



Cultivando maíz
Criollo Sapo
“Extensión
Académica”

Revista de Divulgación Científica del Instituto
Tecnológico de Ciudad Altamirano Año1. No. 2
Publicación cuatrimestral
Enero - Abril 2025

#OrgullodeTierraCaliente
TEC Altamirano

CERTIFICADO

Dirección de Reservas de Derechos

Con fundamento en lo dispuesto por los artículos 173, 174, 175 y 189 de la Ley Federal del Derecho de Autor, 70 y 77 de su Reglamento, el Instituto Nacional del Derecho de Autor otorga la presente:

RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO

RESERVA: 04-2024-101010384800-102

TÍTULO: P'UNGUARI JUÁTA REVISTA MULTIDISCIPLINARIA DE CIENCIAS

GÉNERO: PUBLICACIONES PERIÓDICAS

ESPECIE: REVISTA

TITULAR: SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA (FEDERAL)- 100%
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

DOMICILIO: AVENIDA UNIVERSIDAD 1200 5 PISO
XOCO
BENITO JUÁREZ CP: 03330
CIUDAD DE MÉXICO, MEXICO

El presente certificado tendrá una vigencia de un año, contados a partir de la fecha de expedición, y podrá ser renovado por periodos sucesivos iguales, previa comprobación fehaciente del uso de la reserva de derechos, que el interesado presente a este Instituto dentro del plazo comprendido desde un mes antes, hasta un mes posterior al día de su vencimiento. En caso de no renovarse en los términos señalados, la reserva de derechos caducará, de conformidad con lo dispuesto por los artículos 185, 186 y 191 de la Ley Federal del Derecho de Autor y 79 de su Reglamento.

Con fundamento en los artículos 176, 179, 182, fracción II, 183 fracción I, 184, fracción I y 188, fracción I, inciso a), de la Ley Federal del Derecho de Autor, la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo que ampara el presente certificado deberá ser utilizada tal y como le sea otorgada por esta autoridad; sin sufrir cambios que pudieran presentar identidad o semejanza que cause confusión con otra previamente otorgada, toda vez que durante su vigencia podrá ser objeto de cancelación, o bien, al momento de solicitar su renovación la misma será negada.

Ciudad de México, 10 de octubre de 2024

DIRECTOR DE RESERVAS DE DERECHOS

ALBERTO ARENAS BADILLO

**DIRECCIÓN DE
RESERVAS DE DERECHOS**



CULTURA
SECRETARÍA DE CULTURA



INDAUTOR
INSTITUTO NACIONAL DEL DERECHO DE AUTOR



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



DIRECTORIO

M.C. César Del Ángel Rodríguez Torres
Director del Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano

Ing. Carlos Alberto Bernal Beltrán
Subdirector Académico

Lic. Aracely Salgado Mendoza
Subdirectora de Servicios Administrativos

Lic. Sergio Vivas Hernández
Subdirector de Planeación y Vinculación

Lic. Martín Leyva Carachure
Jefe de Departamento de Ciencias Económico
Administrativas

Ing. Víctor Valencia Mojica
Jefe de Departamento de Ingenierías

M.C. Rosa Isabel Reynoso Andrés
Jefa de Departamento de Desarrollo Académico

Lic. Shelley Yesmin Castillo Charco
Jefa de la División de Estudios Profesionales

Lic. Anselmo Vieyra Santibáñez
Jefe de Departamento de Sistemas y Computación

Lic. Javier Avilés Alvarado
Jefe de Departamento de Ciencias Básicas

Lic. David Pineda Velásquez
Jefe de Departamento de Recursos Humanos

Mtro. José Alberto Santamaría Berrum
Jefe de Departamento de Recursos Financieros

Ing. Martín Domínguez Díaz
Jefe de Departamento de Recursos Materiales y Servicios

Biol. Addi Beatriz Torrez Guzmán
Jefa de Departamento de Gestión Tecnológica y
Vinculación

Lic. Verónica Reyes Reyes
Jefa de Departamento de Servicios Escolares

M.T.I. Lucero de Jesús Ascencio Antúnez
Jefa de Departamento de Planeación, Programación y
Presupuestación

Lic. Yury Núñez Medrano
Jefa de Departamento de Comunicación y Difusión

Lic. Alfonso García Uriostegui
Jefe de Departamento de Actividades Extraescolares

Lic. Angelina Salgado León
Jefa del Centro de Información

CINTILLO LEGAL

**P'UNGUARI JUÁTA REVISTA
MULTIDISCIPLINARIA DE CIENCIAS**, Año 1,
No. 2, Enero - Abril 2025, es una Publicación
Cuatrimestral editada por el Tecnológico Nacional
de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía
Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext.
65092, correo d_vinculacion05@tecnm.mx, a través
del Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano,
Avenida Pungarabato Poniente, sin número, Col.
Morelos, Cd. Altamirano, C.P. 40660, Tel. (767)
6720607, www.cdaltamirano.tecnm.mx,
buzon@cdaltamirano.tecnm.mx. Editor responsable:
Carlos Alberto Bernal Beltrán. Reserva de Derechos
al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,
ISSN: 3061-810X, ambos otorgados por el Instituto
Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este
Número Mtro. Carlos Alberto Bernal Beltrán,
Subdirector Académico del Instituto Tecnológico de
Ciudad Altamirano, Avenida Pungarabato Poniente,
sin número, Col. Morelos, Cd. Altamirano, C.P.
40660, Tel. (767) 6720607,
www.cdaltamirano.tecnm.mx,
buzon@cdaltamirano.tecnm.mx. Fecha de última
modificación, 13 de enero de 2025. Los conceptos
expresados en los artículos competen a sus autores.
Se permite la reproducción de textos citando la
fuente.

Ing. Carlos Alberto Bernal Beltrán
Editor responsable

Yuridia Paola Torres García
Editora Auxiliar

Gusto Tec Altamirano

<https://youtu.be/cJw5vsclG98?si=MNKoNHfvGHSh0kpW>



Comité de Revisores

- Mtro. Emanuel Pérez López Instituto Tecnológico de la Cuenca de Papaloapan
- Dr. Elias Hernández Castro Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, UAGro
- Dr. Agustín Olmedo Juárez Centro de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP
- Dr. Rubén Onofre Aguirre Alonso Instituto Tecnológico de la Cuenca de Papaloapan
- Dra. Marysol Trujano Ortega Museo de Zoología (Entomología) Facultad de Ciencias UNAM
- Dr. Uri Omar García Vázquez Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM
- Dr. Julio Cesar Gómez Vargas Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.1 UAGRO
- Dr. Canuto Muñoz-García Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.1 UAGRO
- Dr. Jaime Olivares Pérez Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.1 UAGRO
- M.A. Ma. Cristina Albarran Farias Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- MDEI. Amparo Ortiz Mariano Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- Mtra. Rocío de la Cruz-Hernández Instituto Tecnológico Superior de Centla
- Dra. Beatriz Escobedo de la Cruz Instituto Tecnológico Superior de Centla
- Mtra. Adriana del Carmen Morales Cruz Instituto Tecnológico Superior de Centla
- MAP Yolanda Flores Ramírez Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes
- Dra. Nora Liz Real Lara Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- Mtra. Claudia Patricia Gómez Bonfil Instituto Tecnológico Superior de Centla
- Mtra. Urfila Victoria Peláez Estrada Instituto Tecnológico de Tláhuac
- M.C. Leonel Gonzalez Vidales Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- Dra. Norma Alicia Macias Rodriguez Instituto Tecnológico Sinaloa de Leyva
- M.I. Ignacio Hernández Reyes Instituto Tecnológico Superior de Centla
- Dr. Esteban Mendoza Sandoval Unidad Académica de Matemáticas UAGRO
- Dra. Erika Zubillaga Guerrero Unidad Académica de Matemáticas UAGRO
- Dr. Marco Antonio Perez Torres Unidad Académica de Matemáticas UAGRO
- Dra. Mercedes Muraira Soto Instituto Tecnológico de la Cuenca de Papaloapan
- Dr. Roberto Panuncio Mora Solis Instituto Tecnológico de la Cuenca de Papaloapan
- Dr. Audon Gómez Mendoza Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- Biol. Cesar Sandino García Vega Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- M.C. Itzel Sánchez Alonso Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano
- Lic. Anselmo Vieyra Santibañez Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano



Editorial

A lo largo de los años, hemos construido una sólida trayectoria en la promoción y consolidación de la investigación en el **Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano**. Desde la organización del *I Foro Nacional y I Simposio de Ciencia e Innovación de Tecnologías para el Desarrollo Regional*, hasta la realización del **VII Congreso Nacional de Investigación en Ciencia e Innovación de Tecnologías Productivas**, hemos impulsado espacios que fomentan el intercambio de ideas y el avance del conocimiento.

En este contexto, surge **P'UNGUARI JUÁTA: Revista Multidisciplinaria de Ciencias**, una nueva publicación que da continuidad a los esfuerzos previos de difusión científica en nuestra institución. Esta revista nace con el propósito de fortalecer el acceso a la investigación generada por nuestra comunidad académica, brindando un medio actualizado y de calidad para la publicación de trabajos que contribuyen al desarrollo del conocimiento en diversas disciplinas.

El **VII Congreso Nacional de Investigación en Ciencia e Innovación de Tecnologías Productivas** representa una evolución de aquellos primeros foros que sentaron las bases de nuestra cultura científica. En este evento, docentes, estudiantes e investigadores encuentran un espacio para compartir sus avances, consolidar colaboraciones y enriquecer sus líneas de trabajo. Ahora, con **P'UNGUARI JUÁTA**, estos aportes contarán con un canal de difusión que asegura su impacto y permanencia.

Como director del **Instituto Tecnológico de Ciudad Altamirano**, reafirmo mi compromiso con la investigación como eje fundamental en la formación académica. La creación de esta revista es un paso significativo para consolidar una comunidad científica más robusta, en la que tanto profesores como estudiantes puedan acceder a conocimientos de vanguardia, participar en proyectos innovadores y desarrollar habilidades que les permitan afrontar los retos del mundo actual.

El nacimiento de **P'UNGUARI JUÁTA** es una muestra de nuestra visión a futuro. No solo se trata de una nueva revista, sino de la continuación de un esfuerzo sostenido por fortalecer la investigación y su impacto en nuestra sociedad. A través de esta plataforma, aseguramos que el conocimiento generado en nuestra institución trascienda y contribuya al desarrollo académico, científico y tecnológico de nuestra región y del país.

**M.C. César del Ángel Rodríguez Torres.-
Director del Instituto Tecnológico de Cd.
Altamirano**

Hemos consolidado a nuestra institución como la casa de estudios más importante y de mayor prestigio de la Región Calentana.

¡Tecnológico de Ciudad Altamirano, orgullo de Tierra Caliente!





ÍNDICE

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE DESECHOS EN LOS PROCESOS DE ALMACENAMIENTO: UN ESTUDIO APLICADO	2
CONTROL DE MANO ROBÓTICA USANDO SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS SUPERFICIALES (EMG'S).....	21
LA EFECTIVA VINCULACIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR CON LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN EL ESTADO POTOSINO: CASO DE ESTUDIO DE LA EMPRESA UNIVERSAL VALUE-ADDED SERVICES – MÉXICO AKA LINC	35
ELABORACIÓN DE UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA EFICIENCIA DE LA ENERGÍA VERDE.....	55
APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MANGO CRIOLLO (<i>Mangifera Indica L.</i>) EN LA REGIÓN DE ACATLÁN	61
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HIDROGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	75
MECHANICAL DESIGN AND DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE ROBOT-BASED TRAINING SYSTEM FOR PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS.....	83

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S PARA MEJORAR LA
GESTIÓN DE DESECHOS EN LOS PROCESOS DE ALMACENAMIENTO: UN
ESTUDIO APLICADO**
***IMPLEMENTATION OF THE 5S METHODOLOGY TO IMPROVE WASTE
MANAGEMENT IN STORAGE PROCESSES: AN APPLIED STUDY***

María del Carmen Chacón Olivares¹, Mariana Rico Chagollan,² Edgar Augusto Ruelas
Santoyo³, Barrientos Flores Ricardo⁴, Morales Díaz Diego Omar⁵
Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato

¹ Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ² Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, ³
Tecnológico Nacional de México en Celaya, Alumnos del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Corresponding author: mariadelcarmen.co@irapuato.tecnm.mx

RESUMEN

La falta de organización en el almacén puede generar pérdidas importantes para la empresa, como paros en las líneas de producción por falta de materia prima o componentes, mala atención al cliente, disminución en las ventas del producto y elevados costos de almacenamiento en los inventarios y almacenes. Por este motivo, es imprescindible la implementación de medidas de control en las políticas de suministro y salvaguarda dentro del almacén.

El presente caso estudio tiene como objetivo la implementación de la metodología 5S en los procesos de almacenamiento de una empresa de alimentos, para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia operativa. La investigación se realizó mediante un estudio de campo, en el que se analizó y evaluó el estado inicial del almacén y se aplicaron las cinco etapas de la metodología 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Los resultados mostraron una mejora del 67% en la eficiencia del almacén, disminuyendo significativamente los tiempos de carga y descarga, así como los errores operativos.

Por lo cual se pudo concluir que la implementación de la metodología 5S es una herramienta efectiva para incrementar la productividad y reducir los desperdicios en los procesos de almacenamiento."

PALABRAS CLAVES: 5S, gestión de almacenes, reducción de desechos, productividad.



ABSTRACT:

The lack of organization in the warehouse can generate significant losses for the company, such as stoppages in production lines due to lack of raw materials or components, poor customer service, decrease in product sales and high storage costs in inventories and warehouses. For this reason, it is essential to implement control measures in supply and safeguard policies within the warehouse.

The objective of this case study is the implementation of the 5S methodology in the storage processes of a food company, to reduce waste and improve operational efficiency. The investigation was carried out through a field study, in which the initial state of the warehouse was analyzed and evaluated and the five stages of the 5S methodology were applied: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu and Shitsuke. The results showed a 67% improvement in warehouse efficiency, significantly reducing loading and unloading times, as well as operational errors.

Therefore, it could be concluded that the implementation of the 5S methodology is an effective tool to increase productivity and reduce waste in storage processes."

Keywords: 5S, warehouse management, waste reduction, productivity.

INTRODUCCIÓN

La operación ineficiente de desechos y desperdicios en el almacenamiento de productos alimenticios que con llevan refrigeración representa un desafío para las empresas, ya que la falta de organización impacta en las finanzas económicas y en los procesos operativos. La metodología 5S, desarrollada en Japón bajo el Sistema de Producción Toyota, aporta una dirección sistemática en la organización, limpieza y mantenimiento del espacio de trabajo, con el fin de eliminar los desperdicios y mejorar la eficiencia. Este estudio se enfoca en la implementación de la metodología 5S en una empresa del sector alimentario, con el objetivo de optimizar la gestión de desechos y aumentar la productividad mediante la mejora de los tiempos de operación y la optimización del espacio disponible."

El sector alimentario es vital para la economía mundial, y representa alrededor del 12% del PIB global y más del 40% de todos los empleos (World Economic Forum , 2022) En 2021, la agricultura contribuyó con el 4,3% del PIB, mientras que la industria alimentaria representó aproximadamente el 27,59% y los servicios contribuyeron con el 64,43% (Statista , 2022). Sin embargo, a pesar de su éxito en la producción de suficiente cantidad de alimentos para reducir el hambre y la pobreza global, el sistema alimentario actual impone costos ambientales y de salud muy elevados.



Grafica 1: Países a los que más exporta el sector agro- alimentos de Guanajuato elaboración propia con base a la información de Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2020.

Actualmente son de al menos seis billones, lo que representa más del 7% del producto interno bruto global actual cada año (Nieuwkoop, 2019). La industria alimentaria en México es una de las más dinámicas y ha experimentado un crecimiento promedio anual del 4,3%. En 2021, el sector de servicios de alimentos contribuyó con casi novecientos cuarenta y cuatro mil millones de pesos mexicanos al producto interno bruto (PIB) del país (Statista , 2022). El sector alimentario en México contribuye alrededor del 3,9% al PIB nacional, y genera más de 6 millones de empleos directos e indirectos (Banco de México , 2021). Los estados de México con mayor producción de alimentos son Sinaloa, Jalisco, Sonora, Estado de México y Veracruz. Además, el país cuenta con una amplia



variedad de tiendas minoristas, incluyendo hipermercados, supermercados precios, tiendas de descuento, tiendas de conveniencia y mercados tradicionales (Soria, 2022). Algunos de los productos agrícolas y alimentarios estadounidenses con mayor potencial de venta en México son: la carne de res, carne de cerdo, lácteos, frutas y verduras, productos orgánicos y alimentos procesados (Soria, 2022)

Según datos del (INEGI, 2022) el gasto de los hogares mexicanos en alimentos y bebidas representa alrededor del 29% del gasto total en bienes y servicios, lo que refleja la importancia de este sector para el consumo interno.

En resumen, la industria alimentaria es un sector clave de la economía mexicana, con una importante contribución al PIB y al empleo del país, así como una relevante presencia en el mercado internacional. Los datos y porcentajes presentados anteriormente muestran la importancia y el dinamismo de la industria en México.

De acuerdo con estimaciones de (COFOCE) con información de la Administración General de Aduanas, SAT, de enero a mayo del 2020, el sector agro alimentos de Guanajuato exportó 760 mdd, cifra que representa el 11% de las exportaciones totales del Estado

Fueron exportados un total de 163 productos a través de 130 empresas, lo cual generó la creación de 32 mil empleos. Se identificaron 25 municipios que participaron en las exportaciones, siendo Irapuato, Doctor Mora, Pénjamo, Juventino Rosas y Silao los principales, representando el 62% del total de las

exportaciones en la industria alimentaria. Además, durante los primeros 5 meses del año, estos productos fueron enviados a 58 países diferentes. Grafica 1.

La empresa de procesamiento de alimento, objeto de estudio es reconocida en la región del Bajío por ser una empresa procesadora y exportadora de frutas y verduras congeladas, su principal cliente es Walmart Estados Unidos® al cual se le exportan el 90% de los productos que elabora la empresa.

En la actualidad la organización y la limpieza que se tiene en el almacén de producto terminado es crítica ya que la falta de estas ocasiona que se genere desorden de los productos y se coloquen en los pasillos donde no tienen racks destinados, esto genera que

se haga más difícil la carga de los productos. El orden es otro de los problemas que se tienen en el almacén ya que como consecuencia retrasa el tiempo de carga pues los montacarguistas tienen que realizar más maniobras para poder localizar los productos y esto aumenta el tiempo que lleva cargar los productos y también puede aumentar el riesgo de errores en el proceso. Ver figura 1

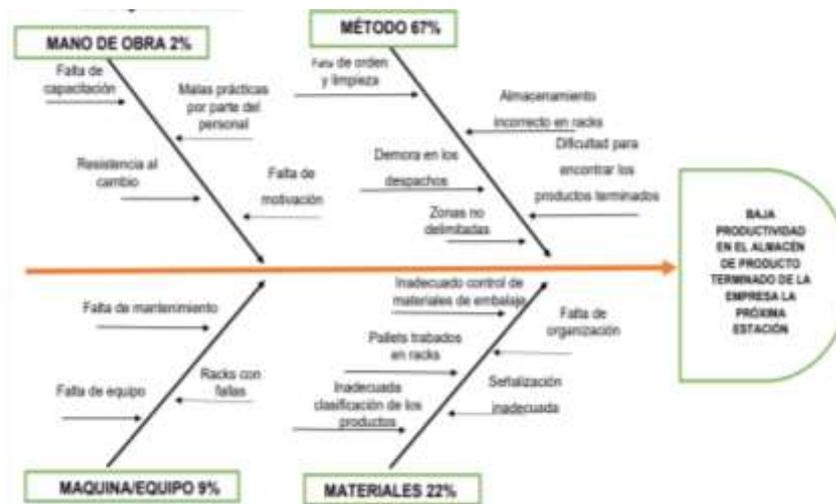


Figura 1: Realización propia “Representación del problema, elaboración propia.

Esto genera muchas veces que el personal de logística interna con maniobras dañe o rompan las cajas donde se encuentra el producto, además de los pallets y el producto arrojado al almacén. La causa principal de estos problemas impacta de manera importante en la pérdida de tiempo en el área de recepción, almacén, planificación de materiales y planificación de producción.

Si sigue esta incidencia, la empresa continuará teniendo pérdidas por productos dañados, productos vencidos, desperdicios de tiempo y sobrecostos. Teniendo en cuenta esto se hace necesaria una intervención en el almacén.

Objetivo General

Aplicar estrategias de control en el proceso de gestión y operación del almacén de producto terminado, basadas en la metodología 5 S.

Objetivos específicos

- Analizar los puntos críticos de los procesos de almacenamiento.
- Establecer estrategias para reducir el desperdicio en el área de almacenamiento del producto terminado de acuerdo a los requerimientos de la tipología del producto.

MÉTODOS O METODOLOGÍA

Mediante una investigación de observación y de campo, se identificaron áreas de oportunidad siendo la de mayor impacto que es objeto de esta variable de estudio, el orden y la organización que se tiene dentro del área.

La compañía en estudio, en la ciudad de Irapuato, Guanajuato, será identificada y resuelta a través de la filosofía de 5's. Se llevó a cabo una inspección y observación de los procesos de almacenamiento, así como también se tomó el tiempo de los procesos de carga y descarga de los productos terminados donde se verifica las condiciones en las que se encuentra el producto. Se muestran las bases teóricas que sustentan la investigación, objetivo general y específico; el alcance, la justificación, determinación del problema que se llevaron a cabo para la realización del proyecto.

