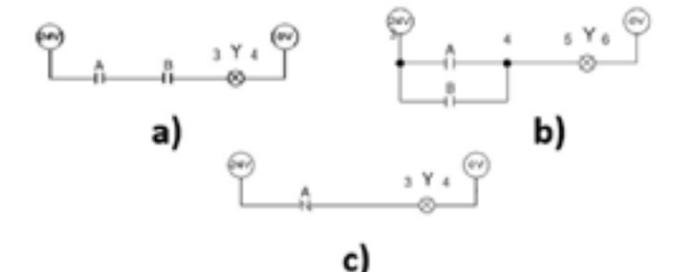


Fig. 17. Conexión equivalente de funciones lógicas a) Conexión AND. b) Conexión OR. c) Conexión NOT.



Tabla de variables estándar						
Nombre	Tipo de datos	Descripción	Activo	Escrito	Modo	
Botón Inicio (BI)	Bool	%I.0				
Botón Paro (BP)	Bool	%I.1				
S1	Bool	%Q.2				
S2	Bool	%Q.3				
S3	Bool	%Q.4				
S4	Bool	%Q.5				
Y0	Bool	%Q0.0				
Y1	Bool	%Q0.1				
Y2	Bool	%Q0.2				
Y3	Bool	%Q0.3				
K0	Bool	%M0.0				
K1	Bool	%M0.1				
K2	Bool	%M0.2				
K3	Bool	%M0.3				

Fig. 18. Tabla que contienen las variables utilizadas en el programa para PLC para automatizar la Prensa perfiladora.

Una vez que se establecen las variables utilizadas, se realiza la aplicación de las ecuaciones, divididas en etapa de control y potencia, tal como se muestra en la Fig. 19 y 20.

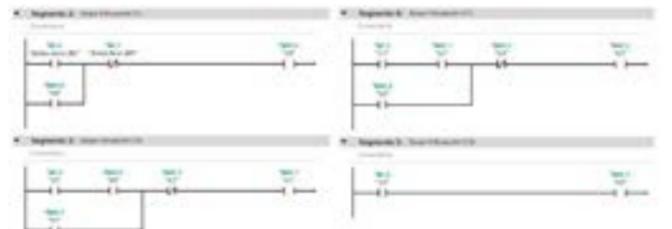


Fig. 19. Ecuaciones de la etapa de control implementadas en el software TiaPortal.

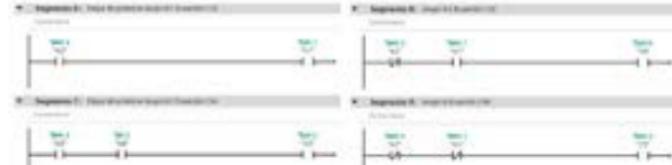


Fig. 20. Ecuaciones de la etapa de potencia implementadas en el software TiaPortal.

### E. Implementación de la metodología usando LabVIEW y Factory I/O

Finalmente, en esta sección se realiza la validación de las ecuaciones obtenidas en la sección C), pero ahora la implementación se realiza con el software de LabVIEW, reutilizando la escena generada en Factory I/O utilizada en las secciones anteriores.

Como es conocido, el software de LabVIEW maneja un entorno de programación gráfico, por lo que los operadores booleanos equivalentes que se requieren para la aplicación de las ecuaciones, se encuentran disponibles en la paleta de "Boolean", dando clic derecho dentro del diagrama de bloques, los elementos que se ocuparán son los mostrados en la tabla 5 [15].

Función lógica	Operador lógico en LabVIEW
AND	
OR	
NOT	

Tabla 5. Operadores lógicos usados en LabVIEW.

Para realizar la comunicación entre ambos software se establece una conexión por medio de un servidor OPC. Las ecuaciones tanto de control y de potencia implementadas se muestran en el diagrama de bloques de la figura 17, considerar que las variables mostradas tanto en las entradas y salidas de los operadores son etiquetas creadas en la misma conexión OPC, nótese que después del identificador "LVRCI", se tiene el nombre tal como se ha manejado en las otras implementaciones.

## Resultados

Se realizaron simulaciones para probar la posible implementación de la metodología de diseño en las diferentes plataformas. Los resultados se pueden observar en los links que se muestran a continuación:

La simulación del funcionamiento con la placa Arduino y el software CadeSimu, se puede apreciar en la figura 18 y el video con el proceso completo

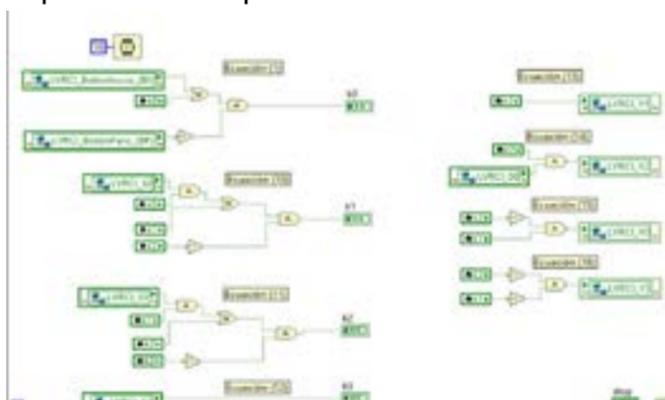


Fig. 21. Ecuaciones de control y potencia implementadas en LabVIEW.

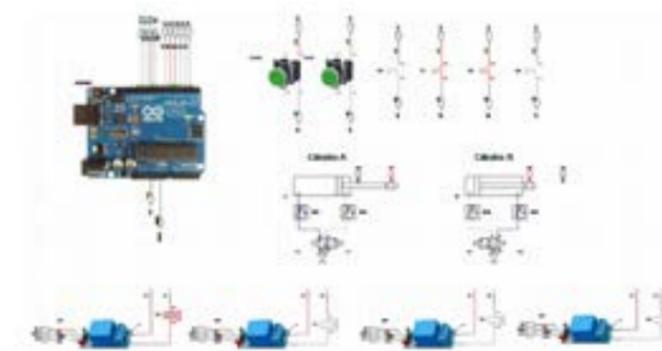


Fig. 22. Simulación de la secuencia de la Prensa perfiladora usando Arduino Uno y CadeSimu.

La simulación de la placa Raspberry Pi pico y el software Factory I/O se puede apreciar en la figura 19. La simulación completa se encuentra en el siguiente enlace: <https://acortar.link/bbGWER>

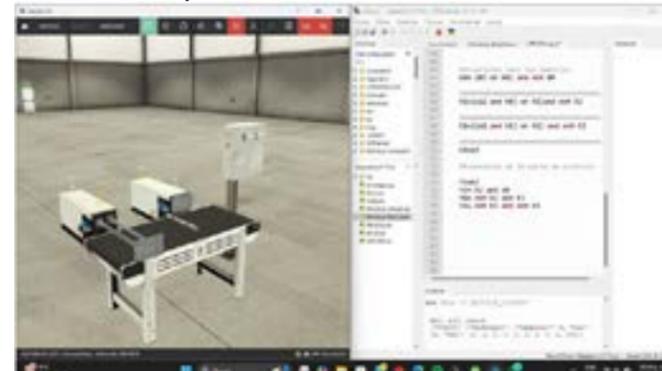


Fig. 23. Simulación de la secuencia de la Prensa perfiladora usando Raspberry Pi Pico, µPython y Factory I/O

En la siguiente figura se muestra el resultado de implementar las ecuaciones de diseño usando Control I/O y Factory I/O. La simulación completa se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://acortar.link/WkxQGr>.

Para el caso del uso de PLC y Factory I/O, se tienen los resultados de la simulación en la figura 21, el video completo de la simulación se muestra en: <https://acortar.link/OVppec>

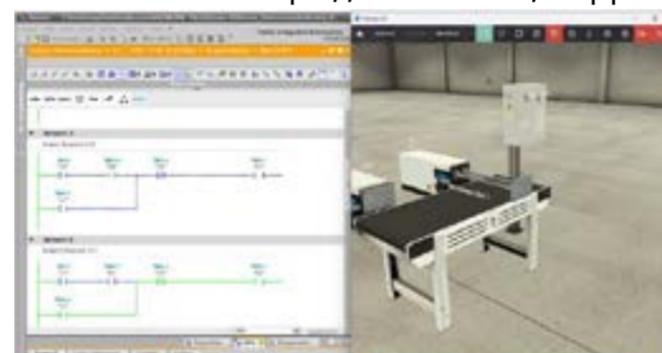


Fig. 24. Simulación de la secuencia de la Prensa perfiladora con el software TiaPortal y Factory I/O.

Para la simulación con LabVIEW y Factory I/O, se realizó la configuración del servidor OPC, y posteriormente se procede a realizar la simulación, esta se muestra en la figura 22. El video con la simulación completa está disponible en el siguiente enlace: <https://acortar.link/UXo38P>.



Fig. 25. Simulación de la secuencia de la Prensa perfiladora con el software Control I/O y Factory I/O.



Fig. 26. Simulación de la secuencia de la Prensa perfiladora con el software LabVIEW y Factory I/O

Al terminar el presente trabajo se puede verificar que la metodología cascada, es válida y funcional al obtener ecuaciones estándar equivalentes mediante funciones lógicas. Estas ecuaciones son sencillas de implementar en diferentes tipos de lenguajes de programación y por lo tanto fácil de aplicar en diferentes dispositivos programables, para este caso la validación se realizó mediante diferentes plataformas

como: Arduino y CadeSimu, Raspberry Pi Pico, µPython, Control I/O, LabVIEW, TiaPortal y Factory I/O, verificando que el funcionamiento presentado en todas las plataformas es el mismo de acuerdo a las especificaciones de funcionamiento del sistema propuesto. Lo más importante de este resultado, es que solo se requirió un solo análisis para dar solución a los diferentes casos de estudio.

## Conclusiones

En el marco de esta investigación se puede apreciar que la metodología cascada facilita la implementación de sistemas secuenciales de actuadores neumáticos y/o hidráulicos. Esto permite abordar aplicaciones industriales que cuenten con características similares, para llegar a la solución de una forma más estandarizada. Una ventaja adicional, es que, al usar una metodología, se puede depurar de una manera eficiente el sistema en caso de presentarse algún error en el funcionamiento, además permite, que, de existir la necesidad de cambiar el proceso, por necesidades del mismo, es más sencillo, realizar los ajustes. Como trabajo futuro, se puede tratar de aplicar esta metodología a cualquier sistema secuencial, no necesariamente usando únicamente actuadores neumáticos y/o hidráulicos, para brindar más herramientas de análisis y solución a los estudiantes de las instituciones educativas.

## Referencias

**P. S. S. y. R. H. Alberto Brunete, Introducción a la automatización industrial, Madrid : Bookdown, Mayo 2021.**

**A. N. J. G. Escaño J, Integración de sistemas de automatización, Madrid: Paraninfo, 2019.**

**E. G. A. Barrientos, Sistemas de producción automatizados, Madrid: Dextra, 2014.**

**C. H. J. Johnson, PLC Programming from Novice to Professional: Learn PLC Programming with Training Videos, Ojula Technology Innovations, 2022.**

**G. Anderson, PLC Programming Using RSLogix 500: Basic Concepts of Ladder Logic Programming, Gary Anderson TechWriting, 2020.**

**Dominguez Equiza J, «Aplicación del método cascada al diseño de circuitos electroneumáticos,» Revista Artista Digital, pp. 53-71, 2010.**

**M. J. M. F. Mendoza J., «Aplicación del método paso a paso en la solución de problemas de electroneumática,» Scientia Et Technica, pp. 313-317, 2011.**

**T. L. Floyd., Fundamentos de sistemas digitales, Madrid: Prentice Hall, 2006.**

**Ruoff H., Colección de ejercicios con soluciones de nivel avanzado Festo, Esslingen: Festo Didactic, 1991.**

**Beiroa R., Aprende arduino, Prototipado y programación avanzada - Con 100 ejercicios prácticos, Madrid : Alfaomega, 2019.**

**R. Games, «Factory I/O,» 10 November 2024. [En línea]. Available: <https://docs.factoryio.com/>.**

**P. S. Foundation, «The Python tutorial,» 09 Noviembre 2024. [En línea]. Available: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>.**

**.. J. J. F. F. Sepúlveda O, «Desarrollo e implementación de circuitos de mando utilizando un controlador lógico programable integral en el entorno de las prácticas industriales,» FCNI, Santander, 2020.**

**Webber J., Basic concept of ladder logic instruction - PLC simulator - Factory IO - OPC server, Marcombo, 2021.**

**P. J. Lajara J., LabVIEW Entorno gráfico de programación, Madrid: Marcombo, 2017.**

**C. J. M. J. Muriel J., «Aplicación de métodos secuenciales en la solución de problemas de electroneumática,» Scientia et Technica, pp. 193-198, 2009.**

**G. J. Brito M., «Metodologías para diseño de circuitos ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales,» Programa de ingeniería eléctrica, pp. 98-110, 2010.**

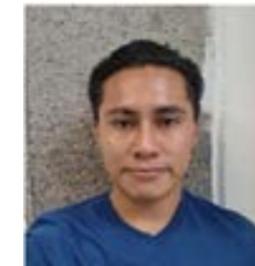


Edgar Armando Torres Báez, realizó sus estudios de licenciatura en el Instituto Tecnológico de San Luis Potosí obteniendo el título de Ingeniero en Mecatrónica en 2014, en el año 2022 recibió el grado de

Maestro en Administración Industrial por la Universidad Tangamanga. En el año 2025, alcanzó el título de Especialista en Diseño Mecatrónico por el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí Capital. Desde el año 2016 ha sido docente de la división de ingeniería mecatrónica del ITSSLP,C, donde actualmente se desempeña como jefe de dicha división.



Efrén Flores García. Obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en Ingeniería Electrónica en 2013 por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET). Es autor de más de 30 artículos de revistas y congresos especializados. Sus áreas de interés incluyen: electrónica de potencia, control automático, energías renovables y tópicos relacionados con la enseñanza de la ingeniería.

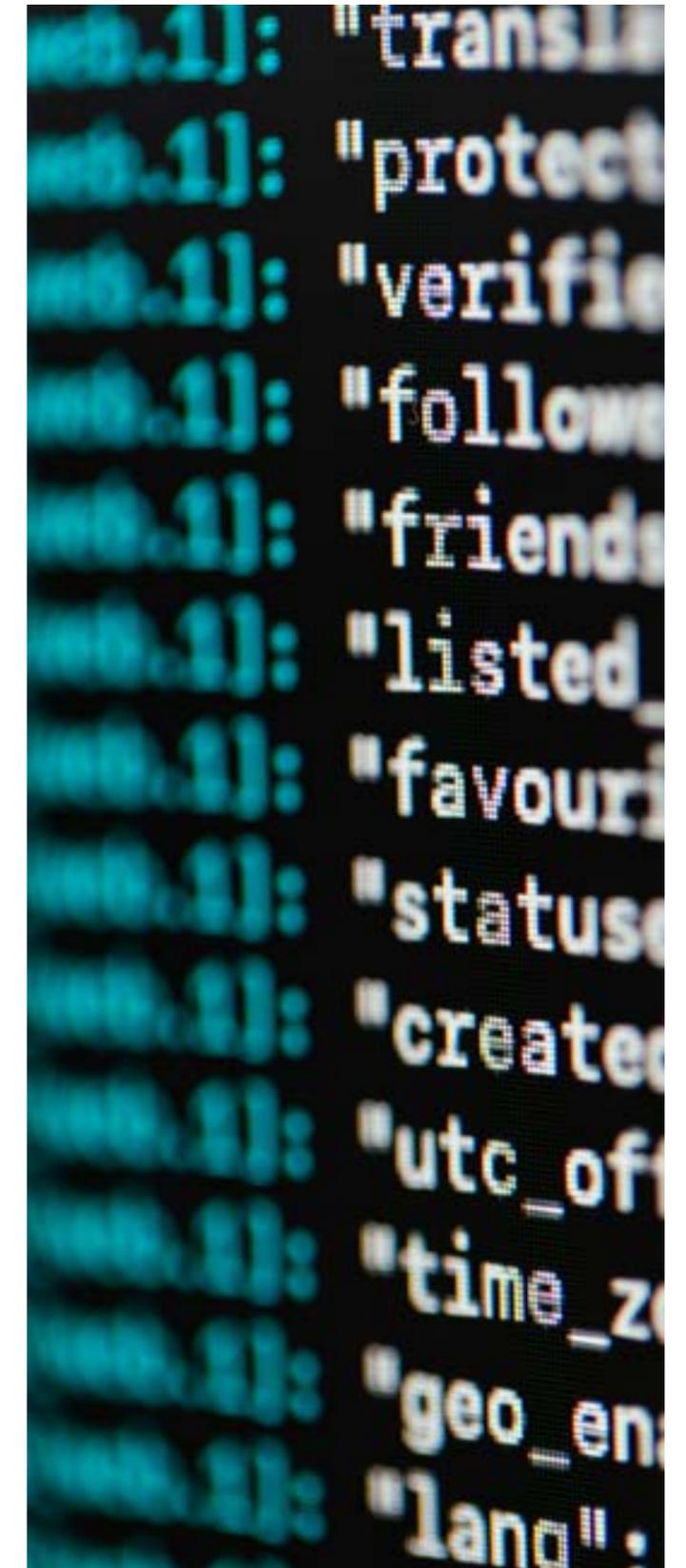


Uriel Alejandro Luna Ávila, estudiante en el ITSSLP, miembro de la primera generación del capítulo de mecatrónica, participó en el Congreso Nacional de Mecatrónica en el año 2024. Durante su estancia en el instituto, ha sido coautor en artículos científicos y académicos publicados hasta la fecha. Es instructor de cursos y talleres para estudiantes de niveles de educación básica y media superior.



Martin Tadeo Ávila Martínez, estudiante del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital, pertenece a la primera generación del capítulo de mecatrónica. En 2024, participó en el 23º Congreso Nacional de Mecatrónica. Ha participado como coautor en un artículo de investigación y divulgación publicado.

Además, ha impartido talleres de robótica en el Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital, y en el CBTIS 121.



# REINGENIERÍA OPERACIONAL Y MATRIZ DE CALIDAD APLICADA A LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FRIJOL GUISADO Y PUERCO DE EMPRESA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Puentes Llanos Nadia Lizzette - nadia.pl@guasave.tecnm.mx TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Fierro Perea David - 1825010044@guasave.tecnm.mx TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Leal Palomares Rommel Arel - rommel.lp@guasave.tecnm.mx TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Rosas Domínguez Cindy - cindy.rd@guasave.tecnm.mx TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

## Abstract

This article reports the results obtained in the first stage of a research project of the Tecnológico Nacional de México Campus Guasave, linked to a food products company in the city of Guasave, Sinaloa. Tools such as the "6 M's", SIPOC diagram, process diagrams, voice of the customer and quality matrix were implemented in the production line of stewed beans and pork. The main result obtained was to quantify the relative importance of the processes, considering the customer's requirements for each stage of production. The application of the operational reengineering and quality matrix generated the basis to establish parameters to improve quality and customer satisfaction in a second stage.

**Keywords:** "6 M" method, SIPOC, Process diagram, Quality matrix.

## Resumen

El presente artículo da a conocer los resultados obtenidos en la primera etapa de un proyecto de investigación del Tecnológico Nacional de México Campus Guasave, vinculado a una empresa de productos alimenticios en la ciudad de Guasave, Sinaloa. Se implementaron herramientas como las "6 M", diagrama SIPOC, diagramas de proceso, voz del cliente y matriz de calidad en línea de producción de frijol guisado y/o puerco. El principal resultado que se obtuvo fue cuantificar la importancia relativa que tienen los procesos, considerando los requerimientos del cliente para cada etapa de producción. La aplicación de la reingeniería operacional y matriz de calidad generó las bases para establecer los parámetros que mejoren la calidad y satisfacción del cliente en una segunda etapa

**Palabras clave:** Método "6 M", SIPOC, Diagrama de proceso, Matriz de calidad

## Introducción

El trabajo desarrollado consiste en un proyecto de investigación vinculado entre el Tecnológico Nacional de México Campus Guasave, y empresa de productos alimenticios ubicada en la ciudad de Guasave, Sinaloa. El planteamiento de la hipótesis del presente proyecto de investigación estableció la metodología para diagnosticar y documentar las condiciones de operación de línea de producción de frijol guisado y/o puerco. Los objetivos fueron aplicar la reingeniería operacional, identificar la voz del cliente y determinar la importancia de los procesos considerando los requerimientos del cliente. Un aspecto clave de la calidad es establecer las variables de control y determinar

los métodos que aseguren cumplir los requerimientos de los clientes. Teniendo en cuenta que la lealtad de los clientes es un factor clave para el éxito empresarial en un mercado competitivo, las empresas deben descubrir cómo aumentarlo y mantenerlo a largo plazo [1].

## Marco Teórico

La operación de los procesos de producción requiere tener maquinaria y equipo con las condiciones óptimas para realizar cada una de las operaciones en la producción de frijol guisado y/o puerco. Los principales equipos e instalaciones son: caldera, marmita, bomba de semisólidos, consistómetro tipo Bostwick y cuarto frío. El proceso de empaque del frijol guisado y/o puerco se realiza en forma manual utilizando la mano de obra para el llenado y pistola de calor para colocación de los sellos en cada uno de los envases. A continuación, se definen las funciones y características principales de equipos requeridos en el proceso de producción de frijol guisado y/o puerco:

### A. Caldera

La función de una caldera industrial es suministrar energía de manera eficiente en forma de agua caliente o vapor. Durante siglos, las calderas se han utilizado de diversas formas, desde calentar agua hasta producir vapor. Las calderas se utilizan en diferentes segmentos como la industria alimentaria, la automoción, los hospitales y en muchos otros ámbitos [2].

### B. Marmita

Recipiente de tamaño industrial que se utiliza para calentar, cocinar, mezclar y almacenar grandes cantidades de alimentos. Esta cuenta con una fuente de calor integrada, que puede alcanzar altas temperaturas para lograr una cocción uniforme de los alimentos [3].

### C. Bomba de Semisólidos

Tipo de bomba utilizado en la industria alimentaria que tiene la característica de tener la capacidad para desplazar líquidos finos hasta pastas y salsas altamente viscosas, a temperaturas frías y calientes.



de adobo, extracción, molienda, cocción y enfriamiento del frijol guisado o puerco (véase Fig. 6).

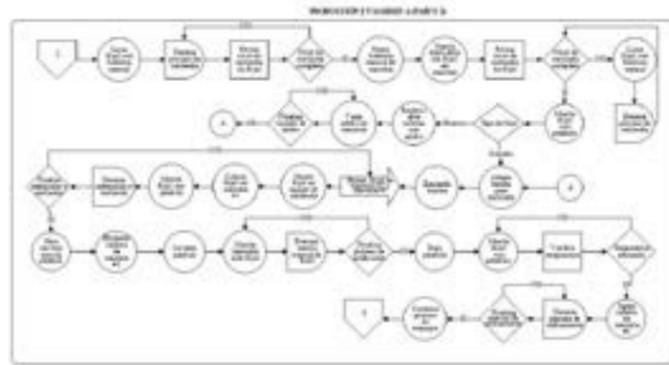


Fig. 6 Diagrama de proceso producción en marmita parte dos  
Fuente: Elaboración propia

En la cuarta fase se documentó subproceso de empaque de frijol, donde se desglosan las operaciones de llenado, etiquetado, sellado y almacenado de producto terminado (véase Fig. 7).

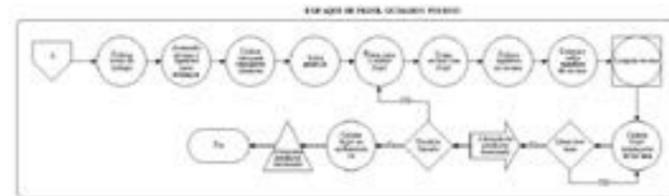


Fig. 7 Diagrama de proceso empaque de frijol guisado y/o puerco  
Fuente: Elaboración propia

La reingeniería de procesos es una herramienta que estudia y rediseña los procesos productivos, los cuales repercuten en el rendimiento de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y producto [13].

#### D. Identificación de la Voz del Clientes y Aplicación de la Matriz de Calidad

Finalmente, se realizó un sondeo en puntos de ventas, donde se entrevistó al personal encargado de tiendas preguntando sobre las principales demandas, quejas y calidad requerida por los clientes de frijol guisado y/o puerco (véase Fig. 8).



Fig. 8 Diagrama de proceso empaque de frijol guisado y/o puerco  
Fuente: Elaboración propia

Se asignó una valoración numérica clasificando el nivel de importancia para

el cliente como crítico (5), importante (4), sería bueno tenerlo (3), no muy importante (2) y no importantes (1) [11].

La demanda y queja del cliente se convierte en requerimiento de calidad del proceso, asignándole una importancia numérica de valoración. Las valoraciones numéricas del requerimiento de calidad se definen como variables críticas para la calidad, determinan como alinear las etapas del proceso y cuantificar el grado de importancia que debe tener el proceso (véase Fig. 9 y Fig.10).

FRIJOL GUISADO Y PUERCO		
Quejas	Requerimientos de calidad "Y"	Valoración
Identifican puntos negros en frijol	Y-Inocuidad X-Elimina de frijol	5
Identifican objetos extraños en producto	Homogeneidad de producto	4
Reciben chavetas de frijol seco	Empaque de frijol limpio sin adherencias	4
Frijol con pedruzcos duros	Frijol estandarizado	4

Fig. 9 Requerimiento de los clientes en la venta del frijol parte uno  
Fuente: Elaboración propia

FRIJOL GUISADO Y PUERCO		
Quejas	Requerimientos de calidad "Y"	Valoración
Frijol agrio	Consistencia	5
Cambios en el sabor del frijol	Sabor	5
	Inocuidad	5
	Precio	2

Fig. 10 Requerimiento de los clientes en la venta del frijol parte dos  
Fuente: Elaboración propia

Para cuantificar el nivel de intensidad y grado de importancia que tiene la voz del cliente con las etapas del proceso, se realizó la matriz de calidad, la cual determinó la jerarquía de los requisitos técnicos y objetivos del proceso. La matriz de calidad es una metodología que traslada los requisitos del cliente en un conjunto de

requisitos técnicos, y esto lo hace en cada una de las etapas del diseño y producción de un producto o servicio [14]. El cálculo de la matriz de calidad determinó la importancia relativa para la calidad del frijol guisado y/o puerco considerando el puntaje obtenido en la fila de la importancia (IMP), los resultados obtenidos fueron: 10 (diez) cocción de frijol con 103 IMP, 7 (siete) colocación adobo para el frijol puerco con 75 IMP, 6 (seis) recepción de materia prima con 65 IMP, limpieza de frijol con 65 IMP, molienda de frijol manual con 63 IMP y colocación de manteca con 57 IMP (véase la Tabla 2).

