



Ingeniantes®

Año 10, No.1, Vol.1

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Latindex

ISSN 2395-9452



Tierra, Energía, Biológicos, Bioquímica,
Medio Ambiente, Gestión Educativa,
Mecánica de Materiales,
Ciencias de la Computación,
Calidad y Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Año 10 / No. 1 / Vol. 1

Información Legal

Ingeniantes, Año 10, No. 1, Vol 1. diciembre 2022 - mayo 2023, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, fecha de última modificación, 28 de junio de 2023.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 22843.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la Revista Ingeniantes.

Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Editor

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas
Coeditor

Lic. Erik Balderas González

Administración

Ing. Mayra Lizeth Méndez Oloarte

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

Sistemas

Administrador de Sistemas

M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara
Webmaster

L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

Distribución

Publicación electrónica disponible en
citt.itsm.edu.mx/ingeniantes

Correo electrónico:

revista.ingeniantes@itsm.edu.mx

<https://www.latindex.org/latindex/ficha/22843>

Directorio

M.G.E. Jorge Alberto Lara Gómez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Mtro. Arturo Olguin Hernández

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

Lic. Julio Cesar Rosas Cruz

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

M.B.A. Maribel García Alvarado

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

Lic. Adriana López Trujillo

Subdirectora de Planeación, ITSM, Veracruz, México

Dra. María Cristina López Méndez

Subdirectora de Posgrado e Investigación, ITSM, Veracruz, México

M.C.E. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Rosa María Hernández Ramírez

Subdirectora de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US	SNI	Dra. Laura Ruelas Monjardín, UV
Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH	SNI	Dr. Jesús Álvarez Cedillo, IPN
Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET	SNI	Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM
Dr. Abel García Barrientos, UASLP	SNI	Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM
Dr. David Lara Alabazares, ITSM	SNI	Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM
Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM	SNI	Dr. Joel Pozos Osorio, HUB2i
Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ	SNI	Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín, ITO
Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON	SNI	Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado, ITCV
Dr. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM	SNI	Dr. Guillermo Alfredo Arrijoja Carrera, UX
Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET	SNI	Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez,
Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET	SNI	Dr. Modesto Raygosa Bello, ITO
Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ	SNI	Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez, UPAEP
Dr. José Luis Marín Muñiz, CV	SNI	Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña, UTCV
Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT	SNI	Dr. Luis Enrique García Santamaría, ITSM
Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM	SNI	Dr. Irahan Otoniel José Guzmán, ITSM
Dra. María Cristina López Méndez, ITSM	SNI	Dra. Alicia Martínez Rebollar, CENIDET
Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM	SNI	Dr. Humberto Raymundo González Moreno, ITSM
Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ	SNI	Dr. Alan Rico Barragán, ITSM
Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET	SNI	M.C. Clovis Nchikou, ITNL
Dr. Juan Carlos González Hernández, ITM	SNI	M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI
Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNa	SNI	M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR
Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro, UV	SNI	M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR
Dra. Blanca Dina Valenzuela Robles, CENIDET	SNI	M.I.I. Gema del Carmen Jiménez Gómez, ITSAV
Dr. Daniel Martínez Navarrete, ITSAV	SNI	M.I.I. Leonardo Martínez Lara, ITSAV
Dr. Luis Mejía Macario, ITSM	C. SNI	M.S.I. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM
Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA		M.S.C. Arnulfo Gamaliel Hernández González, ITSM
Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN		M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM
Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH		M.C. Vladimir Zagoya Juarez, ITSM
Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT		M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM
Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP		M.I.I. Giovanni Luna Chontal, ITSM
Dr. Alfredo Alberto Morales Tapia, UV		Mtra. Luz del Carmen Muñoz Palacios, UTCV
Dr. Ramón Álvarez López, UDG		M.C. Joel Maurilio Morales García, ITSM

Ingeniantes



03



09



15



22



28



34

Contenido

Estrategias de gestión para el incremento de ventas en una PYME minorista _____ 03

Imelda Florentino García; José Aparicio Urbano TECNM / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán; Hugo Alberto Bravo Quintero, TECNM / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; Luis Enrique García Santamaría, TECNM / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta; Areli Brenis Dzul, TECNM / Instituto Tecnológico de Orizaba