En el presente proyecto se plantea de manera gráfica los pasos y técnicas utilizadas para la obtención de la información, seguimiento, análisis y determinación de resultados de la manera siguiente:



Figura 2. Metodología aplicada, elaboración propia

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Lean Manufacturing es una filosofía de producción que se enfoca en la eliminación de desperdicios y la mejora continua para aumentar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad. Se basa en herramientas específicas y principios clave para lograr sus objetivos y puede generar una serie de beneficios para las empresas que lo implementan con éxito. Una de estas es la implementación de las 5's.

Técnica de las 5's

Las 5S son una técnica de gestión de calidad originaria de Japón, desarrollada en la década de 1960 y ampliamente utilizada en todo el mundo en la actualidad. La metodología se divide en cinco etapas, cada una con un término japonés que comienza con la letra "S". A continuación, se describen brevemente cada una de las 5S según (Hirano, 1995)

- Seiri (Clasificación): Este paso implica clasificar los elementos presentes en el lugar de trabajo en categorías: lo que es necesario para la producción, lo que no es necesario, pero todavía se usa, y lo que no es necesario y debe ser eliminado.

La metodología empleada en este estudio consistió en un análisis de observación directa en el almacén de productos terminados de una empresa del sector alimentario. El proceso de implementación de las 5S se dividió en cinco fases:

- (1) Seiri, donde se clasificaron y eliminaron los elementos innecesarios.
- (2) Seiton, que implicó la reorganización del almacén.
- (3) Seiso, que se centró en la limpieza del área;
- (4) Seiketsu, que estandarizó los procedimientos
- (5) Shitsuke, para asegurar la disciplina en el cumplimiento de las normas establecidas.

El progreso fue monitoreado a lo largo de tres meses y los resultados fueron cuantificados mediante indicadores de tiempo y eficiencia operativa



Figura 3: metodología 5's recuperada de <https://acmplean.com/5-s-organizacion-orden-y-limpieza/>

Cada una de las 5S se aplica en secuencia, comenzando por Seiri y avanzando hasta Shitsuke. Al aplicar cada principio, se busca mejorar la eficiencia y la calidad en el lugar de trabajo, así como reducir los desperdicios y aumentar la seguridad en el entorno laboral. La metodología de las 5S es una herramienta fundamental en la aplicación del Lean Manufacturing y de la mejora continua en cualquier organización. Las definiciones de las 5S pueden variar ligeramente entre autores, pero la esencia de la metodología sigue siendo la misma.

De acuerdo con la tabla 1 podemos determinar que la metodología Lean Manufacturing y su herramienta de 5S comparten algunos objetivos, como la mejora continua y la reducción de costos, pero se enfocan en diferentes aspectos de la producción. La metodología Lean Manufacturing busca maximizar el valor para el cliente, mientras que la herramienta 5S se enfoca en crear un ambiente de trabajo organizado y seguro, es por eso que en la presente investigación y por la caracterización del problema se decidió implementar las 5s.

INSPECCIÓN INICIAL DE LAS 5´S.

El proyecto se inicia con la inspección en el área de almacén, (Cantú, 2024) menciona que la metodología 5´ s fomenta la limpieza y el orden, lo que ayuda a prevenir errores y a reducir el tiempo que se dedica a corregirlos. Además, la estandarización de los procesos permite reducir la variabilidad y mejorar la calidad del producto o servicio ofrecido por la empresa. contribuye a que todos los procesos estén más ordenados y organizados, advirtiendo el apareamiento

Se desarrolló un cuestionario para cada una de las "S" con evaluación de la zona del almacén de producto acabado, luego cada una de las 5 s, se calculó por 5 preguntas., lo cual tuvo una ponderación de calificación: 0= Muy mal 1= Mal

2= Regular 3= Bueno 4= Muy bueno 5= Excelente.

La tabla 3 a continuación muestra los resultados:

Tabla 3: Inspección inicial

Elemento	Puntaje Posible	Puntaje obtenido	% Implementado
Orden (SHEIRI)	25	7	28%
Organización (SEITON)	25	5	20%
Aseo (SEISO)	25	6	24%
Estandarización (SEIKETSU)	25	6	24%
Disciplina (SHITSUKE)	25	5	20%
Total	125	26	21%



Grafica 2. Inspección inicial 5´ s.

Al analizar los resultados de la inspección de las 5S en la tabla 3, se evidencia claramente que el área de almacenamiento de productos terminados presenta un estado ineficiente. Ninguna de las 5S ha alcanzado la mitad del puntaje establecido en la inspección, lo que indica que se requiere una mejora significativa en la gestión en dicho espacio.

La falta de puntajes adecuados en cada una de las categorías de las 5S -seiri (clasificación), seiton (orden), seiso (limpieza), seiketsu (normalización) y shitsuke (disciplina)- es un indicativo de que se están presentando deficiencias en la implementación y mantenimiento de estas prácticas en el área de almacén de productos terminados.

Es evidente que la falta de clasificación y organización de los elementos en el área de almacenamiento ha llevado a un estado de ineficiencia en la operación. La falta de un sistema establecido para mantener la limpieza y orden en el área ha generado acumulación de elementos innecesarios, desorden y dificultades para acceder a los productos de manera rápida y eficiente. La falta de procedimientos normalizados y reglas claras ha llevado a la falta de disciplina en la aplicación de las 5S de manera consistente en el área.



Grafica 3: Oportunidad de mejora elaborada



A partir de los datos presentados en la Tabla 3, se puede concluir que la empresa atraviesa una situación insatisfactoria, ya que los puntajes de cada categoría "S" se encuentran significativamente alejados del puntaje máximo.

La Grafica 3 nos indica que el nivel actual de la empresa tiene una ponderación de 21% así mismo refleja un 79% de oportunidad de mejora que puede aprovechar el área del almacén de la empresa.

IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5'S

Seiri, también conocida como clasificación, es una etapa importante en el proceso de mejora continua. Durante esta fase, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Separación y listado: Se procedió a identificar y separar todas las cosas y/o materiales que se consideraban innecesarios en el almacén. Se realizó un exhaustivo análisis para determinar cuáles elementos ya no eran útiles o estaban obsoletos.
- Retiro e identificación: A continuación, se retiraron del almacén los elementos innecesarios identificados previamente. Se llevaron a cabo las acciones necesarias para asegurarse de que estos elementos fueran debidamente eliminados o desechados de acuerdo con los procedimientos establecidos. Asimismo, se procedió a identificar claramente los elementos necesarios que debían permanecer en el almacén.
- Uso de tarjetas rojas y amarillas: Para facilitar la identificación de los elementos innecesarios, se utilizó un formato de tarjeta roja y amarillas. Estas tarjetas se utilizaron como una herramienta visual para tener claramente identificados los elementos que requerían ser eliminados o desechados, así como aquellos que debían permanecer en el almacén.

Seiton - Organización; Se implementó la clasificación con tarjetas rojas y amarillas, categorizando según la frecuencia de uso, para definir la ubicación de todos los accesorios, equipos y herramientas utilizados por los operarios en el proceso de los almacenes de producto terminado, así como los inventarios de producto terminado. Mediante la aplicación de esta técnica de la "S", se delimitaron las zonas de trabajo y las

áreas de paso para asegurar un acceso rápido a todos los accesorios, herramientas y producto terminado que se necesitan en el proceso.

Como parte de la implementación de Seiton, se llevó a cabo un rediseño del layout basado en un código de colores con el objetivo de lograr una mejora en la organización dentro de la cámara frigorífica. El propósito de este rediseño fue hacer más sencillo el proceso de búsqueda y localización de los productos necesarios al momento de realizar un embarque. Se estableció un sistema de codificación de colores que permitió identificar de manera rápida y eficiente la ubicación de los diferentes productos dentro de la cámara frigorífica. Cada producto o grupo de productos se asignó a una zona específica dentro de la cámara, y se les asignó un color correspondiente

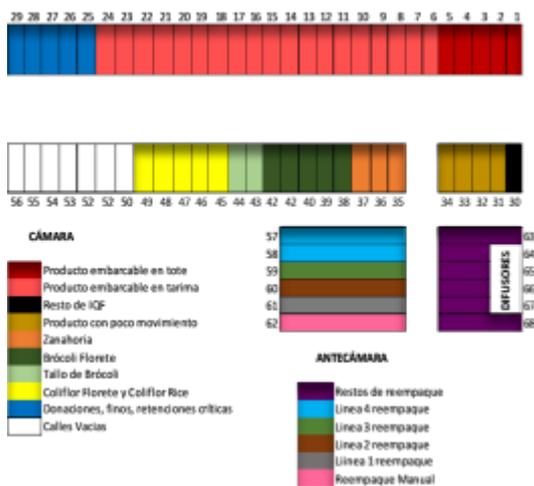


Figura 4. Código de colores. Elaboración propia

Seiso - Limpieza; En el marco de la metodología de las 5S, la tercera "S" se enfoca en la limpieza. En esta etapa, se llevó a cabo una identificación exhaustiva y la eliminación de todas las fuentes y focos de suciedad dentro del área de trabajo. Esto implicó un proceso de limpieza profunda y minuciosa, con el objetivo de eliminar cualquier tipo de suciedad, polvo, desechos o contaminantes que pudieran afectar la calidad y la eficiencia del

entorno laboral. Se implementaron también medidas preventivas para evitar la acumulación de suciedad y se establecieron procedimientos de limpieza periódica y rutinaria, asignando responsabilidades claras a los miembros del equipo.

La cuarta "S" del método Seiri, Seiton y Seiso es Seiketsu, que se refiere a la estandarización. Una vez que se han aplicado las tres primeras "S", es importante estandarizar el proceso mediante la interacción de todos los elementos construidos. Esto implica incorporar en nuestra vida diaria los pilares fundamentales del orden y la limpieza, lo cual garantiza que se apliquen normas de comportamiento, procedimientos, instructivos y controles visuales claros y precisos, utilizando imágenes que nos ayuden a recordar las ubicaciones adecuadas.

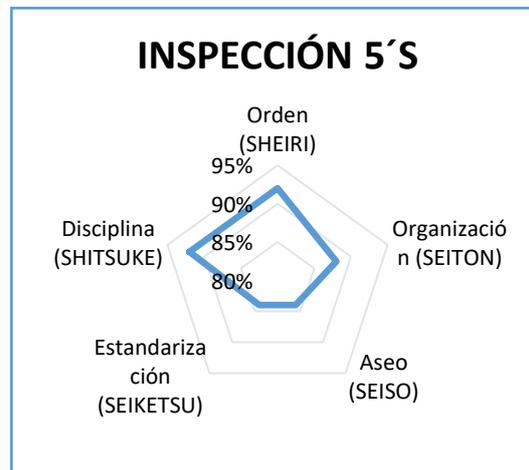
Shitsuke, la quinta y última "S" de la metodología 5S, es quizás la más importante de todas, ya que implica la disciplina. Esta etapa es crucial para asegurar el mantenimiento a largo plazo de las 5S. Se puso un especial énfasis en concientizar y entrenar a todos los colaboradores del área sobre la importancia de mantener un entorno limpio y ordenado en todo momento. Se llevaron a cabo capacitaciones y se promovió una cultura de responsabilidad compartida en cuanto a la limpieza, involucrando a todos los miembros del equipo en la identificación y eliminación proactiva de cualquier fuente de suciedad o contaminación.

Así también dentro de la disciplina implica llevar a cabo inspecciones regulares para identificar cualquier desviación o incumplimiento de las 5S, y tomar acciones correctivas de manera oportuna. También implica proporcionar capacitación y apoyo constante a los colaboradores del área, para que puedan comprender y aplicar correctamente los principios de las 5S en su trabajo diario.

RESULTADOS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS 5'S

Tabla 4. Resultados de la inspección después de la implementación 5's

Elemento	Puntaje Posible	Puntaje obtenido	% Implemen
Orden (SHEIRI)	25	23	92%
Organización (SEITON)	25	22	88%
Aseo (SEISO)	25	21	84%
Estandarización (SEIKETSU)	25	21	84%
Disciplina (SHITSUKE)	25	23	92%
Total	125	110	88%



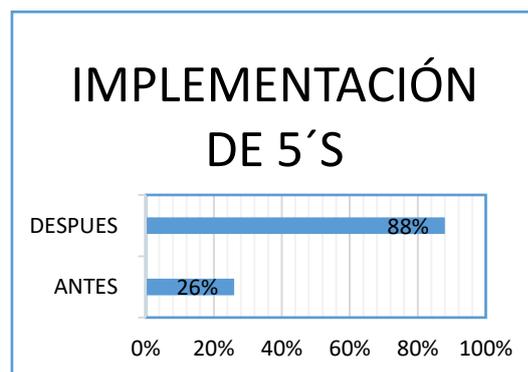
Grafica 4. Resultados de la implementación. Elaboración propia

En la tabla 4 y en la gráfica 4. se puede observar claramente cómo la implementación de las 5's ha tenido un impacto significativo en el almacén de producto terminado de la empresa objeto de estudio. Después de la implementación, se logró un porcentaje del 88% de implementación, en comparación con solo el 21% en la primera inspección. Esto significa que la metodología de las 5's ha tenido un aumento del 67% en la implementación en el almacén. Este aumento en la implementación de las 5's también ha llevado a una mejora en la productividad del área. Se han reducido los tiempos en los

procesos de embarque, lo que ha ayudado a alcanzar e incluso superar el objetivo diario de embarques establecido. Durante los meses de febrero y marzo, se han registrado tomas de tiempos y embarques realizados, y los resultados han sido notables.

COMPARACIÓN DE LAS 5'S

Al analizar detenidamente la gráfica número 5 que representa la comparación entre el estado previo y posterior a la implementación de las 5's en el área de almacén de productos terminados, se puede evidenciar claramente que la aplicación de esta metodología tuvo un impacto significativo. En particular, se constata un notable aumento del 62% en el nivel de implementación de las 5's, lo que indica que esta herramienta ha sido efectivamente incorporada en las operaciones del área. Este resultado positivo no solo es un reflejo del compromiso y esfuerzo por parte del equipo de trabajo encargado de la implementación, sino que también demuestra la capacidad de la empresa para adaptarse y mejorar sus procesos a través de la implementación de herramientas y metodologías de vanguardia.



Grafica 5. Análisis de la implementación. Elaboración propia

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología Lean Manufacturing, en particular la herramienta de las 5'S, ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad y eficiencia del almacén de producto terminado de la empresa objeto de estudio. Después de la implementación, se logró un porcentaje del 88% de implementación, en comparación con solo el 21% en la primera inspección. Esto significa que la metodología de las 5's ha tenido un aumento del 67% en la implementación en el almacén, lo que llevó a una reducción en los tiempos de procesos de embarque y una mejora en la productividad del área ya que durante los meses de febrero se tuvo un aumento del 89% y del 92% respectivamente en su productividad. Además, la eliminación de elementos innecesarios u obsoletos liberó espacio de almacenamiento, permitiendo una mejor utilización del espacio disponible y evitando la acumulación de productos obsoletos. La cultura de mantener el orden y la limpieza ha sido promovida en todos los niveles de la organización, lo que ha generado un sentido de pertenencia y responsabilidad en los empleados, y ha contribuido a mejorar la moral y el trabajo en equipo.

Gracias a la implementación de las 5's, se ha creado una cultura de mejora continua en el almacén, lo que ha llevado a una mayor eficiencia y eficacia en los procesos.

Con lo anterior podemos determinar que, la implementación de la metodología Lean Manufacturing y las 5's ha tenido un impacto positivo y significativo en el almacén de producto terminado; generando una serie de mejoras significativas en la productividad, eficiencia y calidad de las operaciones, al promover un entorno de trabajo organizado, limpio y seguro, y fomentar una cultura de mejora continua. Lo que ha llevado a una mayor satisfacción del cliente y una mayor competitividad en el mercado. Como resultado, se encuentra en una posición más fuerte para enfrentar los desafíos y oportunidades futuros en su industria.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con investigaciones previas que demuestran el impacto positivo de la metodología 5S en la mejora de la productividad

operativa. Sin embargo, es importante destacar que la metodología ha evolucionado hacia un enfoque de 9S, que integra aspectos adicionales como la seguridad y la sostenibilidad, lo que podría considerarse para futuras investigaciones. La implementación de la metodología 9S podría ofrecer una mejora aún mayor en la eficiencia de los sistemas productivos, especialmente en organizaciones con altos niveles de automatización.

Los resultados obtenidos en la implementación de la metodología 5S muestran una mejora significativa en la organización y productividad del almacén, lo que es consistente con los hallazgos de Hirano (1995), quien destaca que la metodología 5S es fundamental para la mejora continua en las operaciones, al enfocarse en la eliminación de desperdicios y la creación de un ambiente de trabajo ordenado y limpio. Esta metodología, aplicada en industrias manufactureras y de servicios, ha demostrado mejorar no solo la eficiencia operativa, sino también la calidad de los productos y la seguridad en el entorno laboral.

En nuestro estudio, la mejora del 67% en la eficiencia del almacén se alinea con investigaciones anteriores que destacan la importancia de la metodología 5S para optimizar los tiempos de operación y reducir los costos asociados con errores y desperdicios (Hirano, 1995). Esto refuerza la idea de que la implementación de las 5S es una herramienta poderosa para mejorar la competitividad de las empresas, al eliminar actividades que no agregan valor.

Asimismo, es importante considerar que la metodología ha evolucionado hacia la 9S, como lo sugieren autores contemporáneos como Kadarova y Kadar (2017), quienes indican que la integración de nuevas "S", como la seguridad (Safety) y la satisfacción (Satisfaction), aporta un valor añadido al proceso de mejora continua, permitiendo a las empresas no solo mantener la eficiencia, sino también crear un entorno de trabajo más seguro y sostenible.

REFERENCIAS

Banco de México . (2021). Obtenido de Banco de México:

<https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/balanza-de-pagos.html>

Cantú, J. A. (2024). *Centro de Competitividad de Monterrey*. Recuperado el 11 de 07 de 2024, de Centro de Competitividad de Monterrey: <https://ccmty.com/los-beneficios-de-implementar-la-metodologia-5s/#:~:text=Mejora%20de%20la%20calidad%3A%20La,servicio%20ofrecido%20por%20la%20empresa.>

COFOCE. (s.f.). Recuperado el 11 de 07 de 2024, de COFOCE:

<https://cofoce.guanajuato.gob.mx/>

COFOCE. (s.f.). *COFOCE*. Recuperado el 11 de 07 de 2024, de COFOCE:

<https://cofoce.guanajuato.gob.mx/>

Hirano, H. (1995). *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press.

INEGI. (2022). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de 07 de 2024, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:

<https://www.inegi.org.mx/>

Nieuwkoop, M. V. (17 de Junio de 2019). *World Bank Blogs*. Obtenido de World Bank

Blogs: <https://blogs.worldbank.org/voices/do-costs-global-food-system-outweigh-its-monetary-value>

Soria, V. D. (30 de Marzo de 2022). *Food processing ingredients*. Obtenido de

https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Food%20Processing%20Ingredients_Mexico%20City%20ATO_Mexico_MX2022-0023



Statista . (2022). Obtenido de Statista:

<https://www.statista.com/statistics/256563/share-of-economic-sectors-in-the-global-gross-domestic-product/>

World Economic Forum . (12 de Diciembre de 2022). Obtenido de Worl Economic

Forum : <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/protect-food-systems-against-global-shocks/>



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



CONTROL DE MANO ROBÓTICA USANDO SEÑALES ELECTROMIOGRÁFICAS SUPERFICIALES (EMG'S)

Adrian Ibarra Fuentes¹; Alan Vega Espitia¹; Jorge L. Salazar Martínez¹; José L. Salcedo Ramírez¹;
Juan Y. Becerra Montejano¹; María R. Camarena Vázquez¹

¹ Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de La Piedad, Av. Tecnológico, Meseta los Laureles, C.P. 59370, La Piedad, Michoacán, México

Correo de contacto: adrian.if@piedad.tecnm.mx

Área: Informática

RESUMEN

Este trabajo presenta un sistema de control para una mano robótica utilizando señales electromiográficas (EMG) una técnica utilizada en la rehabilitación y control de prótesis en Norteamérica, Europa y Asia desde los años 2000 para detectar los movimientos de la mano humana. El problema planteado es cómo replicar de manera eficiente los movimientos de abrir y cerrar la mano en una prótesis robótica, utilizando sensores de bajo costo y una configuración sencilla, así mismo el objetivo es desarrollar un método que permita controlar una mano robótica mediante la actividad muscular del antebrazo, utilizando solo tres electrodos superficiales y una unidad de medición inercial (IMU).

Los antecedentes teóricos que sustentan el uso de señales EMG se basan en la capacidad de estas señales para detectar la actividad eléctrica generada por los músculos durante la contracción. La metodología consistió en colocar dos electrodos en los músculos extensores de los dedos del antebrazo y un electrodo de referencia en el codo. Las señales EMG se capturaron a una frecuencia de 100 Hz y se procesaron para eliminar picos no deseados. Se estableció un umbral de activación que diferenciara entre los movimientos de abrir y cerrar la mano. Además, se empleó una IMU para la rotación de la mano.

Los resultados muestran que con esta configuración se pueden distinguir claramente dos gestos: mano abierta y cerrada. Al superar el umbral de señal EMG, la mano robótica replicó con precisión los movimientos de la mano humana. También se controló el giro del antebrazo con la IMU, logrando un control completo de la mano robótica.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,

ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Enero-Abril 2025

Fecha de Recepción: 08/01/2025 Fecha de Aceptación: 15/01/2025

Página 21 de 98

En conclusión, el uso de tres electrodos y un umbral definido permitió replicar los movimientos básicos de la mano con un control eficiente, lo que demuestra que es posible desarrollar prótesis robóticas simples y accesibles basadas en señales EMG.