SR-INTENSIDAD DE RELACION IMP-IMPORTANCIA EN EL PROCESO	MATRIZ DE CALIDAD			
	RELACION MAS FUERTE	RELACION FUERTE	RELACION DEBIL	RELACION MAS DEBIL
VARIABLES DEL PRODUCTO Y CRITICO DE LA CALIDAD				
1. Inocuidad	5	5	5	5
2. Homogeneidad de producto	4	4	4	4
3. Consistencia	5	5	5	5
4. Sabor	5	5	5	5
5. Precio	2	2	2	2
6. Empaque de frijol limpio sin adherencias	4	4	4	4
IMPORANCIA (IMP)	103	75	65	57
IMPORANCIA RELATIVA	1.0	0.73	0.63	0.53

Tabla 2. Matriz de calidad del frijol guisado y/o puerco

La importancia relativa se evalúa mediante la identificación y exposición en términos cuantitativos de sus efectos, que permitan demostrar su relevancia en función de la recurrencia de la condición o su naturaleza, magnitud o riesgo potencial, con fundamento en las evidencias obtenidas [15]. La importancia relativa señaló las etapas del proceso de producción de frijol guisado y puerco que tienen un impacto significativo en la calidad requerida por el cliente. Sobresalen la cocción del frijol y la colocación del adobo para frijoles puercos.

#### Discusión

Los resultados de esta investigación muestran la importancia que tuvo la aplicación de las herramientas "6 M", SIPOC y reingeniería operacional para identificar operaciones de valor en la línea de producción del frijol guisado y/o puerco. Con la aplicación de la matriz de calidad se identificaron los subprocesos y operaciones que impactan en la calidad requerida por el cliente. Considerando la importancia relativa se pueden establecer las variables críticas de control en las operaciones de cocción del frijol y colocación del adobo para frijol

puerco. El resultado de esta primera etapa de investigación genera elementos suficientes para establecer los parámetros de control, los cuales aseguren la calidad en línea de producción de frijol guisado y/o puerco. Actualmente, la empresa implementa cada una de las fases desarrolladas en esta primera etapa del proyecto. Además, estas fases se aplican a otras líneas de producción de productos alimenticios, y se actualizan los cambios que se presentan en los procesos documentados.

#### Conclusiones

En conclusión, la implementación de la reingeniería operacional y matriz de calidad determinan las bases para establecer los parámetros que minimicen la variación en líneas de producción, incrementen la satisfacción del cliente y mejoren la calidad del frijol guisado y/o puerco. Es importante implementar una segunda etapa de investigación en la empresa de productos alimenticios, desarrollar un plan de calidad y fichas técnicas que controlen las variables del proceso de producción del frijol guisado y/o puerco.

#### Referencias

- [1] D. Sulisworo, "Integrating Kano's Model and SERVQUAL to Improve Healthcare Service Quality," *Glob Public Health*, 2012, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/277759782>
- [2] TRACTIAN, "¿Cómo funcionan las calderas industriales?" Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://traction.com/es/blog/como-funcionan-las-calderas-industriales>
- [3] CAVIMEX, "¿Qué son las marmitas industriales?" Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.cavimex.com/blogs/blog/que-son-las-marmitas-industriales>
- [4] PCM FOOD, "CATÁLOGO DE BOMBAS Y SISTEMAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA," Jul. 2017. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: [www.pcm.eu](http://www.pcm.eu)
- [5] exacolor, "Consistómetro tipo Bostwick—Exacolor Laboratories." Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.exacolor.mx/products/consistometro-tipo-bostwick>

[6] Bosch, "GHG 20-63 Pistola de calor | Bosch Professional." Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.bosch-professional.com/mx/es/products/ghg-20-63-06012A62G0>

[7] Makita México, "HG6020 Pistola de calor - Makita México Oficial." Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.makita.com.mx/producto/hg6020-pistola-de-calor/>

[8] BOHN, "Cuartos Frios | BOHN." Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.bohn.com.mx/BOHN-Cuartos-frios.html>

[9] F. Kleeberg Hidalgo and J. C. Ramos Ramírez, "Aplicación de las técnicas de muestreo en los negocios y la industria," vol. 27, pp. 11-40, 2009, Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493002>

[10] H. Gutiérrez Pulido and R. De la Vara Salazar, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Tercera. McGraw-Hill Interamericana, 2013.

[11] Socconini Luis, Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, 1.a edición. Barcelona, 2015.

[12] E. Ocaña Raza, A. Lara Calle, R. Mayorga Paredes, and F. Saá Tapia, "Rediseño de procesos utilizando herramientas técnicas alineadas al enfoque Harrington y ciclo PHVA," pp. 1-8, Sep. 2017.

[13] G. Pérez Andrés, V. Gisbert Soler, and E. Pérez Bernabeu, "Reingeniería de procesos," Rev Enferm, no. 221, pp. 81-91, May 2017, doi: 10.17993/3cemp.2017.especial.81-91.

[14] H. Gutiérrez Pulido, P. Gutiérrez González, C. Garibay López, and L. Díaz Caldera, "Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar la voz del cliente y mejorar la calidad del servicio," Revista chilena de ingeniería, vol. 22, no. 1, pp. 62-73, 2014.

[15] M. A. Restrepo-Medina, "Calidad de los hallazgos de auditoría. Análisis de caso de las contralorías territoriales de Colombia," Innovar, vol. 28, no. 70, pp. 115-128, Jul. 2018, doi: 10.15446/innovar.v28n70.74452.



Nadia Lizzette Puentes Llanos. Ingeniera Industrial con maestría en Administración de Negocios Área Calidad y Productividad. Profesora de Tiempo Completo Titular A de la carrera de Ingeniería

Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Consultora empresarial y prestadora de servicios profesionales en sector privado. Integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores (as) y tecnólogos (as) con Perfil Deseable (PRODEP).



David Fierro Perea. Ingeniero Industrial egresado del Instituto Tecnológico Superior de Guasave con experiencia en diseño e implementación de procesos para el sector privado y público. Especializado en consultoría para la implementación de tecnologías de gestión de proyectos, mejora continua y optimización operativa. Responsable de certificaciones de sistemas de gestión de servicios de TI y de seguridad de la información.



Rommel Arel Leal Palomares. Ingeniero Electromecánico y maestro en Ingeniería Mecatrónica con orientación en Sistemas Electromecánicos. Profesor de Tiempo Completo Titular A en la carrera de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Áreas de interés son diseño de elementos mecánicos, diseño de máquinas, diseño mecánico ambientalmente consciente e impresión 3D. Integrante del Sistema Sinaloense de Investigadores (as) y tecnólogos (as) con Perfil Deseable (PRODEP).



Cindy Rosas Domínguez. Ingeniera Bioquímica egresada del ITLM, Maestría en Ciencias en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), Profesora Titular A Tiempo Completo con Perfil Deseable del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Miembro de la Sociedad Mexicana de Inocuidad y Calidad para Consumidores de Alimentos (SOMEICCA A.C.). Integrante

## CAMPUS MANAGER: SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE ESTUDIANTES EN ENTORNOS EDUCATIVOS



Lazaro Mendez Jorge Alberto - [jorge.lm@losreyes.tecnm.mx](mailto:jorge.lm@losreyes.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes  
Pulido Lúa Claudia Gabriela - [claudia.pl@losreyes.tecnm.mx](mailto:claudia.pl@losreyes.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes  
Aboite Medina Alexis Rodrigo - [21060228@losreyes.tecnm.mx](mailto:21060228@losreyes.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes  
Diaz Bautista Erandy Danae - [21060270@losreyes.tecnm.mx](mailto:21060270@losreyes.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes  
Avila Vega Angel Leonardo - [21060529@losreyes.tecnm.mx](mailto:21060529@losreyes.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes

## Abstract

Currently, many educational institutions in the country face serious management problems. The first cause lies in the poor organization of administration, as information regarding student entry and exit is either limited or nonexistent, putting both students and the institution at risk. The second cause relates to the lack of records of financial transactions at points of sale within some institutions, such as cafeterias and stationery stores, as well as inventory management in libraries or tool storage facilities, where the absence of proper records has contributed to material losses.

In this project, two applications were developed: a desktop application that enables the management of services offered to students, allowing administrative users to access information from various institutional points and generate reports that provide benefits and facilitate data utilization; and a mobile application, which allows students to easily access their virtual wallet balance, which they can use at points of sale, as well as their entry and exit records. Additionally, the mobile application includes a notification system for parents in case of an emerging absenteeism pattern.

**Keywords:** Desktop application, mobile application, management, inventory

## Resumen

En la actualidad, muchas instituciones educativas en el país enfrentan serios problemas de gestión. La primera causa radica en la organización deficiente de la administración, ya que la información sobre las entradas y salidas de los estudiantes es limitada o inexistente, lo que pone en riesgo tanto a los alumnos como a la propia institución. La segunda causa se relaciona con la falta de registros de las transacciones financieras en los puntos de venta que algunas instituciones poseen, como cafeterías y papelerías, así como en la gestión de inventarios de bibliotecas o depósitos de herramientas, donde la escasez de registros ha contribuido a la pérdida de materiales. En este proyecto se desarrollaron dos aplicaciones; una de escritorio que permite la gestión de los servicios ofrecidos a los estudiantes y que permite a los usuarios administrativos consultar la información de los distintos puntos de la institución para generar reportes que traigan beneficios y faciliten el uso de dicha información. Y una aplicación móvil, la cual les permitirá a los alumnos tener al alcance de su mano la información de su estado de cuenta del monedero virtual que podrán usar en los puntos de venta, y sus registros de entrada y salida, así como un notificador a los padres en caso de presentarse una tendencia de ausentismo.

**Palabras claves:** Aplicación de escritorio, aplicación móvil, gestión, inventario.

## Introducción

Una mejor gestión de la información nos

ayudara a hacer un mejor uso de esta. En la actualidad, las instituciones educativas enfrentan diversos desafíos que afectan su operatividad. La gestión administrativa tradicional, basada en procesos manuales y en papel, no solo es ineficiente, sino que también incrementa el riesgo de errores y la pérdida de información valiosa. En este contexto, el presente proyecto presenta un software de gestión que permita digitalizar y automatizar los procesos administrativos en instituciones educativas. Este sistema no solo facilita el seguimiento de la asistencia de los estudiantes, contribuyendo a la reducción de la deserción escolar, sino que también implementará un monedero electrónico que optimizará las transacciones dentro de la institución. La propuesta crea un entorno más seguro y eficiente, donde tanto los estudiantes como los padres de familia puedan estar informados sobre el desempeño académico y las actividades escolares. A través de la implementación de esta solución tecnológica, se espera agilizar los procesos administrativos, beneficiando a todos los involucrados en la comunidad educativa. Con la finalidad de probar el sistema y mejorarlo actualmente se encuentra implementada en una institución de nivel medio superior, posteriormente con los ajustes y/o mejoras que se realicen al sistema se plantea la comercialización del mismo.

## Planteamiento y Desarrollo

Campus Manager es una aplicación desarrollada para brindar apoyo al apartado administrativo de las instituciones educativas, agilizando diversas tareas tales como la realización de registros y reportes acerca de los alumnos inscritos en la institución, las entradas y salidas del alumnado, las ventas realizadas en las cafeterías y papelerías así como de los préstamos de los activos con los que cuenta la institución como lo serían los libros de las bibliotecas o las diversas herramientas con las que cuenta el plantel.

La aplicación para escritorio se desarrolló en c#, de acuerdo a (mytaskpanelConsulting, 2024) "C# es un lenguaje de programación orientado a objetos, creado por Microsoft

para el desarrollo de aplicaciones en la plataforma .NET. Permite a los desarrolladores utilizar una amplia gama de bibliotecas y herramientas de .NET para construir aplicaciones potentes y de alta calidad"

La aplicación móvil se desarrolló en Android Studio, de acuerdo a (Lujan 2017) "Android Studio es una herramienta con la que es posible implementar elementos básicos como el acceso a APIs, gestionar y administrar archivos, y agregar dependencias; la utilización de esta herramienta proporciona apoyo y agilidad al desarrollo de aplicaciones, ya que Android Studio ha cubierto algunas carencias que venían surgiendo con las herramientas de programación y ha establecido algunas reglas del desarrollo en Android"

El objetivo es implementar un software de gestión integral para las instituciones educativas y brindarles una alternativa más eficiente al digitalizar y automatizar la mayoría de sus procesos y tener al alcance información clara y precisa de todas las operaciones realizadas dentro de la institución. Así como implementar un concepto de moneda virtual la cual será el medio de pago dentro de la institución, para de esta forma proporcionar seguridad a las finanzas tanto del alumnado como del personal de la institución, ya que se registran cada uno de los movimientos financieros que se lleven a cabo dentro de la institución.

## Sistema Integral

En primera instancia se requiere iniciar sesión (ilustración 1) y proceder a su utilización.



Ilustración 1. Acceso al Sistema

Los módulos que contempla la plataforma son:

## Módulo ADMIN

Dentro del panel administrativo (ilustración 2) se puede observar todas las operaciones que puede llevar a cabo un administrador, desde la gestión del alumnado, la gestión de las cuentas de "campus coins" tanto del alumnado como de los docentes, hasta el acceso a los registros de diversos apartados del plantel.



Ilustración 2. Panel Administrativo

En el apartado de alumnos se pueden realizar todas las operaciones correspondientes a la gestión de los alumnos (ilustración 3), agregar a nuevos alumnos, modificar los datos de un alumno, dar de baja y consultar algún alumno por si fuese necesario realizar alguna operación, así como observar a todos los alumnos que estén inscritos en la institución.



Ilustración 2. Panel Administrativo

En los apartados de registros de papelería y cafetería, se pueden observar los registros de las ventas realizadas en dichos puntos, así como poder realizar reportes semana o mensual de las ventas.

En los apartados de registros de biblioteca y depósito (ilustración 4), se observan los

registros de los préstamos realizados y en caso de pérdida o extravió se pueda tener constancia de quien fue la última persona que tuvo en posesión dicho material.

Ilustración 4. Panel Consulta Prestamos y devoluciones

En el apartado de entradas y salidas (ilustración 5), se observan los registros y salidas del alumnado, llevando una mejor gestión de quien ingresa al plantel, brindando mayor seguridad tanto al alumnado como al personal de la institución, además de poder generar reportes para notificar a los padres en caso de que su hijo/a no este asistiendo, no ingrese o salga a tiempo, para de esta forma tratar de reducir el índice de deserción escolar.

Ilustración 4. Panel Consulta Prestamos y devoluciones

En el apartado de monederos (ilustración 6), se llevan a cabo las operaciones referentes a las cuentas de "Campus coins" tanto del alumnado como del personal administrativo, dentro de estas operaciones podemos encontrar: consulta del saldo y la transferencia de una cuenta a otra, así como el registro de los movimientos relacionados a esa cuenta, además del cambio de la contraseña en caso de ser necesario para asegurar la transparencia y seguridad.



Ilustración 6. Panel Monederos

### Módulo CAFETERIA

Dentro del panel de cafetería (ilustración 7) se pueden observar todas las operaciones que se puede llevar a cabo por el personal de cafetería.



Ilustración 7. Panel Cafetería

En el apartado de punto de venta, se pueden realizar las ventas de los productos con los que se cuenta aceptando como medio de pago los "Campus coins".

En el apartado de registro de productos (ilustración 8), se pueden realizar las operaciones de altas, bajas y actualización de productos que se deseen ofrecer tanto al alumnado como al personal de la institución.



Ilustración 8. Registro de Productos

En el apartado de ventas se pueden observar los registros de las ventas realizadas, así

como poder realizar reportes de las ventas semanal o mensual.

### Módulo PAPELERIA

Dentro del panel de papelería (ilustración 9) se pueden observar todas las operaciones que se puede llevar a cabo en la papelería



Ilustración 9. Panel Productos Papelería

En el apartado de punto de venta (ilustración 10), se realizan las ventas de los productos con los que se cuenta aceptando como medio de pago los "campus coins".



Ilustración 10. Punto de venta Papelería

En el apartado de registro de productos (ilustración 11) se realizan las operaciones de alta, baja o modificación de productos.



Ilustración 11. Registro Productos Papelería

En el apartado de ventas, se pueden observar los registros de las ventas realizadas, así como poder realizar reportes de las ventas semanal o mensual.

### Módulo BIBLIOTECA

Dentro del panel de biblioteca se pueden observar todas las operaciones que se puede llevar a cabo en la biblioteca.

En el apartado de préstamos (ilustración 12), se lleva a cabo el préstamo de los libros con los que cuenta la institución.



12. Préstamo de Libros

En el apartado de devoluciones, se puede registrar cuando un alumno devuelva ya sea la cantidad total o parcial de los libros solicitados.

En el apartado de inventario de libros, se puede eliminar o registrar los nuevos libros con los que cuenta la institución, así como modificar los datos de los libros ya existentes en la escuela.

En el apartado de historial de préstamos, se puede observar los registros de los préstamos realizados y notificar en caso de que un alumno no haya regresado en tiempo y forma los libros solicitados.

### Módulo ENTRADAS Y SALIDAS

Dentro del panel de entradas y salidas, se observa el registro de los alumnos que ingresan y salen del plantel, además de dar un aviso al vigilante en caso de que por diversos motivos un alumno no pueda ingresar a la institución hasta cumplir ciertos requisitos o por un lapso de tiempo determinado, esto para brindar mayor seguridad al alumnado y al personal de la

institución.

### Aplicación Móvil

En aplicación móvil (ilustración 13) se pueden consultar registros como el saldo, los reportes, las compras realizadas en la institución, con la finalidad de que los alumnos y padres de familia tengan la información de los movimientos en la institución.



Ilustración 13. Acceso Aplicación Móvil

### Conclusiones

El desarrollo de esta plataforma de gestión integral para instituciones educativas representa una solución innovadora y necesaria ante las problemáticas actuales en la administración escolar. La digitalización y automatización de procesos no solo minimizan el riesgo de errores humanos, sino que también optimizan la gestión de la información, permitiendo un acceso más rápido y eficiente a los datos relevantes. La implementación de un sistema que registre la asistencia y un monedero electrónico para las transacciones dentro de la institución son pasos fundamentales hacia la modernización de la educación. Además, la capacitación del personal en el uso de estas herramientas es crucial para garantizar su correcto funcionamiento y maximizar los beneficios del sistema. Este proyecto no solo busca mejorar la operatividad de las instituciones educativas, sino también fomentar un ambiente de aprendizaje más seguro y accesible, donde la comunicación entre estudiantes, padres y personal

administrativo sea fluida y efectiva mediante el uso de notificaciones por mensajes en caso de presentarse una tendencia de ausentismo. La propuesta tiene el potencial de transformar la experiencia educativa, alineándose con las necesidades de las tecnologías y contribuyendo al desarrollo integral de los estudiantes.

### Referencias

**López Takeyas, Bruno. (2016), Curso de programación orientada a objetos en C# .NET. Ejemplos con aplicaciones visuales y de consola, Editorial Alfa Omega**

**Lujan Castillo, José Dimas, (2017), ANDROID STUDIO - Aprende a desarrollar aplicaciones, Editorial Alfa Omega, ISBN: 9786075380094**

**mytaskpanelConsulting,(noviembre 2024) Introducción a C#: definición y utilidades , <https://www.mytaskpanel.com/introduccion-a-csharp/#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1ndo%20usar%20C%23?,character%C3%ADsticas%20de%20seguridad%20y%20escalabilidad>**

**Viviana Zanini , Luis Hereter, (2016), Android Studio 2, Editorial Creative Andina Corp, ISB 9877340631**

 Jorge Alberto Lázaro Méndez. Candidato a Doctor en Sistemas Computacionales, Maestro en Tecnologías de la Información, Ingeniero en Sistemas Computacionales. 22 años de experiencia Docente en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, impartiendo cátedra en las áreas de programación, base de datos e Inteligencia artificial. Profesional independiente en desarrollo de Software y Nuevas Tecnologías.

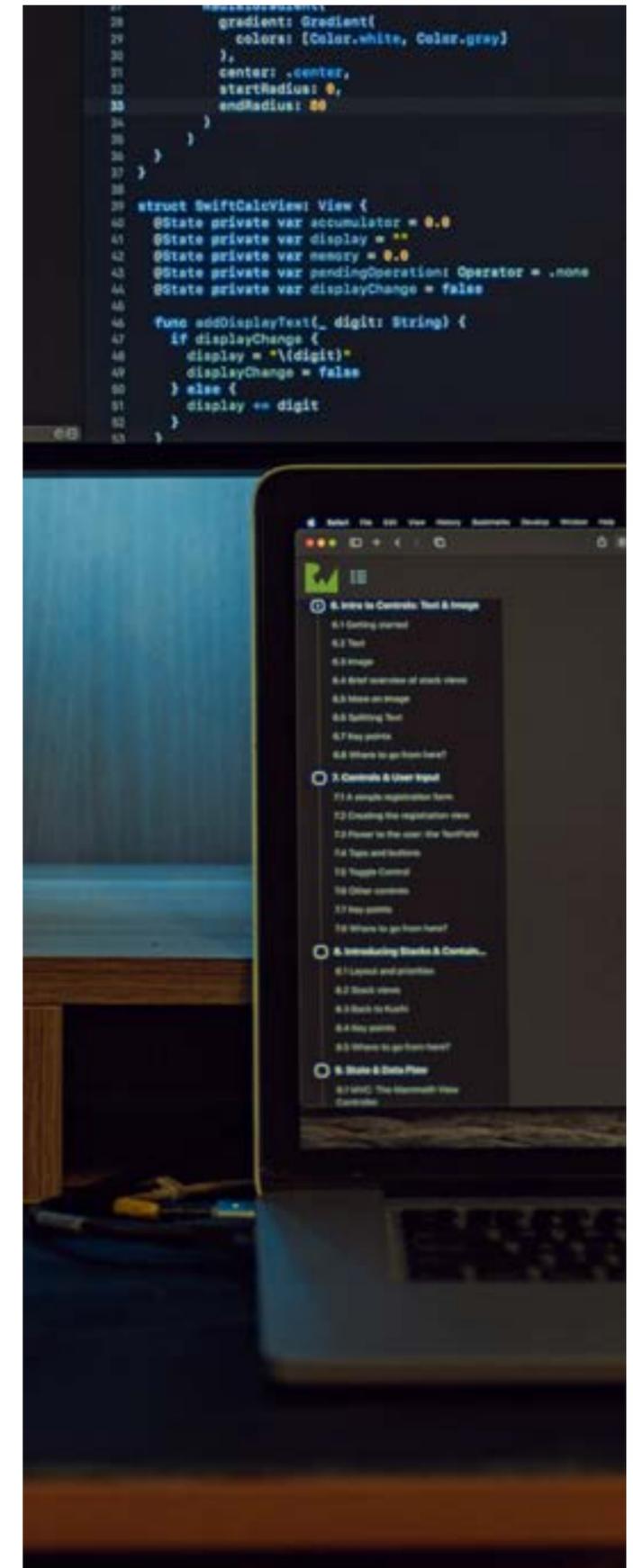
 Claudia Gabriela Pulido Lúa, Ingeniera en sistemas computacionales egresada del Tecnológico de Morelia, candidata a maestra en administración de negocios, 23 años de experiencia docente en el Tecnológico de Los Reyes impartiendo asignaturas de programación de computadoras, ingeniería de software, métodos numéricos, negocios y administración, y asesora de proyectos de desarrollo de software en empresas e

instituciones.

 Alexis Rodrigo Aboite Medina. Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales de octavo semestre en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. Técnico agropecuario por el Centro de Bachillerato Técnico Agropecuario N.49 (CBTa49). Participante como desarrollador de proyectos de InnovaTecNM 2023. Conocimientos en C#, Python y diseño web, así como en el diseño de bases de datos SQL. Programador y escritor en proceso de publicación

 Erandy Danae Díaz Bautista estudiante de octavo semestre de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. Poseo Conocimientos en desarrollo de software, con experiencia en los lenguajes de programación C# y Python, así como en la gestión de bases de datos en SQL Server. Además, cuento con una formación técnica en Soporte y Mantenimiento de Equipos de Cómputo, otorgada por el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Michoacán (CECYTEM), Plantel 02 Peribán

 Angel Leonardo Avila Vega. Estudiante de octavo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes. Egresado del Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Michoacán (CECYTEM) Plantel 02 Peribán, con formación técnica en Suelos y Fertilizantes. Tengo conocimientos en el desarrollo de software con los lenguajes C# y Python, así como en la gestión y manipulación de bases de datos en SQL Server.



# ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LÁMINAS POLIMÉRICAS PP, PET Y PVC CALENTADAS POR RESISTENCIA ELÉCTRICA DE 1000 WATTS

## Abstract

This study investigates the thermal behavior of polymer films, specifically polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), and polyvinyl chloride (PVC), when heated by a 1000W electric resistance. Through a theoretical approach, variations in sheet thickness, heating time, and temperature are analyzed to determine optimal processing conditions. Heat transfer principles were applied to understand the response of different polymers. The findings suggest optimal parameters for thermoforming processes, aiming to enhance material efficiency, reduce defects, and support didactic applications in educational settings.

**Keywords:** Polymers, thermoforming, electric resistance, heat transfer, polymer films, thickness, heating time.

## Resumen

Este estudio investiga el comportamiento térmico de láminas poliméricas, específicamente polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET) y cloruro de polivinilo (PVC), al ser calentadas mediante una resistencia eléctrica de 1000W. A través de un enfoque teórico, se analizan variaciones en el espesor de la lámina, el tiempo de calentamiento y la temperatura para determinar condiciones óptimas de procesamiento. Se aplican principios de transferencia de calor, para comprender la respuesta de diferentes polímeros. Los hallazgos sugieren parámetros óptimos para el termoformado, con el objetivo de mejorar la eficiencia del material, reducir defectos y apoyar aplicaciones didácticas en entornos educativos.

**Palabras clave:** Polímeros, termoformado, resistencia eléctrica, transferencia de calor, láminas poliméricas, espesor, tiempo de calentamiento

## Introducción

El termoformado de polímeros es una técnica ampliamente utilizada en la industria para la fabricación de envases, componentes automotrices, y otros productos plásticos. El proceso se basa en calentar una lámina polimérica hasta su temperatura de deformación para luego moldearla. Sin embargo, el control adecuado del tiempo de calentamiento y la temperatura es fundamental para garantizar una correcta formación sin dañar el material. (Fuentes, 2015).

Este estudio analiza el comportamiento de láminas poliméricas cuando son calentadas mediante una resistencia eléctrica de 1,000 Watts, considerando distintos tiempos de calentamiento y espesores de las láminas. Se analizan los cambios térmicos y mecánicos resultantes, proporcionando datos valiosos

para mejorar la eficiencia del proceso de termoformado. (Pérez Ramos, 2012).