Monitoreo del proceso de compostaje a partir de residuos cítricos y de café, en condiciones climáticas de Mianzta, Veracruz _____ 09

Neira Sánchez Zárate; Silvia Ordaz Bernabe; Yovani López González; Alan Antonio Rico Barragán, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta

Diseño e implementación de un prototipo para evaluar la germinación de semillas a diferentes longitudes de onda (fotogerminador) _____ 15

Julio David Mendoza García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta; Arturo Cabrera Vázquez, Escuela de Bachilleres Artículo Tercero Constitucional; Rubén Enrique Cuevas Alarcón; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta

Gestión para la elaboración de repelente "CI-REPELLENT" como alternativa protectora de la salud humana _____ 22

José de Jesús González Reséndiz; Guadalupe Sánchez Silvestre; Alexa González Cessa; Salvador Partida Sedas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Interfaz gráfica para el análisis de compensación reactiva para el mejoramiento del factor de potencia _____ 28

Oscar Leobardo Flores Juárez; Juan Diego Mena Larios; Julio Cesar Méndez Gutiérrez; Fernando Jurado Pérez; José Roberto Razo Hernández, Tecnológico Nacional de México / ITS Campus Irapuato

Evaluación in vitro de extractos acuosos de plantas empleadas para el tratamiento de infecciones oculares asociadas a Staphylococcus epidermidis _____ 34

Jose Guillermo Franzua Perdomo; Susana Muñoz-Salas; Heidi Anabel Jácome Sánchez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta; Juan Carlos Cancino Díaz, Instituto Politécnico Nacional; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianzta



42



52



60



68



78



86

Desempeño de concretos sustentables, adicionados con fibra de estopa de coco y poli-propileno _____ 42
 Humberto Raymundo González Moreno; David Arroyo Acosta, Tecnológico Nacional de México / Campus Misantla

Aplicación móvil para la búsqueda y realización de pedidos de restaurante a domicilio__ 52
 Juan Antonio Rivero Fierro; Juan Miguel Hernández Bravo; Mario Hernández Hernández; Francisco Javier Gutiérrez Mata, Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco

Diseño de un dispositivo IoT para medición del nivel de gas LP en tanques móviles ____ 60
 Víctor González Villanueva; Martín Rojas Orozco; Francisco Javier Luis Juan Barragán, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

Comparativa de algoritmos de Inteligencia artificial para la detección de personas a través de una cámara instalada en el interior de un vehículo_____ 68
 Christian Ivan Onofre Ramos; José Antonio Montero Valverde; Miriam Martínez Arroyo, Instituto Nacional de México / campus Acapulco

Sistema integral de realidad aumentada para la prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños _____ 78
 José Alfonso Gómez Sánchez; Selene García Nieves; José Eduardo Gerónimo Castro, Tecnológico Nacional de México / ITS de Las Choapas; Carlos Rubén Mota Pino, Tecnológico Nacional de México / ITS de Progreso

Theoretical and experimental analysis of the ankle strategy for the balance of humanoid robots with actuators in voltage mode _____ 86
 E. Bugarin; Ana Y. Aguilar-Bustos; Juan Antonio Rojas-Quintero; Eduardo Rodríguez-Orozco, Tecnológico Nacional de México / IT de Ensenada



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Estrategias de gestión para el incremento de ventas en una PYME minorista



Colaboración

Imelda Florentino García; José Aparicio Urbano TECNM / Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán; Hugo Alberto Bravo Quintero, TECNM / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; Luis Enrique García Santamaría, TECNM / Instituto Tecnológico Superior de Mianztlá; Areli Brenis Dzul, TECNM / Instituto Tecnológico de Orizaba

Fecha de recepción: 14 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 18 de abril del 2023