PALABRAS CLAVE: Electromiografía, Prótesis, Control

INTRODUCCIÓN

La EMG es una técnica que se utiliza para poder registrar y analizar la actividad eléctrica que se produce en los músculos esqueléticos durante la contracción, la actividad eléctrica se genera por la transmisión de impulsos nerviosos a través de las fibras musculares, lo que provoca la contracción (A. Raurale et al., 2020; Benalcazar et al., 2018), esta actividad eléctrica se conoce como potencial de acción, donde se genera un cambio de iones en las fibras musculares que alcanza un potencial de 30mV y cuando se disminuye logra alcanzar un nivel de hasta -70mV como se puede observar en la figura 1.

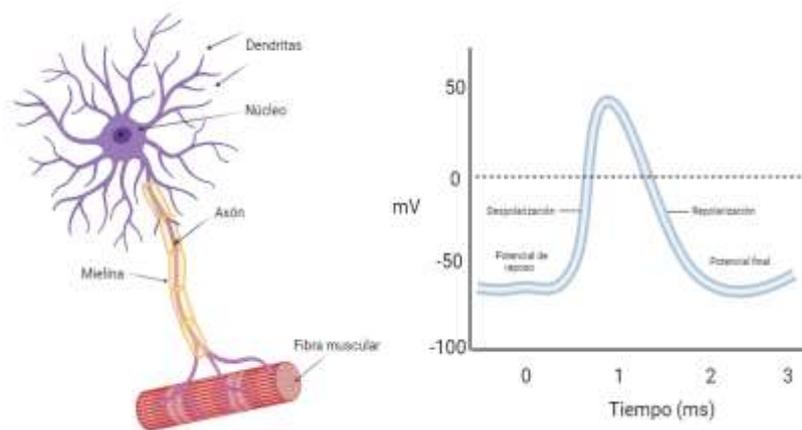


Figura 1. Unidad motora y su potencial de acción

Los músculos encargados de la flexión y extensión de los dedos de la mano se muestran en la figura 2, existen muchos otros músculos para diferentes movimientos de la mano (Torres et al., 2021; Zarco, 2005).



Figura 2. Músculos de la parte posterior del antebrazo.

En la tabla 1 se muestran una breve descripción de la función que tiene cada uno de los músculos que se muestran en la figura 2.

Tabla 1. Función de los músculos de la parte posterior del antebrazo.

Músculo	Función
Braquiorradial	Este músculo flexiona el antebrazo a la altura del codo
Músculo extensor radial largo y corto del carpo	Este músculo ayuda a abducir y extender la mano en la articulación de la muñeca, flexión del codo
Músculo extensor común de los dedos	Este músculo hace la extensión de los 4 dedos medios
Músculo extensor propio del meñique	Este músculo extiende el dedo del meñique y contribuye a la extensión de la muñeca
Músculo extensor cubita del carpo	Este músculo hace la extensión y aducción de la muñeca
Músculo ancóneo	Este músculo extiende y estabiliza el codo, abducción del cúbito durante la pronación del antebrazo

Las señales electromiográficas superficiales (EMG's) son ampliamente utilizadas, ya sea para poder monitorear el rendimiento de deportistas, para detectar alguna anomalía en los músculos, para poder hacer rehabilitación de las extremidades humanas superior e inferior y también para poder hacer el control de prótesis humanas, esto representa un gran avance en lo que son las interfaces hombre – máquina (Correa-Figueroa et al., 2016; Sánchez-Velasco et al., 2020; Tavakoli et al., 2017; Visconti et al., 2018). Recientemente se han

utilizado las señales electromiográficas superficiales (EMGs) para la adquisición de la actividad muscular para realizar el control de prótesis en lugar de la intramuscular debido a su facilidad de uso, ya que no se requiere de un gran conocimiento en anatomía (Anselmino et al., 2024; J. M. Dick et al., 2024).

La EMG's permite la detección de la actividad eléctrica producida por los músculos durante su contracción, pudiendo detectar las intenciones motrices del usuario que porta los sensores de EMG, dependiendo de la actividad a realizar se debería de colocar los sensores en puntos específicos del cuerpo humano (Hassan et al., 2020), para este proyecto como se pretende realizar el abrir y cerrar los dedos de una mano robótica, así como girarla hacia la izquierda y la derecha, solo se utilizarán 3 electrodos, ya que no se requiere una alta fidelidad en los movimientos.

En este contexto, el uso de las señales EMGs para controlar una mano robótica, abre las posibilidades para que las personas con discapacidad motora puedan utilizar esta tecnología para generar nuevamente las interacciones con una mayor precisión y naturalidad (Rascón-Madrigal et al., 2020)(Hassan et al., 2020), además de poder aprender a utilizar estas tecnologías y se puedan desarrollar algunos proyectos más complejos. Este artículo explora las bases teóricas y técnicas sobre el uso de las señales EMGs, detallando el proceso de colocación de los sensores en la parte del antebrazo, adquisición, procesamiento y aplicación de estas señales para el control eficiente de una pinza robótica y la utilización de la unidad de medición inercial para el control de la base de la pinza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Existen 2 tipos de electrodos, los electrodos los intramusculares y los superficiales, dentro de estos últimos tenemos los electrodos húmedos y los secos (Merletti & Farina, 2009; Meziane et al., 2013), en la figura 3 se muestra la colocación del electrodo y el contacto que hace con la piel para poder adquirir las señales EMG.

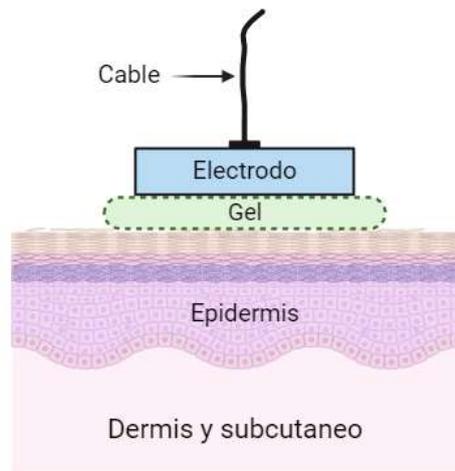


Figura 3. Colocación del electrodo en la piel.

Las señales EMG que se pueden adquirir van a depender del movimiento que se realiza, de la colocación de los electrodos, de la masa muscular de la persona, y de la impedancia de la piel, a la par estas señales son estocásticas, por lo que típicamente puede variar, aunque se realice el mismo movimiento, ya que entre más fuerza se realice la señal se puede intensificar más, en la figura 4 se puede observar una señal EMG de 8 canales del movimiento de un dedo (Reaz et al., 2006).

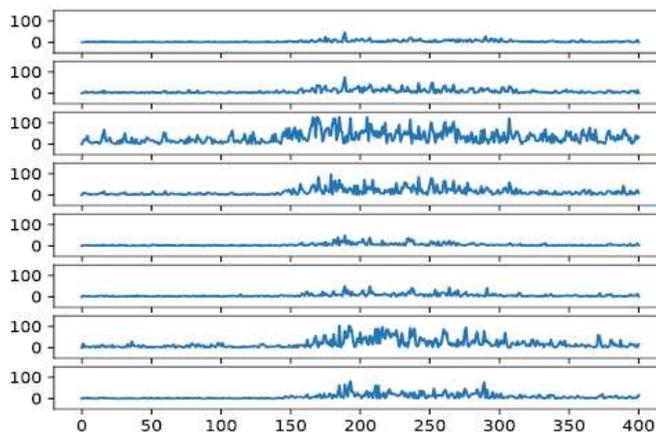


Figura 4. Señales EMG's para un arreglo de 8 electrodos.

La unidad de medición inercial (IMU) tiene en su interior un mecanismo de masa resorte con el cual es posible medir la aceleración y al mismo tiempo poder adquirir la posición

en la que se encuentra el sensor, en la figura 5 se muestra un módulo IMU con sus respectivos ejes de medición.

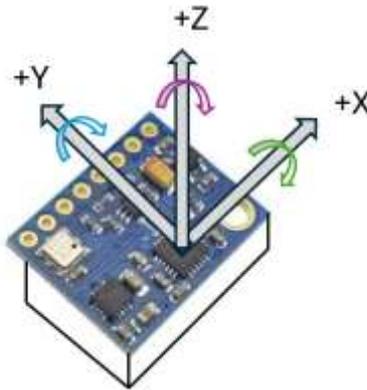


Figura 5. Unidad de medición inercial.

Para la obtención de las señales EMG's se utilizó una configuración de 3 electrodos húmedos, 2 de ellos se colocaron en la parte del antebrazo en donde se ubica el músculo extensor común de los dedos como se muestra en la figura 2, y un tercero que hace referencia al electrodo de tierra se colocó en la parte del codo ya que en ese punto no se genera tanta actividad muscular como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Colocación de los electrodos en el antebrazo.

Una vez que se colocaron los electrodos correspondientes, se procedió a mandar las señales EMG's a un microcontrolador para su adquisición, análisis y procesamiento, las señales se adquirieron a una frecuencia de 100Hz para poder obtener el tiempo de muestreo se aplica la fórmula 1.

$$T = \frac{1}{f}$$

Donde T [s] es el periodo o tiempo que tarda en realizar un ciclo completa una señal, f [Hz] es la frecuencia o número de ciclos que se repiten por segundo.

Entonces al adquirir las señales EMG's a una frecuencia de 100 Hz nos da el tiempo de muestreo de:

$$t_{muestreo} = \frac{1}{100Hz} = 10ms$$

Esto indica que cada 10 milisegundos se adquieren las señales EMG's correspondientes a los 3 electrodos en el antebrazo.

Para el procesamiento de las señales una vez adquiridas, se invirtió la parte negativa de la señal a positiva para poder realizar la sumatoria de las señales EMG's y además se suavizó para que no se generaran picos tan grandes como se muestra en la figura 7, en esta misma se muestra el tiempo transcurrido y el potencial de acción de las señales.

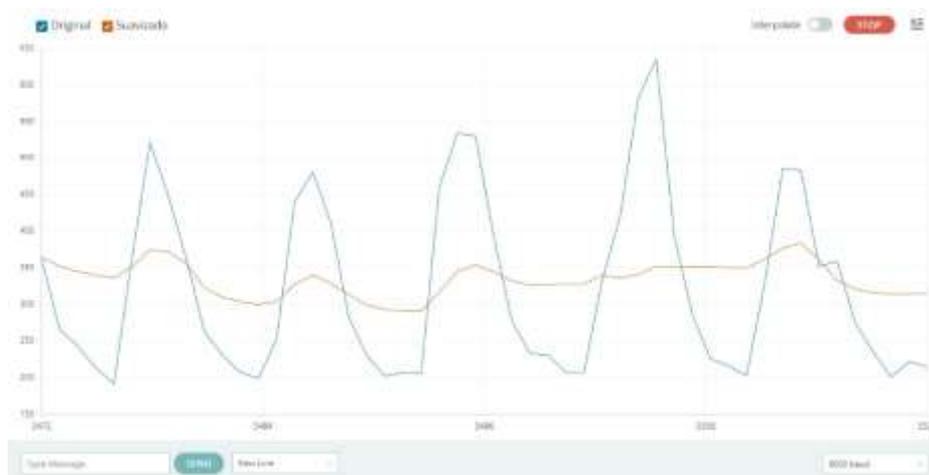


Figura 7. Señal EMG's procesada.

A través de las señales EMG's se realizó el control de una mano robótica, donde se realizaron 2 gestos, que es la mano abierta donde se genera una señal tenue y la mano cerrada donde se aplica más fuerza y por ende la señal incrementa, una vez adquiridas estas señales se realizó una sumatoria y el resultado se compararía con un umbral que el usuario definió.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las señales EMG's se utilizaron para poder realizar el movimiento de una mano robótica, está mano cuenta con 6 grados de libertad, donde 5 corresponden a la flexión y extensión de cada uno de los dedos y el otro grado de libertad corresponde al movimiento de la muñeca a través del IMU.

En la figura 8 se muestran las señales EMG's que se adquirieron cuando la mano se encuentra abierta, como se puede observar es una señal que está cerca de las 180 unidades de potencial de acción, por tal motivo no supera el umbral de 220 que sería el punto donde al incrementar ese valor indicaría que se está realizando otro movimiento.

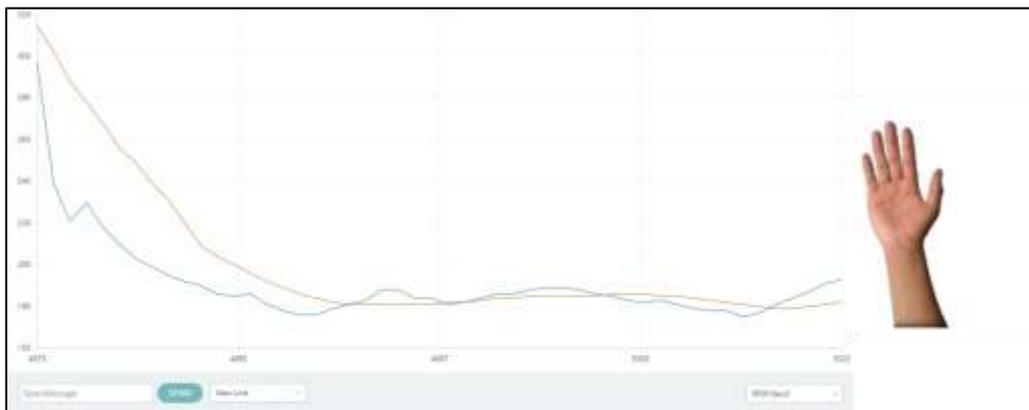


Figura 8. Señal EMG's del movimiento de la mano abierta.

En la figura 9 se muestra la señal EMG's que se generó al realizar el movimiento de puño de la mano humana, en este caso supero el umbral de 220 antes predispuesto, lo que da la pauta para que se pueda generar otro movimiento en la mano robótica.

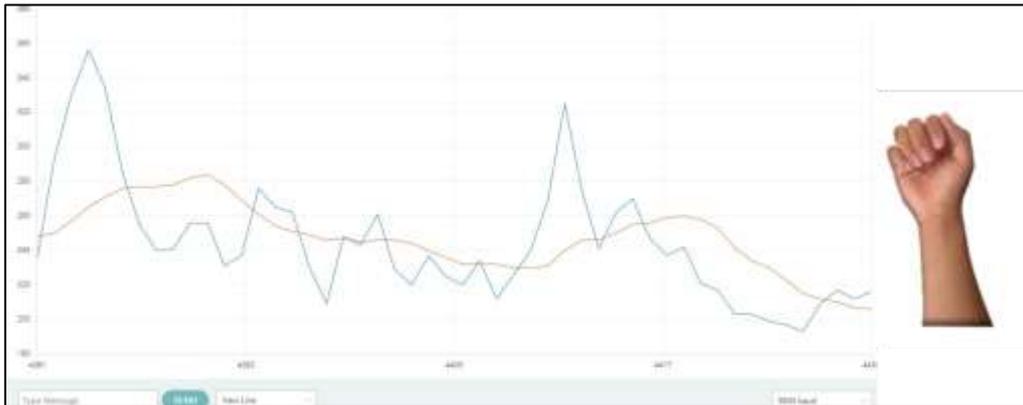


Figura 9. Señal EMG's del movimiento de la mano cerrada.

Una vez que se realizó la calibración para poder obtener nuestro límite de umbral cuando la mano está abierta y cuando está cerrada, se conectaron las salidas del microcontrolador a la mano robótica para poder reproducir los dos movimientos de la mano humana. En la figura 10 se muestran los movimientos reproducidos en la mano robótica.

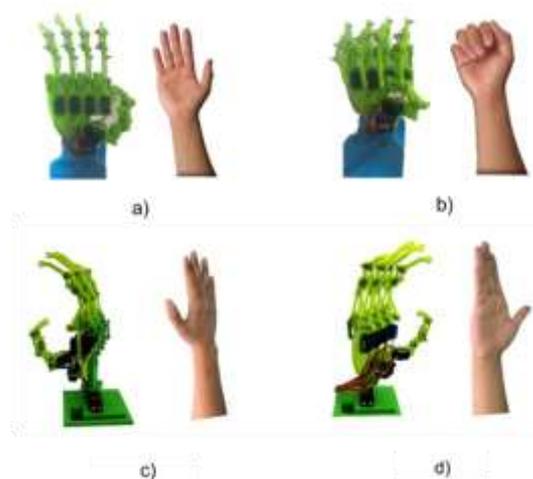


Figura 10. Movimientos reproducidos de la mano humana en una mano robótica, a) mano en reposo, b) mano cerrada, c) giro a la izquierda, d) giro a la derecha.

DESARROLLO DEL TEMA (para contribuciones de divulgación)

La tecnología ha revolucionado muchas áreas de nuestras vidas, y la robótica es uno de los campos más fascinantes y prometedores. Una de las aplicaciones más innovadoras es el uso de señales electromiográficas (EMG), que permiten a las personas controlar dispositivos robóticos a través de la actividad muscular. En este artículo, te acercamos a esta emocionante tecnología, explicada de manera accesible para todos los lectores, y cómo su desarrollo en el Tecnológico Nacional de México contribuye a un México más innovador y sostenible.

¿Qué son las señales electromiográficas?

Las señales electromiográficas (EMG) son impulsos eléctricos generados por los músculos cuando se contraen. Estas señales son captadas por sensores llamados electrodos, que se colocan sobre la piel en puntos específicos del cuerpo. A través de estas señales, se puede detectar la actividad muscular y convertirla en acciones para controlar diferentes dispositivos, como prótesis robóticas (A. Raurale et al., 2020; Benalcazar et al., 2018).

¿Cómo funcionan en el control de prótesis?

En los últimos años, el uso de EMG ha sido clave para el desarrollo de prótesis robóticas, que permiten a personas con discapacidades motoras recuperar movilidad. Mediante la colocación de unos pocos electrodos en el brazo o la pierna, es posible captar la intención del usuario y traducirla en movimientos de una prótesis, ya sea para cerrar una mano robótica o mover un brazo. Esto mejora la calidad de vida de muchas personas, permitiéndoles realizar actividades cotidianas de manera más autónoma (Correa-Figueroa et al., 2016; Sánchez-Velasco et al., 2020; Tavakoli et al., 2017; Visconti et al., 2018).

Innovación accesible: prótesis robóticas de bajo costo

Uno de los mayores retos es hacer esta tecnología accesible para la mayoría de las personas. Aunque las prótesis robóticas comerciales pueden ser costosas, el uso de sensores EMG y componentes de bajo costo ha permitido desarrollar soluciones más económicas sin sacrificar la funcionalidad. Estas prótesis, controladas con la actividad muscular, permiten a las personas realizar movimientos básicos de la mano, como abrir y cerrar los dedos, de manera sencilla.

Tecnológico Nacional de México y la Agenda Estratégica

El Tecnológico Nacional de México (TecNM), institución que lidera la innovación en tecnología y educación en el país, está comprometido no solo con la formación de ingenieros, sino también con el desarrollo de tecnologías que contribuyan al bienestar social. Los proyectos relacionados con el uso de señales EMG y la robótica, desarrollados en sus laboratorios, son un ejemplo de cómo el TecNM está a la vanguardia en el avance de tecnologías de rehabilitación.

Contribución a la autosuficiencia alimentaria y el rescate del campo mexicano

El trabajo del TecNM también juega un papel importante en la Agenda Estratégica de Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo Mexicano. La investigación en robótica y señales EMG, aunque inicialmente dirigida a prótesis, tiene aplicaciones que pueden beneficiar a la agricultura. Por ejemplo, robots controlados por señales EMG podrían utilizarse para desarrollar maquinaria adaptable para personas con limitaciones físicas que trabajan en el campo. Así, se facilita su integración en actividades productivas, promoviendo la inclusión y mejorando la eficiencia en la producción agrícola.

Además, el desarrollo de tecnologías accesibles y de bajo costo tiene el potencial de generar herramientas que optimicen el trabajo en el campo, haciendo el proceso más eficiente y menos dependiente de insumos externos, contribuyendo directamente a la autosuficiencia alimentaria del país.

Un futuro más inclusivo gracias a la robótica y el TecNM

La robótica, impulsada por señales EMG, no solo ofrece soluciones para la movilidad de personas con discapacidades, sino que también abre puertas a nuevas posibilidades en diversos campos, como la agricultura. El Tecnológico Nacional de México se mantiene a la vanguardia en el desarrollo de estas tecnologías, buscando siempre mejorar la vida de las personas y contribuir al desarrollo sostenible de México.