## Objetivo General y Específicos

Analizar el tiempo de calentamiento dependiendo el espesor de láminas poliméricas en el proceso de termoformado cuando se utilizan resistencias eléctricas de 1,000 Watts, con el fin de optimizar las condiciones térmicas y mecánicas para mejorar la eficiencia y calidad del formado.

## Desarrollo de Contenidos

Esta investigación proporciona una comprensión detallada del comportamiento de láminas poliméricas considerando factores como la temperatura, tiempo de calentamiento y tipo de material, lo que facilita la optimización del proceso de termoformado. Al reducir defectos y mejorar la eficiencia, calidad, y ahorro de materiales y energía, se ofrece un valor práctico para estudiantes y profesionales.

El termoformado consiste en calentar una lámina polimérica y moldearla mediante vacío sobre un molde. El proceso del termoformado depende de varios factores, como el material, espesor y condiciones de calentamiento. La Figura 1 muestra el proceso de termoformado, (1) en el cual la lámina se calienta primero hasta alcanzar su temperatura de reblandecimiento. Luego, (2) se coloca sobre el molde, donde (3) se extrae el aire para crear el vacío. Una vez finalizada esta etapa, (4) se permite el enfriamiento de la lámina que es retirada adoptando la forma del molde. (Pérez Ramos, 2012).

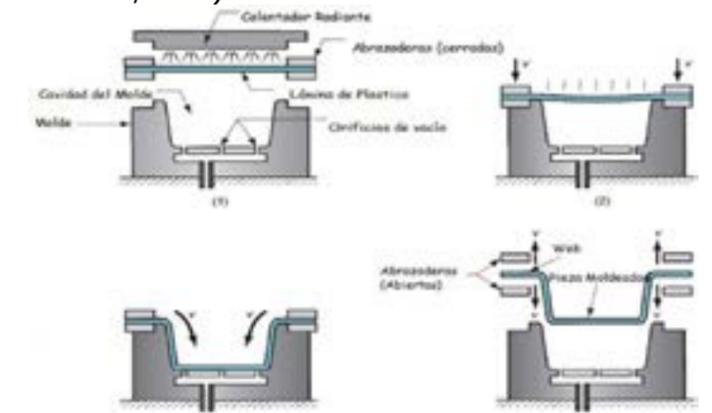


Figura 1. Diagrama sobre el proceso de termoformado. (DonChamp., 2015)

Existen varios tipos de polímeros: termoplásticos, termoestables y elastómeros, pero los termoplásticos como el PP (Polipropileno), PET (Tereftalato de Polietileno) y PVC (Cloruro de Polivinilo) son los más usados en este proceso. (Vargas, 2019).

Las características de los materiales seleccionados influyen directamente en su respuesta al calor y al moldeado. Los termoplásticos como el PP, PVC y PET son adecuados debido a su capacidad de adaptación y resistencia. (Beltrán m., 2011). La Tabla 1 muestra las propiedades de estos tres tipos de polímeros, que son la base de esta investigación.

Característica	Polipropileno (PP)	Tereftalato de polietileno (PET)	Cloruro de polivinilo (PVC)
Resistencia a la tracción	30 – 40 MPa.	55 – 75 MPa.	40 – 60 MPa.
Dureza Shore D.A. Rockwell M. Brinell H.	D. 65	M. 95	D. 73
Transparencia	Opaco o translucido, buena transparencia en versiones especiales.	Transparente, excelente claridad óptica y versiones entintadas.	Transparente y en unas versiones se puede tintar lo que hace que se vuelva opaco.
Resistencia a productos químicos	Alta resistencia a ácidos y bases, moderada a disolventes orgánicos.	Alta resistencia a ácidos y bases, limitada a disolventes orgánicos.	Alta resistencia a ácidos y bases, sensible a disolventes orgánicos.
Flexibilidad	Alta, especialmente en versiones de espesores finos.	Baja, debido a su rigidez en su forma estándar.	El PVC presenta distintas versiones, algunas con comportamiento flexible y otras con características rígidas.

Tabla 1. Propiedades del PP, PET y PVC. Resistencia a la tracción, dureza, transparencia resistencia a productos químicos y flexibilidad. (Osswald & Menges, 2012)

El proceso de calentamiento es fundamental y generalmente representa la fase que más tiempo y energía se consume durante el termoformado. Para este proceso, se emplean principalmente la transferencia de calor por radiación infrarroja y la convección, con temperaturas que oscilan entre 120°C y 205°C. En esta investigación, se han utilizado fuentes de radiación y convección generadas mediante resistencias eléctricas y aire caliente. (García-Menéndez, 2021).

Para el método de calentamiento se considera una resistencia eléctrica de 1000 watts a 110 volts. Estas resistencias convierten la energía eléctrica en calor y se emplean ampliamente en aplicaciones industriales, como el calentamiento de

materiales plásticos. En esta investigación, se utilizó una resistencia tubular, similar a las empleadas en hornos convencionales. (Gómez R., 2010).

Factores como el espesor, temperatura y tiempo de calentamiento influyen en la calidad y forma del producto final. (Vargas, 2019).

**Espesor:** Un espesor irregular puede generar un calentamiento desigual, afectando la uniformidad de la pieza formada. Es esencial mantener una temperatura homogénea para evitar que el material se deforme en áreas más delgadas. (Paredes, 2015).

**Temperatura:** A medida que aumenta la temperatura, la resistencia del material disminuye, facilitando el proceso de termoformado. Es importante encontrar un equilibrio en la temperatura para evitar dañar la estructura del material. (García-Menéndez, 2021)

**Tiempo de calentamiento:** El tiempo es clave para lograr una deformación adecuada. Si es insuficiente, el material no alcanzará la temperatura correcta, y si es excesivo, podría deformarse o derretirse. (Miralbes, 2023).

### Método para calcular el tiempo de calentamiento de las láminas poliméricas en diferentes espesores.

Para calcular el comportamiento de las láminas poliméricas, se puede seguir un enfoque basado en principios de transferencia de calor y propiedades térmicas de los polímeros. (Castro-Cepeda, 2022).

Definir las condiciones iniciales:

- Potencia de la resistencia eléctrica: 1000 W.
- Temperatura inicial de las láminas: 25°C (298 K).
- Tamaño de las láminas: 0.1 m<sup>2</sup>.
- Espesores: 1 mm, 3 mm y 5 mm.

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de características físicas de los polímeros.

Material	Conductividad térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Capacidad calorífica (J/kg <sup>2</sup> K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Temperatura de reblandecimiento (°C)
PP	0.22	1900	905	130
PET	0.15	1400	1370	245
PVC	0.19	900	1380	80

Tabla 2. Propiedades físicas de los polímeros. (Electrocome, 2015., p. 76-84)

### Calcular el calor transferido.

Determinar el calor transferido para cada lámina utilizando la potencia de la resistencia eléctrica (1000 W) y aplicando la fórmula correspondiente de conducción térmica (Ecuación 1).

Utilizando la Ley de Fourier para conducción térmica, ya que las láminas están sometidas a una resistencia eléctrica

que genera calor por radiación y convección. (Holman, 1998).

En la ecuación 1. Fórmula básica de Fourier para conducción:

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot (T_1 - T_2)}{d}$$

Ecuación 1. Transferencia de calor.

Donde:

- Q es la tasa de transferencia de calor (en vatios, W).
- k es la conductividad térmica del material (en W/m<sup>2</sup>°K).
- A es el área de la sección transversal a través de la cual se transfiere el calor (en m<sup>2</sup>).
- T1 y T2 son las temperaturas en los lados opuestos de la lámina (en grados Celsius o Kelvin).
- d es el grosor de la lámina (en metros).

Determinar el tiempo de calentamiento de cada lámina.

Calcular el tiempo necesario para que cada lámina alcance la temperatura de reblandecimiento indicada en la Tabla 2.

El cálculo se realiza aplicando la Ecuación 2, ajustando el tiempo según la energía suministrada por la resistencia eléctrica y el espesor de cada lámina.

Para calcular el tiempo de calentamiento necesario para cada espesor y material, se consideró la ecuación 2. Fórmula para calcular el tiempo en función de la transferencia de calor, que proviene de la ecuación de calor en estado transitorio:

$$t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{P}$$

Ecuación 2. Tiempo de calentamiento.

Donde:

t: es el tiempo (en segundos).

P: es la potencia (en W, que es igual a J/s).

m: es la masa de la lámina (en kg).

c: es la capacidad calorífica específica del material (en J/kg<sup>2</sup>°K).

ΔT: es el cambio de temperatura (en K o °C).

Esta fórmula proporciona una estimación del tiempo necesario para que una lámina alcance una temperatura uniforme a lo largo de su espesor. (Barrera J., 2021)

### Realizar simulaciones numéricas.

Las simulaciones se realizan, empleando herramientas como hojas de cálculo (Excel). Esto permite calcular la transferencia de calor, considerando la influencia de múltiples factores.

Para calcular la deformación porcentual de una lámina polimérica que se calienta por una resistencia eléctrica, considerando el tiempo de calentamiento y el calor transferido, se mide el cambio de longitud debido a la dilatación térmica y la longitud inicial de la lámina. (Vargas, 2019). En la ecuación 3. Fórmula para la deformación en función de la longitud y coeficiente de dilatación térmica.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$\text{Deformación porcentual} = \left( \frac{\Delta L}{L_0} \right) \cdot 100$$

donde:

- $L_0$  es la longitud inicial de la lámina (en metros).
- $\alpha$  es el coeficiente de dilatación térmica del material (en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$  o  $\text{K}^{-1}$ ).

Ecuación 3. deformación porcentual.

Se consideran los valores mostrados en la tabla 3 se muestra el coeficiente de dilatación térmica de cada lámina polimérica, este dato es importante para poder calcular la deformación.

Material	Coefficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ )
PP	$100 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
PET	$60 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
PVC	$50 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

Tabla 3. Coeficiente de dilatación térmica para el PP, PET y PVC. (Electrocome, 2015., p. 76-84)

## Metodología

Para analizar el comportamiento térmico y mecánico de láminas poliméricas en el proceso de termoformado, se desarrolló un estudio experimental que involucra el calentamiento de las muestras mediante una resistencia eléctrica de 1,000 Watts.

Se llevó a cabo un estudio experimental para analizar el impacto del tiempo de calentamiento y el espesor de láminas poliméricas en el proceso de termoformado mediante una resistencia eléctrica de 1,000 Watts. Se utilizaron láminas de distintos espesores (1 mm, 3 mm y 5 mm) y se evaluaron tiempos de calentamiento a través de fórmulas de transferencia de calor. Se calculó la temperatura analizaron los cambios térmicos y mecánicos. Cada prueba se realizó a través de hoja de cálculo (Excel) para garantizar la exactitud de los resultados, proporcionando información clave para optimizar el proceso.

## Resultados

Se realizó el análisis de la transferencia de calor para las distintas laminas poliméricas (PP, PET y PVC) considerando distintos espesores y así determinar el tiempo de calentamiento. Esto permitió identificar el

punto óptimo, en el cual la deformación alcanzaba el 100% en relación con su temperatura de reblandecimiento.

Las Tabla 4 presenta las dimensiones de las láminas poliméricas, especificando parámetros como área (A), espesor (d), volumen, masa (m), longitud inicial (L0) y longitud final (Lf).

Material	A (m <sup>2</sup> )	d (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	m (kg)	L0 (m)	Lf (m)
PP	0.1	0.01	0.001	0.905	0.3	0.300315
		0.03	0.003	2.715	0.3	0.300315
		0.05	0.005	4.525	0.3	0.300315
PET	0.1	0.01	0.001	1.37	0.3	0.300396
		0.03	0.003	4.11	0.3	0.300396
		0.05	0.005	6.85	0.3	0.300396
PVC	0.1	0.01	0.001	1.38	0.3	0.3000825
		0.03	0.003	4.14	0.3	0.3000825
		0.05	0.005	6.9	0.3	0.3000825

Tabla 4. Dimensiones de las láminas de PP, PET y PVC. (Elaboración propia)

Por otro lado, la Tabla 5 detalla las propiedades físicas de cada lámina y las condiciones iniciales, incluyendo valores de conductividad térmica (k), temperatura inicial (T1), temperatura de reblandecimiento (T2), densidad, capacidad calorífica (c), potencia (P) y dilatación.

Material	k (W/m·k)	T1 (°C)	T2 (°C)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	c (J/kg·°C)	P (W)	Dilatación (°C <sup>-1</sup> )
PP	0.22	25	130	905	1900	1000	0.00001
PET	0.15	25	245	1370	1400	1000	0.000006
PVC	0.19	25	80	1380	900	1000	0.000005

Tabla 5. Propiedades físicas del PP, PET y PVC. (Electrocome, 2015., p. 76-84)

La Tabla 6 presenta los valores de la transferencia de calor y el tiempo de calentamiento, obtenidos tras considerar la sustitución de cada uno de los parámetros en las ecuaciones 1, 2, y 3 incluyendo las variables de las Tablas 2 y 3.

Material	Espesor	Q (w)	t (min)	Deformación
PP	1 mm	231.0	2.9	100%
	3 mm	77.0	8.7	
	5 mm	46.2	14.4	
PET	1 mm	330.0	6.8	100%
	3 mm	110.0	20.3	
	5 mm	66.0	33.8	
PVC	1 mm	104.5	1.1	100%
	3 mm	34.8	3.3	
	5 mm	20.9	5.5	

Tabla 6. Parámetros de la transferencia de calor en PP, PET y PVC.

En la Tabla 7 se presentan las gráficas

considerando el tiempo de calentamiento y el espesor, en estas 3 graficas se observa el comportamiento de los tres polímeros analizados. Estas graficas muestran un patrón consistente: a medida que el espesor de la lámina aumenta, el tiempo de calentamiento se incrementa de manera proporcional.

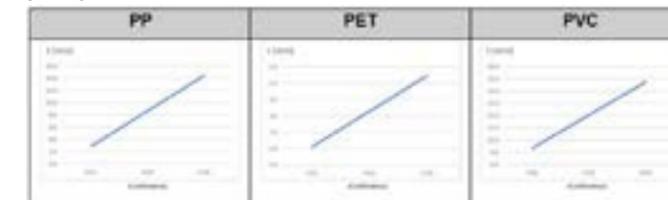


Tabla 7. Tiempo de calentamiento según el espesor. (Elaboración propia)

En la Tabla 8 se muestran las gráficas correspondientes a cada material, considerando el espesor y la temperatura transferida. Al comparar el comportamiento de la transferencia de calor entre las tres láminas, se observa que, a medida que aumenta el espesor de la lámina, la transferencia de calor disminuye. Esto se debe al incremento en la masa del material, que actúa como una barrera térmica.

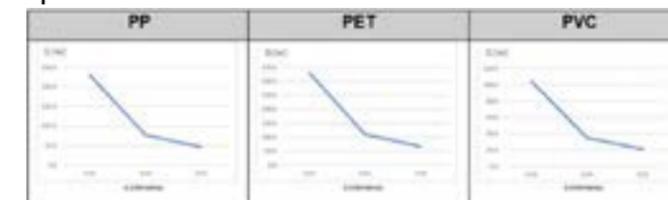


Tabla 8. Transferencia de calor en función del espesor. (Elaboración propia)

Este comportamiento se ve reflejado debido al parámetro del coeficiente de transferencia de calor observado en la tabla 2.

## Discusión general sobre las gráficas de comportamiento.

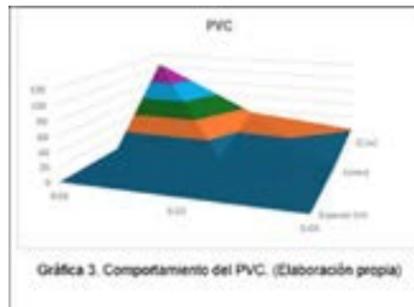
Estas gráficas muestran el comportamiento de materiales como el polipropileno, PET y PVC, donde se observa que siguen un patrón de comportamiento similar. A través de los tres factores calculados mediante las fórmulas indicadas, se puede apreciar que, a medida que aumenta el espesor de las láminas, se requiere un mayor tiempo de calentamiento. Esto se debe a que la transferencia de calor disminuye con el incremento de material, afectando la velocidad de calentamiento.

El análisis de las gráficas muestra que el comportamiento de las láminas poliméricas está determinado principalmente por el tipo de polímero y el espesor de la lámina, factores que afectan los tiempos de calentamiento y los patrones de transferencia de calor.

En la Tabla 9 se observa un patrón de comportamiento al comparar el PP, PET y PVC considerando diferentes espesores. Para láminas de 1 milímetro de espesor, se alcanza rápidamente la temperatura de reblandecimiento, lo que genera una transferencia de calor muy acelerada. Con un espesor de 3 milímetros, el tiempo de calentamiento aumenta en comparación con el de 1 milímetro. Por último, para láminas de 5 milímetros de espesor, se registra el mayor tiempo de calentamiento, ya que la transferencia de calor disminuye, lo que ralentiza el proceso de alcanzar la temperatura de reblandecimiento.

Estos comportamientos son similares entre los materiales, aunque varían en función del tipo de polímero y su respectiva temperatura de reblandecimiento. Por ejemplo, para láminas de 1 milímetro de espesor, el PET requiere más tiempo para alcanzar su temperatura de reblandecimiento en comparación con el PVC, que llega más rápido debido a su mayor capacidad de transferencia de calor. Por otro lado, el PP presenta un comportamiento intermedio respecto a los otros dos polímeros.

Gráfica	Comparativa
<p>Gráfica 1 Comportamiento del polipropileno. (Elaboración propia)</p>	<p>El material presenta una temperatura de reblandecimiento de 130°C, lo que influye en la relación entre espesor y transferencia de calor. Por cada milímetro adicional en su espesor, se requiere aproximadamente 6 minutos para alcanzar su temperatura de reblandecimiento.</p>
<p>Gráfica 2 Comportamiento del PET. (Elaboración propia)</p>	<p>Este material presenta la mayor relación entre espesor y transferencia de calor, ya que, por cada milímetro adicional de espesor, requiere aproximadamente 13 minutos para alcanzar su temperatura de reblandecimiento de 245°C.</p>



Esta lámina muestra el mejor comportamiento entre las tres analizadas, ya que alcanza su punto de reblandecimiento a 80°C de forma rápida. Además, en su relación entre espesor y transferencia de calor, requiere aproximadamente 2 minutos por cada milímetro adicional de espesor.

Tabla 9. Discusión general sobre el comportamiento de las láminas. (Elaboración propia)

**Distribución del calor:** Una distribución no uniforme provoca que las zonas más delgadas de la lámina se calienten con mayor rapidez, lo que puede generar diferencias en la temperatura y afectar el proceso de termoformado.

**Efecto del espesor:** Las láminas con mayor espesor requieren un tiempo de calentamiento más prolongado debido a su mayor resistencia térmica, lo que limita la rapidez con que alcanzan la temperatura de reblandecimiento.

**Condiciones de borde:** El enfriamiento provocado por el aire circundante puede alterar el proceso de calentamiento, resaltando la importancia de mantener una ventilación controlada y asegurar una distribución uniforme del calor en el sistema.

El tipo de lámina ideal para su implementación en una máquina de termoformado con fines didácticos, debido a sus propiedades, características y comportamiento, es la de PVC. Sin embargo, si se requiere una aplicación en formato transparente, lo más adecuado sería utilizar una lámina de PP. Por otro lado, si la aplicación demanda una mayor resistencia, la opción más recomendada sería la lámina de PET.

## Discusión

Análisis comparativo con investigaciones previas sobre temas relacionados.

Existen varios artículos que nos ayudan a comprender en el comportamiento de las láminas poliméricas. Algunos de los artículos más importantes son:

- Efecto de la temperatura y el tiempo de calentamiento: Los estudios suelen analizar cómo diferentes temperaturas y tiempos

de exposición afectan la maleabilidad de las láminas, su grosor y su resistencia mecánica. (Miralbes, 2023).

- Influencia del espesor de la lámina en el termoformado: Se discute cómo el grosor influye en la capacidad de la lámina para estirarse y adaptarse al molde sin romperse o presentar deformaciones no deseadas. También se evalúa la relación entre el espesor y la calidad del acabado superficial, dado que una lámina más delgada puede ser más propensa a inconsistencias. (Miralbes, 2023).

- Propiedades mecánicas después del termoformado: Nos habla sobre las propiedades antes y después del proceso, analizando cambios en la resistencia, flexibilidad y durabilidad de las láminas poliméricas. (Castro Cepeda, 2022).

- Comparación entre tipos de polímeros: Exploran distintos materiales poliméricos (como PET, PVC, ABS, etc.), discutiendo cómo cada material responde al calor y a la presión durante el termoformado. La elección del material impacta directamente la calidad y aplicación de la pieza termoformada, y los artículos suelen recomendar uno u otro material según las propiedades deseadas y los resultados experimentales. (Miralbes, 2023).

Las discusiones en estos estudios suelen incluir simulaciones que permiten predecir y optimizar el proceso, ofreciendo beneficios tanto en la mejora de la calidad del producto como en la eficiencia de esta técnica en la manufactura.

## Conclusiones

En este análisis del comportamiento, se utilizó la transferencia de calor y las propiedades específicas de cada material para determinar las condiciones óptimas del proceso de termoformado. Como resultado, se generó la Tabla 10 que especifica el tipo de material, el tiempo requerido para alcanzar la temperatura de reblandecimiento y las condiciones necesarias para llevar a cabo el proceso en su punto óptimo.

Material	Espesor (mm)	Tiempo de calentamiento. (min : seg)	Temperatura de reblandecimiento. (°C)
PP	1	02 : 54	130
	3	08 : 42	
	5	14 : 24	
PET	1	06 : 48	245
	3	20 : 18	
	5	33 : 48	
PVC	1	01 : 06	80
	3	03 : 18	
	5	05 : 30	

Tabla 10. Resumen de resultados. (Elaboración propia)

La Tabla 10 proporciona los valores necesarios para que el operador de una máquina de termoformado configure el equipo correctamente, siempre y cuando el método de calentamiento utilizado sea una resistencia de 1000 W. Por ejemplo, si se introduce una lámina de polipropileno de 3 milímetros de espesor, la configuración adecuada sería una temperatura de 130 °C y un tiempo de calentamiento de 8 minutos y 42 segundos, para llegar al reblandecimiento óptimo para el inicio del proceso de termoformado.

El estudio subraya la importancia de ajustar los parámetros de calentamiento en función del espesor de las láminas poliméricas para optimizar el proceso de termoformado.

**Influencia del espesor en el tiempo de calentamiento:** A medida que aumenta el espesor de la lámina, se incrementa el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de reblandecimiento.

**Diferencias entre materiales:** El polipropileno mostró una mayor rapidez en la transferencia de calor en comparación con el PET y el PVC, sugiriendo su viabilidad en procesos donde el tiempo de calentamiento es crítico.

- En todos los materiales analizados (polipropileno, PET y PVC), a medida que aumenta el espesor de la lámina, el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de reblandecimiento también aumenta.

- El polipropileno muestra un comportamiento más eficiente en términos de tiempo de

calentamiento, seguido por el PVC, mientras que el PET requiere significativamente más tiempo debido a su mayor densidad y resistencia térmica.

En la creación de una máquina de termoformado para entornos académicos demuestra cómo estos parámetros pueden aplicarse para ejemplificar conceptos de transferencia de calor y propiedades de los materiales en procesos de manufactura.

## Oportunidad de investigaciones futuras.

El presente estudio proporciona una base sólida para comprender el comportamiento térmico de las láminas poliméricas durante el proceso de calentamiento. Sin embargo, existen diversas áreas que pueden explorarse en futuras investigaciones:

1. Estudio de nuevos materiales poliméricos: Ampliar el análisis a polímeros de última generación con propiedades avanzadas, como alta resistencia térmica o biodegradabilidad, para evaluar su comportamiento en aplicaciones específicas.

2. Modelado avanzado de transferencia de calor: Implementar simulaciones numéricas más complejas, como modelos en 3D con análisis transitorios, que incluyan efectos como la radiación térmica y el contacto con otros materiales.

3. Optimización energética del sistema: Explorar estrategias para reducir el consumo energético, como el uso de resistencias eléctricas más eficientes o tecnologías de calentamiento alternativas, como infrarrojos o inducción.

4. Ensayos de propiedades mecánicas post-termoformado: Analizar cómo el proceso de calentamiento afecta las propiedades mecánicas de las láminas, como la resistencia a la tracción, la elongación y la rigidez, para evaluar su desempeño en aplicaciones específicas.

Estas líneas de investigación permitirán no solo optimizar los procesos de termoformado, sino también ampliar las aplicaciones de las láminas poliméricas en la industria y la academia.

## Agradecimientos

A todos los autores cuyos trabajos han iluminado nuestro camino en la búsqueda del conocimiento,

Con humildad y gratitud, dedicamos este trabajo a cada autor cuyos escritos han sido fuente de inspiración y orientación durante nuestra investigación en el desarrollo de la máquina de termoformado. Vuestras contribuciones han sido faros de sabiduría en nuestro viaje hacia la comprensión más profunda de este campo fascinante.

Cada artículo citado ha sido un pilar en la construcción de nuestro entendimiento, proporcionándonos las bases teóricas y metodológicas necesarias para avanzar en nuestro proyecto. Vuestras investigaciones han enriquecido nuestras propias indagaciones, guiándonos con claridad a lo largo de este camino lleno de desafíos y descubrimientos.

Que esta dedicatoria sirva como un modesto homenaje a vuestro legado académico y como un testimonio de nuestro profundo respeto y admiración por vuestras contribuciones.

## Referencias

**Nadeau Fuentes, M. A., & Flores, F. (2005).** Diseño de máquina de termoformado al vacío en plásticos (Doctoral disertación, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería Mecánica).

**Pérez Ramos, V. P., & Chavarro León, B. J. (2012).** Diseño y construcción de una máquina de termoformado (Bachelor's thesis).

**Vargas, C. A. Á., Ocampo, Y. M. O., Gómez, J. P., Arango, J. S. V. E., Marrugo, E. J. D. L. R., González, E. M., & de Manizales, A. (2019).** Comparación de propiedades mecánicas de láminas poliméricas usadas en la fabricación de alineadores dentales. *Semilleros*, 6(11), 65-77.

**Miralbes-Buil, R., Santamaria-Hoyos, N., Curado-Correia, N., & Ranz-Angulo, D. (2023).** Influencia de la velocidad de deformación en los parámetros Ashby-Gibson de estructuras reticulares de láminas de diamante. *DYNA*, 98(5), 466-472.

**García-Menéndez, D., Lumbreras-Iglesias, C., Menéndez, M. A., & Suárez-Sierra, R. (2021).** Método económico para el estudio del

comportamiento de una resistencia eléctrica en cortocircuito. *DYNA*, 96(3), 242-245.