RESUMEN: Los procesos logísticos de cualquier organización se centran en los flujos de información, dinero e inventarios. Este artículo se centra en el proceso logístico de los inventarios de una empresa familiar minorista dedicada a la comercialización de abarrotes en el estado de México. La PYME presenta problemas relacionados con la falta de control y administración de su inventario, a partir de la evidencia de productos caducados, pérdida de ventas por faltantes y bajo nivel de servicio al cliente. El diagnóstico de la gestión de los procesos ligados a los inventarios se realizó a través de un análisis FODA, con el método ABC se priorizaron los esfuerzos de la miscelánea hacia el control del inventario, y como estrategia logística se utilizó la distribución de planta para mejorar el flujo de materiales. Los resultados muestran que con el uso de estrategias comerciales se mejoran los procesos logísticos en cuanto al nivel de inventarios, de tal forma que la PYME logró aumentar sus ventas un 40% en el periodo de enero a marzo del año 2021 comparado con el mismo periodo del año 2022.

PALABRAS CLAVE: FODA, Inventario ABC, Layout, Desarrollo de PYME.

ABSTRACT: *The logistics processes of any organization are focused on the flows of information, money and inventories. This article focuses on the logistics process of the inventories of a retail family business dedicated to the commercialization of groceries in the state of Mexico. The SME presents problems related to the lack of control and administration of its inventory, based on the evidence of expired products, loss of sales due to shortages and low level of customer service. The diagnosis of the management of the processes linked to inventories was carried out through a SWOT analysis, with the ABC method, the efforts of the miscellaneous items were prioritized towards inventory control, and as a logistical strategy, the distribution of the plant was used to improve the flow of materials. The results show that with the use of commercial strategies, the logistics processes are improved in terms of the level of inventories, in such a way that the SME managed to increase its sales by 40% in the period from January to March of the year 2021 compared to the same period. of the year 2022.*

KEYWORDS: DAFO, ABC Inventory. Layout, SME Development.

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico organizacional, permite la formulación e implantación de estrategias para cualquier entidad económica [1]. En el campo de la estrategia empresarial, para el diagnóstico empresarial, la matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) es un instrumento viable que considera los factores internos y externos de la organización [2]. La utilidad de FODA permite tomar decisiones considerando el intercambio de ideas de todos los actores para diseñar estrategias a partir de la experiencia organizacional evitando las estrategias con baja probabilidad de éxito [3]. En tal sentido, los beneficios de FODA descritos en [4] se han documentado para empresas públicas y privadas, sobre todo como herramienta de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención a través de la evaluación de los factores internos (fortalezas y debilidades) y facto-

res externos (oportunidades y amenazas) FODA es útil al inicio del proceso de planificación estratégica como una aproximación a las condiciones de operación de la empresa. En una etapa posterior, FODA permite verificar la viabilidad de la estrategia formulada y evaluar las condiciones reales en las que opera la organización a fin de implementar estrategias que sean benéficas [5].

Por su parte, el análisis ABC propuesto por [6] se basa en la observación empírica, utiliza el principio de Pareto o regla 80/20, donde el 20% principal de los artículos generalmente representa el 80% del volumen de ventas, con independencia de la unidad de medida que se elija. Así, los artículos “A” incluyen los inventarios que representan el 80% de la inversión y el 20% de los artículos, en el caso de una composición 80/20 [7]. La herramienta ABC divide el inventario en secciones o clases. En la clase A se ubican los productos más importantes que representan el 80% del valor de venta anual de la empresa y el 15% de todas las unidades del inventario [8]. La clase B contiene los artículos de demanda media con el 15% del valor de la demanda anual y representan el 30% o 40% del total de los artículos en el inventario. Finalmente, la clase C agrupa los productos menos importantes, y que representan el 5% del valor total de la demanda y entre el 40% o 50% del valor total de los artículos del almacén [9].

Por otro lado, el Layout como herramienta considera la distribución de un espacio específico o determinado, donde confluirán medios y recursos para el flujo de materiales e información [10]. Así el Layout para la distribución de planta y de sus áreas auxiliares, permitirá la decisión de dónde, cuándo y en qué cantidades el material se colocará a través de políticas de inventario [11].