CONCLUSIONES

Con la configuración de 3 electrodos en la parte del antebrazo se pueden clasificar 2 movimientos de la mano humana, siempre y cuando se coloquen en la parte del antebrazo, ya que ahí es donde se encuentran los músculos encargados de realizar el movimiento de los dedos de la mano. También hay que tomar en cuenta el umbral ya que se debe de analizar bien la fuerza que se aplica al realizar los movimientos quedando entre el esfuerzo con mucha fuerza y el de menor fuerza. Todo esto para poder proporcionar un buen control de la prótesis robótica, ya que dependerá de cada uno de los usuarios el umbral que se requiera, debido a que cada una de las señales EMG's son diferentes en cada persona y éstas al ser estocásticas deben de capturarse para cada usuario.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Tecnológico Nacional de México, cuyo apoyo y recursos fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Agradezco profundamente a mis profesores y compañeros por su invaluable guía y colaboración en el desarrollo de este proyecto. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mis familiares y amigos por su constante aliento y apoyo incondicional, que me han motivado a lo largo de este camino. Sin su confianza y respaldo, este logro no habría sido posible, y a Brenda Paola Valadez Zendejas por siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Raurale, S., McAllister, J., & Del Rincon, J. M. (2020). Real-Time Embedded EMG Signal Analysis for Wrist-Hand Pose Identification. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 68(April), 2713–2723. <https://doi.org/10.1109/TSP.2020.2985299>

- Anselmino, E., Mazzoni, A., & Micera, S. (2024). EMG-based prediction of step direction for a better control of lower limb wearable devices. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 254, 108305. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.108305>
- Benalcazar, M. E., Motoche, C., Zea, J. A., Jaramillo, A. G., Anchundia, C. E., Zambrano, P., Segura, M., Benalcazar Palacios, F., & Perez, M. (2018). Real-time hand gesture recognition using the Myo armband and muscle activity detection. *2017 IEEE 2nd Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2017, 2017-Janua*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ETCM.2017.8247458>
- Correa-Figueroa, J. L., Morales-Sánchez, E., Huerta-Ruelas, J. A., González-Barbosa, J. J., & Cárdenas-Pérez, C. R. (2016). Sistema de adquisición de señales SEMG para la detección de fatiga muscular. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomedica*, 37(1), 17–27. <https://doi.org/10.17488/RMIB.37.1.4>
- Hassan, H. F., Abou-Loukh, S. J., & Ibraheem, I. K. (2020). Teleoperated robotic arm movement using electromyography signal with wearable Myo armband. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32(6), 378–387. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.05.001>
- J. M. Dick, T., Tucker, K., Hug, F., Besomi, M., van Dieën, J. H., Enoka, R. M., Besier, T., Carson, R. G., Clancy, E. A., Disselhorst-Klug, C., Falla, D., Farina, D., Gandevia, S., Holobar, A., Kiernan, M. C., Lowery, M., McGill, K., Merletti, R., Perreault, E., ... Hodges, P. W. (2024). Consensus for experimental design in electromyography (CEDE) project: Application of EMG to estimate muscle force. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 102910. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2024.102910>
- Merletti, R., & Farina, A. (2009). Analysis of Intramuscular electromyogram signals. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1887), 357–368. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0235>
- Meziane, N., Webster, J. G., Attari, M., & Nimunkar, A. J. (2013). Dry electrodes for electrocardiography. *Physiological Measurement*, 34(9). <https://doi.org/10.1088/0967-3334/34/9/R47>
- Rascón-Madrigal, L. H.; Sinecio-Sidrian, M. A.; Mejía-Muñoz, J. M.; Díaz-Román, J. D.; Canales-Valdiviezo, I.; Botello-Arredondo, A. I. (2020). *View of Estimación en la Intención de Agarres_ Cilíndrico, Esférico y Gancho Utilizando Redes Neuronales Profundas.pdf*. 41(1), 117–127. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322020000100117



- Reaz, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: Detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online*, 8(1), 11–35. <https://doi.org/10.1251/bpo115>
- Sánchez-Velasco, L. E., Arias-Montiel, M., Guzmán-Ramírez, E., & Lugo-González, E. (2020). A Low-Cost EMG-Controlled Anthropomorphic Robotic Hand for Power and Precision Grasp. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 40(1), 221–237. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2019.10.002>
- Tavakoli, M., Benussi, C., & Lourenco, J. L. (2017). Single channel surface EMG control of advanced prosthetic hands: A simple, low cost and efficient approach. *Expert Systems with Applications*, 79, 322–332. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.012>
- Torres, J. A. G., Fuentes, A. I., Sánchez, E. M., & Zavala, A. H. (2021). Prediction of flexion and extension movements of 4 fingers of the hand using a new labeled method. *Journal of Physics: Conference Series*, 2008(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2008/1/012015>
- Visconti, P., Gaetani, F., Zappatore, G. A., & Primiceri, P. (2018). Technical features and functionalities of Myo armband: An overview on related literature and advanced applications of myoelectric armbands mainly focused on arm prostheses. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 11(1), 1–25. <https://doi.org/10.21307/ijssis-2018-005>
- Zarco, L. A. (2005). Bases neurofisiológicas de la conducción nerviosa y la contracción muscular y su impacto en la interpretación de la neuronografía y la electromiografía. *Guía Neurológica* 7, 1–7.

LA EFECTIVA VINCULACIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR CON LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN EL ESTADO POTOSINO: CASO DE ESTUDIO DE LA EMPRESA UNIVERSAL VALUE-ADDED SERVICES – MÉXICO AKA LINC

Lya A. Oros Méndez;¹ María Lisseth Flores-Cedillo ²; Hulda Zulema Del Angel-López ³

^{1,2,3} Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital

¹ lya.oros@tecsuperiorslp.edu.mx

Orcid: 0000-0003-2432-7713

² maria.flores@tecsuperiorslp.edu.mx

Orcid: 0000-0002-2693-6734

³ hulda.delangel@tecsuperiorslp.edu.mx

Orcid: 0000-0001-6153-0249

Área: Gestión Empresarial

RESUMEN

Actualmente, las Instituciones de Educación Superior (IES) se suman a los cambios globalizantes partiendo de una reingeniería curricular en sus procesos administrativos adaptando la oferta educativa a las necesidades de un mercado, a efectos de contribuir en la competitividad de su cadena de valor. En la economía del estado Potosino hoy en día se destaca la importancia que tiene la Industria Automotriz, partiendo de que es fundamental para dicha industria pueda contar con talento humano calificado y competitivo a lo cual el día de hoy se torna como latente problemática en el Estado Potosino. La presente investigación considera el caso de estudio de la empresa Universal Value-Added Services – México aka LINC ubicada en San Luis Potosí, teniendo como objetivo identificar y analizar las estrategias empresariales que sigue la empresa para la captación de capital intelectual, así como mecanismos de desarrollo y efectivos programas de vinculación que tienen con IES. Dicha investigación se acompaña de una metodología de tipo descriptiva y analítica a través de investigación de campo con entrevistas de profundidad semi estructuradas así como revisión documental de literatura. Los resultados arrojan las estrategias que sigue la empresa para el logro de una efectiva vinculación con las Instituciones de Educación Superior, así como demuestran los programas que actualmente operan para el desarrollo del estudiante en formación, como

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,

ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Enero-Abril 2025

Fecha de Recepción: 08/01/2025 Fecha de Aceptación: 15/01/2025

Página 35 de 98



de sus propios colaboradores que obedezcan a las necesidades que el mercado laboral demanda.

PALABRAS CLAVE: Vinculación académica, Industria Automotriz, Competencias profesionales.

INTRODUCCIÓN

Partiendo de los temas prioritarios que actualmente presenta el sector automotriz: Mejoramiento del entorno de negocios mediante sus costos, negociaciones comerciales con acceso a los mercados internacionales, investigación y desarrollo de tecnología e innovación, y fortalecimiento del mercado interno, la industria automotriz requiere realizar alianzas estratégicas con su entorno, desde la cuarta hélice Academia-Empresa-Gobierno-Sociedad, por lo que se torna impensable el cumplimiento y atención a esos temas prioritarios sin la efectiva vinculación entre el sector educativo como aliado proveedor de capital intelectual al mando de la operación y comercialización estratégica del giro automotriz.

De ahí la necesidad de exponer a lo largo del presente capítulo el caso de estudio de la empresa Universal Value-Added Services – México aka LINC del giro automotriz líder en su ramo no solo en el Estado de San Luis Potosí, sino a nivel internacional, que aparte de ser fundamental en el crecimiento y desarrollo económico en el Estado, apuesta como su principal ventaja competitiva a su recurso humano para el logro y cumplimiento de sus metas, partiendo de una integración vertical hacia tras mediante la efectiva vinculación con las Instituciones de Educación Superior (IES), que se vuelven aliadas y proveedoras de lo más preciado que puede tener cualquier empresa, que es su capital intelectual. Actualmente para el Sector Automotriz en el Estado Potosino la rotación de personal y escasa demanda laboral, se vuelve un problema mayúsculo que no solo afecta su proceso productivo, sino que altera su cadena de valor.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



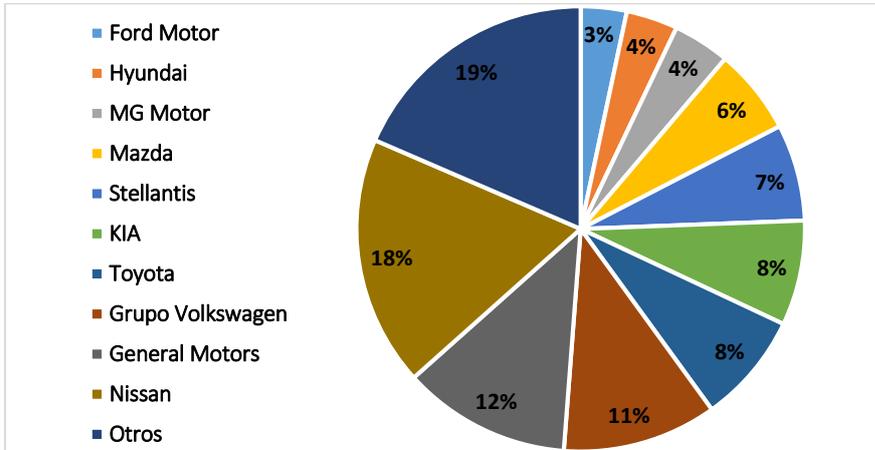
Universal Value-Added Services – México aka LINC es un proveedor líder de soluciones logísticas de terceros desarrolladas a medida y con pocos activos que permiten a sus clientes reducir costos y gestionar sus cadenas de suministro globales de manera más eficiente. Brinda principalmente servicios de logística de valor agregado a las industrias automotriz, manufacturera y minorista, además de brindar servicios dedicados de carga de camiones, urgentes y de transporte de carga a clientes en toda América del Norte (“Universal Logistics Holdings, Inc.,” 2023).

La industria automotriz en México

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se estima que alrededor de 85 % de los empleos automotrices en México están en las plantas de autopartes, es decir, más de 800 mil empleos (Dylan, 2023).

De acuerdo con la información publicada por el INEGI la producción y exportación de autos en México creció 8 % primer trimestre de 2023 de acuerdo con la información proveniente de 22 empresas afiliadas a la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) y la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA) la fabricación de vehículos ligeros en México incrementó un 8.61 % de enero a marzo llegando a alcanzar las 922 mil 177 unidades (AMIA, 2023; TLW®, 2023). En la Gráfica 1 se muestra el porcentaje de la venta de vehículos ligeros nuevos en febrero 2023 en la que se pueden observar las diez principales empresas automotrices en el país destacando la inversión extranjera.

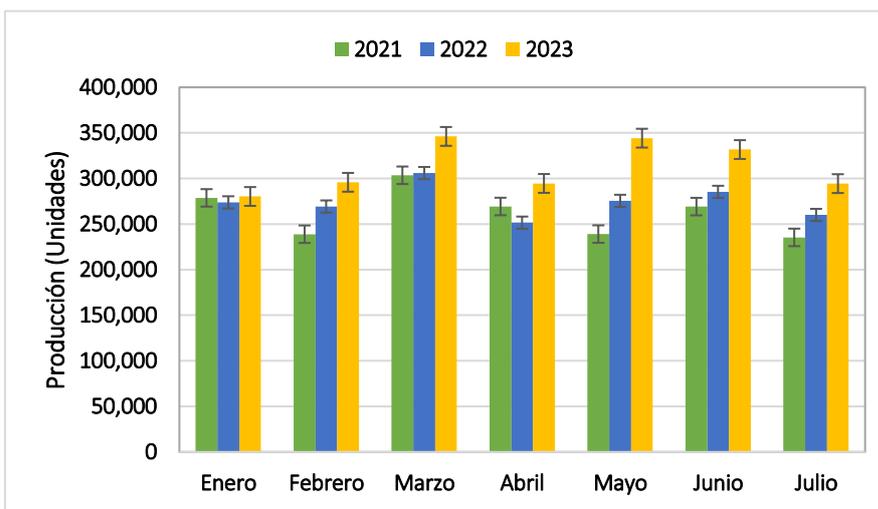
Gráfica 1. Venta de vehículos ligeros nuevos en Febrero 2023.



Fuente: (AMIA, 2023; TLW®, 2023)

En la Gráfica 2 se presenta el comparativo de producción de vehículos ligeros nuevos de los años 2021, 2022 y 2023 mostrándose una mejoría en 2023 en el mismo período de tiempo (Enero-Junio) (INEGI, 2023a, 2023b), lo que se considera favorable para este sector detonando en un incremento en la producción de autopartes y ensamble de vehículos, así como en los servicios relacionados con la industria automotriz.

Gráfica 2. Producción de vehículos ligeros nuevos en los periodos Enero-Julio 2021, 2022 y 2023.



Fuente: (INEGI, 2023a, 2023b).

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,
ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Enero-Abril 2025

Fecha de Recepción: 08/01/2025 Fecha de Aceptación: 15/01/2025

La industria automotriz en San Luis Potosí

En el estado de San Luis Potosí, México la producción local de la industria automotriz se centra en varios tipos de autopartes y su auge se atribuye a diversos factores, uno de ellos considerado como principal atributo es su ubicación geográfica (Valentín Mballa et al., 2020).

La aparición de las empresas automotrices en S.L.P. se tiene registrada a partir de 1950, con las primeras inversiones de autopartes mexicanas y en 1973 con la inversión de Estados Unidos de Norteamérica de Robert Bosh y en 1982 de Cummins (Sánchez González, 2022). La llegada de la ensambladora de General Motors en 2007 permitió detonar el desarrollo de la industria automotriz en el estado y sus proveedoras nacionales e internacionales en el estado (Neri Guzmán, 2022) y en 2019 con la planta de BMW que se considera la ensambladora de vehículos premium con mayor tecnología de punta de toda la firma en el mundo (Clúster Industrial, 2020), pues a pesar de que la demanda arrancó el 2023 de forma muy atenuada se prevé una mejoría significativa, respaldado por el anuncio de la inversión de la empresa BMW que prevé destinar 800 millones de euros en San Luis Potosí (Solili, 2023), así como por la llegada de 8 empresas localizadas en el municipio de la Capital, las cuales han recibido apoyo económico por parte del Ayuntamiento y del Clúster Automotriz (Quadratin.slp, 2023).

Por tanto el objetivo de la presente se centra en identificar y analizar las estrategias empresariales que sigue la empresa para la captación de capital intelectual, así como mecanismos de desarrollo y efectivos programas de vinculación que tienen con IES.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación posee un enfoque exploratorio y aplicativo debido a que se desarrolla con una metodología de tipo descriptiva y analítica a través de investigación de campo con entrevistas de profundidad semi estructuradas con el sujeto de estudio para la recolección de información y a partir de estas se puede señalar la vinculación y

actividades generadas entre la empresa Universal Value-Added Services – México aka LINC mediante su departamento de Recursos Humanos.

Dichas entrevistas se aplicaron al personal interno de la empresa, con el objetivo de con indagar e intercambiar datos y opiniones, en las que intervinieron el entrevistado (representante de la empresa industrial) y los entrevistadores (representante del Instituto), con el objetivo de conocer el tipo de vinculación y el impacto que se genera en ambas instancias.

Las entrevistas tuvieron lugar en la empresa, y al presentarse de manera semiestructuradas se acompañaron de una guía de preguntas, en las que se brindó la posibilidad de añadir preguntas adicionales con el fin de ahondar más en el tema y obtener información adicional.

Para grabar las entrevistas se usa la aplicación móvil Grabadora Pro así como se utilizó Sonix® para transcribir las entrevistas, así mismo el diseño de la entrevista de profundidad constó de la siguiente estructura, la cual se indica en la Tabla 1 en la que se detallan las preguntas realizadas de los 5 Items abordados: Descripción de la empresa, Geográfica, Demográfica, Vinculación y Producción; así como se contempla la estructura de las preguntas realizadas y el tipo de información recabada.

Tabla 1. Estructura de preguntas realizadas en entrevista de profundidad.

Items	Pregunta específica	Tipo de información recolectada
Descripción de la empresa	¿Cuál es la descripción de la empresa conforme su giro, magnitud y origen del capital? ¿Cuáles son sus valores?	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes de la empresa. • Clasificación.



	<p>¿Cuál es su filosofía?</p> <p>¿Cuál es la misión/visión de la empresa?</p> <p>¿Qué certificaciones tienen?</p> <p>¿Son una empresa socialmente responsable? En caso afirmativo favor de indicar las actividades desarrollan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Valores.
Geográficas	<p>¿A qué localidad(es) pertenecen sus colaboradores?</p> <p>¿Cuál es el promedio de estudios de sus colaboradores?</p> <p>¿Puede señalar los porcentajes de rotación que manejan en la empresa?</p> <p>¿Manejan el comercio justo?</p> <p>¿Considera que los salarios y prestaciones son competitivas, conforme lo que maneja el mercado laboral? ¿Por qué sí o no?</p> <p>¿Qué oportunidades laborales ofrecen a sus colaboradores?</p> <p>¿Cuáles son las competencias profesionales que privilegian el ingreso laboral con ustedes?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Información geográfica de la empresa. • Magnitud de la empresa. • Grado de Responsabilidad social. • Desarrollo laboral.



	<p>¿Cuántas vacantes o posiciones laborales se ofertan en su empresa? y ¿en qué periodos?</p> <p>*Señale las principales políticas internas que manejan y que ayudan a lograr un ambiente de trabajo armonioso.</p>	
<p>Demográficas: familia y género</p>	<p>Cantidad de personal que labora en la empresa.</p> <p>Cantidad de hombres y mujeres.</p> <p>¿Manejan contrataciones para personal de tercera edad? En caso afirmativo que posiciones laborales ocupan.</p> <p>¿Cómo clasifica el personal según su posición laboral, dentro de la organización?</p> <p>¿Sus colaboradores cuentan con algún programa o beneficio que les permita continuar con sus estudios?</p> <p>¿Manejan contrataciones para personal con alguna discapacidad? En caso afirmativo, ¿Qué posiciones laborales ocupan?</p> <p>¿Manejan personal subcontratado? En caso afirmativo, ¿Cuánto?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Información demográfica de la empresa. • Programas sociales que maneja la empresa. • Condiciones laborales de colaborador. • Inclusión. • Igualdad laboral.



	<p>¿Manejan algún programa de índole o beneficio social? * En caso afirmativo favor de describirlo y mencionar si se otorga algún incentivo por esta razón.</p> <p>¿Manejan algún programa para la capacitación y promoción de su personal?</p> <p>¿Cuentan con algún programa o actividad que impacte a la familia de su colaborador?</p> <p>¿Manejan algún programa o beneficio que coadyuve a la mujer?</p> <p>¿Consideran que su empresa impacta positivamente a la comunidad en la que se encuentra? *Justificar respuesta.</p> <p>¿Podría compartir algún caso de éxito del impacto en la comunidad?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prestaciones. • Rotación. • Ambiente laboral. • Aculturación. • Transporte.
Vinculación	<p>¿Qué programas de vinculación manejan (formación dual, estadías, residencias, prácticas, otros)?</p> <p>¿Con qué Instituciones de Educación Superior (IES) están vinculadas?</p> <p>¿Cuáles tipos de vinculación académica tienen con las IES?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de vinculación. • Perfiles profesionales.



	<p>¿Qué prestaciones ofrecen a los estudiantes?</p> <p>¿Qué porcentaje de estudiantes después de una vinculación académica obtienen la oportunidad de quedarse a laborar con ustedes?</p> <p>¿Qué perfiles profesionales buscan para vincularse?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Programa de vinculación con IES.
Producción	<p>¿Cuáles son las principales tecnologías que soportan su proceso productivo?</p> <p>¿Manejan tecnologías renovables?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Clasificación de tecnologías que utilizan.

Fuente: *Elaboración Propia.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados conforme a los ítems abordados, derivados de la entrevista de profundidad:

Demográficas: Familia y género

“El límite de edad para las contrataciones del personal es 55 años, las posiciones asignadas son operativas (Ayudante general)”.

“Entre los programas o beneficios para los colaboradores que les permita continuar sus estudios, se encuentran 3 turnos fijos en la empresa, tres esquemas laborales que permiten la flexibilidad al colaborador de programar sus actividades académicas a inicio, mitad o fin de semana como descanso, una vez recabada la información del empleado sobre sus proyectos



académicos se le da la oportunidad de acomodo en el esquema que le permita continuar con sus estudios”.

“No se cuenta con contratación de personal con discapacidad”.

“Se cuenta con un programa plan de carrera, el cual consiste en la capacitación constante entre supervisor-subordinado, durante su estancia laboral se evalúa las habilidades y conocimientos que se hayan adquirido, si es satisfactorio se considera como primera opción ante una nueva posición en la planta o posición vacante, antes de una búsqueda de personal externo”.

“Se cuenta con programas que impactan a la familia del colaborador, así como se realizan actividades de apoyo que impacta directamente en la economía de las familias del colaborador tales como: Apoyo a los hijos de los colaboradores en temporada regreso a clases, donde se solicita presenten las calificaciones del nivel básico y medio superior para proporcionar un kit de útiles escolares”.

“Como beneficio a favor de la mujer, se cuenta con el programa de incremento porcentaje de contratación del personal femenino, para el rol de ayudante general, dentro de la estancia laboral se desarrolla para ocupar puestos con mayor ingreso como: Montacarguistas, Tuggueristas, encargadas de área, administradoras de almacén de indirectos, áreas de almacenes y recibo de material”.

Se puede concluir para el presente ítem que la organización mantiene como política una contratación como límite de 55 años, presentan esquemas de flexibilidad de horarios mediante una diversificación de turnos que les posibilitan continuar con sus estudios. No presentan contrataciones de personal con alguna discapacidad, y brindan beneficios a los colaboradores que impacten en la economía de sus familias, así como programas dirigidos a favor de la mujer.