**Gómez, R. (2010).** Pruebas de evaluación de la práctica "Medidas de resistencia eléctrica en estudios de corrosión". *Experimentación Química II*.

**Holman, J. P., & Valenzuela, R. (1998).** *Transferencia de calor (Vol. 8)*. Madrid, España: McGraw-Hill.

**Barrera, J., León, S. A. R., Trujillo, J. A. P., Ángeles, E. S., & Álvarez, A. C. (2021).** Mecanismos de transferencia de calor. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 8(16), 38-42.

**Castro-Cepeda, L., & Cortés-Llanganate, J. (2022).** Modelo matemático de un horno resistivo para termoformado de láminas de polipropileno. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (28), 80-91.

**Castro-cepeda, l., & cortes-llanganate, j.** Modelo matemático de un horno resistivo para termoformado de láminas de polipropileno. *Ingenius [online]*. 2022, n. 28.

**Paredes Luque, K. M., & Roque Canahuire, G. (2015).** Estudio de la variación de espesor de láminas de PET en el proceso de termoformado.

**Electrocome. (2015).** Propiedades de materiales plásticos. Recuperado el 13 de octubre de 2024, de <https://www.electrocome.com/>

**Osswald, T. A., & Menges, G. (2012).** *Material science of polymers for engineers (2nd ed.)*. Carl Hanser Verlag. ISBN: 978-1569905142.

**DonChamp. (2015).** *Thermoforming*. Recuperado el 13 de octubre de 2024, de <https://donchamp.net/pages/thermoforming>.

 Salvador González Muñoz es ingeniero automotriz egresado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, con experiencia en manufactura avanzada. Durante su formación, realizó prácticas profesionales en una empresa privada del sector. Actualmente, se desempeña como docente universitario en la UAA, donde imparte materias como mecánica de materiales, manufactura, diseño CAD y máquinas de combustión interna. Asimismo, cursa un posgrado en manufactura avanzada en CIATEQ, con un enfoque en la optimización de procesos y la

implementación de nuevas tecnologías de fabricación.



Víctor Samuel Vilchis Bravo, ingeniero mecánico, por la Universidad de Guanajuato. Realizó la Maestría en diseño mecánico en la Universidad de Guanajuato. Actual trabajo en CIATEQ durante los 29 años se fundamenta en el desarrollo de máquinas y dispositivos mecatrónicos, participado en más de 83 proyectos de desarrollo tecnológico e ingeniería. Tiene diplomados en diplomado en neumática e hidráulica Industrial impartida por la Universidad Autónoma de México-FESTO DIDACTIC-CIATEQ, diplomado en automatización industrial, diplomado en desarrollo de habilidades gerenciales por el tecnológico de Monterrey



# EVALUAR LA FACTIBILIDAD PARA CREAR UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN EN BENEFICIO DE LA COMUNIDAD DE SAN SEBASTIÁN ZINACATEPEC, PUEBLA, MÉXICO



Ramírez Castro Isabel - isabel.ramirez@alumno.buap.mx Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional

Luis Antonio Pereda Jiménez - prof\_luisantonioperedaj@ajalpan.tecnm.mx TecNM / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Negra de Ajalpan

Rosa María Mora Morales - rosa.mora@correo.buap.mx Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional

Romero Gil Edgardo - edgardo.romero@correo.buap.mx Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional

## Abstract

The sale of agricultural products is one of the most important activities in the Mexican economy, allowing its distribution in different places. This research seeks to propose the creation of a distribution center based on a feasibility study, taking into account a sample of agricultural producers in the study region. It is visualized that the main factor of this need is the intervention of intermediaries in the sale of agricultural products with 87.5% of participation in local commerce, which means a great risk and significant losses for the sale of agricultural producers. Therefore, the objective is to evaluate the feasibility of creating a distribution center for agricultural products in the region of San Sebastián Zinacatepec, Puebla, Mexico, for the benefit of the population and the entire region, which does not have a development plan with this approach. To support this proposal, a total of 21 surveys were applied to the presidents of the farmers' societies belonging to the municipality, being the total population considered to be the main and important producers of the agricultural sector; by means of a survey, the items previously validated by an expert were proposed and applied through an open forum, scheduling spaces and moments to be able to take relevant comments and recommendations. The research method used was mixed. The results obtained gave as a proposal the confirmation of a project aimed at the construction of the same, with benefit to the 21 agricultural societies, which will allow a local economic growth of the community of San Sebastián Zinacatepec in the state of Puebla, Mexico.

**Keywords:** Agriculture, marketing, sale, farmer, products, distribution.

## Resumen

La venta de los productos agrícolas es una de las actividades más importantes en la economía mexicana permitiendo su distribución en diferentes lugares. Esta investigación busca proponer la creación de un centro de distribución a partir de un estudio de factibilidad, tomando en cuenta a una muestra de los productores agrícolas de la región de estudio. Se visualiza que el principal factor de esta necesidad, es la intervención de intermediarios en la venta de los productos agrícolas contando con el 87.5% de participación en el comercio local, lo que significa un gran riesgo y pérdidas significativas para la venta de los productores agrícolas. Por lo tanto, el objetivo es evaluar la factibilidad de la creación de un centro de distribución de productos agrícolas en la región de San Sebastián Zinacatepec, Puebla, México, para beneficio de la población y toda la región que además no cuenta con un plan de desarrollo con este enfoque. Para soportar esta propuesta se aplicó un total de 21 encuestas a los presidentes de las sociedades de agricultores pertenecientes al municipio, siendo la población total que se consideran principales y productores importantes del sector agrícola; mediante la utilización de una encuesta se plantearon los ítems previamente validados por un experto, se aplicaron mediante un foro abierto agendando

espacios y momentos para poder tomar comentarios y recomendaciones relevantes. El método de investigación utilizado fue mixto. Los resultados obtenidos dieron como propuesta la confirmación de un proyecto encaminado a la construcción del mismo, con beneficio a las 21 sociedades agrícolas, que permitirán un crecimiento económico local de la comunidad de San Sebastián Zinacatepec en el estado de Puebla, México.

**Palabras clave:** Agricultura, comercialización, venta, agricultor, productos, distribución.

## Introducción

Se ha profundizado sobre la importancia que tienen los centros de distribución en el desarrollo económico agrícola, principalmente en las comunidades rurales de México. "Un centro de distribución es una instalación logística orientada a los procesos de expedición y recepción de mercancías ya sean de características variadas o similares" (Mecalux, 2020). La finalidad de un centro de distribución es recibir mercancía de diversos proveedores, organizarla y desplazarla de forma autónoma o a través de terceros. El sector agropecuario es uno de los más importantes en la economía mexicana y a nivel mundial, dado que es el encargado de generar los alimentos de primera necesidad, materia prima y empleos directos, convirtiéndose en un factor clave para el desarrollo de los sectores económicos. No obstante, dicho sector es uno de los más perjudicados a nivel nacional e internacional debido a que constantemente se enfrenta a problemas de desarrollo, que principalmente derivan de la desorganización de los productores, altos costos de los insumos, bajos costos de los productos, dificultad de distribución propia, entre otros.

De acuerdo a CEDRSSA, desde el 2011 el sector agrícola comenzó a tener una mayor fuerza, pues se empezó a observar tasas de crecimiento por encima del PIB total del país, en donde de igual forma se mencionó la existencia de un programa el cual busca subsidiar la rentabilidad del sector con el fin de asegurar una oferta de mercado amplia a nivel nacional, CEDRSSA (2022). En lo que respecta al Estado de Puebla en el año 2019 se colocó como el 12° estado en producción del sector agropecuario, teniendo una mayor participación en la parte agrícola

del 84.6% y un 15.3% en el lado pecuario, todo esto respecto a su producción total del estado que fue de 8,729,961 toneladas, SIAP (2019). Por otra parte, con lo que respecta al 2020 el sector se presentó con un gran crecimiento logrando colocar al estado de Puebla dentro de los 5 primeros estados con mayor producción del sector, CEDRSSA (2020).

Para Juárez Ascencio (2017), el diseño, desarrollo y creación de los centros de distribución, tiene un impacto en la generación de más de 70,000 mil empleos, tanto para los productores que venden y comercializan sus productos, como para las personas que buscan una fuente de ingresos, de acuerdo a los datos obtenidos, un centro de distribución, tiene como objetivo organizar la creciente demanda de alimentos, así como la venta y comercialización de toda variedad de productos agrícolas.

En la investigación titulada, "El abasto de alimentos en México hacia una transición económica y territorial", se plantea el análisis de la importancia de la distribución agrícola a través de los centros de distribución y comercialización, teniendo un impacto económico en la sociedad mexicana. Aborda acerca de la evolución de la venta de los productos básicos, como lo son las carnes frías, productos agrícolas y panaderías, convirtiéndose en el abasto y distribución de los productos a través de la evolución económica que México ha tenido, permitiendo el desarrollo económico dentro de un territorio, para cumplir con el abasto de alimentos se deberá seguir una serie de pasos que se necesitan entre ellos están; la producción primaria, acopio del producto, acondicionamiento y empaque, almacenamiento, transporte y distribución con el objetivo de llegar al consumidor final, Torres (2011).

Para Soto de la Vega et al., (2014) la creación de un centro de distribución posee una metodología que permite el estudio del diseño de instalaciones a través de métodos cuantitativos y cualitativos logrando conocer cuáles son las instalaciones más idóneas para el diseño y creación de un centro de distribución, de acuerdo a su capacidad y

tamaño disponibles.

Por lo expuesto al inicio, el propósito del artículo es evaluar la factibilidad para crear un centro de distribución en el municipio de San Sebastián Zinacatepec, aledaño a la región de la ciudad de Tehuacán, Puebla; buscando generar el mayor beneficio para los productores agrícolas de la comunidad, mismos que se encuentran conformados en 21 sociedades para toda la comunidad, convirtiéndose en el primer centro de distribución con un alcance mayor logísticamente y de distribución a diferencia de los mercados locales o bien con la intervención de intermediarios dentro de la comunidad de San Sebastián Zinacatepec y las comunidades aledañas a ella. Obteniendo así no solo beneficio económico para los productores agrícolas, campesinos y familias, sino también, para los demás pobladores, pues si bien, se espera que el desarrollo de este proyecto permita la generación de empleos para la población.

La idea planteada nace de un análisis realizado con anterioridad en donde se detectó los factores más importantes que intervienen en el proceso de comercialización de los productos agrícolas de la comunidad, identificando la importancia de tener un centro de distribución en la comunidad de San Sebastián Zinacatepec buscando el beneficio mutuo, entre la comunidad y las 21 sociedades que comercializan sus productos, a través de ello, se espera que se genere un impacto en el crecimiento económico, permitiendo mayores oportunidades para la región.

### Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el municipio de San Sebastián Zinacatepec, Puebla, México. Siendo uno de los 217 municipios que comprenden al Estado de Puebla perteneciente al valle de Tehuacán, en el sureste del Estado (Zinacatepec, n.d.). Figura



Figura 1. Ubicación geográfica de Zinacatepec Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, n.d.)

En el año 2020, la población de San Sebastián Zinacatepec fue de 18,359 habitantes, el cual el 47.8% corresponde a hombres siendo un total de 8,781 en población varonil y el 52.2% corresponde a mujeres, siendo 9578 en población femenina. En comparación al año 2010, la población en Zinacatepec creció un 17% (Gobierno de México., n.d.).

Dentro del municipio se identificó, las siguientes características climáticas:

"Clima seco muy cálido y el más seco de los esteparios (clima semiárido templado y frío)" (Plan de Desarrollo Estatal, 2020).

De acuerdo a la información geográfica municipal, se muestra que en la comunidad de San Sebastián Zinacatepec, cuenta con los siguientes tipos de suelos; Cambisol con el 39.24% del total del suelo, Leptosol con el 35.15%, Regosol con el 12.50%, Vertisol con el 4.02%, Fluvisol contando con el 2.31% y Solonchak con el 0.70%, también cabe mencionar que, en uso de suelo y vegetación, la agricultura ocupa un 56.70 % y el 6.08% para la Zona Urbana (INEGI, 2020). Figura 2.

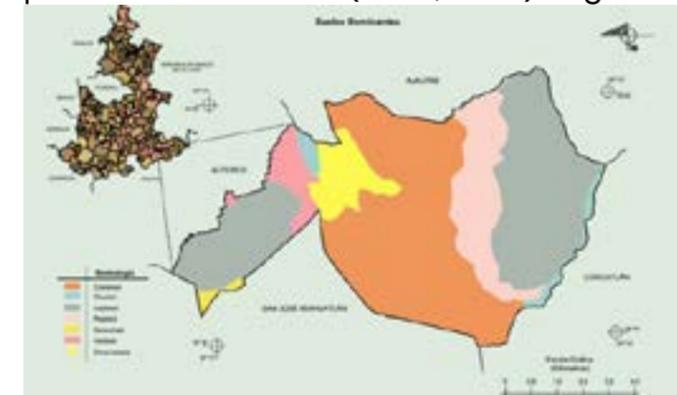


Figura 2. Edafología de San Sebastián Zinacatepec.

Cabe señalar que la metodología utilizada en la investigación es mixta. Cualitativo, porque

evaluó las percepciones de los agricultores de San Sebastián Zinacatepec respecto a la situación actual sobre los factores que intervienen en la comercialización de los productos agropecuarios.

Por ejemplo, una idea que señala Punch (2014) planteado en el libro de Sampieri en (2014):

El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que los rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 358).

Además, la investigación es cuantitativa porque permitió analizar los resultados alcanzados por las respuestas de los agricultores, a fin de dar un enfoque estadístico, que servirá para emitir conclusiones y dar recomendaciones. El trabajo se centró en recopilar datos a través de una investigación de campo, en donde se trabajó con las 21 sociedades de productores agropecuarios identificando la importancia de la creación de un centro de distribución en el Municipio de Zinacatepec (ver Tabla 1).

Nombre de la Sociedad	Año de creación
1. Santa Verónica	1951
2. San Diego	1949
3. San Pablo Antonio	1947
4. San Martín Coyosapan	1944
5. La Soledad	1934
6. Santa Teresa	1935
7. San Sebastián	1950
8. San Pedro	1946
9. Tochatl	1933
10. Ejido	1935

Tabla 1. Sociedades agrícolas de San Sebastián Zinacatepec.

11. El Calvario	1943
12. San Martín de Porres	1948
13. La Guadalupeana	1945
14. San Juan	1942
15. El Sapote San Marcos	1953
16. San Joaquín	1941
17. San Isidro	1940
18. Humilladero	1939
19. San Felipe	1946
20. Corazón de Jesús	1937
21. San Antonio Ixtlahuac	1941

Fuente: Elaboración propia.

los hallazgos más importantes que dan respaldo a la necesidad del diseño de un centro de distribución.

La importancia del diseño de un centro de distribución nace principalmente que dentro de la comunidad de San Sebastián Zinacatepec no existe un centro de distribución con capacidad extensa para abastecer y almacenar los productos agrícolas provenientes de las 21 sociedades de la comunidad, ya que, si bien existen mercados locales que venden productos originarios y en su caso a intermediarios que permiten su exportación a otros lugares de la región, sin embargo, se ha identificado que los ingresos nos son óptimos para incrementar y promover un desarrollo económico de la región, por eso nace la necesidad de la creación de un centro de distribución.

Se puede añadir que el proceso de recolección de la información se efectuó entre septiembre - noviembre del año 2022, a partir de un foro abierto con una serie de preguntas, las cuáles abarcan los siguientes elementos:

1. El proceso de comercialización más adecuado para la venta de los productos.
2. Precio por la venta de los productos agrícolas.
3. Los agricultores de la comunidad reciben asesoría en la parte comercial.
4. El centro de distribución puede incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria en San Sebastián Zinacatepec.
5. Los productos agrícolas y su incremento en los últimos años.
6. Los canales de distribución directa de los productos.
7. El centro de distribución funciona como estrategia para incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria.

## Resultados

Los centros de distribución cumplen con el propósito de evitar el deterioro de

las cualidades de los productos que se almacenan en ellos, por esto es esencial que tengan las instalaciones adecuadas para mantener sus productos en excelentes condiciones (International Products and Services, n.d.).

De estas circunstancias nace el hecho de que nuestra investigación identificó la necesidad de un diseño orientado a la creación de un centro de distribución para la comunidad agrícola perteneciente a San Sebastián Zinacatepec. Para los fines de nuestro argumento se utilizó la escala de Likert la cuál ha permitido identificar el principal factor que afecta a la comercialización de los productos agrícolas. Se considera entonces que este trabajo es pionero en la identificación de un diseño para la creación de un centro de distribución dentro de la comunidad, lo cual puede servir de referencia para futuros estudios que apoyen e impulsen a la realización de un centro de distribución.

En este punto, la discusión se basa a partir de las respuestas del instrumento, el 42,9 % manifestó que está de acuerdo con el proceso de comercialización actual, posiblemente por que ven al intermediario como el principal contacto para la venta de sus productos siendo este el responsable de la entrega segura y en tiempo del producto a los consumidores, mientras que el 33,3 % se encuentra en desacuerdo, otros mencionaron que se encuentran indiferentes ante el proceso más utilizado para la comercialización de sus productos con el 14,3%, y solo un 4,8% de los agricultores se encuentra totalmente en desacuerdo.

Al respecto conviene decir, que la preferencia hacia contratar a un intermediario dependerá de las decisiones propias del agricultor, ya que algunos contarán con más apoyo monetario para llevar a cabo la contratación.

Los resultados anteriores se basan principalmente en el proceso del uso de intermediarios para la comercialización y venta de los productos agrícolas, ya que, es el único proceso que se tiene y que aseguran una venta, además, de que en ocasiones los agricultores deciden tener una venta local.

Si bien, se resalta un adecuado proceso de venta, esto no asegura que con los años los ingresos sean por menor a lo invertido. (Ver gráfico 1).

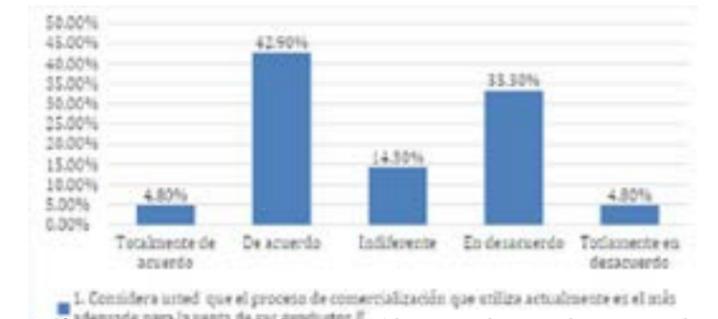
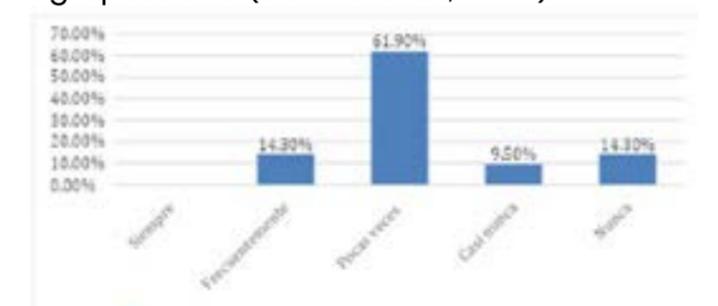


Gráfico 1. Respuesta al ítem, Considera usted que el proceso de comercialización que utiliza actualmente es el más adecuado para la venta de sus productos. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los ítems señalados anteriormente, se reconoció que la mayoría de los agricultores eligen Pocas veces un precio justo por la venta de los productos agrícolas con el 61.9%, mientras que otro tanto de los encuestados eligieron la opción frecuentemente y nunca con el 14.3% y solo el 9.5% de los agricultores eligió como opción casi nunca, lo que implicaría que la actividad comercial le generaría pérdidas (Ver gráfico 2).

Lo que nos lleva a decir que, conseguir un precio justo por la venta de los productos, debe ser una meta de cada agricultor al iniciar su actividad productiva. Sin embargo, en ocasiones es difícil disponer de un precio justo ante la venta de cualquier producto agrícola, tal como se muestra en la investigación titulada "Precios justos y tendencias de venta de productos agropecuarios mexicanos a intermediarios" se comprende que el pequeño productor se ve obligado a vender los productos a cualquier precio, lo que hace que sus márgenes de utilidad sean bajos y pierdan los incentivos para continuar con la actividad agropecuaria (Carrillo et al., 2020).



Se puede observar que la mayoría de los productores agropecuarios encuestados han manifestado que casi nunca reciben asesoría comercial para poner en disposición sus productos 47.6%, quizá se deba a la falta de compromiso o despreocupación por parte de las autoridades por solventar esta necesidad, en segundo lugar, de igual manera se reconoce que el 28.6% pocas veces ha recibido asesoría mientras que el 23.8% señalaron que nunca han recibido asesoría en la parte comercial (ver gráfico 3).

En mi opinión la falta de asesoramiento dificulta al agricultor la elección correcta de un precio justo y de la toma de decisiones ligadas al proceso de venta y comercialización de los productos agrícolas siendo controversial para el pequeño productor. Considerando que por ahora la elección de un intermediario es el único proceso que asegura la venta de productos agrícola, sin embargo, esto no asegura que el precio por lo ofrecido sea justo, ya que en ocasiones para evitar la descomposición o pérdida total del producto agrícola se opta por la venta a un precio bajo lo que en ocasiones solo cubre lo invertido mas no la obtención de ganancias.

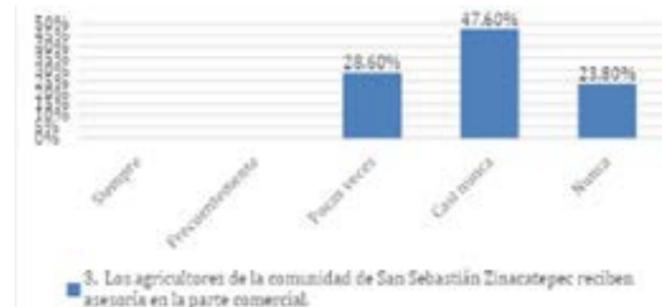


Gráfico 3. Respuesta al ítem, Los agricultores de la comunidad de San Sebastián Zinacatepec reciben asesoría en la parte comercial.

Los presidentes de las asociaciones consideran que es necesario implementar un centro de distribución como estrategia para incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria en San Sebastián Zinacatepec. Donde la mayoría de los agricultores encuestados 90.5%, está totalmente de acuerdo en la necesidad de implementar un centro de distribución como estrategia para incrementar la comercialización de los

productos agropecuarios de San Sebastián Zinacatepec, le secunda el 4.8% que está simplemente de acuerdo con la posibilidad de la creación de un centro de acopio, mientras que el 4.8% se encuentra en desacuerdo, con el desarrollo del proyecto (gráfico 4).

El desarrollo de la comunidad depende mucho de la gestión municipal, de las necesidades propias de la comunidad que está enfocado a la satisfacción de necesidades básicas; es vital, que se planteen proyectos de inversión notable, en donde se encaminan estos proyectos a la creación de puestos de trabajo, espacios de comercio local y movimiento de la economía.



Gráfico 4. Respuesta al ítem, considerara necesario implementar centro de distribución como estrategia para incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria en San Sebastián Zinacatepec.

Al llegar a esta pregunta se identificó la necesidad de tener un centro de distribución que permita el incremento de ventas y sea óptimo para la población, pues de acuerdo con los encuestados más del cincuenta por ciento de la población estudiada indica que el incremento de las ventas, con la intervención de un intermediario es menor al año anterior, lo que permite un deterioro en los ingresos de los productores agrícolas, lo que permite respaldar la idea central de la investigación.

Los porcentajes mostrados en la gráfica menciona que el 57.1%, muestra estar en desacuerdo que, durante los últimos años la comercialización de los productos agrícolas ha incrementado, según el 23.8% de los encuestados están de acuerdo con el incremento de los productos agropecuarios, y el 9.5% está totalmente de acuerdo con el incremento de los ingresos en los últimos años, la otra parte parece estar indiferente

ante esta situación. Gráfico 5.

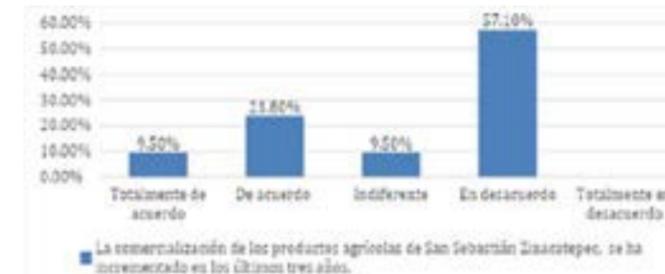


Gráfico 5. Respuesta al ítem, considerara necesario implementar centro de distribución como estrategia para incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria en San Sebastián Zinacatepec.

El 28.6% menciona que pocas veces y frecuentemente tienen el acercamiento con los intermediarios para la comercialización de sus productos, eligiendo el precio y la cantidad exacta que vender, mientras que el 23.8%, siempre mantiene una comunicación directa con el proveedor, el 14.3% piensa qué, casi nunca tiene la participación en involucración correcta con los intermediarios (ver gráfico 6).

Esto demuestra la importancia de un intermediario para la venta de los productos agrícolas, sin embargo, muy pocas veces se les ofrece el precio justo por las cantidades correctas en la venta de los productos convirtiéndose así en un intercambio injusto, pues bien no poseen control total por el canal de acceso que disponen.

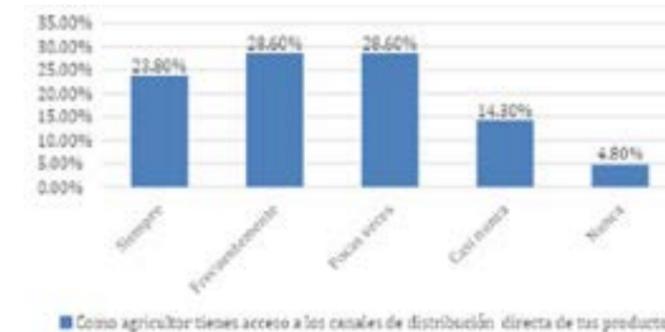


Gráfico 6. Respuesta al ítem, como agricultor tienes acceso a los canales de distribución directa de tus productos.

Al realizar el análisis la mayoría de los presidentes encuestados (90.5%), está totalmente de acuerdo en la necesidad de implementar centro de distribución como estrategia para incrementar la comercialización de los productos agropecuarios de San Sebastián Zinacatepec, le secunda el 4.8% que está simplemente de acuerdo con la posibilidad

de la creación de un centro de acopio, mientras que el 4.8% se encuentra en desacuerdo, con el desarrollo de esta idea. (Ver gráfico 7)

Esto debido a que se busca llegar a puntos de ventas más allá de lo local, permitiendo la venta de los productos agrícolas de manera directa con ayuda del centro de distribución, mismo que se convertiría en el primer centro de distribución para comunidad y de la región dedicada al campo, porque si bien existen mercados locales, estos solo permiten la recuperación de lo invertido más no permite la generación de ganancias altas, además, la instalación de un centro de distribución permitirá disminuir el uso de intermediarios para la venta de los productos agrícolas, permitiendo la venta de productos agrícolas a un precio justo y al por mayor. No obstante, se debe de señalar que la creación de un centro de distribución permitirá la creación de empleos para los pobladores de la comunidad, siendo así un beneficio en común.