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

El caso de estudio se desarrolló en tres pasos (Figura 1). El primero consiste en identificar la situación actual a través de un análisis FODA. El segundo, consiste en realizar un inventario con el método ABC. Finalmente, el tercer paso incluye una propuesta de Layout en la PYME Comercial “Lupita”.

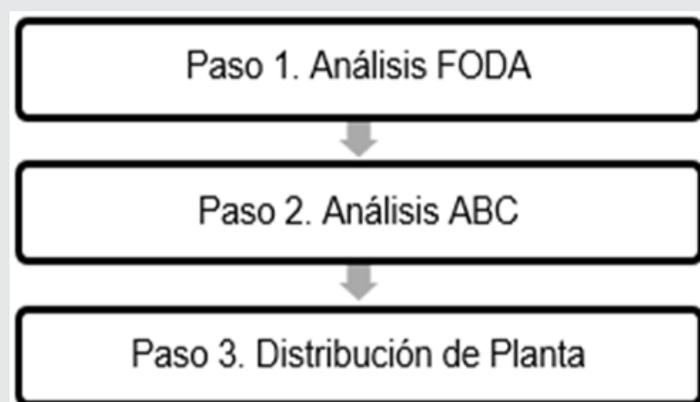


Figura 1. Metodología de trabajo.

Análisis FODA

El análisis FODA se construyó con la participación del equipo de trabajo y el dueño del negocio, así como los trabajadores de la empresa. Esto permitió integrar de forma diversa la visión de la organización, para construir una base de decisión en la propuesta de mejoras.

Clasificación del Inventario de la empresa

La información recolectada consideró el método de inventarios perpetuos, a través de un formato de registro diario de los productos que se comercializan en la PYME “Lupita”. En el inventario se colocaron unas alertas para que indique cuando estén por terminar los productos o se encuentren en cero. Así mismo, se identificaron los productos con mayores ventas y los de menor rotación con tiempo de almacenaje mayor a ocho semanas o caducados por su baja demanda. Se establecieron políticas de pedido a través de un código de tres colores –verde, amarillo y rojo–. El color verde indica la existencia y suficiencia del producto, el color amarillo muestra la necesidad de hacer un pedido, mientras que el color rojo significa que la existencia de los productos es menor a 10 unidades. Y con el registró en un Diagrama de Pareto, que incluye los grupos de clasificación, se detectan las mayores incidencias posibles.

Distribución de Planta

Se realizó un rediseño en el acomodo de los productos y enseres de la PYME “Lupita” que no contaba con una distribución física con base el método SLP. Se consideró organizar los productos de acuerdo con su tipo, familias de productos –líquidos, productos del hogar, frituras, embutidos–. Como no se permitió obtener fotos de la PYME se realizó un rediseño con un software denominado Sketchup®, con la finalidad de que el cliente tenga una buena circulación entre la exhibición y los planogramas de la PYME.

RESULTADOS

Análisis FODA

La Tabla 1, muestra el FODA para la PYME comercial “Lupita”, mostrando la situación actual en cuanto al control y a la organización del inventario, así como la percepción del servicio al cliente.

Tabla 1. Análisis FODA.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Se encuentra ubicada en una buena zona, gracias a que se encuentra cerca de un campo sintético los domingos se venden frituras, bebidas energéticas y refrescos. Cuenta con productos básicos del hogar. 	<ul style="list-style-type: none"> Problema financiero con los productos que no tienen alta demanda. El no poder comprar más productos con mayor demanda.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> La mayor demanda en algunos productos. El tener el campo cerca y el auditorio cuando hay eventos grandes. Estándares de calidad y servicio con el cliente. El rediseño de la tienda de abarrotes. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta caducidad de productos con baja rotación. Alta concentración de productos en negocios aledaños. Bajo nivel de arraigo de clientes que se van por mal servicio.

Clasificación del inventario de la empresa

La Tabla 2 muestra los productos con mayor demanda y menor rotación en la PYME. Así mismo, la Tabla 2 muestra los productos por: el código por producto, la descripción, lote, entradas y salidas, stock actual, ubicación, existencia, costo unitario y el importe del inventario, así como el total de inversión por \$97,873.00.