Geográficas y profesionales

“Para subsanar la barrera del idioma dentro de la organización y mejorar los canales de comunicación, la empresa organiza equipos multidisciplinarios de trabajo liderados con personal bilingüe. Es frecuente que los líderes de los equipos sean los encargados de área, ellos son el enlace para la atención al cliente”.

“El impacto en materia cultural es nulo, los empleados de la empresa se adaptan a los procesos y políticas de la organización”.

“En el apartado logístico se cuenta con sistema de monitoreo facilitada por proveedor de transportes del personal operativo- Administrativo. El sistema monitoreo en tiempo real alerta cuando existe situación de retraso en las unidades de transporte, dentro de la organización se cuenta con planes de reacción para tener el mínimo de impacto en los procesos”.

Se puede concluir que la empresa no presenta un problema de logística mayor al contar con un proveedor de transportes que responde por el personal, así mismo no presentan problemas culturales entre su personal, y como estrategia para subsanar las barreras del idioma se apoyan de equipos de trabajo multidisciplinarios.

Vinculación

En el apartado de vinculación de la empresa con las IES, se encontraron los resultados siguientes:

“Los programas de vinculación que manejamos con las IES son residencias profesionales y programa de modelo dual”.

“Las Instituciones de Educación Superior con las que estamos vinculadas están:



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



- Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital.
- Instituto Tecnológico se San Luis.
- Universidad Politécnica de San Luis Potosí.
- Universidad Tecnológica de san Luis Potosí.

“Las prestaciones que ofrecemos a los estudiantes son: Servicio de transporte, apoyo económico (En residencia profesional) así como flexibilidad de horarios”.

“Los perfiles profesionales requeridos para una vinculación son: Ingenieros Industriales, Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecatrónico e Ingeniero en Tecnologías de la Información”.

Se puede concluir que la empresa maneja una efectiva vinculación con Instituciones de Educación Superior representativas en el Estado, en el que se destacan programas de residencia profesionales y modelo dual, ofreciendo prestaciones para los estudiantes.

Producción

Respecto al ítem de producción, destacan los siguientes resultados:

“Entre las principales tecnologías que soportan nuestro proceso productivo, encontramos aquellas que cuentan con sistemas automatizados que permiten interconectar diversos procesos de ensamble, principalmente para transportar los materiales a lo largo de las estaciones de trabajo RGC (*Rail Guided Carts*). Se cuenta con sistema de automatización (robots colaborativos) para optimizar los procesos repetitivos (robótica industrial). Uso en el corte y adhesión del proceso de corrección en el desequilibrio de la rueda del vehículo. Torqueadores eléctricos ligados a sistemas poka-

yokes estos equipos permiten eficientizar los procesos entre estaciones fomentando un mayor rate de piezas horas-Hombre”

CONCLUSIONES

Como se ha mencionado, el desarrollo del sector automotriz es fundamental para el crecimiento económico de México y en el estado de San Luis Potosí, desde la instalación de las plantas ensambladoras de General Motors® y BMW®, han detonado diferentes tipos de empresas relacionadas con el abastecimiento y servicio hacia esta industria.

El análisis del caso de la empresa Universal Value-Added Services – México aka LINC derivado de la entrevista de conformidad se destaca que, en las variables demográficas, no se tienen aún áreas o actividades para las personas que presentan alguna discapacidad por lo que se tendrían que establecer estrategias a nivel corporativo para poder generar opciones inclusivas, para el caso de las mujeres trabajadoras, se han desarrollado diversos programas en la empresa.

Resulta interesante la estrategia de comunicación organizacional debido a que se conforman equipos multidisciplinarios de trabajo liderados con personal bilingüe los cuales sirven como enlace para la atención al cliente, por lo que el dominio de un segundo idioma para sus colaboradores no es un requisito para la contratación.

Con respecto al tema de la movilidad han establecido un sistema de comunicación efectiva en tiempo real con los transportistas tanto de personal como de mercancías, lo que les ha permitido establecer tiempos de reacción cortos para no detener su proceso productivo.

Linc® ofrece la posibilidad de que sus colaboradores puedan continuar sus estudios realizando ajustes horarios y está abierto a la vinculación con distintas Instituciones de nivel superior destacando los programas de modelo dual y residencia profesional ofreciendo un sistema de incentivos como apoyo económico y de transporte.



Al igual que otras empresas del giro automotriz, Universal Value-Added Services – México aka LINC impacta a la sociedad potosina, ofreciendo empleos a personal de mayor edad, hasta los 55 años, lo cual beneficia a una parte del sector vulnerable en edad adulta, ya que dentro de sus políticas busca que sus colaboradores puedan sentirse como miembros de una familia, fomentando la unidad al realizar actividades sociales y deportivas, apoyando a los hijos estudiantes de los trabajadores, ofreciendo flexibilidad en horarios de trabajo, entre otras cosas; lo cual es de gran valía para el personal que labora en la empresa.

El impacto económico que ha traído este tipo de empresas al estado de San Luis Potosí, ha sido de gran beneficio, ya que se formalizan empleos, que representan familias potosinas, al igual que se movilizan otros tipos adicionales de empresas como lo son las de transporte, de inspección, de comedor, de diferentes servicios que requieren de otras Pymes, en fin, en toda la cadena de suministros propias de las empresas.

Cabe señalar la importancia de la efectiva vinculación instituciones educativas-empresa que realiza esta empresa en particular, lo cual traerá grandes beneficios tanto a los egresados como a las mismas corporaciones, porque se estarán considerando los perfiles adecuados de los futuros ingenieros que buscarán insertarse al mercado laboral para contribuir al fortalecimiento de la industria potosina, y en el momento en que éstas lo deseen también realizar investigación que puede ser reflejada y aplicada en sus procesos productivos.

La ventaja de contar con estudiantes que cubren y cumplen los perfiles establecidos por las empresas tendrán más ventajas competitivas y las mismas industrias ya no tendrán que buscar en otros estados o incluso países el personal que pueda llevar a cabo las actividades requeridas en los diferentes puestos de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda Automotriz, 2018. Diálogo con la Industria Automotriz 2018-2024.

Alavez, R., 2023. Clúster automotriz, el reto de la cadena de valor [WWW Document].

Real Estate Market & Lifestyle. URL

<https://realestatemarket.com.mx/articulos/mercado-inmobiliario/industria/26788-cluster-automotriz-el-reto-de-la-cadena-de-valor> (accessed 8.7.23).

AMIA, 2023. Reporte de Venta de Vehículos Ligeros Nuevos por Marca a Febrero 2023.

Arciniega Arce, R.S., 2020. Nueva forma de organización de la producción en la industria automotriz en México: modelo flexible y redes de empresas. *Espacio y Desarrollo* 49–80.

Arciniega Arce, R.S., 2019. Descentralización y reconfiguración productiva en la industria automotriz mexicana. *Espacio y Desarrollo* 87–116.

<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.004>

Badillo Reguera, J., Roza Bernal, C.A., 2019. México en la cadena global de valor de la industria automotriz. *Economía UNAM* 16, 121–145.

<https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.48.492>

Carbajal Suárez, Y., De Jesús Almonte, L., Universidad Autónoma del Estado de México, Mejía Reyes, P., Universidad Autónoma del Estado de México, 2016. La manufactura y la industria automotriz en cuatro regiones de México. Un análisis de su dinámica de crecimiento, 1980-2014. ETYP.

<https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/452016/Carbajal>

Castellanos Elías, J., 2016. Industria automotriz y TLCAN: las empresas estadounidenses. *Ola financiera* 9, 128–163.

<https://doi.org/10.22201/fe.18701442e.2017.25.57736>



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Clúster Industrial, 2023. MG Motor y SAIC invertirán 350 MDP para su centro de distribución en SLP [WWW Document]. URL <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/6019/mg-motor-y-saic-invertiran-350-mdp-para-su-centro-de-distribucion-en-slp> (accessed 12.12.23).

Clúster Industrial, 2020. La industria automotriz de San Luis Potosí, más fuerte que nunca [WWW Document]. URL <https://clusterindustrial.com.mx/noticia/2780/la-industria-automotriz-de-san-luis-potosi-mas-fuerte-que-nunca> (accessed 8.7.23).

Colaborador Inmobiliare, 2020. México, país de clústeres.

Covarrubias V., A., 2019. La ventaja competitiva de México en el TLCAN: un caso de dumping social visto desde la industria automotriz. *Norteamérica* 14, 89–118. <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2019.1.340>

Dylan, R., 2023. Armado de autos eléctricos reducirá el 30% de la plantilla laboral en la industria. *El Sol de Irapuato*.

Flores Cedillo, M.L., Oros-Méndez, L.A., Sierra-Guerrero, A.M., del Ángel López, H.Z., 2019. , in: *Propuesta Actual de La Industria 4.0 En El Clúster Automotriz Del Estado de San Luis Potosí*. ECORFAN-México, S.C., México, pp. 78–87.

García-Jiménez, H., Carrillo, J., Bensusán, G., 2021. *Salarios en Tiempo de Libre Comercio ¿Ofrece la industria automotriz salarios dignos en México?*, 2021st ed. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California.

García-Remigio, C.M., Cardenete, M.A., Campoy-Muñoz, P., Venegas-Martínez, F., García-Remigio, C.M., Cardenete, M.A., Campoy-Muñoz, P., Venegas-Martínez, F., 2020. Valoración del impacto de la industria automotriz en la economía mexicana: una aproximación mediante matrices de contabilidad social. *El trimestre económico* 87, 437–461. <https://doi.org/10.20430/ete.v87i346.852>



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



González Pérez, G., 2021. Directrices de la reestructuración de la industria automotriz mundial y sus implicaciones para México. *Norteamérica* 16, 35–55.

<https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2021.2.442>

INEGI, 2023a. Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros [WWW Document]. <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>. URL

<https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/> (accessed 8.7.23).

INEGI, 2023b. Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros Marzo de 2023.

INEGI, 2016. Estadísticas a propósito de la Industria Automotriz.

Institute for Economics and Peace, 2016. Global Peace Index.

Jiménez Bautista, S., Rodríguez Peralta, C.M., 2017. La inclusión de las PyMEs en la Cadena de valor de la Industria Automotriz en México en el marco del Tratado Trans-Pacífico (ttp). *Economía Informa* 403, 46–65.

<https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.05.004>

León, M., 2016. Industria automotriz mexicana. Una historia de éxito que debe mirar hacia delante. *Revista ISTMO*.

López-Salazar, A., Molina-Sánchez, R., Gómez-Hernández, D., 2018. Enfoque estratégico, orientación emprendedora y experiencia: factores que impulsan el desarrollo de capacidades tecnológicas en el sector automotriz. *Strategic approach, entrepreneurial orientation and experience: factors that drive the development of technological capabilities in the automotive sector* 2, 43–57.

<https://doi.org/10.26784/sbir.v2i1.25>

Mata, J.J.H., Alva, R.M.Z., 2015. Evolución de la industria automotriz en México en el siglo XX y la primera década del siglo XXI. *NovaRua* 6.

<https://doi.org/10.20983/novarua.2015.11.2>

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-101010384800-102,
ISSN: En trámite. Año 1, No. 2, Enero-Abril 2025

Fecha de Recepción: 08/01/2025 Fecha de Aceptación: 15/01/2025

Página 52 de 98



México Pymes, 2023. Linc Logistics Insight Corporation [WWW Document]. URL <https://mexicopymes.com/info/linc-logistics-insight-corporation-ABBA9DEAC79A222E>

Miranda, A.V., 2007. La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y administración* 209–246.

Mora Guerrero, L.M., Martínez Rojas, M.A., Ramos Ávila, A.E., 2017. Análisis de las decisiones estratégicas como factor clave de la innovación y competitividad de las pequeñas empresas del sector automotriz en San Luis Potosí. *TCG* 52–64. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i5.25>

Moreno Brid, J.C., Gómez Tovar, R., Sánchez Gómez, J., Gómez Rodríguez, L., 2023. Las industrias automotriz y textil en México: comercio y trabajo decente. *El trimestre económico* 90, 7–45. <https://doi.org/10.20430/ete.v90i357.1689>

Neri Guzmán, J.C., 2022. Infraestructura tecnológica en universidades públicas como base para la vinculación con la industria automotriz: el caso de la zona metropolitana de San Luis Potosí. *Revista de economía* 39, 42–68. <https://doi.org/10.33937/reveco.2022.249>

Quadratín San Luis Potosí, 2023. Capta S.L.P. la mayor inversión de la industria automotriz en zona Bajío.

Quadratin.slp, 2023. Se integrarán 8 empresas potosinas al sector automotriz. *Noticias de San Luis Potosí*.

Sánchez González, K.E., 2022. La calidad del empleo en la industria automotriz en México. El caso de BMW en San Luis Potosí (Doctorado). El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja California.

Secretaría de Economía, 2023. Secretaría de Economía.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Solili, 2023. San Luis Potosí proyecta mayor dinamismo a raíz de las nuevas inversiones en el sector automotriz [WWW Document]. URL <https://www.solili.mx/noticias/san-luis-potosi-proyecta-mayor-dinamismo-a-raiz-de-las-nuevas-inversiones-en-el-sector-automotriz/5954/> (accessed 8.2.23).

TLW®, R., 2023. Producción y exportación de autos en México crecen 8 % primer trimestre de 2023 [WWW Document]. The Logistics World | Conéctate e inspírate. URL <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/produccion-y-exportacion-industria-autotriz-mexico-crecen-8-primer-trimestre-de-2023/> (accessed 7.10.23).

Universal Logistics Holdings, Inc. [WWW Document], 2023. URL <https://www.universallogistics.com/about/subsidiaries/> (accessed 1.13.24).

Valentín Mballa, L., Gasca Torres, A.R., Ibarra Cortés, M.E., 2020. Los avatares de las capacidades institucionales en el sector automotriz en San Luis Potosí, México. *Perfiles latinoamericanos* 28, 177–205. <https://doi.org/10.18504/pl2856-008-2020>

ELABORACIÓN DE UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA EFICIENCIA DE LA ENERGÍA VERDE

Omar Alejandro Quintero Mandujano¹

¹TecN-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

L21380536@cdvictoria.tecnm.mx

RESUMEN

El desarrollo de una inteligencia artificial (IA) enfocada en la optimización de la eficiencia energética se enmarca en el ámbito de las energías renovables, principalmente en la generación, distribución y consumo de energía verde. La tecnología busca mejorar la sostenibilidad y reducir la huella de carbono en áreas como la energía solar, eólica e hidroeléctrica.

Problemática. El desafío central es la intermitencia y la gestión eficiente de las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, que dependen de factores climáticos. Esto genera dificultades en la planificación y el suministro constante de energía, además de problemas relacionados con el almacenamiento y la distribución de la energía generada.

Objetivo. Desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial que pueda optimizar el uso de las energías renovables, reduciendo desperdicios, mejorando la previsión de la producción y facilitando la toma de decisiones en tiempo real para un consumo eficiente.

Metodología. El tipo de investigación es cuantitativa. La metodología involucra la recopilación de datos a través de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real para predecir la generación de energía y gestionar la distribución. Se utilizan algoritmos de machine learning para identificar patrones de consumo y demanda, optimizando la asignación de recursos energéticos en función de las necesidades y la disponibilidad de fuentes renovables.

Resultados. Los resultados esperados incluyen una mayor precisión en la predicción de la generación energética, una reducción significativa de los desperdicios de energía y una optimización en el balance entre la oferta y la demanda, mejorando la eficiencia del sistema energético.

Conclusión. Se desarrolla un sistema basado en IA que optimiza el uso de energía verde, reduciendo desperdicios y promoviendo un consumo eficiente.

PALABRAS CLAVE: desperdicios, energía verde, inteligencia artificial.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se lleva a cabo en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México; por miembros del TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria.

La creciente preocupación por el cambio climático y la dependencia de combustibles fósiles ha impulsado la búsqueda de fuentes de energía renovables.

Antecedentes

La energía verde, proveniente de recursos como el sol, el viento y el agua, se presenta como una alternativa viable para reducir la huella de carbono. Sin embargo, la intermitencia y variabilidad de estas fuentes plantean desafíos en su integración y gestión. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta prometedora para optimizar la eficiencia en la generación y consumo de energía verde.

Estado del arte

La aplicación de la IA en el sector energético ha avanzado significativamente en los últimos años. Se han desarrollado algoritmos de machine learning y redes neuronales que permiten predecir la producción de energía a partir de fuentes renovables, optimizar el almacenamiento y mejorar la gestión de la demanda. Estudios recientes destacan el uso de IA para la identificación de patrones en datos históricos, lo que facilita la planificación y operación de sistemas energéticos (Kumar et al., 2020). Sin embargo, a pesar de los progresos, persisten retos como la integración de diferentes fuentes de energía, la necesidad de mejorar la eficiencia en tiempo real y la gestión de redes inteligentes.

Lo más cercano de la invención

Proyectos recientes en diversas partes del mundo han implementado IA para abordar problemas específicos en la eficiencia energética. Por ejemplo, en Europa, iniciativas han utilizado algoritmos para optimizar el uso de energía en edificios, logrando reducciones significativas en el consumo energético (Smith et al., 2021). Asimismo, en Asia.

Problemática

El desafío central es la intermitencia y la gestión eficiente de las fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, que dependen de factores climáticos. Esto genera dificultades en la planificación y el suministro constante de energía, además de problemas relacionados con el almacenamiento y la distribución de la energía generada.

Hipótesis

Ho: Un sistema basado en inteligencia artificial optimiza el uso de las energías renovables para un consumo eficiente.

Objetivo general

Desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial que pueda optimizar el uso de las energías renovables, reduciendo desperdicios, mejorando la previsión de la producción y facilitando la toma de decisiones en tiempo real para un consumo eficiente.

Objetivos específicos:

- Desarrollar un modelo predictivo con el uso de algoritmos de IA para predecir la producción de energía de fuentes renovables en función de variables ambientales.
- Proponer sistemas que analicen el consumo de energía en tiempo real, identificando patrones y sugiriendo estrategias para reducir el desperdicio energético.
- Diseñar una inteligencia artificial que facilite la integración de diversas fuentes de energía renovable en la red, ajustando la distribución y almacenamiento de energía según la demanda y la disponibilidad de recursos.
- Desarrollar herramientas basadas en IA que informen y sensibilicen a los usuarios sobre su consumo energético, fomentando prácticas sostenibles y la adopción de tecnologías de energía verde.
- Realizar un análisis de los beneficios ambientales y económicos de la implementación de IA en sistemas energéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

- **Hardware:** Sensores de energía, medidores inteligentes y servidores en la nube para procesamiento de datos.



- **Software:** Lenguajes de programación como Python y bibliotecas de machine learning (TensorFlow, scikit-learn).
- **Datos:** Bases de datos históricas sobre consumo de energía, producción de fuentes renovables y patrones de uso.

Variables

La radiación solar, la velocidad del viento y las condiciones meteorológicas consumo en edificios y en procesos industriales

Muestra

- **Tipo de Muestra:** piloto por conveniencia y tamaño 3. Se seleccionaron diferentes entornos de uso energético, incluyendo residencias, industrias y zonas urbanas.
- **Periodo:** Datos recogidos a lo largo de varias estaciones para captar variaciones estacionales en el consumo y producción.

Métodos

- **Recolección de Datos.** Se emplearon dispositivos IoT (Internet de las Cosas) para la recopilación continua de datos en tiempo real.
- **Análisis de Datos.** Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para procesar y analizar los datos recopilados, identificando patrones y tendencias.
- **Modelado Predictivo.** Creación de modelos que permitan predecir el consumo y la producción energética, optimizando el uso de recursos renovables.

Procedimiento

- **Instalación de Sensores:** implementación de dispositivos en las áreas seleccionadas para la recopilación de datos.
- **Recopilación de Datos:** monitoreo continuo durante un periodo determinado para acumular datos relevantes.
- **Entrenamiento del Modelo:** uso de algoritmos de IA para entrenar el modelo con los datos recogidos.
- **Validación y Ajuste:** evaluación del modelo mediante simulaciones y ajuste de parámetros para mejorar la precisión.

- **Implementación:** integración del sistema en la gestión energética para optimizar el uso de energía renovable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Eficiencia Energética: Se observó una mejora significativa en la eficiencia energética de las instalaciones donde se aplicó la IA. El sistema logró reducir el consumo energético promedio en un 20% mediante la optimización del uso de fuentes renovables.

Predicciones Aciertas: Los modelos predictivos desarrollados mostraron una alta precisión al prever la demanda energética, alcanzando un 85% de efectividad. Esto permitió ajustar la producción en tiempo real, minimizando el desperdicio.

Costos Reducidos: La implementación de la inteligencia artificial resultó en una disminución de los costos operativos, facilitando un ahorro significativo en las facturas de energía hasta un 50%.

Sostenibilidad: Se documentó una reducción de las emisiones de carbono asociadas con el consumo energético, contribuyendo a objetivos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

Desafíos: Se identificaron limitaciones en la recolección de datos y la necesidad de infraestructura adecuada para maximizar los beneficios de la IA. Además, se discutieron cuestiones sobre la integración de tecnologías en sistemas existentes.

Discusión

Se acepta la hipótesis, debido a que se alcanza reducir desperdicios, se mejora la previsión de la producción a través de un sistema basado en inteligencia artificial, el cual facilita la toma de decisiones en tiempo real.

DESARROLLO DEL TEMA

Contexto de la Energía Verde: El creciente interés en energías renovables ha motivado la búsqueda de soluciones para optimizar su uso. La inteligencia artificial se posiciona como una herramienta clave para gestionar la complejidad de estos sistemas.