Gráfico 7. Respuesta al ítem, Considera necesario implementar centro de distribución como estrategia para incrementar la cadena comercial de la producción agropecuaria en San Sebastián Zinacatepec.

Con la investigación y la recolección de datos obtenidos se puede observar que al menos el 90 % de las sociedades agricultoras consideran la creación de un centro de distribución en esta región, como medio para lograr la comercialización de los productos agrícolas pienso, por eso que, se requiere intervención de los agricultores, el gobierno municipal y del estado para generar el proyecto físico y económico.

De estas circunstancias, se exhorta a realizar un plan estratégico y financiero que permita la llevar a cabo el desarrollo del centro de

distribución, contando asimismo, con el apoyo de distintas áreas que fortalezcan la idea central, además, de integrar estudios que permitan saber si la instalación del centro de distribución es óptima para cubrir las necesidades de los agricultores, así como una estimación de ingresos y ganancias.

Comprendemos que esto permitió proponer el diseño de un centro de distribución a través de una maqueta, el cual se deberá emplear materiales reciclados, distribuyendo adecuadamente cada área para los distintos productos y servicios que ofrecen los agricultores en general.

## Discusión

Quiroga citado en Jimenes B., M Y Gómez A., E. (2014), menciona que los principales objetivos del almacenamiento son: aprovechar el espacio total, lograr un fácil acceso a los materiales, conseguir la mínima manipulación de la mercancía, almacenada, facilitar la rotación y el control del inventario (p.144)

Se afirma entonces que ahora la importancia de llevar a cabo el diseño y maquetación de un centro de distribución, ya que será beneficioso para los principales agricultores, ya que podrá proporcionar un almacenamiento seguro, además de ser propicio para distribuir los productos agrícolas a otros municipios aledaños a la comunidad. Esto a su vez, ayudarán a equilibrar la ganancia por un precio justo por la venta de los productos agrícolas restableciendo los orígenes de la justicia ética con el establecimiento de un precio justo.

De acuerdo a Juárez Ascencio, (2017), el diseño, desarrollo y creación de los centros de distribución, tienen un impacto en la generación de más de 70,000 mil empleos, tanto para los productores que venden y comercializan sus productos, como para las personas que buscan una fuente de ingresos. La creación de un centro de distribución, es la propuesta final ofrecida a las 21 sociedades agricultoras, buscando el beneficio económico, social y cultural de una comunidad dedicada al comercio agrícola.

Para efectos de este trabajo se considera necesaria la intervención de las autoridades municipales y de los interesados, así como de un equipo estratégico que involucre áreas como contabilidad, logística, diseño del layout, entre otros, a fin de llevar un seguimiento adecuado, para así evaluar las alternativas adecuadas y las posibilidades de obtener ingresos positivos para los pequeños agricultores de la comunidad.

## Conclusiones

Una vez finalizada la recopilación, procesamiento y análisis de la información, se establecen las siguientes conclusiones: de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación realizada, se concluye que la comunidad de San Sebastián Zinacatepec, es un municipio que tiene un proceso de comercialización hasta el momento no favorable para los productores agricultores ya que, un 42.9 % afirmó que están de acuerdo. Se puede apreciar que el crecimiento económico de los últimos tres años se ha ido deteriorando con el paso del tiempo, convirtiéndose en una preocupación para los productores agricultores, lo que ocasiona que los productores no obtengan ventas favorables sobre la venta de los productos agropecuarios.

La creación de un centro de distribución, permitirá ser un impulso para el desarrollo económico de los pequeños agricultores ya que, permitirá tener un mayor control sobre la venta de sus productos, además de impulsar la generación de empleo, mismos que podrán ser ofrecidos a los integrantes de la comunidad o a sus alrededores logrando el crecimiento mutuo, como ya lo hice notar con el objetivo propuesto para el proyecto, se debe proceder a la realización de un diseño y maquetación de este centro para la comercialización de los productos agrícolas; la cuál, además, se considera como una de las estrategias comerciales más convenientes para el desarrollo económico local. Hay que considerar que esto implicaría tomar en cuenta el crecimiento económico de los productores agropecuarios, a sabiendas que el proceso de comercialización es muy lento, pues se caracteriza por ingresos menores al año

anterior, teniendo un nivel de rentabilidad considerado bajo.

Se establece entonces que se debe prever la organización de una comitiva por parte de las sociedades agrícolas que permita impulsar el desarrollo económico local, logrando el desarrollo de un modelo estratégico de comercialización para la mejora de la situación comercial de los agricultores. En la decisión que se tome, se espera que exista una entrega directa de los productos agropecuarios, un precio justo y una rentabilidad adecuada.

## Recomendaciones

Luego de establecer las conclusiones pertinentes en el presente trabajo de investigación y con la finalidad de contribuir al fortalecimiento del proceso de comercialización de los productos agropecuarios y al desarrollo económico de los agricultores de la comunidad de San Sebastián Zinacatepec, se presentan las siguientes recomendaciones:

Llevar a cabo un plan de negocios para la elaboración y desarrollo de un centro de distribución, con el objetivo de evaluar la factibilidad del proyecto y con ello aprovechar oportunidades de inversión y apoyo financiero para la creación de un centro de distribución.

También, se propone la búsqueda de apoyos financieros por parte del gobierno y de manera privada para llevar a cabo el proyecto a través del plan de negocios, así como los documentos financieros necesarios que respalden el proyecto y los futuros ingresos y recuperación de lo invertido.

Con ayuda de la creación de un centro de distribución permitirá la generar una expansión geográfica y diversificarse a diferentes lugares, principalmente en las comunidades aledañas a ellas, buscando cubrir las demandas de los productos agrícolas.

Es necesario no solo contar con el apoyo de la administración vigente del municipio sino también con las administraciones futuras permitiendo el seguimientos adecuado de

mantenimiento y expansión para el centro de distribución, pues bien, se busca llegar a un beneficio para toda la comunidad en general, esto permitirá que no solo se lleven a cabo capacitaciones sobre el manejo y administración, sino también, permitir la intervención de la investigación de operaciones, permitiendo la participación de distintos expertos que ayuden a tomar las decisiones correctas en momentos de incertidumbre.

Es necesario recalcar que el diseño de las instalaciones deberá ser de acuerdo a las necesidades que requieran los productores agrícolas para la venta y distribución de sus productos, con el objetivo de incrementar las ventas logrando mayores ingresos entre las sociedades agricultoras y la comunidad en general. Para poder llevar a cabo el correcto funcionamiento de las instalaciones es necesario hacer referencias a la normatividad oficial planteada por el Estado Mexicano; como lo menciona (Mejía, A. H. et al., 2011), el principal problema que se enfrenta al momento de empezar con la localización y distribución de las instalaciones, tiene que ver con encontrar el diseño más adecuado que permita cubrir las necesidades requeridas de cada una de las áreas.

## Financiamiento

No se tuvo ningún gasto por la investigación, ya que las personas de apoyo formaban parte de la universidad, las instalaciones que se ocuparon pertenecen a los mismos agricultores locales, y no se requirió trasladarse al lugar porque las personas que realizaron la aplicación de la encuesta radican en la misma comunidad. En cuanto a la propuesta de la maqueta, la propuesta se hizo con materiales reciclados para evitar generar gastos por diseño y fabricación.

## Agradecimientos

Los autores expresan su profundo agradecimiento por la colaboración entre los docentes y el estudiante, así como a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Sur, por la invaluable formación académica recibida. Dicho aprendizaje ha sido fundamental

para la aplicación de los conocimientos adquiridos en la elaboración del presente artículo, así como la gestión para los trámites correspondientes para su realización.

## Referencias

- [1] CEDRSSA. (2020, septiembre 3). CEDRSSA. Recuperado en abril 29, 2023, de [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_situacinin\\_del\\_n-sector\\_agropecuario-n\\_en\\_mn-xico.htm](http://www.cedrssa.gob.mx/post_situacinin_del_n-sector_agropecuario-n_en_mn-xico.htm)
- [2] CEDRSSA. (2022, octubre 2). El Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. - YouTube. Retrieved April 29, 2023, from [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_situacinin\\_del\\_n-sector\\_agropecuario-n\\_en\\_mn-xico.htm](http://www.cedrssa.gob.mx/post_situacinin_del_n-sector_agropecuario-n_en_mn-xico.htm)
- [3] Centros de distribución: más rápido, más seguro. (2020, mayo 28). Mecalux México. . Recuperado en abril 29, 2023, de <https://www.mecalux.com.mx/blog/centro-de-distribucion>
- [4] Carrillo, A. L. B., Grajales, Á. C. L., y Novelo, A. F. (2020). Precios justos y tendencias de venta de productos agropecuarios mexicanos a intermediarios\*. <https://www.redalyc.org/journal/117/11774644010/html/>
- [5] Flores Gavilanes, A. J. (2019, octubre 3). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Recuperado de mayo 13, 2023, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29925/1/T4569M.pdf>
- [6] Gobierno de México. (n.d.). Zinacatepec: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México. Secretaría de Economía | Gobierno. Recuperado en abril 22, 2023, de <https://datamexico.org/es/profile/geo/zinacatepec#Industrias>
- [7] Hernández Sampieri, R., Baptista Lucio, P., y Fernández Collado, C. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- [8] INEGI. (n.d.). Compendio de información geográfica municipal 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- [9] INEGI. (2020). México en cifras. México en cifras. Recuperado en septiembre 28, 2022, de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21#collapse-Resumen>
- [10] International Products and Services. (n.d.). IMPORTANCIA DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN. IPS México. Recuperado en

enero 21, 2024, de <https://www.ipsmexico.com.mx/blog/importancia-de-los-centros-de-distribucion/>

- [11] Jiménez B., M., y Gómez A., E. (2014). Mejoras en un centro de distribución mediante la simulación de eventos discretos. *Industrial Data*, 17(2), 143-148. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640856017.pdf>
- [12] Juárez Ascencio, A. (2017). Central de Abasto Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo*, 1(1), 1-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=668070940014>
- [13] Juárez Ascencio, A. (2017). Central de Abasto Ciudad de México [Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo]. *Revista Latinoamericana de Antropología del Trabajo*. Recuperado en abril 25, 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=668070940014>
- [14] Mejía, A. H., WILCHES, A. M.J, Galofre, V. M, y Montenegro, Y. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución.
- [15] Plan de Desarrollo Estatal. (2020, marzo 5). Plan Estatal de Desarrollo. Plan Estatal de Desarrollo. Recuperado en octubre 2, 2022, de <https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Zinacatepec.pdf>
- [16] Scientia Et Technica,, XVI(49), 63-38. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922625011.pdf>
- [17] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019).
- [18] SIAP. Agroproductores. Recuperado en marzo 26, 2023, de <https://agroproductores.com/wp-content/uploads/2020/09/Puebla-Infografia-Agroalimentaria-2019.pdf>
- [19] SIAP. (2019). Infografía Agroalimentaria del Estado de Puebla. Recuperado en marzo 26, 2023, de <https://agroproductores.com/wp-content/uploads/2020/09/Puebla-Infografia-Agroalimentaria-2019.pdf>
- [20] Soto de la Vega, D., Vidal-Vieira, J. G., y Vitor-Toso, E. A. (2014). Metodología para localización de centros de distribución a través de análisis multicriterio y optimización. *Dyna*, 81(184), 28 - 35. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405004.pdf>
- [21] Torres Torres, F. (2011). El abasto de alimentos en México hacia una transición económica y territorial. *Problemas del Desarrollo*. *Revista*

*Latinoamericana de Economía*, 42(166), 68 - 84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11819777004>

[22] Zinacatepec. (n.d.). Zinacatepec: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública | Data México. Secretaría de Economía | Gobierno. Recuperado en abril 21, 2023, de <https://datamexico.org/es/profile/geo/zinacatepec#population-and-housin>

[23] PDM. (2021, abril 21). PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL. Plan Estatal de Desarrollo. Recuperado en abril 29, 2023, de <https://planeader.puebla.gob.mx/PDF/Municipales2020/Zinacatepec.pdf>



Isabel Ramírez Castro

Estudiante de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Actualmente cursando la Licenciatura en Administración en el Complejo Regional Sur.



Luis Antonio Pereda Jiménez

Ingeniero Industrial con especialidad en Calidad y Productividad, Maestro en Educación con especialidad en Orientación y Desarrollo Humano, Maestro en Administración, Doctor en Ciencias de la Educación.

Auditor líder certificado en sistemas de gestión integral. Reconocimiento de Perfil deseable (PRODEP) y reconocimiento del SNI nivel candidato.



Rosa María Mora-Morales

Maestra en Administración por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, doctorante en Ciencias de la Educación por el Centro de Investigación y Capacitación en Administración Pública.

Profesora Investigadora (PI) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Complejo

Regional Sur. Dueña del despacho contable Mora-Morales. Especializada en contabilidad e impuestos.

Certificada ante la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración. Cuenta con diversas publicaciones en Revistas Arbitradas e Indexadas, autora y coautora en capítulos de libros. <https://orcid.org/0000-0002-4185-8818>

Google académico: <https://scholar.google.com/citations?user=negH-80AAAAJ&hl=es>

Línea de Investigación Responsabilidad Social y Desarrollo Organizacional.

Edgardo Romero Gil



Administrador de empresas de profesión con Maestría en Administración. Docente Investigador de asignaturas en las áreas de Recursos Humanos, Mercadotecnia y Administración en la Benemérita Universidad

Autónoma de Puebla CRS, con línea de investigación: "Responsabilidad Social y Desarrollo Organizacional". Así como docente en la Universidad Interamericana para el Desarrollo (UNID). Ponente en congresos y conferencias a nivel Nacional e Internacional. Cuenta con publicaciones en revistas arbitradas y capítulos de libros. Con registro orcid <https://orcid.org/0000-0002-4075-1357>



# DESARROLLO DE METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD PARA SELLADO DE CONTENEDORES FLEXIBLES HERMÉTICOS UTILIZADOS EN TERAPIA RENAL



Chocoteco Ramírez, Eréndira Nayadanty. erendira.chocoteco@freseniusmedicalcare.com  
Posgrado CIATEQ; Maestría en Manufactura Avanzada. Zapopan, Jalisco, México.  
Ramón Cipriano, Filiberto. framon@ciateq.mx CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada. Querétaro, México.

## Abstract

Throughout this investigation, the underwater leak method was validated using a masking process for the identification of leaks in transverse seals. In turn, the film peeling method was verified by calculating the coefficient of variation between results obtained for the measurement of the sealing force. Both executions were carried out at the manufacturing site, collecting the results in records using Good Documentation Practices. The integration of these evaluations was carried out in order to implement the methodology as part of the quality control for the manufacture of hermetic containers for the storage and distribution of renal solutions.

**Keywords:** Seal Quality, flexible hermetic container, renal therapy.

## Resumen

A lo largo de esta investigación, se validó el método de fuga bajo el agua utilizando el proceso de enmascaramiento para la identificación de fuga en sellos transversales. A su vez, se verificó el método de desprendimiento de película calculando el coeficiente de variación entre resultados obtenidos para la medición de la fuerza del sellado. Ambas ejecuciones se realizaron en el sitio de manufactura recolectando los resultados en registros utilizando Buenas Prácticas de Documentación. La integración de estas evaluaciones se realizó con el objetivo de implementar la metodología como parte del control de calidad para la manufactura de contenedores herméticos para el almacenamiento y distribución de soluciones renales.

**Palabras clave:** Calidad de sellado, contenedores flexibles herméticos, terapia renal.

## Glosario

**AQL:** Nivel de calidad aceptado.

**Componente de los envases primarios:** Componente del envase que está en contacto directo o que puede entrar en contacto directo con el artículo.

**Control de calidad (QC):** El conjunto de procesos que aseguran que los lotes de producto mantienen condiciones consistentes para garantizar su eficacia y estabilidad a lo largo del tiempo.

**Enmascaramiento:** Acción y efecto de enmascarar.

**FDA:** La Administración de Alimentos y Medicamentos es la agencia del Gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos

biológicos y derivados sanguíneos.

**Sitio de manufactura:** Lugar donde se fabrica el producto.

**USP:** La Farmacopea de Estados Unidos (en inglés United States Pharmacopeia, USP) es la farmacopea oficial de los Estados Unidos, publicada junto con el National Formulary (formulario nacional de medicamentos) como la USP-NF.

**Validación:** Establecer mediante evidencia objetiva que un proceso produce consistentemente un resultado que cumple con especificaciones predeterminadas.

## Introducción

La diálisis es un tratamiento que se utiliza para filtrar los productos de desecho de la sangre cuando los riñones no funcionan correctamente (Centro médico de la Universidad de Maryland, s. f.).

Casi 4 millones de personas en el mundo viven con terapia de reemplazo renal (Durham, Julio 2020).

Principalmente existen tres alternativas para el tratamiento renal Hemodiálisis, Hemodiálisis Domiciliaria y Diálisis Peritoneal. Este artículo se enfoca en la evaluación de uno de los principales suministros requeridos para la realización de la hemodiálisis domiciliaria, la solución dializante compuesta por electrolitos.



Fig. 1. Hemodiálisis domiciliaria, utilizando contenedor de solución dializante (Nefrología de Valdecilla, noviembre 2020).

Esta solución es considerada un dispositivo médico en su registro ante FDA. El desarrollo

de este producto se proyecta al mercado estadounidense como parte de los objetivos comerciales de la empresa que lo produce.

Para garantizar la implementación exitosa del QC en los dispositivos médicos, es crucial identificar los atributos de calidad críticos para diseñar un sistema de control e implementar un monitoreo constante y preciso para que el producto cumpla con sus especificaciones.

Los principales atributos de calidad a verificar incluyen especificaciones físicas para la prevención de pérdida de humedad, evitar interacciones negativas entre la solución y el envase; además de asegurar la integridad de la solución mediante la protección contra microorganismos y partículas, así como la prevención de deformaciones o fracturas.

La evaluación adecuada del contenedor primario brinda confianza al sitio de manufactura para comercializar el producto. Por lo tanto, es necesario contar con procedimientos de evaluación que se adecuen a cada contenedor y material. En la Fig. 2, se muestra una imagen del producto, donde el contenedor primario se muestra lleno de la solución dializante y cubierto del contenedor secundario.



Fig. 2. Ejemplo de producto terminado.

## Objetivo General, Especificos e Hipótesis

### Objetivo general:

Validar/verificar los métodos físicos para determinar la calidad del sellado de un contenedor primario para terapia renal que cumpla con los criterios de aprobación de la FDA.

### Objetivos específicos:

1. Validación de método de fuga bajo el agua para verificación de sellado de contenedor primario.
2. Verificación de método de desprendimiento de película en el contenedor primario.

### Hipótesis:

Es posible determinar la calidad del sellado del contenedor primario, que cumpla con los requerimientos de aprobación de la FDA, utilizando los métodos de fuga bajo el agua y desprendimiento de películas.

### Planteamiento y Desarrollo

En conformidad con lo establecido en el capítulo 1207 de la USP 42, el cual se refiere a la evaluación de la integridad del envase de productos estériles; además, considerando los instrumentos existentes en el sitio de manufactura, se seleccionaron los dos métodos de evaluación siguientes.

El método de fuga bajo el agua se selecciona del desarrollo hecho por el sitio de manufactura para diversos contenedores flexibles, enfocado a revelar fugas mediante presurización interna manteniendo el volumen constante del contenedor a lo largo de la prueba. Su uso es factible en el contenedor primario a evaluar considerando la flexibilidad del material de manufactura. Por lo que, para acreditar su uso como un control en proceso, se debe cumplir con el criterio de validación como un atributo crítico, demostrando que es posible detectar el porcentaje de fugas en las muestras fabricadas.

El método de desprendimiento de película se basa en la metodología establecida en la ASTM-F88/F88M, ajustado parámetros para el tipo de contenedor. Por lo que, para acreditar su uso como control en proceso,

se procede a realizar una verificación, cumpliendo con los criterios de coeficiente de variación.

En la Fig. 3, se muestra el diagrama general de la metodología planteada donde se incluyen los dos métodos seleccionados.

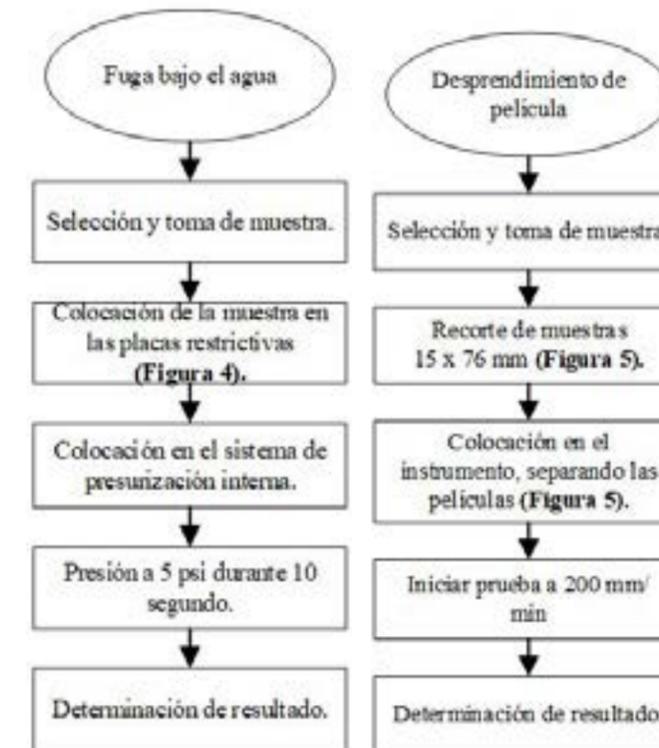


Fig. 3. Diagrama de flujo de métodos de verificación.

Utilizando ambos métodos se cumple el criterio de USP de evaluar fuerza de sellado e identificación de fugas.

### Metodología

#### Método de fuga bajo agua.

Este método utiliza una placa restrictiva donde se coloca el contenedor primario, como se muestra en la Fig. 4, dejando descubiertas las secciones selladas. La placa ayuda a mantener una presión constante. El envase lleno se somete a una presión específica, alrededor de 10 PSI, mientras se sumerge completamente en un recipiente con agua.

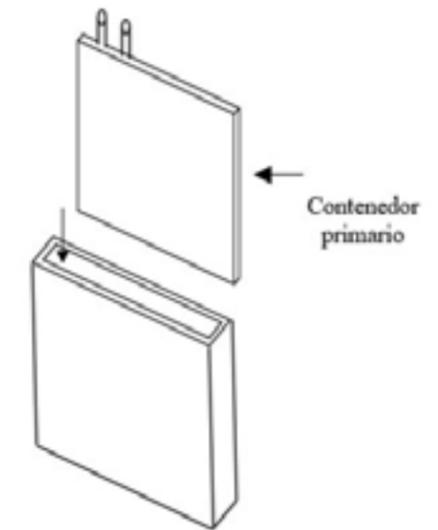


Fig. 4. Colocación de contenedor en placas restrictivas en el método de fuga bajo el agua.

La presencia de burbujas indica una posible fuga en el contenedor primario. Si no se detecta ninguna fuga, se considera que el contenedor primario ha pasado la prueba.

#### Método de desprendimiento de películas.

Este método utiliza un tensilometro que aplica una fuerza gradual y controlada a la muestra del material que se está evaluando. La muestra se sujeta adecuadamente y luego se somete a una fuerza de tensión hasta que alcanza el punto de ruptura o deformación permanente (Fig. 5).

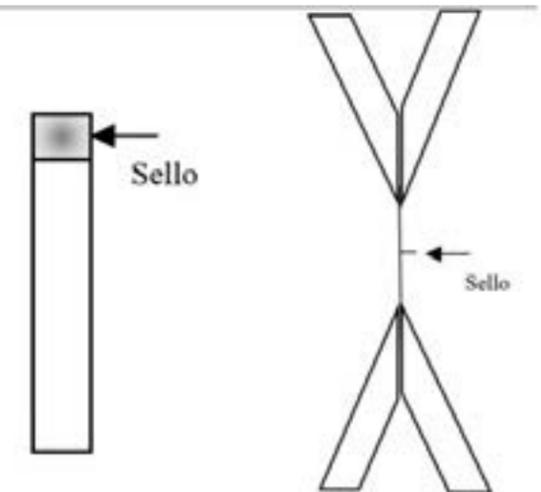


Fig. 5. Muestra y colocación para método de desprendimiento de película.

### Validación/ Verificación

El proceso de validación y verificación es dependiente al tipo de método a evaluar, alineando al propósito de esta investigación,

consideraremos métodos por variables y métodos por atributos.

### Método por atributos

Los atributos se definen como las cualidades o propiedades distintivas de la respuesta o dato, en el contexto de validación, se consideran aquellas respuestas cualitativas de un método.

La detección de fuga se considera una metodología por atributos debido a que la respuesta esperada se establecerá con un "pasa" o "no pasa".

La especificación esperada para los contenedores conformes es: No se debe observar ninguna burbuja proveniente de los sellos de la bolsa durante diez segundos.

El criterio de aceptación del método se establece en la Tabla I, donde se resume que todos los inspectores deben ser capaces de identificar los empaques no conformes sin tener ninguna falla.

No conforme		Conforme	
Número total de inspecciones	Fallas permitidas	Número total de inspecciones	Fallas permitidas
90	0	90	12

Tabla I.  
Criterio de aceptación método por atributos.

Esté método se considera dependiente del ejecutor, por lo que para demostrar que el entrenamiento proporcionado y la descripción del método es robusta y capaz de obtener resultados consistentes, la validación se ejecuta considerando tres operadores diferentes.

### 1)Elaboración de muestras

Tanto las muestras conformes como las muestras no conformes se manufacturaron en parámetros nominales del equipo de sellado, se elaboró un total de 28 contenedores. Posterior a la producción, en las muestras no conformes se generaron orificios en los puntos indicados en la Fig. 6. Un orificio por muestra hasta completar un total de 14 muestras.

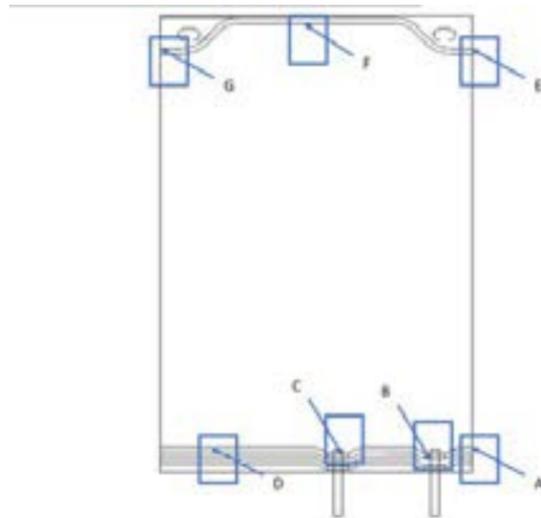


Fig. 6. Fugas generadas en contenedor primario.

Durante esta validación, participaron el administrador y los ejecutores. El administrador fue el responsable de realizar el enmascaramiento de muestras por lo que conocía la respuesta esperada previo a la ejecución. Los ejecutores no conocían la respuesta esperada, por lo que el dictamen se realizó con base a la observación cada ejecutor.

### Métodos por variables

Los métodos por variables son aquellos que obtienen como respuesta una magnitud que puede tener un valor cualquiera de los comprendidos en un conjunto.

El objetivo principal de la validación en un método por variables es demostrar que se obtiene un resultado consistente, ejecución tras ejecución. Por lo que, el criterio de aceptación se basa en el coeficiente de variación, considerando aceptable un valor menor al 10%. Para el cálculo del coeficiente de variación, se utilizó la herramienta estadística Minitab.

El desprendimiento de la soldadura se considera una metodología por variables debido a que la respuesta esperada se establecerá con un valor. Esta prueba se ejecuta en dos tipos de soldaduras, los bordes y las soldaduras de tubos.

La especificación esperada para los contenedores es 30 N/ 15 mm para bordes (Fig. 7) y 150 N para tubos (Fig. 8).

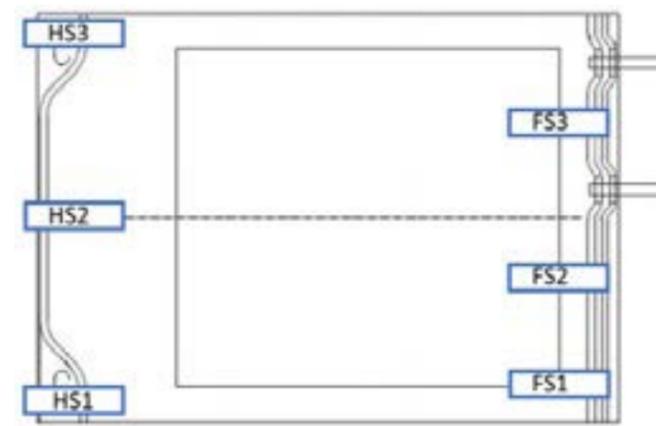


Fig. 7. Soldadura de bordes.

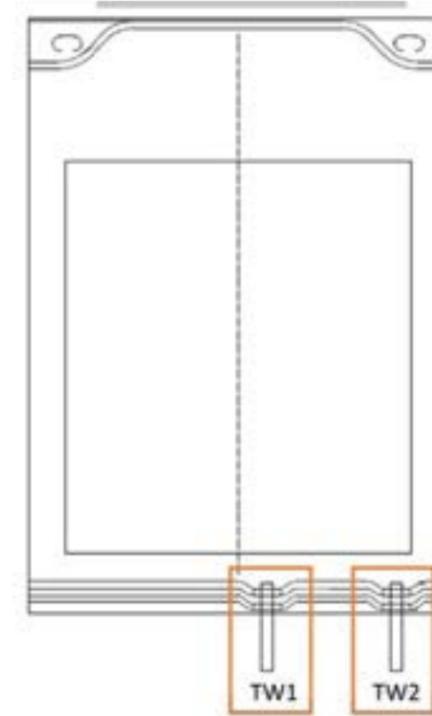


Fig. 8. Soldadura de tubos.

### 1)Elaboración de muestras

Las muestras se manufacturaron estableciendo 3 grupos de parámetros diferentes, mínimo, nominal y máximo. Se ejecutó la prueba en 10 muestras de cada parámetro.

### Resultados y Discusión

La ejecución de la validación y verificación se realizó posterior a la capacitación práctica de los tres ejecutores. Los resultados se documentaron en registros utilizando buenas prácticas de documentación.

### Resultados de método de fuga bajo el agua.

Con el objetivo de inspeccionar todos los puntos propuestos en la Fig. 6, se aumentó el número de inspecciones, excediendo en 46 inspecciones, las mínimas requeridas. La Tabla 2 presenta un resumen de los resultados.

Inspección	Ejecutor 1	Ejecutor 2	Ejecutor 3	Resultado Inspecciones
	Inspecciones/ fallas			
No conformes	42/ 0	42/ 0	42/ 0	126
Conformes	42/ 0	42/ 0	42/ 0	126

Tabla II.  
Resultados de ejecución.

### Resultados de método de desprendimiento de película.

Posterior a la recolección de datos, se realizó el análisis estadístico con el propósito de determinar el coeficiente de variación en cada punto de muestreo para cada parámetro.

Punto de muestreo	Máximo		Nominal		Mínimo	
	Promedio	CV	Promedio	CV	Promedio	CV
FS1	37.280	2.22	37.120	3.89	36.420	4.09
FS2	37.920	3.63	38.240	4.06	38.340	3.44
FS3	37.540	3.51	37.420	5.57	38.320	2.52
HS1	36.640	2.94	36.160	5.21	36.380	3.78
HS2	37.400	3.35	37.640	4.10	37.600	3.33
HS3	35.920	2.89	35.480	4.17	35.720	2.72
TW1	216.89	4.83	209.40	5.14	196.32	6.42
TW2	199.32	6.53	204.52	6.55	180.78	5.70

Tabla III.  
Análisis de resultados.

A través de la identificación de todos los contenedores no conformes, cumpliendo con el criterio de aceptación descrito en la Tabla I, se demuestra que la determinación del atributo "fuga" es detectable utilizando la metodología propuesta y con el entrenamiento práctico se obtienen resultados consistentes e independientes del ejecutor. Es decir, se detectan el 100% de las fugas cumpliendo con el requerimiento de hermeticidad.

Mediante la medición de la fuerza necesaria para realizar el desprendimiento de película,

se demuestra que la metodología propuesta cumple con el criterio de coeficiente de variación, demostrando estadísticamente que la metodología tiene una respuesta consistente.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, los métodos propuestos se consideran validados y verificados, cumpliendo así con los objetivos específicos de la investigación.

La implementación de ambos métodos, como parte de la evaluación del contenedor primario, demuestran la calidad del sellado y su capacidad para mantener y distribuir la solución en condiciones de hermeticidad. Con esto, se cumple la hipótesis planteada, que la metodología establecida es adecuada para evaluar la calidad del sellado del contenedor primario.

Esta metodología se integró al control de calidad, como parte de un proceso mayor, en el que se llevan a cabo diferentes procedimientos y pruebas que intervienen en la fabricación de la solución en el sitio de manufactura de la empresa que lo elabora.

Actualmente, el producto se encuentra en distribución y se han obtenido resultados satisfactorios durante su introducción en el mercado. En la Fig. 8, se muestran lotes de producto terminado preparados para su embarque



Fig. 8. Lotes de producto terminado preparados para su embarque.

Como trabajos futuros, de parte de la empresa, se buscará la retroalimentación de los clientes y usuarios de estos primeros

lotes de producción enfocándose a la mejora continua de los contenedores flexibles.

## Bibliografía

[1] **Types of Dialysis | Hemodialysis and Peritoneal Dialysis | Kidney Disease.** (s. f.). Recuperado 11 de agosto de 2024, de <https://www.umms.org/ummc/health-services/kidney/dialysis/types>

[2] **Hemodialysis vs Peritoneal Dialysis: Which is Right for You? - Durham Nephrology Associates, PA.** (2020, julio27). <https://www.durhamnephrology.com/hemodialysis-vs-peritoneal-dialysis/>

[3] **FDA Guidance for Industry: Container Closure Systems for Packaging Human Drugs and Biologics—ECA Academy.** (s/f). Recuperado el 24 de julio de 2022, de <https://www.gmp-compliance.org/guidelines/gmp-guideline/fda-guidance-for-industry-container-closure-systems-for-packaging-human-drugs-and-biologics>

[4] **USP 42 1207 Evaluación de la integridad del envase: productos estériles, oficial desde 01 ago 16,** [https://online.uspnf.com/uspnf/document/4\\_GUID-0AE321D5-158A-4B6F-8F2B-DB66B2342E95\\_1\\_es-ES?source=Search%20Results&highlight=1207](https://online.uspnf.com/uspnf/document/4_GUID-0AE321D5-158A-4B6F-8F2B-DB66B2342E95_1_es-ES?source=Search%20Results&highlight=1207)

[5] **El Servicio de Nefrología de Valdecilla incorpora la hemodiálisis domiciliaria portátil como opción terapéutica para sus pacientes (18 de noviembre del 2020).** [somosvaldecilla.](http://somosvaldecilla.weebly.com/3/post/2020/11/servicio-de-nefrologia-de-valdecilla.html) Recuperado 13 de noviembre de 2024, de <http://somosvaldecilla.weebly.com/3/post/2020/11/servicio-de-nefrologia-de-valdecilla.html>.

[6] **Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials.** (s. f.). Recuperado 25 de febrero de 2025, de [https://www.astm.org/f0088\\_f0088m-21.html](https://www.astm.org/f0088_f0088m-21.html)

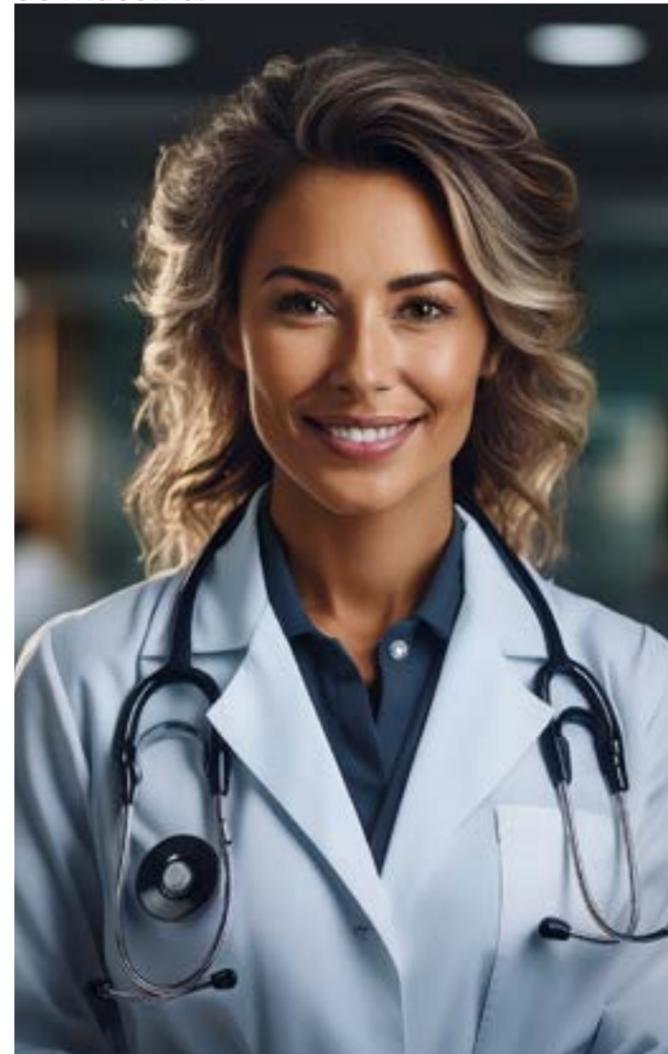


Erendira Nayadanty Chocoteco Ramírez, Ingeniera química graduada de la Universidad de Guadalajara en el 2018, egresada de la Maestría en Manufactura Avanzada en CIATEQ en el 2024. Inició su desarrollo en la industria farmacéutica en el 2018 y cuenta con 7 años de experiencia en desarrollo de sistemas de calidad e introducción de nuevos productos.



Filiberto Ramón Cipriano. Egresado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Celaya en el 2000, ha participado en proyectos de ingeniería, desarrollo tecnológico e investigación enfocados a la conceptualización, diseño y modernización de maquinaria de aplicación especial. También, ha desarrollado y liderado proyectos de nuevos productos y procesos especiales enfocados a la industria de manufactura.

En los programas de Maestría en Manufactura Avanzada, y Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos de Ingeniería de CIATEQ (Maestrías del Sistema Nacional de Posgrados de la SECIHTI), participa como director, asesor y revisor de tesis de alumnos de maestría.



# OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL TALLER MECÁNICO DE UNA GANADERA EN GUASAVE, SINALOA, A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA 5S

Alzate Espinoza Juan Héctor - [juan.ae@guasave.tecnm.mx](mailto:juan.ae@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Loredo Medina Raúl - [raul.lm@guasave.tecnm.mx](mailto:raul.lm@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave  
Osuna Estrada María Guadalupe - [L2025010062@guasave.tecnm.mx](mailto:L2025010062@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

## Abstract

The article deals with the importance of maintenance and document management for the optimization of maintenance in the mechanical workshop of the BEFOSA livestock farm in Guasave through the implementation of the 5S methodology. In Sinaloa, the livestock sector is crucial for economic stability, however, there are deficiencies in activities and maintenance management which hinders production. The document details the 5S methodology (Classify, Order, Clean, Standardize and Discipline) and its application in the workshop to improve organization, cleanliness and efficiency by conducting SWOT analyses and audits to evaluate implementation and results. The objective is to optimize maintenance processes to increase production efficiency in the livestock farm. With the implementation of 5S, a reduction in material search times is obtained, a decrease in the maintenance execution time of the equipment, an increase in the useful life cycle of the machinery, an increase in reliability and productivity efficiency, a reduction in maintenance and warehouse costs.

**Keywords:** Livestock farm, document management, maintenance, 5S methodology, optimization.

## Resumen

El artículo trata sobre la importancia del mantenimiento y la gestión documental para la optimización del mantenimiento en el taller mecánico de la ganadera BEFOSA en Guasave mediante la implementación de la metodología 5S. En Sinaloa, el sector pecuario es crucial para la estabilidad económica, no obstante, hay deficiencias en las actividades y gestión del mantenimiento lo que llega a entorpecer la producción. El documento detalla la metodología 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Disciplina) y su aplicación en el taller para mejorar la organización, limpieza y eficiencia mediante la realización de análisis FODA y auditorías para evaluar la implementación y resultados. El objetivo es optimizar los procesos de mantenimiento para aumentar la eficiencia productiva en la ganadera. Con la implementación de 5S se obtiene una reducción de tiempos de búsqueda de material, disminución del tiempo de ejecución de mantenimiento de los equipos, aumento del ciclo de vida útil de la maquinaria, incremento de la confiabilidad y eficiencia de productividad, reducción de los costos de mantenimiento y del almacén.

**Palabras clave:** Ganadera, gestión documental, Mantenimiento, Metodología 5S, Optimización.

## Introducción

Desde tiempos remotos México se ha caracterizado por ser un país rico en biodiversidad debido a la gran variedad de ecosistemas y climas que han permitido la existencia de diferentes especies de fauna y flora ubicadas dentro del territorio

nacional, motivo por el cual las actividades del Sector Primario que comprende la agricultura, ganadería, pesca, minería y explotación forestal, representan una parte fundamental de la economía de toda la república. De acuerdo con el Panorama Agroalimentario 2018-2024 presentado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en conjunto con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el sector agropecuario y pesquero generó 298.9 millones de toneladas de productos lo que representó un valor de 1 billón 596 mil 907 millones de pesos, de los cuales 626 miles de millones de pesos se produjeron del sector pecuario en base al volumen de 25.1 millones de toneladas que se generaron para 2024. [1]

La ganadería se comprende como la actividad de criar, cuidar y reproducir animales domésticos para su comercialización y producción de alimentos básicos para el consumo diario, lo cual hace que sea un campo laboral relevante en cada región del país. En el estado de Sinaloa el sector pecuario es el tercer subsector de mayor importancia a nivel estatal, para el 2023 aportó al total nacional el 3.5 % con 786 mil 758 toneladas y por valor de producción del 3.0 % con 18 mil 560 millones de pesos, de esto último el municipio de Guasave contribuyó con el 10.8% de toneladas de ganado ovino y el 11.36 % de toneladas del caprino representando el valor de 10.67 % y 11.36 % de miles de pesos respectivamente. Además, de productos como leche de bovino con 11.61 % de toneladas de producción que generó el valor de 11.69 % de miles de pesos y el huevo de plato que produjeron alrededor de 1.77 % toneladas lo que significó el 1.75 % de miles de pesos de ingresos. (CIEGSIN, 2024). [2].

La producción ganadera es esencial para la estabilidad económica de Sinaloa, esto quiere decir, la industria pecuaria debe tener un buen control en la gestión de todos sus procesos, los productos y la maquinaria o equipos que se utilizan en las tareas diarias, es sabido que se cuenta con un gran manejo de los dos primeros puntos ya que para las exportaciones e importaciones se necesitan cumplir con diferentes certificaciones y

normativas de higiene y calidad de cada región, siendo la ISO 9001 la más conocida a nivel mundial y la principal norma de calidad que debe cumplirse para poder comercializar de manera internacional verificando que el estado de los productos estén alineados a los estándares de salud y consumo, así como los precios en que se ofertan estas mercancías que son fundamental en la competitividad de la empresa y en la satisfacción al cliente. (Reyes-Chacón et al., 2022[3]). También, otra cuestión que se debe cuidar en los procesos de producción es la sostenibilidad con la que se hace el producto incluyendo el tratamiento de los materiales y residuos en cada etapa de la cadena de suministros, el uso responsable de electricidad y agua en cada fase, la moderación en la adquisición de las materias primas, entre otros.

Entonces, qué sucede con los equipos y maquinaria, para ello se tiene el departamento de mantenimiento que es de vital importancia para preservar la durabilidad y confiabilidad de los mismos durante su operatividad en la ganadera. Sin embargo, no solo se trata de realizar revisiones programadas y reparaciones a los equipos, que es lo habitual en actividades de mantenimiento, sino que se procura contar con una gestión documental de todas esas tareas lo que facilita una mejor planificación, programación, ejecución y verificación de las estrategias y procesos de mantenimiento que lleva a cabo la empresa con el fin de incrementar el ciclo de vida útil de cada activo físico, reducir los costos de producción, asegurar la confiabilidad y disminuir los riesgos de accidentes laborales, puesto que una mala gestión trae consigo una pérdida de dinero, recursos y tiempo ocasionado por paros inesperados debido a una falla en la maquinaria resultado de una insuficiente implementación de mantenimiento que termina afectando de forma negativa a la eficiencia productiva de la organización e incluso llevar a la quiebra total de la misma. (Solís-Meza et al., 2021). [4].

Por lo tanto, es fundamental contar con una administración de mantenimiento en cualquier empresa incluyendo las del sector

pecuario que a pesar de no utilizar muchos equipos y sistemas automatizados las tareas de mantenimiento son necesarias para evitar contratiempos en la producción, sin embargo, en Sinaloa y sobre todo en regiones como Guasave existen deficiencias en las actividades de revisión y reparación ya que el enfoque que utilizan es el mantenimiento correctivo no programado y el registro del mismo es demasiado pobre o inexistente en las ganaderas debido a la falta de uso de documentación adecuada para llevar un seguimiento del estado actual de los equipos, lo que puede traer a la larga más problemas por paradas en la producción y gastos innecesarios para repuestos o maquinaria nueva que por el mal manejo que se les da reduce de manera significativa la durabilidad y confiabilidad de los activos físicos.

En este caso, en el taller mecánico de la ganadera BEFOSA en Guasave se buscará la implementación de la metodología de las 5S con el fin de obtener una gestión documental actualizada y preservar en condiciones toda el área de trabajo, es decir, que aparte de cuidar los activos físicos también es necesario mantener limpia y despejada las instalaciones para evitar retrasos y complicaciones que pueden poner en riesgo la integridad del personal, de tal forma que, mejore la eficiencia de los procesos de mantenimiento. Por ello, este artículo busca presentar una aplicación de la metodología 5S para optimizar los procesos de mantenimiento que se realizan en una ganadera y de ese modo aumentar la eficiencia productiva de la misma.

## Marco Teórico

### A. Mantenimiento en la Industria Ganadera

El mantenimiento no tiene una definición única, de hecho diferentes autores que en base a sus propias investigaciones y conclusiones lo han definido de muchas maneras que al final van al mismo punto que es mantener en buen estado un equipo, aunque en la realidad no es solo eso, el mantenimiento se comprende como todas las actividades, recursos, estrategias, metodologías y procesos necesarios para mantener en óptimas

condiciones los diversos instrumentos, herramientas, maquinarias, equipos, dispositivos e instalaciones que son requeridos en las tareas de una empresa con el fin de aumentar su durabilidad, confiabilidad y eficiencia productiva. En la actualidad se conocen diferentes tipos de mantenimiento, que dependiendo de las necesidades de la organización, son los enfoques que se implementan en el área de mantenimiento de cualquier empresa, aunque, los tipos más básico que hay son el correctivo, preventivo y predictivo; el mantenimiento correctivo se entiende por el conjunto de acciones necesarias para la realización de reparaciones o cambios de emergencia en los distintos equipos y sistemas de una empresa cuando estos fallen, lo que caracteriza a este enfoque es que no requiere de estudios y herramientas muy sofisticadas para implementarlo, es de baja inversión a corto plazo, busca sacar el máximo provecho de los sistemas en cuanto a su ciclo de vida útil, en otras palabras, es el más adecuado para establecimientos que requieren poco mantenimiento. (Medina, 2022).[5]

En cuanto al mantenimiento preventivo queda definido como el conjunto de operaciones y labores necesarios para que un sistema pueda seguir funcionando con confiabilidad evitando la falla, es decir, que se planifiquen o se programen adecuadamente tanto en la forma como el tiempo de ejecución. La esencia del mantenimiento preventivo:

Radica en la realización de inspecciones regulares, ajustes y sustitución de componentes antes de que surjan problemas significativos. Este enfoque proactivo no solo reduce los tiempos de inactividad no planificados, sino que también prolonga la vida útil de los equipos, optimizando su desempeño y, por ende, elevando el OEE de la fábrica. La inversión anticipada en el mantenimiento se traduce en un retorno tangible a medida que la maquinaria opera de manera más constante y eficiente. (Zamora, 2024). [6].

Por último, el mantenimiento predictivo de acuerdo a Suazo (2025): "es una estrategia

proactiva que utiliza tecnologías avanzadas para monitorear el estado y el rendimiento de los equipos en tiempo real, con el objetivo de anticipar fallas antes de que ocurran". [7]. A diferencia de los otros 2 el enfoque predictivo analiza datos específicos de los equipos utilizando herramientas de monitoreo real como sensores y algoritmos de inteligencia artificial, lo permite realizar con mayor precisión los diagnósticos a los sistemas y que facilita el seguimiento de medición.

### B. Gestión Documental en la Agroindustria

La Gestión Documental se entiende como el proceso integral que se encarga de la organización, almacenamiento, administración y control de la documentación de una empresa con el fin de garantizar su disponibilidad, seguridad y correcta utilización, ya que estos son necesarios en diferentes áreas de la organización para contar con un historial de registros de las actividades que se realizan, las ordenes de trabajo, personal contratado, tratados comerciales, inventarios de entrada/salida de materiales, herramientas, equipos y dinero, entre otras, que son útiles para auditorías y análisis de procesos de la empresa. El uso de tecnologías y la digitalización de documentos son parte esencial en la gestión documental puesto que se optimiza la localización y extracción de información, reduce los costos de almacenamiento en archivero u otro mobiliario, tiene más accesibilidad y es más fácil de guardar evitando extravíos y daños de documentos que se almacenan en físico. (Suárez et al., 2021). [8]

Entonces, la gestión documental en la industria ganadera es la administración de registros precisos y detallados de todas las actividades relacionadas con la crianza y el cuidado de los animales, esto permite a los productores tener información actualizada sobre el estado de su ganado, lo que les ayuda a tomar decisiones informadas para mejorar la productividad y rentabilidad de su negocio. Mantener este tipo de documentación es esencial para garantizar la trazabilidad, optimizar la producción, mejorar la salud y el bienestar

de los animales, facilitar la toma de decisiones estratégicas y cumplir con los requisitos legales y de calidad exigidos en la industria, que a su vez permite obtener las certificaciones necesarias mediante auditorías a la empresa.

### C. Modelos Teóricos Aplicables

El mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en

inglés) es un conjunto de iniciativas estratégicas centradas en mantener y mejorar los sistemas de producción y calidad a través de las máquinas, equipos, procesos y empleados que agregan valor a una organización, es decir, es un enfoque innovador del mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo, elimina las averías y promueve el mantenimiento autónomo por parte de los operadores con el objetivo de eliminar el tiempo de inactividad de los activos físicos y la producción. (Canahua-Apaza, 2021). [9]

De esta forma, se puede decir que el TPM es una técnica de administración de la producción que posibilita la garantía de producir productos con calidad, a menores costos y en el momento necesario. El TPM se basa en ocho pilares, (Tavares, 2020):

1.-Mantenimiento preventivo. Se requiere de estandarizar y planificar todas las actividades de mantenimiento estableciendo la importancia del control de los activos, los diagnósticos y técnicas de seguimiento.

2.-Mejoras individuales de los equipos. Establecer condiciones óptimas de operación y eficiencia de los sistemas.

3.-Proyectos MP/LCC. Disponer de evaluaciones de las decisiones de adquisición de activos y de los análisis de mantenimiento en base a su ciclo de vida, disponibilidad, confiabilidad y costos.

4.-Educación y capacitación. Planificar la capacitación de operadores, encargados de mantenimiento y profesionales que puedan adquirir las habilidades requeridas del TPM.

5.-Mantenimiento de la calidad. Establecer

los parámetros de ejecución, evaluación y seguimiento de la calidad del servicio de mantenimiento en los equipos.

6.-Control administrativo. Implementar las metodologías de: las 5S en áreas administrativas; Just In Time para áreas de compra y materiales; Kaban para el control de materia prima, herramientas y repuestos; Cuadro de Gestión Visual en los depósitos y técnicas de optimización.

7.-Medio ambiente, seguridad e higiene. Establecer las políticas y normativas de prevención de accidentes, y evaluaciones de factores referentes a la higiene, seguridad y sostenibilidad de los procesos realizados.

8.-Mantenimiento autónomo. Se trata de cuidar y mantener en un buen estado de los equipos, además, del área de trabajo. También, hace alusión a que los operadores contribuyan en el mantenimiento del activo del que son responsable, este en óptimas condiciones. [10].