Aplicaciones de la IA: Se exploraron diversas aplicaciones de la IA en la gestión energética, incluyendo la predicción de consumo, el análisis de datos en tiempo real y la automatización de procesos.

Beneficios a Largo Plazo: La integración de la IA en la gestión de la energía verde puede facilitar la transición hacia un futuro más sostenible. Se espera que esta tecnología no solo optimice recursos, sino que también impulse la adopción de prácticas sostenibles en el sector energético.

Futuras Investigaciones: Se sugirió la necesidad de realizar estudios adicionales para explorar la escalabilidad de estos sistemas y su aplicación en diferentes contextos, así como la mejora continua de los algoritmos utilizados.

CONCLUSIÓN

Se desarrolla un sistema basado en IA que optimiza el uso de energía verde, reduciendo desperdicios y promoviendo un consumo eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kumar, P., Sharma, R., & Gupta, A. (2020). Machine Learning Techniques for Renewable Energy Management. **Renewable Energy**, 143, 1-12.
- Smith, J., Taylor, L., & Brown, C. (2021). Energy Efficiency in Smart Buildings: AI Applications. **Journal of Building Performance**, 12(3), 45-58.
- Zhang, Y., & Li, H. (2022). Intelligent Energy Management Systems in Asia: A Review. **Energy Reports**, 8, 110-125.



APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE MANGO CRIOLLO (*MANGIFERA INDICA L.*) EN LA REGIÓN DE ACATLÁN

Erika López Aranda¹; Anabel Romero Cruz²; Rosalinda Escamilla Ramírez³; Narciso Luna Esquivel⁴

^{1,2} Tecnológico Nacional de México/ITS de Acatlán de Osorio, División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ³ División de Ingeniería Industrial, ⁴ División de Ingeniería en Gestión Empresarial,

erika.lopez@itsao.edu.mx

RESUMEN

A pesar de las condiciones climáticas que se presentan en la región mixteca del estado de Puebla ciertos árboles frutales se han adaptado. Existe registro que en el año 2011 se produjeron aproximadamente 8,167 Ton/año de mango criollo, en los meses de abril hasta agosto, y solo el 5.62% se consumieron localmente en fresco y en conservas. Durante la temporada de producción se presentan una serie de problemas, entre los que se encuentran la saturación del mercado por la sobreproducción de este fruto, unidades de producción pequeñas y dispersas, problemas fitosanitarios y problemas de calidad (tamaño y madurez) además, de la inexistencia de empresas procesadoras de este fruto en la mixteca baja poblana.

El TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio con la implementación del proyecto “ pretende generar alimentos a partir de la pulpa y subproductos de este fruto y así incentivar el desarrollo socioeconómico de la región de Acatlán para impulsar la generación de empleos, en una región con elevado índice de migración, así como la transferencia científica y tecnológica entre los productos de este fruto. Por medio de este proyecto de innovación tecnológica, en el cual participan docentes y estudiantes, se pretende transformar y conservar la pulpa del mango mediante la deshidratación y fortificación con cloruro de calcio, obtener pectinas de cáscara y polvos de cáscara, semilla y pulpa para mejorar el aporte nutricional y funcional de productos de panificación.

Este proyecto se alinea a la Agenda estratégica de autosuficiencia alimentaria y rescate del campo mexicano, a través del objetivo estratégico 1, trabajando en su implementación para reducir las pérdidas anuales de la elevada producción de este fruto.

Todos productos alimentarios obtenidos son alternativas que los productores de mango de la región de influencia del TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio pueden considerar para la generación de fuentes de empleo y beneficios económicos.

PALABRAS CLAVE: Mango, transformación, productos, innovación

INTRODUCCIÓN

Acatlán se encuentra en la Mixteca Baja poblana y pertenece a la región socioeconómica VI Izúcar de Matamoros, de Puebla. En la actualidad existe un proceso migratorio hacia los Estados Unidos que lo han convertido en una zona emergente de migración, que se presenta ante la falta de oportunidades y mejores opciones, con el consecuente desajuste social y otros problemas derivados. Este municipio poblano presenta un clima cálido semiseco árido, pese a estas condiciones climáticas se han domesticado diversos frutales tales como pitaya de mayo (*Stenocereus stellatus*), ciruela roja y amarilla (*Spondias purpurea*) y mango (*Mangifera indica* L) (López-Aranda *et al.*, 2019). El TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio (ITSAO) con apoyo de la comunidad tecnológica de Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA) y a través de la investigación “Frutales: Estudio de Recursos Fitogenéticos” (López, 2011) le que ubicó siete variedades de mango, chapita, criollo, manila, oro, perón, pescado y petacón, en los márgenes del río Tizac, en huertos familiares o de traspatio en la región de Acatlán principalmente en Amatitlán de Azueta, Tianguistengo, La Huerta, Garzones, Tetelcingo y en el municipio de Xayacatlán de Bravo. Para el año 2011, se registró una producción de aproximadamente 8,167 Ton de mango en los meses de abril hasta agosto. De la producción total de mango generada en la región mixteca, aproximadamente el 5.62

% es consumido localmente en fresco y en conservas (López-Aranda *et al.*, 2019; López-Aranda *et al.*, 2023).

Durante la temporada de producción se presenta una saturación del mercado por una sobreproducción de mango, unidades de producción pequeñas y dispersas, problemas fitosanitarios y problemas de calidad (tamaño y madurez). La demanda es menor a la cantidad ofertada debido a la existencia de huertos familiares. De esta forma, más del 90% del fruto se considera como desecho debido a que no existen empresas procesadoras de este fruto en la mixteca baja poblana, estos frutos son afectados por factores ambientales como lluvias y corrientes de aire que provocan que los mangos de diferentes grados de madurez se desprendan del árbol y ya no sean aptos para la venta, aprovechándose para la alimentación de ganado caprino y el resto se convierte en materia orgánica que se queda esparcida por los terrenos (López-Aranda *et al.*, 2019).

De las cuatro variedades de mango cosechadas en la región de Acatlán destacan la variedades criolla con una producción anual de 7,290 Ton/año, aproximadamente (López, 2011; López-Aranda *et al.*, 2019). La pulpa de mango aporta una gran cantidad de hidratos de carbono, potasio, fósforo, calcio y magnesio, además de tener un aporte biofuncional por su contenido de antioxidantes y fibra alimentaria (López-Aranda *et al.*, 2024). Estos frutos tienen un peso promedio de 236.1 g, del cual la cáscara puede constituir el 15 a 18 % del peso total del fruto y el hueso(semilla) del 13 al 29 %; tomando en cuenta las toneladas producidas por el número de árboles que existen, cada año se generan aproximadamente 302.39 y 438.46 Ton/año de estos subproductos. Existe evidencia científica para considerar a la cáscara y semilla como fuente de aceite (Kittiphoom, 2012), fibra alimenticia, polifenoles (Aslam *et al.*, 2014; Ajila *et al.*, 2007, 2013), pectina (Berardini *et al.*, 2005) los cuales poseen varios efectos benéficos en la salud humana.

Considerando lo anterior, la pulpa, cáscara y semilla del mango criollo son susceptibles de incorporarse en productos alimenticios, aumentando su valor nutritivo y funcional, que pueden ser considerados como alternativas para comercializar la elevada producción de mango y

generar beneficios económicos a los productores de la región, aumentar la productividad del campo, impulsar el desarrollo científico e innovación tecnológica a través de la comunidad tecnológica de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias (IIA). A partir del 2019 se ha implementado el proyecto “Aprovechamiento integral de mango del mango criollo (*Mangifera Indica L.*) en la región de Acatlán” que tiene como finalidad evaluar el aprovechamiento integral mango criollo a través de la elaboración de productos alimenticios con pulpa y subproductos, esto se ha logrado de la participación de docentes-investigadores de la carrera de IIA y miembros de cuerpo académico ITSAO-CA-02 “Transformación de Alimentos y Transferencia de Tecnología” así como estudiantes a través de la realización de actividades complementarias inherentes a la investigación y a la titulación integral. Con este proyecto se pretende reducir en un 20% las pérdidas de la producción anual de este fruto, dando cumplimiento de los siguientes objetivos específicos: 1) Caracterizar propiedades físicas del mango criollo para establecer los estados de madurez óptimos para la venta en fresco y transformación en productos alimentarios con valor agregado; 2) Determinar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y bioquímicas de polvos de cáscara y almendra; 3) Generar al menos tres alternativas de procesamiento de pulpa y subproductos de mango criollo como alternativas de transformación en productos alimentarios.

A través de la implementación de este proyecto el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio se alinea a la Agenda estratégica de autosuficiencia alimentaria y rescate del campo mexicano, a través del objetivo estratégico 1: lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción y la productividad agropecuaria y acuícola pesquera.

DESARROLLO DEL TEMA

A continuación, se presentan las acciones que el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio ha realizado para lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción y productividad de los recursos naturales de la región de Acatlán.

Incrementar la productividad del campo en la región de Acatlán.

En México más del 70% de la población se concentra en las zonas rurales, cuya actividad principal es la actividad agropecuaria. En la región de la mixteca baja poblana existen 762 localidades distribuidas en 45 municipios, entre los que se encuentra Acatlán, es un municipio considerado con alto grado de marginación y migración; los niveles de alimentación son marginales. Su principal actividad económica es la producción agrícola por lo que el cuidado y el trabajo del campo es primordial, así como el cultivo de maíz, frijol y cacahuete, entre otros. Según la temporada, algunos habitantes se dedican a la venta y reventa de frutales como pitaya de mayo, pitaya de xoconostle y variedades de mango (criollo, pescado, manila, petacón y chapita), esto en mercados locales. Los comerciantes son parte importante del desarrollo económico del municipio de Acatlán con un 5.96% de comerciantes establecidos y un 7.64% como empleados de diferentes tipos de comercio. Mientas que los trabajos de albañilería y oficios afines representan menos del 2.99 %.

Las acciones propuestas por el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio a través del proyecto “Aprovechamiento integral de mango del mango criollo (*Mangifera Indica L.*) en la región de Acatlán” representa una alternativa para incrementar el consumo de este fruto, prologar su vida útil empleando métodos de transformación y conservación que permitan obtener productos alimenticios seguros, nutritivos, funcionales e inocuos, para diversos tipos de consumidores, disminuir su precio de venta en fresco y por ende lograr la productividad del campo en la región de Acatlán a través de la explotación un fruto cuyas características fisiológicas, contenido de carbohidratos(11.5 g/100 g de fruto) y de sólidos solubles totales (15-22°Brix), lo hacen susceptible a grandes pérdidas durante el manejo postcosecha derivadas de cambios en la firmeza causadas por la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de su contenido de fibra así como por los procesos degenerativos de las paredes celulares (López-Aranda *et al.*, 2023).

Un primer paso para elevar la productividad en la región de Acatlán. desde el enfoque del aprovechamiento integral de este fruto, es la descripción de los estados de madurez que permitirá la selección adecuada de los frutos que se puedan emplear tanto en consumo en fresco, conserva y productos alternativos, así los productores podrán establecer la categoría de los frutos a comercializar y procesar y con esto. activar la economía basada en los recursos endémico de la región de Acatlán. En el cuadro 1, se retoma a la coloración de la cáscara y firmeza de su pulpa, contenido de sólidos solubles totales (SST), de cuatro estados de maduración, tomando como referencia guías de madurez y maduración para los cultivares Tommy Atkins, Kent, Ataulfo, entre otros, publicadas por la National Mango Board (2023) y los nombres dados por los productores locales (López-Aranda *et al.*, 2023)

Cuadro 1. Estados de maduración del mango criollo (manililla criolla) de la región mixteca.

Cáscara					
Pulpa					
Estado	1 Verde	2 Pintón	3 Atenque*	4 Madurez de consumo	5 Totalmente maduro
Firmeza kg/cm ²	9.1	6.7	5.2	4.36	3.7
SST (*Brix)	6-8.5	10-13	15-17	15-18	19-22

*Palabra de origen náhuatl, regionalismo del estado de Puebla, para indicar que el fruto está a punto de madurar.

Fuente: López-Aranda *et al.*, 2023

El conocimiento generado sobre las características físicas y visuales del mango criollo se da la pauta para el inicio del proceso de conservación y transformación de este fruto al poder aprovecharlo en el estado óptimo de maduración, así como lograr dar un valor agregado que se traduzca en más ganancias y negocios a sus productores y, por lo tanto, mejorar la calidad de vida de los productores regionales.

Para una región con elevado índice de migración y marginación, la productividad agrícola a través de la explotación de los frutales endémico, pese a las condiciones climáticas



imperantes, representa una ventaja que la hace capaz de producir más alimento y más barato, aumentar la productividad, mejora las posibilidades de crecimiento y competitividad en los mercados agrícolas cercanos, y sobre todo, genera fuentes de empleo que pueden lograr disminuir las migraciones hacia Estados Unidos

Innovación tecnológica de la seguridad y autosuficiencia alimentaria.

El TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio a través de las dos líneas de Investigación: “Tecnología de Alimentos” y “Alimentos Funcionales” con la que trabaja el cuerpo académico ITSAO-CA-02 “Transformación de Alimentos y Transferencia de Tecnología” conformado por docentes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería Industrial e Ingeniería en Gestión Empresarial, tiene como tarea concretar el desarrollo científico de su comunidad tecnológica a través de la puesta en marcha de proyectos que involucren las pautas de una metodología para lograr la innovación tecnológica en el sector agroalimentario a través del aprovechamiento integral del mango criollo de la mixteca poblana, en nuevos productos que permitan garantizar la seguridad y autosuficiencia alimentaria.

Para desarrollar los productos alimenticios se procedió previamente a realizar la caracterización de polvos obtenidos de cáscara y semilla de mango, debido a la existencia de investigaciones que reportaban elevado contenido de fibra dietética total y compuestos antioxidantes. Los resultados se presentan a continuación y son acordes de acuerdo con lo reportado por Ashoush & Gadalla (2011), Chaparro-Acuña *et al.* (2010), Jibaja (2014), Serna-Cock & Torres-León, Kaur & Brar (2015), Bandyopadhyay *et al.* (2014), Ajila *et al.* (2010), para otras variedades.

Cuadro 1. *Composición proximal de polvos de cáscara y semilla de mango criollo.*

Componentes	Cáscara	Semilla
Humedad (%)	5.43± 0.08	10.90 ± 0.43
Proteína cruda (%)	4.43± 0.11	5.68 ± 0.07
Grasa cruda (%)	2.38± 0.83	10.03 ± 0.21
Fibra cruda (%)	15.76± 0.70	6.49 ± 0.39
Cenizas (%)	2.25 ± 0.56	1.97 ± 0.35
Carbohidratos totales (%)	69.76 ± 0.42	69.97 ± 0.7
Fibra dietética total (g/100 g base seca)	51.89 ± 0.35	31.92 ± 0.06
Fibra dietética soluble (g/100 g base seca)	14.76 ± 0.08	11.58 ± 0.70
Fibra dietética insoluble (g/100 g base seca)	37.12 ± 0.31	20.34 ± 0.11
Capacidad de absorción de agua (gH ₂ O/g polvo)	4.41 ± 0.05	4.0 ± 0.09
Capacidad de absorción de aceite (g aceite/g polvo)	2.56 ± 0.11	1.45 ± 0.21
Fenoles Totales (mg GAE/g)	31.44 ± 2.12	31.04 ± 3.89
Inhibición de DPPH (IC50 en mg)	2.38 ± 0.048	2.08± 0.019

Fuente: López-Aranda *et al.*, 2024.

A continuación, se presentan las propuestas del aprovechamiento de pulpa, cáscara y semilla de mango criollo en producto alimenticios, con las cuales el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio ha aplicado tecnología para la seguridad y autosuficiencia alimentaria.

Pulpa deshidratada por métodos combinados adicionada fortificada con calcio.

La Pulpa deshidratada osmóticamente con solución de sacarosa 70% (p/v) y 1.5% (p/v) de cloruro de calcio y posteriormente sometida a secado convectivo, resulta ser una opción de aprovechamiento de mangos en estado 1(verde) y 2 (pintón), alcanzando una concentración de sólidos solubles totales entre 16-19.5 °Brix, ligeramente cercana a la que presenta el estado de madurez 4 (madurez comercial). Este producto representa una opción para fortificar frutas con calcio que permite mantener dientes y huesos sanos. Se

determinaron los costos directos e indirectos, equipos, mano de obra, suministros; el precio de venta unitario se estima en \$52.33 pesos, por 100 g de producto, y de acuerdo con la proyección estimada de la demanda, presenta una rentabilidad del 35.5%, la cual se considera como buena tratándose de un producto artesanal y materia prima disponible, teniendo posibilidades de mejorar al aumentar la producción, lo que reduciría los costos de producción (López-Aranda *et al.*, 2023).

Polvos de cáscara y semilla incorporados en productos de panificación.

Los productos de panificación son productos con gran valor nutritivo, el cual depende mucho de la calidad de los ingredientes y aditivos en su composición, por tal motivo pueden ser empleados como acarreadores de compuestos bioactivos y otros componentes nutricionales, al incorporar otras harinas (derivadas de semillas, frutas, legumbres, raíces o tubérculos), que pueden ser consideradas como materia prima no convencional en su elaboración (Domínguez-Zarate *et al.*, 2019) y hacerlos alimentos funcionales. Como parte de la propuesta de alimentos saludables, se elaboró una galleta con incorporación de polvos de cáscara y semilla de mango en galletas en un nivel de sustitución del 13% y 23%, respectivamente, que resultó organolépticamente aceptable con un contenido de proteína (6.14 %) fibra dietética total (27.61 %), fenoles totales (34.92 mgAG/1 g) e inhibición del radical DPPH (1.95 IC₅₀ en mg), (López-Aranda *et al.*, 2023). El tiempo de vida de anaquel es de 5.04 meses (López-Aranda *et al.*, 2023).

Otra propuesta de producto de panificación resulta ser la incorporación de 17 % de harina de trigo con una mezcla de polvos de pulpa, cáscara y semilla en la formulación de un pan de molde que presentó mayor contenido de proteína (5.95%), fibra dietética total (4.85%), fenoles (10.386 mgAG/ 1g de producto). El reemplazo parcial de harina de trigo por 10% de harina de mango presentó una alta puntuación en la evaluación sensorial (Escamilla, 2023).

Las combinaciones de polvos de cáscara, pulpa y semilla de mango pueden ser empleadas como un sustituto de la harina de trigo, obteniéndose productos de panificación con buena calidad

nutricional, con características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales aceptables para la población en general haciendo los alimentos seguros e inocuos.

Pectina de cáscara de mango criollo.

Las pectinas son utilizadas en la industria alimentaria, en la elaboración de mermeladas, jugos y néctares de frutas, productos lácteos, entre otros como agente espesante, gelificante, emulsificante y estabilizante en productos que contienen una concentración entre 60 a 65% de sólidos solubles. A partir del aprovechamiento de los subproductos de mango criollo, es posible emplear cáscaras de mango (madurez 4 y 5) para obtener pectina de bajo metoxilos que puede formar geles transparentes e irreversibles con o sin azúcar en presencia de cationes divalentes como el calcio (López-Aranda *et al.*, 2019)

Las propuestas de aprovechamiento integral del mango criollo que se ha desarrollado a través del trabajo colaborativo multidisciplinario de los docentes del Instituto cumplen con las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad física de los alimentos, acceso económico y físico, la utilización de los alimentos, así como de la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores.

CONCLUSIONES

El proyecto “Aprovechamiento integral del mango criollo (*Mangifera Indica L.*) en la región de Acatlán” es una de las acciones del TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio está implementando para aumentar la productividad agropecuaria en una zona cuyas características geográficas dificultan que el campo sea productivo por la escasez de agua, pero en la cual el mango se ha adaptado logrando tener



elevada productividad de este fruto durante la época de producción, abril-agosto, cuya transformación y conservación no se ha considerado como alternativa para mejorar las condiciones de los productores.

A través de docentes-investigadores y estudiantes trabajando en la implementación de proyecto de innovación tecnológica, la elevada producción anual de este fruto aplicando innovación tecnológica se puede transformar y conservar en productos tales como pulpa deshidratada y fortificada con calcio, pectinas, polvos de cáscara, semilla y pulpa cuya evidencia indica mejoran el aporte nutricional y funcional de productos de panificación. Todos estos productos alimentarios son alternativas que los productores de mango de la región de influencia del El TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio pueden considerar para generar fuentes de empleo y beneficios económicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México y al TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio por el financiamiento realizado, a los Ingenieros en Industrias Alimentarias: Israel Barragán Sánchez, Christian Cervantes Munguía, Cintia Marilee Morales Mejía, Jonathan Escamilla Castañeda, así como a los estudiantes que apoyaron en la puesta en marcha de este proyecto y cuyos resultados dan soporte a esta publicación, proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajila, C.M., Aalami, M., Leelavathi, K., Rao P.U.J.S. (2010). Mango peel powder: a potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food and Emerging Technologies*, 11(), 219-224.

Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Prasada Rao, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry*, 102(4), 1006–1011.