Por su parte, el Lean Maintenance es una operación de mantenimiento proactivo que emplea actividades de mantenimiento planificadas y programadas que implementa estrategias del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), utilizando prácticas de las 5S, la mejora continua, el uso de sistemas computarizados, análisis de causa-raíz y la metodología JIT, con el objetivo de reducir e inclusive eliminar los desperdicios que hacen ineficiente la operación de los equipos, que representa un gran problema para la empresa sino se resuelve adecuadamente ocasionando pérdidas monetarias y de recursos significativos. La aplicación de este enfoque permite una mayor optimización de los procesos de mantenimiento generando una reducción de los gastos que se hacen para ejecutar estas actividades, disminución en los tiempos de ejecución, incrementa la eficiencia productiva, aumenta la disponibilidad y confiabilidad de los equipos a alargando su ciclo de vida útil. (Toro, 2021). [11]

El Lean Maintenance se caracteriza por ser un conjunto de 5 principios:

Son los siguientes: 1) Generar valor al

cliente. Identificar las actividades, la planeación y personal de mantenimiento requerido para atender los requisitos del cliente; 2) Comprender el funcionamiento del proceso y métodos que añaden valor a mantenimiento. Las áreas de mantenimiento deben conocer muy bien el proceso sobre el cuál ellos interactúan y los métodos de la forma como intervienen los equipos en el momento requerido; 3) Facilitar el flujo de trabajo aplicando metodologías apropiadas; 4) Mantenimiento pull para garantizar el just in time (cumplimiento de los tiempos de entrega por reparación). El cumplimiento de los tiempos de entrega por reparación debe ser lo más ajustado posible porque de esto depende muchas decisiones que debe tomar manufactura; 5) La perfección a través de la mejora continua. (Betancourth, 2025). [12].

Con lo anterior, queda claro que el Lean Maintenance es una combinación de diferentes sistemas, procesos y filosofías para que se obtengan resultados favorables en los procedimientos de mantenimiento en general, entonces, ¿Cómo se tiene que aplicar en la empresa?, bueno, gracias a (Chan, 2024 [13]) se tiene el siguiente proceso de implementación: 1) Emplear el enfoque de mantenimiento proactivo para prevenir las fallas en los sistemas y reducir costos a largo plazo; 2) Utilizar un Sistema de Gestión de Mantenimiento Informatizado (GMAO) con el fin de llevar un control y seguimiento de la documentación de las ordenes de trabajo y resultados del mantenimiento; 3) Contar con una lista actualizada del inventario de activos físicos para planificar los programas de reparación o revisión, solicitar repuestos y en la asignación de equipos de mantenimiento; 4) Capacitación de los operarios en referencia a las estrategias y metodologías del Lean Maintenance para que sean aptos de hacer las operaciones de mantenimiento sin perjudicar a los sistemas y herramientas. En resumen, el mantenimiento Lean tiene que ser totalmente planificado, controlado y evaluado para ir en búsqueda de la mejora continua de los procesos de mantenimiento que se realizan, además, las estrategias deben ser funcionales a largo plazo. De esa manera, la vida útil de los activos y factores

como la confiabilidad y disponibilidad aumentan mejorando la productividad evitando pérdidas de todo tipo.

Una de las herramientas más esenciales del TPM y del Lean Maintenance es la Metodología 5S la cual hace alusión a la importancia de mantener un orden, limpieza y estandarización de las áreas de trabajo para que se encuentren en óptimas condiciones logrando un mejor ambiente laboral, aumento de eficiencia productiva y rentabilidad de la empresa. Esto permite la simplificación de procesos, la adopción de una cultura de mejora continua y del TPM en el que los operadores y técnicos del área de producción en conjunto con el personal encargado del departamento de mantenimiento se involucren en las actividades de preservación de los equipos y del entorno de trabajo. Como tal, la Metodología 5S corresponde a 5 palabras de origen japonés que son fundamental en el desarrollo de cualquier proceso, recibe el nombre de 5S porque cada término inicia con la letra S. (Calderón-Gonzales, 2019). [14].

A continuación, se mostrarán las palabras clave de la Metodología 5S, (Fernández-Paima et al., 2018[15]):

☒ Seiri (Clasificar). Consiste en la clasificación, selección y eliminación de todos los elementos innecesarios y que no se requieran para realizar las actividades labores, con el objetivo de mantener lo justo y exacto de lo que se necesita con la finalidad de facilitar la visibilidad y circulación de recursos o documentos, además, eliminar la costumbre de almacenar diferentes objetos que no tienen funcionalidad alguna en el área de trabajo correspondiente. Con esto, se evitan crear stocks innecesarios que hacen más problemas como retrasos y limitaciones del espacio lo que puede ocasionar pérdidas de tiempo y dinero, también, provocar accidentes; el Seiri permite una mejor distribución de materiales, reducción de tiempos de búsqueda y entrega, y aumentar el espacio eliminando los desperdicios.

☒ Seiton (Ordenar). Establecer la manera en que se ubicaran e identificaran cada

recurso necesario en las tareas productivas, para que sea sencillo y rápido encontrarlos, usarlos y reponerlos, es decir, que cada objeto permanezca en su lugar asignado y los que sean del mismo tipo estén en un solo espacio, en otras palabras, que las cosas no se encuentren dispersas en diferentes lados. Con ello, se eliminan tiempos de búsqueda, incrementando la velocidad de respuesta, mejora la seguridad del personal evitando tropezones, choques o caídas, asimismo, se minimizan pérdidas de material por errores de ubicación.

☒ Seiso (Limpiar). Consiste en eliminar todo rastro de polvo y suciedad en cada uno de los activos físicos y de las instalaciones, esto implica inspeccionar a los equipos durante los procesos de limpieza de tal forma que sea posible detectar fallas, averías o fugas en la maquinaria. Seiso sugiere mantener limpio el lugar de trabajo y establecer un procedimiento de limpieza que evite o disminuya la suciedad en el área laboral y afecte la productividad, esto ayuda a prolongar la vida útil de los activos, aumentar su funcionalidad y reducir los gastos de reparaciones.

☒ Seiketsu (Estandarizar). Se define como la fase de conservar y mejorar el estado óptimo de las tres primeras S mediante el establecimiento de normativas que permitan incrementar los niveles de eficiencia del lugar de trabajo, en otras palabras, el seiketsu es la creación de hábitos que ayuden a mantener el área laboral en perfectas condiciones mediante la selección, orden y limpieza. De ese modo, se crea un ambiente adecuado para realizar las actividades diarias, se evitan errores que resulten en riesgos o accidentes laborales innecesarios en un futuro, y con ello, mejora el bienestar del personal que se desempeña en un espacio limpio y libre de agentes patógenos.

☒ Shitsuke (Disciplina). Convertir en un hábito la utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo, esto quiere decir, que se establecen, aplican y evalúan los procedimientos que se realizan e identificar las áreas de oportunidad con el

fin de mantener y mejorar constantemente la organización y limpieza del entorno laboral, creando así una cultura de respeto y cuidado de los recursos, el cumplimiento de las normativas y el respeto entre el personal. Esto fomenta un ambiente adecuado para que los empleados puedan desarrollar sus labores y sean conscientes del manejo de los materiales que usarán y de los equipos utilizarán para la terminación de estas tareas, también, genera una ideología de buscar la mejora continua de cada uno de sus procedimientos y así aumentar la eficiencia productiva de toda la empresa.

### Metodología

En base a la información presentada en la sección II, la implementación de la metodología 5S en la ganadera BEFOSA sería de la siguiente manera:

☒ Primero, se necesita realizar un análisis de las condiciones en las que se encuentra el taller mecánico de la ganadera, este estudio comprende el estado actual de los equipos, la cantidad total de activos disponibles que hay en la empresa, el personal con el que cuenta, la organización de los recursos, la limpieza del área, etc.

☒ Segundo, con la información recopilada se deberá realizar un análisis FODA, como se muestra en la fig. 1, para identificar las fortalezas y debilidades que hay en la ganadera, como las oportunidades

Fig. 1. Formato de Matriz FODA; Fuente: Elaboración propia.

de mejora y amenazas que pueden ocurrir sino se trabajan esas debilidades.

☒ Tercero, una vez completado el FODA de la empresa se tiene que hacer una matriz de evaluación para medir el impacto que pueden ocasionar los factores internos y

Fig. 2. Formato de la Matriz de evaluación de los factores internos y externos; Fuente: Elaboración propia

externos de la ganadera, tal como se ilustra en la fig. 2.

Cuarto, después de evaluar los factores y continuando con la información del FODA se deberá proponer estrategias que ayuden a mitigar las amenazas que pueden traer las debilidades de la empresa, y las estrategias

Fig. 3. Formato de la Matriz de Estrategias; Fuente: Elaboración propia.

que alcanzarán las oportunidades que ofrece las fortalezas de la ganadera, utilizando el formato de la fig. 3.

Quinto, se realizarán los planes de acción

Fig. 4. Formato de los planes de acción de las estrategias; Fuente: Elaboración propia.

que tomará la organización para lograr implementar las estrategias establecidas del punto anterior, para ello, se usará el formato mostrado en la fig. 4.

Sexto, una vez finalizado el análisis FODA se desarrollará un diagrama Ishikawa para comprender mejor los efectos que provoca la desorganización y poca limpieza en el área de trabajo, esto se explica más en la fig. 16.

Séptimo, se deberá examinar la cantidad de elementos con los que cuenta el taller con la finalidad de aplicar el seiri, es decir, hacer una clasificación de todos los recursos que son necesarios para ejecutar las actividades de mantenimiento eliminando todos los objetos que no pertenezca al área o sean innecesarios.

Octavo, luego de separar los recursos se determinará los espacios donde se ubicará cada elemento en los lugares adecuados para que sea más fácil de buscarlos cuando se requieran en el taller permitiendo a la vez que el entorno este despejado y no haya accidentes o retrasos en el área. En otras palabras, el seiton (orden) consiste en organizar de manera estratégica todos los activos que tiene esa zona de la empresa.

Noveno, se definirán los métodos de limpieza eficaces para mantener sin polvo o suciedad la instalación y de cada equipo que se encuentre dentro del área con el

objetivo de contar con higiene en el lugar y evitar acumulaciones de desperdicio que pueden perjudicar la productividad de la maquinaria. En resumen, se aplicará el seiso (limpiar).

Décimo, se establecerán las normativas o estándares que deberán cumplir la clasificación y organización de equipos, herramientas y mobiliario que tiene el taller, y de las técnicas de limpieza para incrementar la productividad y conservar en óptimas condiciones el lugar de trabajo. Se pone en práctica el seiketsu (estandarizar).

Onceavo, se determinarán las estrategias para contar con un shitsuke (disciplina) en el área de trabajo fomentando un hábito de tener siempre en óptimas condiciones la estación de trabajo y para que esto se mantenga se necesita tener orden y limpieza.

Después, con el apoyo de un formato denominado Auditoría 5S se evaluará la implementación de las 5S en todo el taller en general. Tal como se visualiza en la fig. 5.

Área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INSTRUCCIONES: (Escribir cada atributo en una ficha de 4 a 10 en donde 1 es no satisfactorio y 10 muy satisfactorio)										
SEPARAR / CLASIFICAR / ORGANIZAR										
¿El material que se encuentra en el escritorio está ordenado?										
¿Existen los artículos en su lugar asignado?										
¿Cualquier artículo en su lugar en el momento en que se lo necesite?										
¿Muebles en la oficina que no deberían estar?										
¿Los archivos/hojas en sus carpetas organizadas?										
¿Se deberían guardar en su lugar?										
¿Se encuentran más de 3 artículos personales en el lugar de trabajo?										
¿La información en las pizarras se actualiza y organiza?										
Limpieza										
¿El área de encuentro tiene de basura, comida?										
Estandarizar										
¿Hay orden y estandarización de las carpetas en escritorio?										
Disciplina										
¿El área de encuentro tiene de almacenamiento que impide el paso?										
¿En general, consideras que el lugar de trabajo está limpio y organizado?										
¿El personal cumple el plan de la institución?										

Fig. 5. Formato de la Auditoría de 5S; Fuente: Elaboración propia.

Por último, se elaborará un informe presentado los resultados obtenidos a través de estos formatos, identificando los puntos de mejora.

## Resultados

De acuerdo con la implementación de los formatos mencionados en la sección anterior, que cabe resaltar se elaboraron mediante la aplicación de Excel, a continuación, se mostrarán los resultados de los documentos completados, en las

siguientes figuras, y algunas gráficas que se realizaron en base al análisis de los datos obtenidos de los formatos:

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 1		Fecha: 24/09/2025	
MATRIZ FODA											
ANÁLISIS INTERNO	F1	Disponibilidad de herramientas y equipo	D1	Desorden en el área de trabajo							
	F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	D2	Falta de cultura de mantenimiento preventivo							
	F3	Espacio adecuado para el taller de trabajo	D3	Acumulación de materiales y desperdicio en el suelo							
	F4	Fuerza de trabajo continua por parte de la empresa	D4	Falta de estandarización en los procesos de mantenimiento							
	F5	Presencia de operarios capacitados en el programa de mantenimiento preventivo	D5	Falta de estandarización en los procesos de mantenimiento							
ANÁLISIS EXTERNO	O1	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	A1	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial							
	O2	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	A2	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial							
	O3	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	A3	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial							
	O4	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	A4	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial							
	O5	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	A5	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial							

Fig. 6. Análisis FODA llenado con los datos correspondientes; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 2		Fecha: 24/09/2025	
Matriz de Evaluación de Factores Internos											
Evaluación	TPO	N	Descripción	Importancia	Urgencia	Tendencia	Puntaje				
Factores Internos (FI)	Preventivo	F1	Disponibilidad de herramientas y equipo	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	F2	Disponibilidad de herramientas y equipo	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	F3	Espacio adecuado para el taller de trabajo	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	F4	Fuerza de trabajo continua por parte de la empresa	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	F5	Presencia de operarios capacitados en el programa de mantenimiento preventivo	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	O1	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	O2	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	O3	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	O4	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Internos (FI)	Preventivo	O5	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				

Fig. 7. Primera parte de la Matriz de Evaluación de factores internos; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 3		Fecha: 24/09/2025	
Matriz de Evaluación de Factores Externos											
Evaluación	TPO	N	Descripción	Importancia	Urgencia	Tendencia	Puntaje				
Factores Externos (FE)	Preventivo	O1	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	O2	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	O3	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	O4	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	O5	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	A1	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	A2	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	A3	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	A4	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				
Factores Externos (FE)	Preventivo	A5	Presencia de la alta dirección a nivel empresarial	Alta	Alta	Alta	45				

Fig. 8. Segunda parte de la Matriz de Evaluación de factores externos; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 4		Fecha: 24/09/2025	
Matriz de Estrategias											
Factores Internos	Factores Externos	Fortalezas (F)	Debilidades (D)	Oportunidades (O)	Amenazas (A)						
F1	O1	F1O1	D1O1	O1F1	A1F1						
F2	O2	F2O2	D2O2	O2F2	A2F2						
F3	O3	F3O3	D3O3	O3F3	A3F3						
F4	O4	F4O4	D4O4	O4F4	A4F4						
F5	O5	F5O5	D5O5	O5F5	A5F5						

Fig. 9. Primera parte de la Matriz de Estrategias; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 5		Fecha: 24/09/2025	
Matriz de Estrategias (Continuación)											
F6	O6	F6O6	D6O6	O6F6	A6F6						
F7	O7	F7O7	D7O7	O7F7	A7F7						
F8	O8	F8O8	D8O8	O8F8	A8F8						
F9	O9	F9O9	D9O9	O9F9	A9F9						

Fig. 10. Segunda parte de la Matriz de Estrategias; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 6		Fecha: 24/09/2025	
Planes de Acción											
Tipo de estrategia	Descripción estrategia	Planes de acción	Responsable	Inicio	Fin	Estado					
F1O1	Optimización del inventario de herramientas y equipo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F2O2	Disponibilidad de herramientas y equipo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F3O3	Espacio adecuado para el taller de trabajo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F4O4	Fuerza de trabajo continua por parte de la empresa	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F5O5	Presencia de operarios capacitados en el programa de mantenimiento preventivo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					

Fig. 11. Primera parte del formato de los Planes de Acción; Fuente: Elaboración propia.

Log de la empresa		ANÁLISIS FODA		Código: 0		Versión: 0		Página: 7		Fecha: 24/09/2025	
Planes de Acción (Continuación)											
Tipo de estrategia	Descripción estrategia	Planes de acción	Responsable	Inicio	Fin	Estado					
F6O6	Disponibilidad de herramientas y equipo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F7O7	Disponibilidad de herramientas y equipo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F8O8	Espacio adecuado para el taller de trabajo	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					
F9O9	Fuerza de trabajo continua por parte de la empresa	1. Realizar inventario de herramientas y equipo. 2. Clasificar herramientas y equipo por uso. 3. Etiquetar herramientas y equipo.	Juan Pérez	2025-09-25	2025-10-15	En proceso					

Fig. 12. Segunda parte del formato de los Planes de Acción; Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior fue la información obtenida del análisis DAFO de la ganadera BEFOSA comprobando las acciones que realiza bien la empresa y los aspectos que debe mejorar para evitar el impacto que provocara los factores internos y externos sea perjudicial para la eficiencia productiva de los equipos.

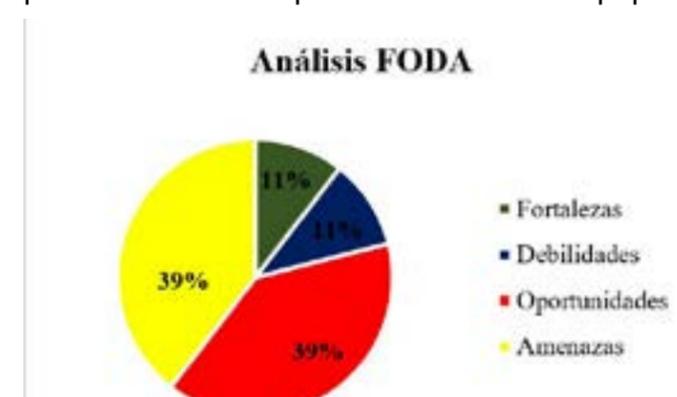


Fig. 13. Gráfica del Análisis FODA; Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis FODA realizado la ganadera, se determinó que los factores externos son lo de mayor relevancia en la empresa ya que las amenazas y oportunidades representan el 39 % cada una, mientras, los factores internos como las fortalezas y debilidades obtienen apenas el 11 % respectivamente.



Fig. 14. Gráfico Radar FODA; Fuente: Elaboración propia.

La puntuación que se obtiene de los factores internos que comprende las fortalezas y debilidades es de 60, mientras que, los factores externos como oportunidades y amenazas tiene un puntaje de 225, lo cual indica que hay un balance entre los factores internos que es una situación favorable. También, los externos tienen la misma magnitud lo cual es bueno para la empresa.

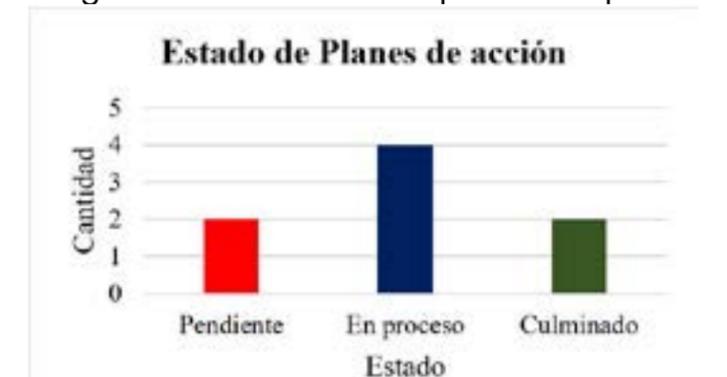


Fig. 15. Gráfica de Estados de Planes de Acción; Fuente: Elaboración propia.

La gráfica anterior indica el estado de implementación de los planes de acción que se desarrollaron para cumplir con las estrategias establecidas. 2 planes están pendientes de aplicarse, 4 están en proceso de ejecución, y 2 se han culminado por completo.



las estrategias y planes de acción que se deberán seguir para reducir las amenazas que a futuro tendrían consecuencias muy grandes e inevitables, por ello, fue necesario conocer que acciones están haciendo bien la ganadera y que oportunidades pueden favorecer su crecimiento a nivel productivo y económico para alinearse a los planes establecidos con anterioridad.

La implementación de 5S en el taller mecánico fue fundamental para incrementar la eficiencia productiva de las tareas de mantenimiento ya que el desorden y poca limpieza son aspectos que terminan perjudicando la ejecución de los procesos de mantenimiento por retrasos en la búsqueda de herramientas y repuestos, y la acumulación de suciedad puede influir en las revisiones de los equipos al momento de querer identificar fallas o fugas en algunos sistemas, lo cual reduce la vida útil de los activos, también, el desorden de instrumentos y maquinaria puede provocar lesiones por golpes en los objetos o tropiezos que terminan en caídas. Por ende, es necesario tener el entorno de trabajo despejado, organizado y limpio para evitar contratiempos que para la empresa significa pérdida de dinero, y con la aplicación de 5S que se hizo se obtuvo un promedio general de 7.62 que es algo bajo pero es un buen avance que se tiene que seguir trabajo en el taller para alcanzar una mejora en la eficiencia productiva del mantenimiento al reducir los tiempos muertos, minimizar los gastos del mismo, disminuir el de riesgo de lesiones, aumentar el ciclo de vida de los equipos, reducir gastos de inventario, etc.

## Conclusiones

El mantenimiento y la gestión documental, o también denominada gestión del mantenimiento, es fundamental para la subsistencia de una ganadera debido a los gastos que se realizan en las labores de mantenimiento correctivo, que es el enfoque más empleado en la industria pecuaria de la región, que terminan ocasionando paros en la producción y teniendo pérdidas de dinero a largo plazo por las constantes reparaciones de los equipos lo que lleva a la reducción de la vida útil de los sistemas, incrementa el

índice de accidentes laborales y el aumento de la ineficiencia operativa. También, al no contar con inventarios y registros de cada recurso y operación hecha en la empresa pueden ocurrir gastos innecesarios de materiales y de herramientas que no utilicen.

Por ello, en la ganadera BEFOSA se implementó la metodología 5S para solucionar el problema de la poca gestión de mantenimiento con la que cuenta la empresa, asimismo, la desorganización y poca limpieza en el taller mecánico son factores que incrementan la baja productividad debido a la insuficiente gestión que se tiene en el área. Con la aplicación de 5S se buscó la optimización de los procesos de mantenimiento que en base a la utilización de herramientas como el FODA se obtuvo la información fundamental para tomar decisiones cruciales sobre las distintas estrategias y métodos que se plantearon y llevaron a cabo algunos de ellos para aumentar la eficiencia productiva, y con el apoyo de una auditoría interna sobre 5S se evaluó la efectividad de la implementación de esta metodología. Que de acuerdo a los resultados obtenidos se logró una mejoría del 7.62 en la organización y limpieza en algunas partes del taller, puede ser poco, pero es un gran avance que realiza tanto el personal como la empresa hacia la mejora continua de los procesos de mantenimiento y así fomentar la cultura de la administración de mantenimiento que a largo plazo solo traerá beneficios y crecimiento a la ganadera.

Al realizarse un análisis y evaluación de la implementación de 5S en las 6 estaciones o puestos de trabajo que hay en el taller se promedió el 7.65 de calificación en base a la organización que se tiene en las mesas, escritorios, archiveros, estanterías y equipos utilizados en el área considerando una clasificación o categorización de documentos, herramientas y otros objetos que son necesarios para la ejecución del mantenimiento; con un valor de 7.33 representa lo limpio que se encuentra todo el entorno del taller abarcando el lugar, mobiliario y maquinaria; para la utilización de normativas y la disciplina de seguir la metodología 5S se obtuvo un valor de 7.67

respectivamente, en el sentido en que el personal está realizando estas prácticas para mantener en óptimas condiciones el taller. De acuerdo con el sistema de puntuación usado para la evaluación, las calificaciones de 7, significa que existe una implementación de 5S baja en el área, pero es un avance grande tomando en cuenta el estado en el que se encontraba el taller en un inicio, que manteniendo esta metodología y actualizar constantemente las estrategias empleadas se puede tener una mejora mayor en la organización y limpieza del lugar.

Por ello, los aspectos que se deben mejorar en el taller son reacomodar los elementos de algunas estaciones de trabajo en puntos estratégicos y quitar los objetos que ya no sean útiles como herramientas viejas o piezas inservibles que hay en los estantes, también, limpiar constantemente en los equipos y mobiliario para evitar acumulaciones de polvo o suciedad en las cosas, además, fomentar la organización y limpieza antes, durante y después de hacer las actividades cotidianas del taller con el fin de reducir tiempos de búsqueda y ejecución, accidentes como caídas y lesiones por golpes, y costos de mantenimiento y almacén. Así, se incrementa la eficiencia productiva del área de trabajo y de los equipos, aumenta la seguridad del personal de sufrir enfermedades ocasionadas por la mala higiene y accidentes, maximiza la durabilidad y confiabilidad de los sistemas que hace que las inversiones de adquisición de maquinaria sean ganancias y no pérdidas de dinero para la ganadera, es decir, que no se necesita hacer gastos de compra de equipos nuevos o de repuestos por cada reparación hecha.

## Referencias

- [1] **Gobierno de México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (01 de Agosto de 2024). Panorama Agroalimentario. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>**
- [2] **Centro de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sinaloa. (2024). Ganadería. Indicadores por Tema. <https://ceieg.sinaloa.gob.mx/eBooks/Temas/GANADERIA%202024>.**

pdf

- [3] **Reyes-Chacón, D., Cadena-López, A, & Rivera-González, G. (04 de Abril de 2022). El Sistema de Gestión de Calidad y su relación con la innovación. Inter disciplina, 10(26), 217-240. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2021.25.80975>**
- [4] **Solís-Meza, M. & Torres-Rodríguez, R. (08 de Diciembre de 2021). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación, 4(8), 58-78. <http://dx.doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0051>**
- [5] **Medina, R. (2022). Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros. Revista de Investigación en Ciencias de la Administración ENFOQUES, 6(21), 37-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=621972217002>**
- [6] **Zamora, R. (18 de Mayo de 2024). Mantenimiento preventivo de las fábricas y su impacto en la eficiencia global de equipos. <https://predictiva21.com/mantenimiento-preventivo-impacto-eficiencia-global>**
- [7] **Suazo, L. (30 de Enero de 2025). Las mejores técnicas de Mantenimiento Predictivo. <https://tractian.com/es/blog/tecnicas-de-mantenimiento-predictivo-utilizadas-en-la-industria>**
- [8] **Suárez-Arteaga, C. S. & García-Salmon, L. A. (01 de Enero de 2021). El nivel de eficacia y eficiencia como principio fundamental de la gestión documental. Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuso), 6(1), 92-105. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5513107>**
- [9] **Canahua-Apaza, N. 2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmeccánica. Industrial Data, 24(1), 49-62. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>**
- [10] **Tavares, L.A. (31 de Agosto de 2020). Mantenimiento Productivo Total (TPM) – Explicado. <https://predictiva21.com/tpm-explicado>**
- [11] **Toro, R. (26 de Mayo de 2021). ¿Qué es el mantenimiento Lean y cuál es su impacto empresarial? <https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-lean-mejora-continua>**
- [12] **Betancourth, C. H. (29 de Marzo de 2024). Implementación exitosa de Mantenimiento**

Lean en la Industria Manufacturera. <https://predictiva21.com/antenimiento-lean-industria-manufacturera>

[13] Chan, J. (2024). Lean Maintenance. <https://limblecmms.com/maintenance-definitions/lean-maintenance/>

[14] Calderón-Gonzales, V. A. (2019). Mejora de la Productividad Aplicando la Metodología 5s en la Empresa Agroindustrias Verdeflor S.A.C., Provincia de Huaral-2019. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-Huacho.

[15] Fernández-Paima, B. L. & Morales-Cabada, C. A. (Junio del 2018). Aplicación el Modelo de las 5s para Mejorar la Productividad del Área de Operaciones de Ganadera Agrícola M&M SAC Trujillo- I Semestre 2018. [Tesis de Pregrado]. Universidad Privada Antenor Orrego



María Guadalupe Osuna Estrada es estudiante de Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG). Actualmente, desarrolla su tesis "Optimización de procesos de mantenimiento y gestión documental para la mejora de la calidad en una ganadería de Guasave, Sinaloa, con impacto en el ODS 12". Su investigación busca mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad en el sector ganadero, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12: Producción y Consumo Responsables. Con un enfoque en optimización y gestión de calidad.



El Dr. Juan Héctor Alzate Espinoza es un académico e investigador con un Doctorado en Administración, dos Posdoctorados y una Maestría en Calidad. Como profesor en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave, impulsa proyectos interdisciplinarios en ingeniería y gestión. Su experiencia incluye certificaciones en metodologías innovadoras y competencias laborales. Con más de 11 años de docencia y publicaciones científicas, promueve la educación, la investigación y el desarrollo sostenible.



El MC Raúl Loredo Medina es docente del Instituto Tecnológico Superior de Guasave (ITSG) y cuenta con el reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP. Es Maestro en Ciencias en Ciencias de la Computación, con experiencia en ingeniería de software, metodologías ágiles y Scrum. Ha participado en investigaciones sobre optimización de inventarios, logística e inteligencia colectiva. Su labor académica y de investigación ha contribuido al desarrollo tecnológico y educativo en su institución

# IMPLEMENTACIÓN DE PPAP EN LA INDUSTRIA METAL-MECÁNICA



Alzate Espinoza Juan Héctor - [juan.ae@guasave.tecnm.mx](mailto:juan.ae@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Loredo Medina Raúl - [raul.lm@guasave.tecnm.mx](mailto:raul.lm@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Osuna Estrada María Guadalupe - [L2025010062@guasave.tecnm.mx](mailto:L2025010062@guasave.tecnm.mx) TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Guasave

## Abstract

This project describes the implementation of the Production Part Approval Process (PPAP) in a metalworking company in Aguascalientes, aiming to meet customer requirements and maintain its position as a strategic supplier. The adoption of this process was necessary to obtain approval for the manufacturing of external parts, following the closure of the customer's internal production lines. Through the application of PPAP Level IV, the company ensured a reliable supply, mitigated quality risks, and improved operational efficiency, thereby strengthening its relationship with the customer and ensuring business sustainability (AIAG, 2011).

**Keywords:** AIAG, Core Tools, Flow Diagram, SMEs.

## Resumen

Este proyecto describe la implementación del PPAP (Proceso de Aprobación de Partes de Producción) en una empresa del sector metalmeccánico en Aguascalientes, con el objetivo de cumplir los requisitos del cliente y mantener su posición como proveedor estratégico. La adopción de este proceso fue para lograr la autorización en la fabricación de partes externas, en respuesta al cierre de líneas de producción internas del cliente. A través de la aplicación del PPAP Nivel IV, se logró garantizar un suministro confiable, reducir riesgos de calidad y mejorar la eficiencia operativa, fortaleciendo la relación con el cliente y asegurando la sostenibilidad del negocio AIAG (2011).

**Palabras clave:** AIAG, Core Tools, Diagrama de Flujo, MiPyMEs.

## Introducción

En el mundo de la manufactura, asegurar la calidad de los productos es un requisito o bien dicho aún, una necesidad para lograr la competitividad y permanencia en el mercado. Las Core Tools.

- FMEA (Análisis de Modo y Efecto de Fallas).
- Plan de Control.
- MSA (Análisis del Sistema de Medición).
- SPC. (Control Estadístico de Proceso).
- PSW (Garantía de Envío de Partes).

Desarrolladas por la AIAG (Grupo de Acción de la Industria Automotriz), han sido fundamentales para mejorar los procesos de manufactura y asegurar el cumplimiento de los requerimientos de calidad en la cadena de suministro automotriz.

Las Core Tools han transformado significativamente la eficiencia y calidad en

el sector automotriz. Un estudio realizado por Smith y Lobo (2020) en 50 proveedores mexicanos demostró que la adopción del APQP (Planificación Avanzada de la Calidad del Producto) y el PPAP (Proceso de Aprobación de Piezas de Producción), redujeron los retrasos de entregas al cliente en un 30%, gracias a la estandarización de requisitos de diseño y producción, lo que facilitó la alineación entre clientes y proveedores. Este hallazgo se complementa con la investigación de García et al. (2021), quienes destacaron que el 78% de las MiPyMEs que implementaron el PPAP lograron disminuir sus costos administrativos en un 45%, al limitar la documentación al PSW (Garantía de Partes de Producción) y datos críticos, como resultados del MSA (Capacidad de Proceso y Estudios). Estos casos subrayan cómo herramientas el PPAP, en su nivel más básico, no solo optimizan recursos, sino que también fortalecen la confianza en relaciones comerciales consolidadas.

Estas herramientas, hablando específicamente del PPAP, permite que los proveedores demuestren su capacidad para fabricar piezas de manera consistente y bajo las especificaciones del cliente. Aunque a menudo se asocia con grandes fabricantes, su implementación también es fundamental para las MiPyMEs (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas), que buscan consolidarse en sectores como el metalmeccánico.

Este proyecto fue implementado en una pequeña empresa local del sector Metal-Mecánico, con la meta de mejorar la administración de la aprobación de piezas y asegurar la calidad al cliente con base a sus especificaciones, para cumplir con el Nivel IV del PPAP.

A pesar de estas dificultades, la correcta aplicación del PPAP, no solo mejora la organización interna y la documentación de procesos, sino que también abre la puerta a nuevos mercados y fortalece la relación con los clientes. A través de este estudio, se analiza cómo esta implementación impactó en la eficiencia y calidad de la producción, así como los principales aprendizajes que

pueden ser de utilidad para otras MiPyMEs que deseen elevar su nivel de gestión de calidad y consolidarse en la industria automotriz y manufacturera (AIAG, 2011).

## Objetivo General

### A. Objetivo general.

Implementar PPAP Nivel IV en una microempresa del sector Metal-Mecánica.

### B. Objetivo general.

Cumplir con el requerimiento del cliente para garantizar el proceso de aprobación de partes y continuar como proveedores a largo plazo.

## Fundamentos Teóricos

A continuación, se citan los conceptos clave que sirvieron como base teórica para realizar la implementación de PPAP en la microempresa

## Definición y Aplicación de las Core Tools

La industria automotriz sigue reglas estrictas para que los procesos de producción sean eficientes, seguros y de buena calidad. Para alcanzar estos estándares, se han ido aplicando distintas metodologías que ayudan a mejorar la producción y a evitar errores. Con todas estas exigencias, las Core Tools han tomado un papel clave, ya que sirven para hacer los productos más confiables y asegurarse de que se cumplan los requisitos de la norma IATF 16949 (AIAG, 2006).

Estas herramientas facultan a las organizaciones para guiar una planificación meticulosa y estructurada, permitiéndoles asimismo, discernir con antelación eventuales deficiencias, perfeccionar la exactitud de los sistemas de medición y conservar la hegemonía del control estadístico sobre sus procesos. Su implementación redundante en la atenuación de los costos operativos, el fortalecimiento de la eficiencia productiva y el ensalzamiento de la experiencia del cliente (Womack & Jones, 2003).

A continuación, se exponen los preceptos metodológicos que constituyen a las Core

Tools, así como su importante influjo en el ámbito de la manufactura automotriz.

## A. APQP (Planificación Avanzada de la Calidad del Producto).

APQP, o planificación avanzada de la calidad del producto, es un proceso estructurado para la planificación de la calidad del producto y se utiliza desde la concepción del producto a través del diseño, el prototipado, la validación, y hasta la producción en masa. Su propósito es garantizar que el producto cumpla con las necesidades del cliente, las especificaciones y los estándares relevantes, mientras reduce las fallas en el proceso y las variaciones (AIAG, 2019).

Se concluye de lo anterior que el APQP es proactivo porque elimina defectos al alinear cada fase del ciclo de vida del producto (Stamatis, 2003).

## B. FMEA (Análisis de Modo y Efecto de Fallas)

El Análisis de Modo y Efectos de Fallas (FMEA), es una herramienta para el analizar y evaluar riesgos que ayuda a identificar, analizar y priorizar los modos de falla potenciales de un sistema o producto (Stamatis, 2003). Al integrarse con los procesos de calidad, contribuye a la reducción de riesgos mediante acciones preventivas y correctivas.

## C. MSA (Análisis de Sistemas de Medición)

El Análisis del Sistema de Medición se utiliza para determinar la variación y la fiabilidad de los sistemas de medición. El objetivo es garantizar que las mediciones sean precisas y consistentes, minimizando de esta manera los errores en la toma de decisiones (AIAG, 2010).

## D. SPC (Control Estadístico de Procesos)

Una de las técnicas estadísticas que se puede usar para monitorear la variación en los procesos de producción es el Control Estadístico de Procesos (SPC). Las gráficas de control y el análisis de datos, permiten detectar estas desviaciones y la implementación de medidas de control antes de la posible presencia de cualquier defecto del proceso en el producto

terminado (Montgomery, 2019).

### E. Plan de Control

El Plan de Control describe qué acciones deben realizarse para mantener el control del proceso y para asegurarse de que el producto resultante de ese proceso tenga la calidad que estamos buscando. Esto contiene características críticas del producto y del proceso, así como también información de control del proceso (frecuencias de inspección, acciones correctivas para abordar las no conformidades identificadas). Esta práctica establece un marco de referencia para mantener la consistencia y erradicar la variación (AIAG, 2019).

### F. PPAP (Proceso de Aprobación de Partes de Producción)

El PPAP es parte del proceso del APQP que es necesario para asegurar que los proveedores puedan cumplir con las especificaciones requeridas antes de la producción en masa de partes. Esto incluye todas las pruebas requeridas, validaciones y aprobaciones para homologar la parte y documentarla (AIAG, 2019).

Este proceso se basa en la recopilación de evidencia documental requerida para verificar que cada producto y proceso manufacturado cumpla con los requisitos dirigidos por el cliente, establecidos en los estándares de AIAG.

Hay varias secciones del PPAP que se pueden subdividir:

- FMEA.
- Plan de Control.
- MSA.
- SPC.

Estos documentos ayudan a evaluar la estabilidad del proceso y la capacidad de fabricación, confirmando que el producto cumple con los requisitos establecidos (AIAG, 2018).

Cada uno de los anteriores es un bloque de construcción de un sistema de gestión de calidad, a la vez que ayuda en la detección

y eliminación de posibles riesgos en el proceso de diseño y fabricación.

- SPC ayuda a controlar la variabilidad en la producción.
- MSA – Análisis del Sistema de Medición – es un proceso utilizado para evaluar la precisión y exactitud de un sistema de medición y los datos que genera.
- El Plan de Control también indica cómo los ingenieros tendrán acciones en marcha para gestionar la calidad en la producción en masa.
- Finalmente, la validación de materiales y rendimiento asegura que los productos cumplan con las demandas funcionales y regulatorias.

El PPAP completo se basa en estos estándares principales trabajando lado a lado, para reunir un proceso común y uniforme de aseguramiento de la calidad a través de las cadenas de suministro automotriz (AIAG, 2018).

Implementar herramientas clave ayuda a las empresas a asegurar la calidad del producto, agilizar los procesos y cambiar a puntos de referencia globalmente aceptados en el ámbito manufacturero. Estas se aplican durante los sistemas de gestión de calidad que dan confianza a la empresa para cumplir con los requisitos del cliente y mejorar su capacidad competitiva en el mercado global.

### Planteamiento y Desarrollo de la Implementación del Proyecto PPAP

El desarrollo y la implementación del proyecto se fundamenta en las siguientes etapas:

#### 3.1 Revisión de requerimientos del cliente.

El cliente envió una solicitud de requerimiento de PPAP la cual integra varios aspectos a cumplir, en la Figura 1 se muestra marcado con una X, los puntos a cumplir como son el PSW, el plano, el layout del proceso, la certificación de material, diagrama de flujo de operaciones, el FMEA, el plan de control y el certificado de los recubrimientos utilizados en el proceso.



Fig. 1 Requerimientos del cliente. Elaboración propia.

#### 3.1.1 Generación de documentación y herramientas.

Como parte de la implementación del PPAP Nivel IV, se generaron los siguientes documentos, que sirven de base para el proceso.

#### 3.1.2. Dibujo con las especificaciones del producto proporcionado por el cliente.

Se incluyó el diseño detallado de la pieza, el cual se convirtió en una guía, tanto para su fabricación como para la evaluación, asegurando que todo el proceso cumpliera con los estándares requeridos.

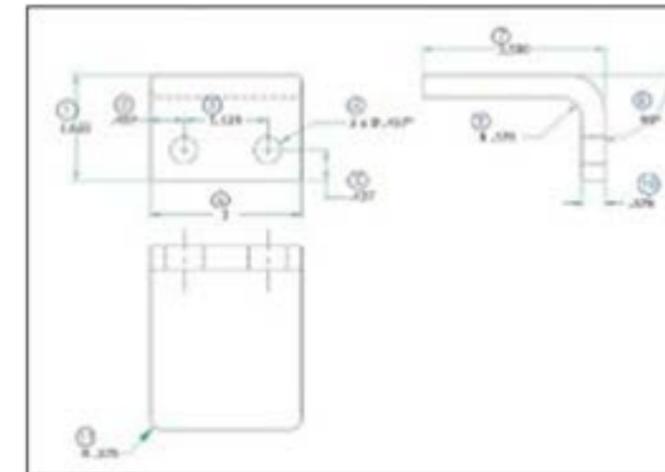


Fig. 2. Dibujo proporcionado por el cliente

#### 3.1.3. Identificación del Diagrama de flujo del producto

En la Figura 3 se puede observar el diagrama de flujo de operaciones que muestra

las operaciones con las cuales debe ser transformada la materia prima desde la recepción hasta la entrega del producto al cliente. En éste se incluye la maquinaria, además de las características significativas que se deben cumplir en cada operación.



Fig. 3. Diagrama de flujo del proceso

#### 3.1.4. Desarrollo del FMEA

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los posibles problemas que podrían surgir durante el proceso de fabricación. A través de este análisis, se identificaron los efectos que dichos fallos podrían tener y, con base en ello, se definieron acciones preventivas para minimizarlos y asegurar que el proceso fuera lo más eficiente y confiable posible.

En la figura 4 se muestra un extracto del FMEA realizado.

Fig. 4. FMEA de proceso

#### 3.1.4 Desarrollo del Plan de Control.

En la Figura 6 se muestra un extracto del Plan de Control, el cual tiene la finalidad de proteger las variables o especificaciones del proceso de producción, para asegurar la calidad en cada una de sus etapas.

Fig. 5. Plan de Control

### 3.1.5. Capacitación y entrenamiento del personal.

Se brindó formación al personal clave en el proceso de fabricación, asegurando que comprendieran la importancia de cada uno de los documentos y herramientas generadas, así como la correcta implementación del PPAP.

### Resultados

La implementación de un PPAP de nivel IV en la empresa del sector metal mecánico trajo consigo una serie de mejoras en la operación. Uno de los principales logros fue

el cumplir los requisitos del cliente, al garantizar que las piezas producidas cumplen con las especificaciones solicitadas. Este logro no solo fortaleció la relación cliente-proveedor, sino que también mejoró la confianza empresa-proveedor.

Se desarrolló la documentación completa y ordenada, la cual permitió generar una trazabilidad clara del proceso y asegurar la consistencia en la producción de las piezas, lo anterior optimizó la gestión interna de calidad. Dicha información contiene todas las etapas requeridas dentro del PPAP, como el plano proporcionado por el cliente, el diagrama de flujo del proceso, FMEA, plan de control y, finalmente, el PSW. De la misma manera, la aplicación del AMEF y el plan de control contribuyeron a la reducción de riesgos de calidad al identificar las posibles fallas en el proceso y establecer medidas preventivas que garantizan una producción más confiable, por lo que permitió el fortalecimiento de la competitividad de la

empresa, al cumplir con los estándares de calidad exigidos por el cliente y aumentar la capacidad de acceder a nuevos mercados. Lo anterior mejoró su posición en la industria automotriz y metal mecánica.

El proyecto culminó con la obtención del PSW (Part Submission Warrant)/Garantía de Envío de Partes (Figura 6), lo que certificó que el proceso de fabricación cumplía con los requisitos establecidos y que la empresa podía seguir produciendo las piezas de manera confiable y consistente.

### 4.1. PSW (Part Submission Warrant)/Garantía de Envío de Partes

Fig. 5. PSW Part Submission Warrant

### Discusión

Este caso de aplicación muestra la implementación de un PPAP a una microempresa metal mecánica, la cual es un aliciente para aquellas empresas de igual tamaño que quieran aspirar a ser proveedores certificados y asegurar la calidad en la fabricación de sus productos que sus clientes les soliciten, ya que el documento ofrece una garantía de tener procesos sólidos con la capacidad de cambios hacia nuevos productos.

### Conclusiones

Una vez implementado el PPAP de Nivel IV en una microempresa del giro metal mecánico, se fortaleció la relación con el cliente, lo cual consolidó a esta microempresa como un proveedor confiable. Al ser aprobado este documento, se asegura la calidad de la fabricación en los procesos. Otros documentos que pertenecen al PPAP son el AMEF y el plan de control, éstos demuestran un análisis profundo de las características del producto, las cuales reducen los riesgos

de calidad y así producir de una manera confiable. Por último, la certificación del proceso mediante el PSW demuestra que el proyecto logró las metas que sustentan de manera sólida los estándares de calidad solicitados por el cliente.

### Agradecimientos

Agradecemos al TecNM campus Instituto Tecnológico de Aguascalientes por el apoyo en el desarrollo de este caso de aplicación y a la microempresa metal mecánica junto con sus colaboradores por brindar la confianza del tratamiento de sus datos.

### Referencias

- [1] AIAG (Automotive Industry Action Group). (2011). *Core tools: APQP, FMEA, MSA, SPC, and PPAP for the automotive industry*. Automotive Industry Action Group.
- [2] AIAG. (1995). *Control Plan*. Automotive Industry Action Group.
- [3] AIAG. (2006). *Production Part Approval Process (PPAP) (4th ed.)*. Automotive Industry Action Group.
- [4] AIAG. (2008). *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan*. Automotive Industry Action Group.
- [5] AIAG. (2010). *Measurement Systems Analysis (MSA) (4th ed.)*. Automotive Industry Action Group.
- [6] AIAG. (2019). *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) (5th ed.)*. Automotive Industry Action Group.
- [7] Fernández, R. (2023). *Implementación gradual de Core Tools en MiPyMEs automotrices*. *Journal of Industrial Engineering*, 45(2), 112-125.
- [8] García, L., et al. (2021). *PPAP Level 1 as a cost-effective strategy for SMEs*. *International Journal of Automotive Quality*, 18(3), 45-60.
- [9] Kim, H., et al. (2023). *AI-driven SPC in automotive manufacturing*. *Technovation*, 89, 102-115.
- [10] Martínez, J. (2022). *Flexibilidad en aprobaciones de diseño mediante PPAP Nivel 1*. *Automotive Engineering Review*, 34(4), 22-35.
- [11] Nguyen, T. (2021). *Adaptive models for Core Tools integration in SMEs*. *Quality Management*

*Journal*, 29(1), 78-92.

[12] Patel, S., & Lee, Y. (2019). *Reducing defects through FMEA and Control Plan*. *Manufacturing Excellence*, 15(2), 134-150.

[13] Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook (4th ed.)*. McGraw-Hill Education.

[14] Singh, A., & Gupta, P. (2022). *Collaborative approaches for Core Tools adoption*. *Supply Chain Management Review*, 27(4), 55-67.

[15] Smith, R., & Lobo, M. (2020). *APQP and PPAP in Mexican automotive suppliers*. *Latin American Journal of Operations Research*, 12(1), 89-104.

[16] Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution (2nd ed.)*. ASQ Quality Press.

[17] Tanaka, K. (2023). *Low-cost tech for MSA and SPC adoption*. *Journal of Manufacturing Systems*, 41(3), 205-220.



María del Carmen Murillo, docente del TecNM Instituto Tecnológico de Aguascalientes del departamento de Ingeniería Industrial con experiencia en Procesos de Manufactura y calidad en el sector automotriz implementando proyectos de mejora continua, ISO/TS 16949, Seis Sigma. Lean Manufacturing, VRK, Kaizen y Core Tools), enfocados a la calidad del producto, eficiencia operativa y reducción de costos.



José Armando Rodríguez Cerros TecNM Instituto Tecnológico de Aguascalientes del departamento de Ingeniería Industrial, con experiencia profesional en gestión logística, ISO, Six Sigma y ERP. Experiencia en líneas de investigación de cadena de suministro, gestión de proveedores y calidad dirigidos al desarrollo de PyMes.



Claudia Alonso Lara, docente del TecNM Campus Aguascalientes del área de Ingeniería Industrial con experiencia docente en asignaturas: como Administración de Proyectos, Metodología de la investigación,

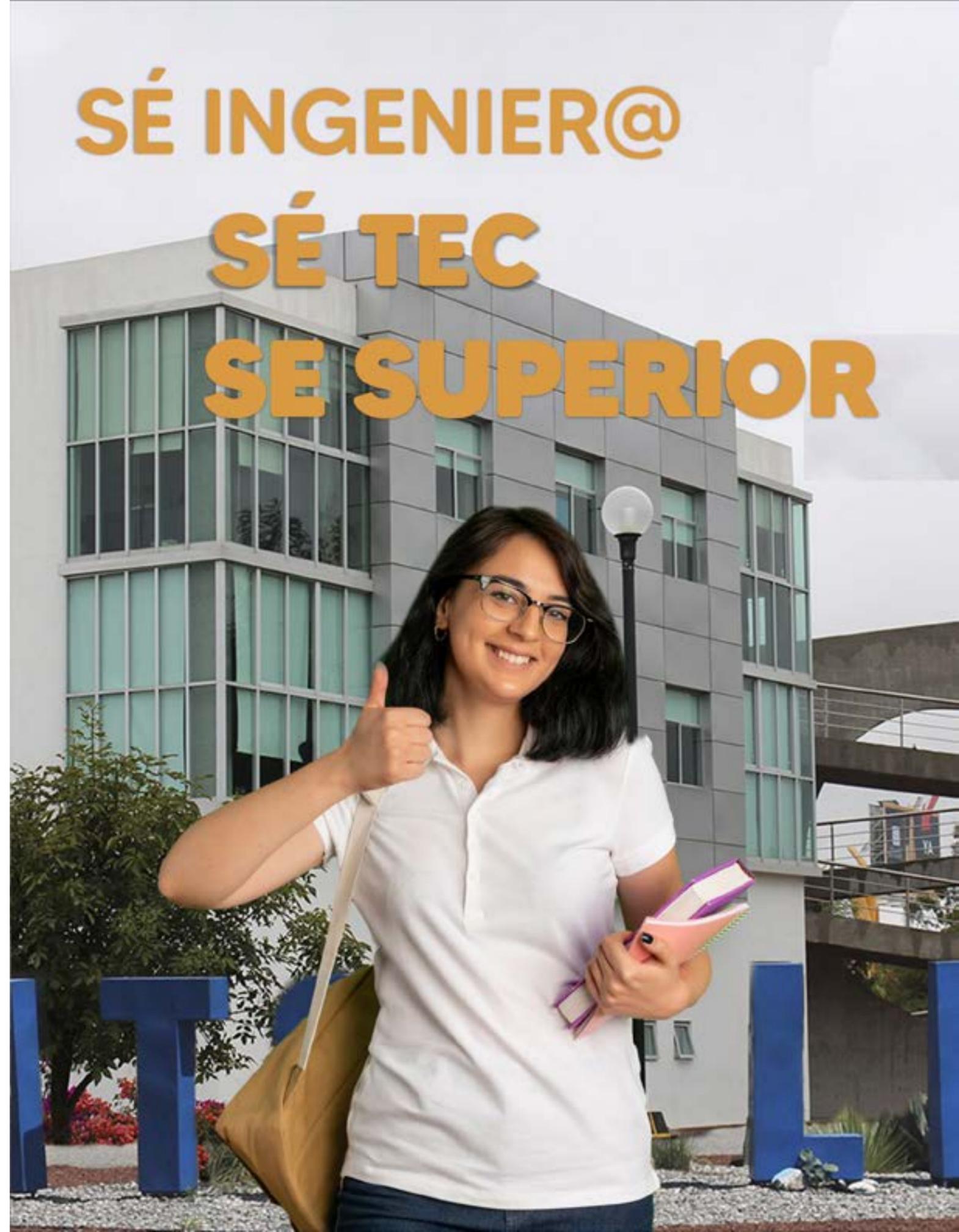
Tópicos de Calidad e Ingeniería de Sistemas. Experiencia profesional en Gestión de Proyectos e Ingeniería de Procesos.



Lorena Carreón Calvillo, docente del TecNM Campus Instituto Tecnológico de Aguascalientes del departamento de Ingeniería Industrial con experiencia en Sistema de Gestión de Calidad, Ingeniería de procesos y Mejora Continua (Kaizen, VSM) en el sector automotriz, implementando Lean Manufacturing.



Marcela Rodríguez González docente del TecNM Campus Instituto Tecnológico de Aguascalientes del departamento de Ingeniería Industrial, con experiencia en Investigación, Ingeniería y Supervisión de Procesos de Manufactura en el sector automotriz, implementando proyectos Lean Seis Sigma con el objetivo de aumentar la productividad de las empresas.



# Sé lo que quieras ser **SÉ SUPERIOR**



[www.slpotosicapital.tecnm.mx](http://www.slpotosicapital.tecnm.mx)