Ashoush, I.S & Gadallah M.G.E., (2011). Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in Biscuit. *Word Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(1), 35-42

Aslam, H.K.W., Raheem, M.I.U., Ramzan, R., Shakeel, A., Shoaib, M., & Sakandar H.A. (2014). Utilization of mango waste material (peel, kernel) to enhance dietary fiber content and antioxidant properties of biscuit. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci*, 2(2), 76-81

1. Bandyopadhyay, K., Chakraborty, C., & Bhattacharyya, S. (2014). Fortification of mango peel and kernel powder in cookies formulation. *Journal of Academia and Industrial Research*, 2(12), 661-664.
2. Berardini, N., Knodler, M., Schieber, A., Carle, R. (2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6 (4), 442-452
3. Chaparro-Acuña, S.P., Lara, A. E., Sandoval, A., Sosa, S.J., Martínez, J.J., & Gil-González, J. H. (2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica L.*). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6 (1), 67-75.
4. Domínguez Zárate, P. A., García Martínez, I., Güemes-Vera, N., Totosaus, A., & Pássaro Carvalho, C. P. (2019). Textura, color y aceptación sensorial de tortillas y pan producidos con harina de ramón (*Brosimum alicastrum*) para incrementar la fibra dietética total. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(3), 699-719.
5. Escamilla, C. J. (2023). “Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum*) por harina de mango criollo (*mangifera indica l.*) para la elaboración de pan”. (Tesis de Grado). Instituto Tecnológico Superior De Acatlán De Osorio. Acatlán, Puebla.
6. Jibaja L. (2014). Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango, *Mangifera indica*, variedad “criollo”. *Cientifi-k*, 2(1), 62-69.



7. Kaur, A. & Brar, J.K. (2015). Use of mango seed kernels for the development of antioxidant rich biscuit. *International Journal of Science and Research*, 78(96), 2319-7064. Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41–50.
 8. Kittiphoom, S. (2012). Utilization of mango seed. *International Food Research Journal*, 19(4), 1325-1335. López, A. O. (2011). *Frutales: Recursos Fitogenéticos potenciales de Acatlán y sus áreas de influencia*. (Tesis de licenciatura) Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla.
 9. López, A. O. (2011). “Frutales: Recursos Fitogenéticos potenciales de Acatlán y sus áreas de influencia” (Tesis de Grado). Instituto Tecnológico Superior De Acatlán De Osorio. Acatlán, Puebla.
 10. López-Aranda , E., Pérez-Arzola , S., Gabilán-Linares , E., Romero-Cruz , A., & Luna-Esquivel , N. (2024). Polvo de subproductos de mango criollo: Una fuente potencial de antioxidantes y fibra dietética en las preparaciones de galletas. *Revista IPSUMTEC*, 7(2), 1–10. <https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v7i2.300>
 11. López-Aranda E, Pacheco-Contreras V., Escamilla-Ramírez R. & Romero-Cruz, A. (2019). Cuantificación y evaluación de la calidad de pectina extraída de cáscaras en tres variedades de mango (*Mangifera indica* L.) de la región mixteca baja poblana. *Revista Ingeniantes*, 6(1), 86-91.
- López-Aranda, E., Cervantes-Munguía, C., Gabilán-Linares , E., & Romero-Cruz, A. (2023). Determinación de la vida de anaquel de galletas con harina de almendra y cáscara de mango. *Revista IPSUMTEC*, 6(4), 98–105.
12. López-Aranda, E.; Mejía-Morales, C.; Romero-Cruz, A.; Luna-Esquivel, N.; Escamilla-Ramírez, R.; Pacheco-Contreras, V.I. Evaluación del estado de madurez y la concentración de cloruro de calcio sobre la cinética de transferencia



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



de masa y las características organolépticas del *Mangifera indica* L. cv. Manililla criolla. *Revista Ingeniantes*, 10(2), 20-28.

13. National Mango Board (2023). Protocolo para el Manejo y la Maduración del Mango. Consultado el 09 de noviembre de 2024, <https://www.mango.org/es/> 6 (4), 442-452

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE HIDROGENO MEDIANTE ELECTRÓLISIS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Hannia Mayriel Maldonado Acosta¹

¹TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas.

hannia.mmaldonado@gmail.com

Área: Desarrollo Sustentable.

RESUMEN

La optimización de la producción de hidrógeno mediante electrólisis para mejorar la eficiencia energética siendo clave para producir hidrógeno, El desafío principal radica en reducir el alto consumo de energía y los costos asociados para hacerlo competitivo con los combustibles fósiles limpios, especialmente cuando se utiliza electricidad proveniente de fuentes renovables.

Problemática. Alto índice de quema de combustibles fósil para cubrir la demanda de energía eléctrica, generando calentamiento global, degradación de suelo, pérdida de biodiversidad y problemas de salud. De igual manera impactan la viabilidad y eficiencia de su mismo proceso, lo que dificulta su implementación a gran escala creando ineficiencia energética. Objetivo. Demostrar la viabilidad de la producción de hidrogeno por medio de electrolisis para la mejora de la eficiencia energética al igual que optimizar las condiciones de operación, el uso de materiales más eficientes y duraderos en electrodos y catalizadores, así como integrar mejor el proceso con energías renovables para reducir los costos de producción de hidrógeno verde.

Metodología. La investigación es de tipo cuantitativa y propone una combinación de optimización de materiales catalíticos, ajuste de parámetros de operación (voltaje, temperatura, presión) y el desarrollo de algoritmos de control avanzados para operar de manera eficiente en función de la disponibilidad de energía renovable. También se exploran mejoras en el almacenamiento y transporte del hidrógeno producido.



Resultados. Las tecnologías de electrólisis muestran una mejora moderada en la eficiencia, aunque los costos siguen siendo elevados debido a los materiales utilizados.

Conclusión. Se determina la corrida financiera y viabilidad técnica de la producción de hidrógeno verde a través de la electrólisis optimizando la operatividad y materiales.

PALABRAS CLAVE: electrólisis, calentamiento global, hidrógeno verde, logística.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la producción de hidrógeno ha cobrado relevancia en el contexto de la transición energética hacia fuentes más sostenibles. La investigación se desarrolla en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Antecedentes

Desde la década de 1970, el hidrógeno se ha considerado un portador de energía clave debido a su potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

La electrólisis del agua, un proceso que utiliza electricidad para descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno, ha sido una de las tecnologías más estudiadas para la producción de hidrógeno limpio.

Sin embargo, la eficiencia energética de este proceso ha sido históricamente limitada por factores como la resistencia eléctrica y la necesidad de catalizadores costosos.

Problemática

Alto índice de quema de combustibles fósil para cubrir la demanda de energía eléctrica, generando calentamiento global, degradación de suelo, pérdida de biodiversidad y problemas de salud. De igual manera impactan la viabilidad y eficiencia de su mismo proceso, lo que dificulta su implementación a gran escala creando ineficiencia energética.

Estado del arte

En los últimos años, la investigación se ha centrado en mejorar la eficiencia de la electrólisis mediante la optimización de materiales y condiciones de operación. Los avances en la nanociencia han permitido el desarrollo de electrodos con propiedades catalíticas superiores, reduciendo la energía requerida para el proceso.

Además, se han explorado nuevas configuraciones de celdas electrolíticas, como la electrólisis de alta temperatura y la electrólisis con membranas intercambiadoras de protones (PEM), que ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia y costos operativos (Zhang et al., 2022; Smith & Jones, 2023).

Estado del arte

Recientemente, se han desarrollado sistemas híbridos que integran energías renovables, como la solar y la eólica, con tecnologías de electrólisis. Estos sistemas no solo optimizan la producción de hidrógeno, sino que también permiten el almacenamiento de energía en forma de hidrógeno, lo que contribuye a la estabilidad de la red eléctrica. Proyectos piloto en países como Alemania y Japón están demostrando la viabilidad de estos enfoques integrados, promoviendo un futuro más sostenible y eficiente en términos energéticos (Hernández et al., 2024).

Objetivo general

Demostrar que la producción de hidrogeno por medio de electrolisis es viable para la mejora de la eficiencia energética al igual que mejorar la eficiencia energética, optimizando las condiciones de operación, el uso de materiales más eficientes y duraderos en electrodos y catalizadores, así como integrar mejor el proceso con energías renovables para reducir los costos de producción de hidrógeno verde.

Objetivos Específicos

Mejorar la eficiencia energética con el desarrollo de nuevos electrodos para maximizar la tasa de reacción en la electrólisis y reducir el consumo energético.



Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de electrolito (NaOH) en la producción de hidrógeno.

Analizar el impacto de la temperatura de operación sobre la eficiencia del sistema.

Identificar las condiciones óptimas que maximicen la producción de hidrógeno y minimicen el consumo energético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron electrolizadores de membrana de intercambio protónico (PEM) para la electrólisis. Los materiales incluidos fueron:

Soluciones de NaOH en diferentes concentraciones (0.5 M, 1 M, y 2 M).

Equipos de medición de gases para cuantificar la producción de hidrógeno.

Instrumentación para evaluar la eficiencia energética del proceso.

Variables

Las variables independientes son: temperatura y concentración del electrolito.

Las variables dependientes: eficiencia energética y rendimiento.

Muestra

Muestra piloto por conveniencia de tamaño 2.

Las diferentes tecnologías de electrólisis a utilizar son las sales alcalinas y la de membrana de intercambio de protones (PEM).

Métodos

Los experimentos se realizaron variando la temperatura (25 °C, 50 °C y 80 °C) y la concentración del electrolito. Se diseñó un protocolo experimental sistemático para medir

la producción de hidrógeno en litros por hora y calcular la eficiencia energética, lo que permitió evaluar el rendimiento del sistema bajo distintas condiciones operativas.

Experimentos Controlados: pruebas en condiciones controladas para evaluar el efecto de las variables mencionadas sobre la producción de hidrógeno.

Análisis de Datos: se utilizar software de simulación y modelado para prever el rendimiento bajo diversas condiciones.

Comparativa de Métodos: Se evaluar distintas tecnologías de electrólisis para determinar cuál ofrece mejores resultados en términos de eficiencia energética y coste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Los resultados obtenidos indicaron que la producción de hidrógeno aumentó significativamente al incrementar la temperatura y la concentración de NaOH.

Rendimiento	Eficiencia energética	Producción de hidrógeno
5.6 L/hora	85%	78%

Discusión

Existe una relación positiva entre estos parámetros y la cinética de la reacción de electrólisis. Además, se identificaron las resistencias internas del sistema como factores limitantes que podrían ser abordados mediante mejoras en el diseño de los electrolizadores.

La comparación de estos resultados con estudios previos mostró que, aunque se han reportado eficiencias similares, este trabajo aporta un enfoque novedoso al analizar el efecto combinado de temperatura y concentración de electrolito. Los desafíos, como la estabilidad a largo plazo de los materiales utilizados en los electrolizadores, fueron discutidos, sugiriendo que futuras investigaciones deberían centrarse en la selección de materiales más duraderos y eficientes.

DESARROLLO DEL TEMA

La producción de hidrógeno mediante electrólisis es una tecnología clave en la transición hacia un sistema energético más sostenible. El proceso consiste en la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno utilizando electricidad, y cuando esta electricidad proviene de fuentes renovables, el hidrógeno producido se considera "verde", sin emisiones de carbono. Sin embargo, uno de los desafíos principales es mejorar la eficiencia energética de este proceso para hacerlo competitivo a gran escala.

De igual manera la producción de hidrógeno mediante electrólisis ha ganado atención debido a su capacidad de proporcionar un combustible limpio y versátil, esencial para la descarbonización de sectores difíciles de electrificar, como la industria pesada, la aviación y el transporte marítimo.

El hidrógeno verde, producido mediante electrólisis con electricidad renovable, es una alternativa que puede reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero.

La optimización de la producción de hidrógeno por electrólisis se centra en mejorar tanto los electrolizadores como las fuentes de energía que los alimentan. Los electrolizadores son dispositivos que convierten la electricidad en energía química almacenada en el hidrógeno. Para aumentar la eficiencia, se investiga el uso de electrolizadores de membrana de intercambio de protones (PEM) y de óxido sólido, los cuales prometen una mayor eficiencia y durabilidad.

Además, el desarrollo de catalizadores más eficientes, como los basados en platino o materiales no preciosos, puede reducir los costos operativos y aumentar la tasa de conversión de energía

El desarrollo del tema destaca la importancia de la electrólisis en el contexto de la transición hacia fuentes de energía renovables.

La producción de hidrógeno mediante electrólisis puede integrarse con tecnologías de energía renovable, como la solar y eólica, permitiendo el almacenamiento de energía en forma de hidrógeno.

Este hidrógeno puede ser utilizado en diversas aplicaciones, incluyendo transporte y procesos industriales, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, se enfatiza la necesidad de desarrollar políticas y tecnologías que apoyen la producción de hidrógeno como un vector energético limpio. La optimización de la electrólisis representa una vía clave para facilitar la adopción del hidrógeno en la economía global, especialmente en el contexto de la creciente demanda de soluciones energéticas sostenibles.

El costo del hidrógeno verde sigue siendo un reto para su adopción generalizada. Sin embargo, la reducción de costos en energías renovables, junto con la mejora en las tecnologías de electrólisis, está acelerando su desarrollo. Además, la implementación de políticas globales para reducir las emisiones de carbono está impulsando la inversión y la investigación en este campo.

CONCLUSIÓN

Se determina la corrida financiera y viabilidad técnica de la producción de hidrógeno verde a través de la electrólisis optimizando la operatividad y materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández, J., López, M., & Ruiz, P. (2024). Integración de energías renovables en la producción de hidrógeno. *Revista de Energía Renovable*, 35(2), 150-165.

Smith, R., & Jones, A. (2023). Avances en materiales para la electrólisis del agua. *Journal of Electrochemical Society*, 170(5), E192-E202.



Zhang, Y., Chen, L., & Wang, T. (2022). Nanomateriales en la optimización de la electrólisis: Un enfoque innovador. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(12), 6789-6800.

MECHANICAL DESIGN AND DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE ROBOT-BASED TRAINING SYSTEM FOR PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS

Alexis de J Flores García¹; Gilbert F Pérez-García¹; Osbaldo Y García-Ramos¹; Aldo E
Aguilar-Castillejos¹; Jorge A Zepeda-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Autor responsable: gilbert.pg@tuxtla.tecnm.mx

RESUMEN

La agricultura de precisión enfrenta desafíos en la eficiencia y productividad, especialmente en el proceso de envasado y almacenaje de productos agrícolas. La falta de automatización en estas etapas puede generar pérdidas económicas y de tiempo. El presente proyecto busca desarrollar un sistema de entrenamiento para mejorar la eficiencia en el envasado, transporte y almacenaje de productos agrícolas. El sistema se basa en una estructura que permite la automatización de estos procesos, utilizando un robot colaborativo que simula las condiciones de trabajo en una industria. El sistema permitirá a los trabajadores practicar y mejorar sus habilidades en un entorno seguro y controlado. La importancia de implementar un sistema de entrenamiento automatizado radica en la capacidad de mejorar la eficiencia y productividad en las líneas de producción de interés, reducir los costos y mejorar la calidad del producto final. Además, permite a los trabajadores desarrollar habilidades específicas y adaptarse a nuevas tecnologías, lo que es fundamental en la agricultura de precisión. El diseño mecánico del sistema, realizado con SolidWorks, es crucial para garantizar la precisión y eficiencia del sistema. SolidWorks permite crear modelos detallados y precisos de la estructura y los componentes del sistema, lo que facilita la identificación y resolución de problemas potenciales. Además, el software permite simular el funcionamiento del sistema, lo que ayuda a optimizar su diseño y mejorar su rendimiento.

Palabras clave: Agricultura de precisión, SolidWorks, Diseño 3d, Sistema de entrenamiento, Robot colaborativo.

ABSTRACT

Precision agriculture faces significant challenges related to efficiency and productivity, particularly in the packaging and storage of agricultural products. The lack of automation in these stages can result in both economic losses and wasted time. This project aims to develop a training system designed to improve efficiency in the packaging, transporting and storage processes for agricultural products. The system is structured to enable automation of these tasks, utilizing a collaborative robot that simulates industry working conditions. This allows workers to practice and enhance their skills in a safe and controlled environment. Implementing an automated training system is important because it can improve efficiency and productivity in production lines, reduce costs, and enhance the quality of the final product. Additionally, it helps workers develop specific skills and adapt to new technologies, which is crucial in precision agriculture. The mechanical design of the system, created using SolidWorks, plays a vital role in ensuring the system's precision and efficiency. SolidWorks enables the creation of detailed and accurate models of the system's structure and components, which aids in identifying and resolving potential issues. Furthermore, the software allows for simulations of the system's operation, helping to optimize the design and improve its performance.

Keywords: Precision Agriculture, SolidWorks, 3D Design, Training System, Collaborative Robot.

INTRODUCCIO

La agricultura de precisión es una práctica agrícola que utiliza tecnologías avanzadas para optimizar la producción y reducir los costos. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la agricultura de precisión sigue enfrentando desafíos en la eficiencia y productividad, especialmente en el proceso de envasado y almacenaje de productos agrícolas. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura (FAO), la pérdida de productos agrícolas durante el proceso de envasado y

almacenaje puede llegar a ser del 30% en algunos países en desarrollo. Esto no solo representa una pérdida económica significativa, sino que también puede afectar la seguridad alimentaria y la calidad del producto final. Además, la falta de automatización en el proceso de envasado y almacenaje puede generar pérdidas de tiempo y mano de obra, lo que puede afectar la productividad y la eficiencia de las granjas. Según un estudio realizado por la Universidad de California, la automatización del proceso de envasado y almacenaje puede reducir los costos laborales en un 50% y mejorar la productividad en un 30%.

En este contexto, el presente proyecto busca desarrollar un sistema de entrenamiento para mejorar la eficiencia en el envasado y almacenaje de productos agrícolas. El sistema se basará en una estructura que permita la automatización de estos procesos, utilizando un robot colaborativo que simule las condiciones de trabajo en una industria. El objetivo principal del proyecto es diseñar y desarrollar un sistema de entrenamiento que permita a los trabajadores practicar y mejorar sus habilidades en un entorno seguro y controlado. El sistema también buscará reducir los costos y mejorar la calidad del producto final, mediante la automatización del proceso de envasado y almacenaje.

El diseño 3d del sistema de entrenamiento se basará en una estructura modular que permita la automatización del proceso de envasado y almacenaje. Los módulos considerados para el desarrollo del sistema consistirán en los siguientes componentes:

1. Un robot colaborativo que simule las condiciones de trabajo en una industria.
2. Un sistema de control que permita la automatización del proceso de envasado y almacenaje.
3. Un entorno de entrenamiento que permita a los trabajadores practicar y mejorar sus habilidades.

4. Un sistema de evaluación que permita evaluar el desempeño de los trabajadores y proporcionar retroalimentación.

El sistema se diseñará utilizando el software SolidWorks, que permitirá crear modelos detallados y precisos de la estructura y los componentes del sistema. El software también permitirá simular el funcionamiento del sistema, lo que ayudará a optimizar su diseño y mejorar su rendimiento.

El presente proyecto busca hacer las siguientes contribuciones:

1. Desarrollar un sistema de entrenamiento que permita a los trabajadores practicar y mejorar sus habilidades en un entorno seguro y controlado.
2. Reducir los costos y mejorar la calidad del producto final, mediante la automatización del proceso de envasado y almacenaje.
3. Proporcionar un entorno de entrenamiento que simule las condiciones de trabajo en una industria, lo que permitirá a los trabajadores desarrollar habilidades específicas y adaptarse a nuevas tecnologías.
4. Contribuir al desarrollo de la agricultura de precisión, mediante la implementación de tecnologías avanzadas y la mejora de la eficiencia y productividad en las granjas.

OBJETIVOS

Realizar el diseño mecánico 3d completo de un sistema de entrenamiento automatizado modular aplicado al proceso de envasado y almacenaje de productos agrícolas, utilizando un robot colaborativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección, se detallan los materiales y la metodología utilizados en este estudio. Nuestro estudio se centra en el diseño y desarrollo de un sistema de envasado, transporte y almacenamiento utilizando herramientas avanzadas de diseño asistido por computadora. El objetivo principal es crear un sistema de precisión que integre un robot colaborativo y módulos de proceso automatizados. Para lograr esto, se utilizó el software SolidWorks para diseñar y simular el sistema completo.

Antes de describir la metodología de diseño, se presenta el proceso sugerido del sistema propuesto:

El proceso comienza con la colocación de una celda en el inicio de la banda de transporte. Una vez colocada la pieza, el sensor de entrada detecta la pieza y la cinta comienza a moverse. La pieza es transportada hasta el final de la cinta, donde se detiene debido al tope y es detectada por el sensor de salida. Luego, el cilindro neumático se activa para recolocar la pieza en su posición. Una vez que el cilindro se ha contraído, el brazo robótico extiende la herramienta hasta llegar a la pieza. Cuando la herramienta está colocada en la pieza, se activan dos condiciones de funcionamiento: la detección de vacío por parte del sensor de fibra óptica o el transcurso de 5 segundos. El brazo recoge la pieza y la traslada a una de las esquinas del depósito de almacenamiento. Una vez soltada la pieza, el brazo vuelve a su posición inicial. El proceso se repite, colocando la pieza en diferentes esquinas del almacenamiento hasta completar las 4 esquinas. Luego, el proceso se repite en la siguiente planta del almacenamiento, hasta completar las 3 plantas. Una vez finalizado el proceso, el sistema habrá completado su ciclo de envasado, transporte y almacenamiento.

Modelado 3D y Ensamblaje Virtual del Sistema

La metodología de diseño del sistema de transporte, almacenamiento y ensamblaje automatizado comenzó con un análisis detallado de los requisitos y especificaciones del sistema. Se diseñó un sistema integral que combina tres módulos principales: el módulo

de transporte y envasado, el módulo de almacenamiento y el módulo del robot colaborativo.

El módulo de transporte y envasado se compone de una base de aluminio, una cinta transportadora, sensores de fibra óptica, un tope final de la cinta transportadora, un cilindro neumático y piezas y herramientas como la ventosa. La cinta transportadora es fundamental para trasladar las piezas desde el principio hasta el final, donde el brazo robótico las recogerá y las llevará al depósito de almacenamiento.

El módulo de almacenamiento fue diseñado para almacenar las piezas transportadas, con dimensiones definidas para optimizar el almacenamiento. La integración de estos módulos permite una solución completa para el transporte y almacenamiento automatizado.

El tercer módulo, el del robot colaborativo, es un brazo robótico programable de 7 ejes llamado myCobot 320. Utiliza tecnologías avanzadas para control colaborativo y ofrece flexibilidad en la programación, permitiendo el uso de entornos como myBlockly, Python y ROS.

Este módulo se compone de una base de PVC espumado, una placa de aluminio, una válvula de succión (ventosa) para manipular objetos, una base para sujetar la válvula al robot y el robot colaborativo en sí.

La integración de estos módulos permite que el robot colaborativo realice tareas de manipulación y ensamblaje de manera precisa y eficiente, completando el sistema de transporte, almacenamiento y ensamblaje automatizado.

Ensamblaje Virtual y Verificación

Una vez diseñados todos los componentes, se realizará un ensamblaje virtual utilizando SolidWorks. Esto permitirá evaluar la interacción entre los distintos componentes y verificar La cinemática del brazo robótico, La sincronización de los módulos MPS y La optimización de la disposición general del sistema para garantizar la eficiencia y coherencia en la operación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este estudio, se ha desarrollado el diseño 3D en SolidWorks para una estación de ensamblaje, transporte y almacenamiento en un proceso de agricultura de precisión. A continuación, se presentan los resultados obtenidos desde el inicio del diseño hasta el ensamblaje del sistema.

Para desarrollar la estación, se realizó un análisis cuidadoso sobre las dimensiones de cada componente. El sistema se forma de tres módulos principales: uno para la etapa de transporte, otro para la etapa de almacenamiento y un tercer módulo que consiste en una base de aluminio para colocar el robot colaborativo.

Para integrar estos tres módulos, se diseñó una base de perfil de aluminio con dimensiones específicas: 60.00 cm de largo y 33.5 cm de ancho (ver Figura 1 Modelo 3D de la base de perfil de aluminio Figura 1).



Figura 1 Modelo 3D de la base de perfil de aluminio

Módulo de almacenamiento

De la misma forma que se realizó la base para el sistema en general, también se realizó una base especial para el módulo de almacenamiento, como se observa en la Figura 2.

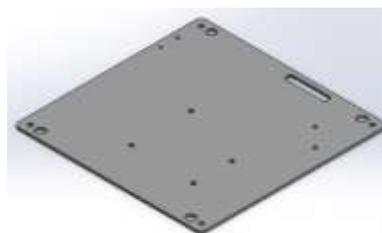


Figura 2 Base del módulo de transporte

Los componentes que integran este módulo se ilustran en la Figura 3. Para garantizar la detección precisa de las celdas de ensamblaje, el módulo incorpora sensores de presencia. En este sistema, se utilizarán sensores ópticos SOEG-L-Q30-P-A-S-2L, como los mostrados en la Figura 3-a. Además, la Figura 3-d muestra los sujetadores de la base de aluminio, que permiten una unión segura y estable entre la base y el perfil de aluminio. Estos sujetadores son fundamentales para mantener la estructura del módulo y garantizar su funcionamiento óptimo.

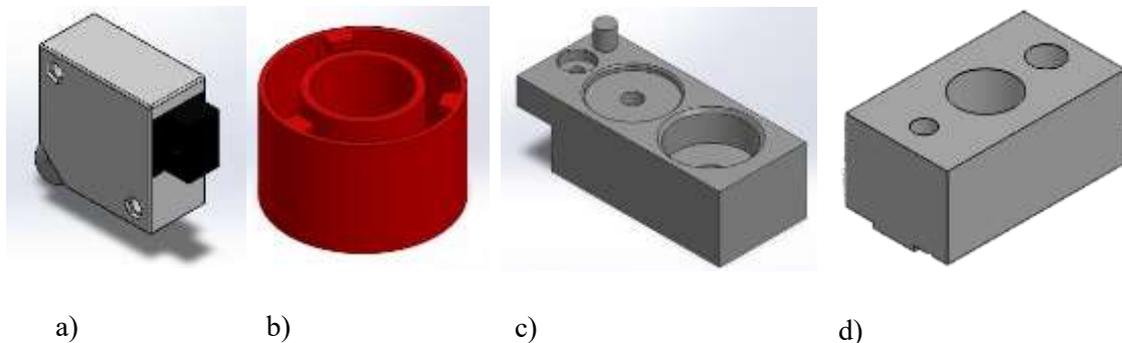


Figura 3 Piezas del módulo de transporte a) Sensor óptico de presencia b) Pieza de ensamble con el cobot c) Sección base de la etapa de ensamblaje d) Sujetador de la base.

Para asegurar una unión segura entre la base de aluminio y el recipiente donde se colocarán las celdas terminadas, se diseñó una pieza especial (ver Figura 4) que garantiza una conexión estable y precisa. Esta pieza se complementa con un seguro (Figura 4-b) que sujeta firmemente el módulo de almacenamiento (Figura 4-d), evitando movimientos indeseados.

Además, se diseñó un tornillo sujetador de aluminio (Figura 4-c) específicamente para esta aplicación, el cual se manufacturó para asegurar una sujeción confiable y duradera. Esta combinación de componentes garantiza la integridad y estabilidad del sistema.

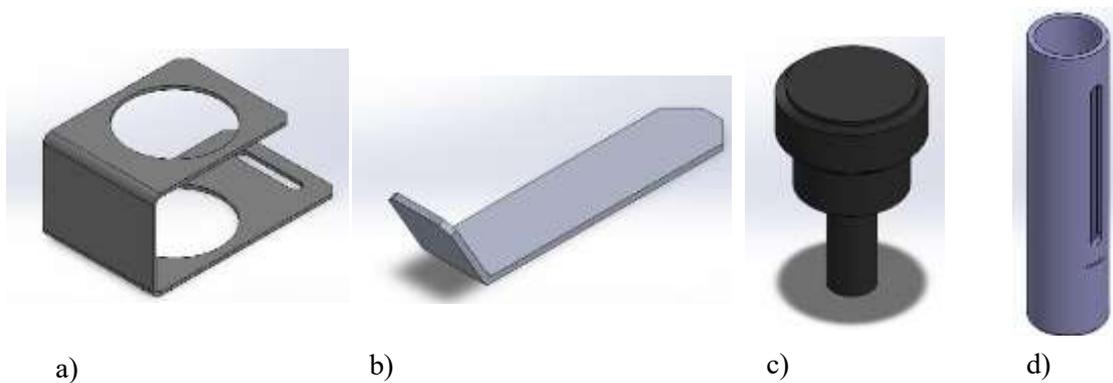


Figura 4 Piezas de sujeción a) base del sistema de almacenamiento b) seguro de sujeción c) tornillo de sujeción d) recipiente para almacenar las celdas

Una vez finalizado el diseño de todas las piezas, se procedió a realizar el ensamblaje completo del módulo de almacenamiento, integrando todas las componentes diseñadas para asegurar un funcionamiento óptimo y eficiente.

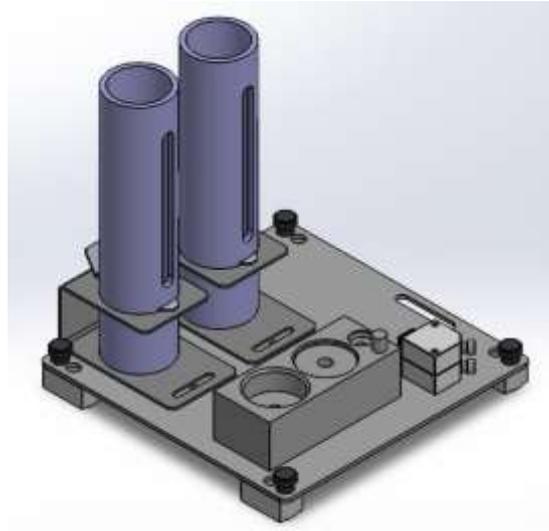


Figura 5 Ensamblaje 3d del módulo de almacenamiento.

Módulo de transporte

El diseño del segundo módulo está formado por una placa de aluminio y tres ensambles, el primer ensamble está formado por un pistón, una bandeja y su carcasa, esta parte se encarga de distribuir al brazo colaborativo la celda para ensamblar en la pieza principal (Ver Figura 6)

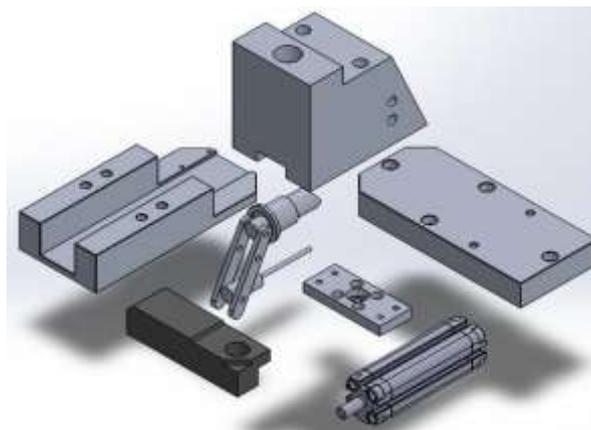


Figura 6 piezas que forman el primer ensamble

En el ensamblaje del módulo de almacenamiento, se integraron dos componentes clave: un sensor para la detección precisa de la celda y un pistón neumático de doble efecto. Este pistón permite el desplazamiento lineal controlado de la celda sobre la zona de ensamblaje.

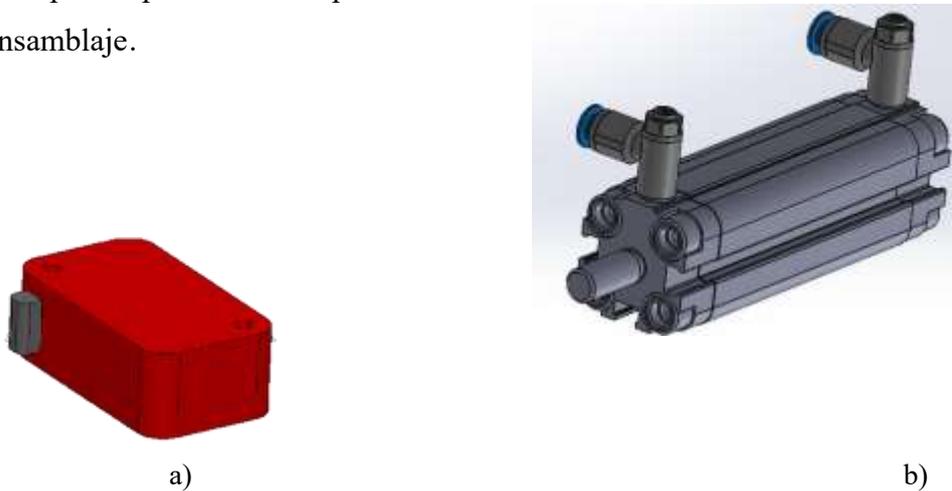


Figura 7 Piezas del primer ensamble a) sensor de detección de la celda b) actuador lineal de doble efecto

El segundo ensamblaje se compone de tres piezas cuidadosamente diseñadas. Su función principal es sostener unos pivotes específicos que serán capturados y manipulados por el robot colaborativo. Posteriormente, estos pivotes serán ensamblados a la pieza principal, permitiendo la integración precisa y eficiente de los componentes.

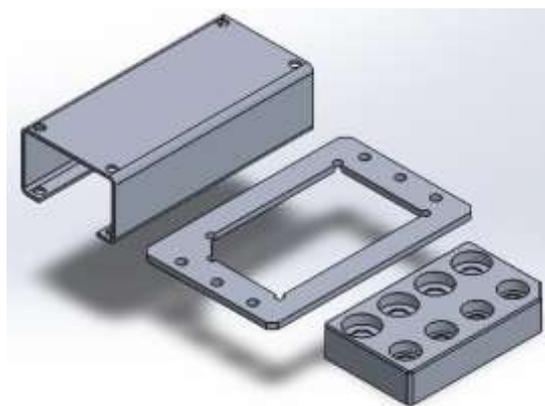


Figura 8 Piezas que forman el segundo ensamble

El tercer ensamblaje de este módulo es un conjunto complejo que integra un pistón, un sensor de fibra óptica y cinco componentes adicionales. La función principal de este ensamblaje es proporcionar una tapa que será capturada y manipulada por el robot colaborativo, para luego ser ensamblada a la pieza principal. Este ensamblaje es fundamental para completar el proceso de ensamblaje automático.

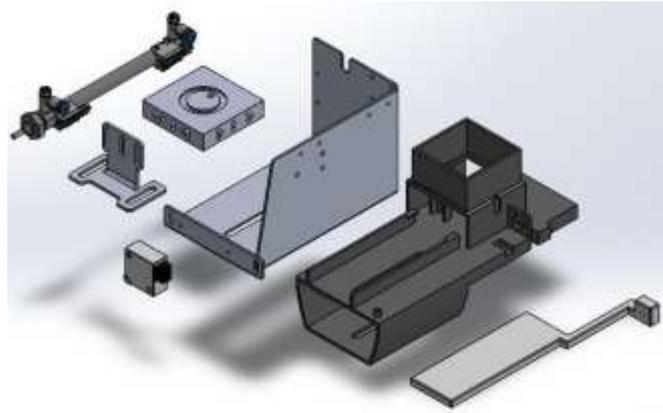


Figura 9 Piezas que forman el tercer ensamblaje

Una vez que se han completado los tres ensamblajes que componen el módulo de transporte, estos se colocan estratégicamente en la placa de aluminio, dando como resultado una estructura integral y funcional. La disposición final de los ensamblajes en la placa de aluminio se puede visualizar de la siguiente manera (Ver Figura 10).

Módulo del robot colaborativo

Las piezas utilizadas en este módulo se muestran en la Figura 11

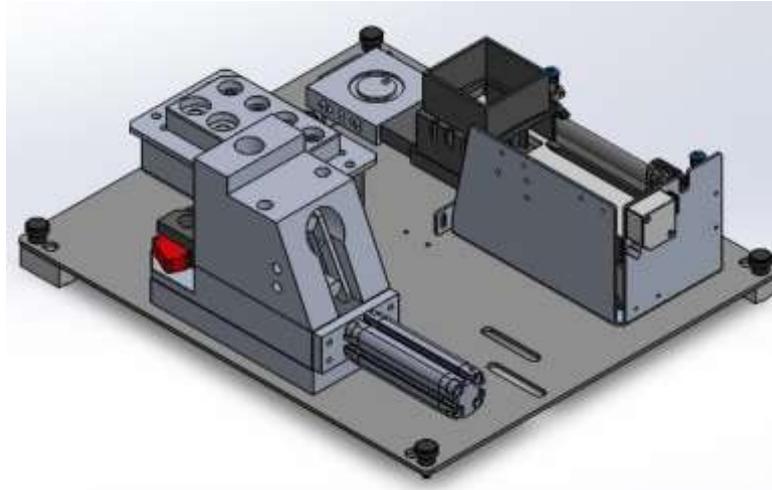
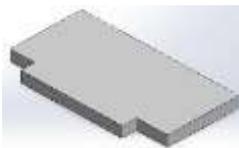


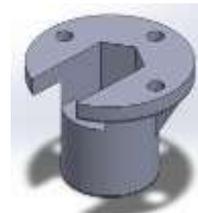
Figura 10 Módulo de transporte completo



a)

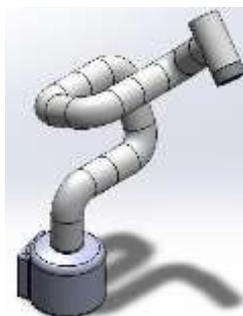


b)



c)

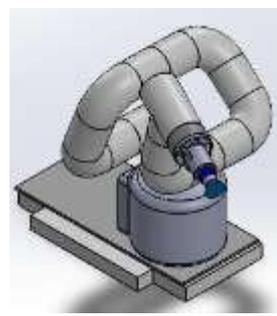
Figura 11 piezas para en ensamble del módulo cobot a) PVC espumado b) Base de aluminio c) Sujetado de válvula del cobot



a)



b)



c)



Figura 12 a) MyCobot Pi 280 b) ventosa para la sujeción de la celda c) módulo cobot ensamblado

Una vez que los tres ensambles estuvieron listos, se procedió a montarlos en la base de perfil de aluminio, lo que permitió visualizar el sistema completo y funcional. La base de aluminio proporcionó una estructura sólida y estable para sostener los diferentes componentes del sistema, asegurando un funcionamiento óptimo y eficiente. La integración de los tres ensambles en la base de aluminio marcó la culminación del proceso de diseño y ensamblaje, dando vida a un sistema automatizado capaz de realizar tareas de transporte, almacenamiento y ensamblaje con precisión y eficiencia.

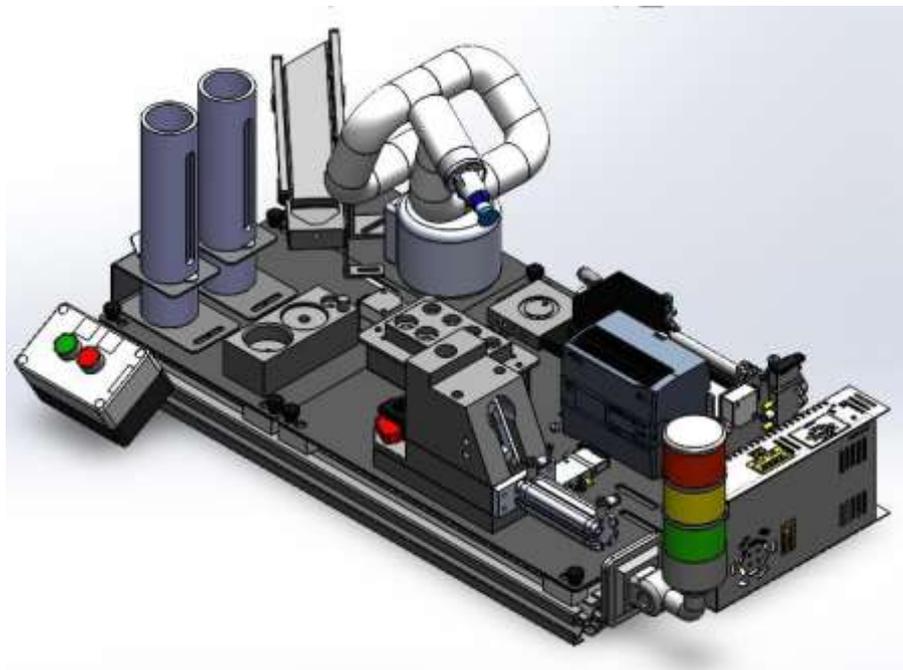


Figura 13 Ensamble del sistema propuesto final

CONCLUSIONES.

En conclusión, el proyecto de diseño y ensamblaje de un sistema de transporte, almacenamiento y ensamblaje automatizado ha demostrado la importancia crucial de implementar soluciones tecnológicas innovadoras en la industria manufacturera. Este

sistema revolucionario ofrece una doble función: por un lado, sirve como estación de entrenamiento para operarios, permitiéndoles familiarizarse con tecnologías avanzadas, y por otro, se integra perfectamente en líneas de producción, automatizando procesos y mejorando significativamente tiempos, precisión y calidad del producto final. La creación de este sistema permite optimizar procesos, reducir tiempos de producción y aumentar la eficiencia en la línea de ensamblaje.

El uso de SolidWorks como herramienta de diseño y simulación ha sido fundamental para la manufactura y ensamblaje del sistema. Esta plataforma ha permitido crear modelos detallados y precisos, visualizar el ensamblaje y realizar ajustes y optimizaciones antes de la fabricación.

El impacto de este proyecto trasciende fronteras industriales, ya que puede ser aplicado en sectores tan diversos como la agricultura de precisión, automotriz, aeroespacial y electrónica. La implementación de sistemas de ensamblaje automatizados puede mejorar la productividad, reducir costos y aumentar la calidad de los productos finales. Además, este proyecto destaca la importancia de la innovación y la tecnología en la industria manufacturera, demostrando cómo pueden ser utilizadas para mejorar procesos y aumentar la competitividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CAMPO, A. A. C., & HENAO, J. S. N. DISEÑO MECÁNICO DE UN SISTEMA DE PALETIZADO CARTESIANO, QUE PERMITE ELEVAR CARGAS DE 1 A 25 KG EN CAJAS DE DIFERENTES FORMATOS, EN EL FINAL DE LÍNEA DE UN PROCESO PRODUCTIVO.



[2] Méndez Torres, A. (2019). Diseño y simulación de un sistema neumático para el paletizado industrial.

[3] Olivares Cuadrado, A. M., & González Guzmán, C. A. (2008). Diseño de sistemas automatizados utilizando herramientas de simulación. Automatización de sistema paletizador de envases metálicos, estudio e implementación en simulación.

[4] López Paguay, J. A., & Santillán Meneses, G. E. (2015). Diseño, Implementación y Programación de un Robot Móvil para Integrar a un Sistema MPS para el Transporte de Materiales (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

[5] López Paguay, J. A., & Santillán Meneses, G. E. (2015). Diseño, Implementación y Programación de un Robot Móvil para Integrar a un Sistema MPS para el Transporte de Materiales (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

[6] López Paguay, J. A., & Santillán Meneses, G. E. (2015). Diseño, Implementación y Programación de un Robot Móvil para Integrar a un Sistema MPS para el Transporte de Materiales (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).