Tabla 2. Productos.

Entrada de Producción							
Código producto	Descripción	Lote	Entradas	Salidas	Stock actual	Costo unitario	Importe inventario
A000	Jugos	LTA000	84	44	40	17	\$680
A001	Coca-cola de vidrio	LTA001	45	15	27	19	\$513
A002	Energizantes	LTA002	186	162	25	25	\$4,050
A003	Agua skarch	LTA003	48	48	8	7	\$56
A004	Papel de baño	LTA004	360	336	279	8	\$2,232
A005	Frituras	LTA005	160	73	87	15	\$1,305
A006	Agua ciel	LTA006	61	57	11	12	\$132
A007	Gatorade	LTA007	96	32	64	22	\$1,408
A008	Sueros	LTA008	24	0	24	28	\$672
A009	Pepsi	LTA009	77	73	4	25	\$100
A010	Red Cola	LTA010	80	71	9	21	\$189
B000	Producto agranel	LTB000	100	33	67	13	\$871
B001	Galletas	LTB001	49	17	32	17	\$544
B002	Acetite	LTB002	31	3	28	36	\$1,008
B003	Sopa	LTB003	103	7	96	12	\$1,152
B004	Huevo	LTB004	2	1	1	42	\$42
B005	Café	LTB005	33	11	22	21	\$462
B006	Tostadas	LTB006	33	7	26	29	\$754
B007	Cerveza	LTB007	240	163	143	25	\$3,575
B008	Gelatinas	LTB008	18	7	11	13	\$143
B009	Yogurt	LTB009	52	41	11	7	\$77
B010	Sasonadores	LTB010	72	11	61	5	\$305
B011	Mermelada	LTB011	9	1	8	27	\$216
B012	Salsa valentina	LTB012	13	3	10	19	\$190
B013	Chamoy	LTB013	15	0	15	14	\$210
B014	Dulces	LTB014	90	49	41	5	\$205
C000	articulos del hogar	LTC000	27	5	22	19	\$418
C001	Detergente	LTC001	35	3	32	26	\$832
C002	Suavizante	LTC002	15	5	10	20	\$200
C003	Desechables	LTC003	19	0	19	16	\$304
C004	jabón de baño	LTC004	24	0	24	19	\$456

En la Tabla 3 se presentan los productos de mayor venta –categoría A– se entorna solo en un 20% del inventario, pero suponen la mayoría del movimiento habitual del almacén con mayor rotación y también los que aportan el 80% de los ingresos.

Tabla 3. Clasificación A.

Código	Demanda	Precio unitario	inversión	inversión acumulada	Porcentaje de inversión acumulada	Zona	Porcentaje
A000	240	\$25.00	\$6,000.00	\$6,000.00	6%	A	
A000	240	\$25.00	\$6,000.00	\$12,000.00	12%	A	
B000	240	\$25.00	\$6,000.00	\$18,000.00	18%	A	
A005	360	\$15.00	\$5,400.00	\$23,400.00	24%	A	
A002	186	\$25.00	\$4,650.00	\$28,050.00	29%	A	
A004	186	\$25.00	\$4,650.00	\$32,700.00	33%	A	
A009	360	\$8.00	\$2,880.00	\$35,580.00	36%	A	
A001	360	\$8.00	\$2,880.00	\$38,460.00	39%	A	
A010	360	\$8.00	\$2,880.00	\$41,340.00	42%	A	
B002	360	\$8.00	\$2,880.00	\$44,220.00	45%	A	
B011	160	\$15.00	\$2,400.00	\$46,620.00	48%	A	
A007	160	\$15.00	\$2,400.00	\$49,020.00	50%	A	
A005	160	\$15.00	\$2,400.00	\$51,420.00	53%	A	
A009	96	\$22.00	\$2,112.00	\$53,532.00	55%	A	
A002	96	\$22.00	\$2,112.00	\$55,644.00	57%	A	
C001	96	\$22.00	\$2,112.00	\$57,756.00	59%	A	
B003	77	\$25.00	\$1,925.00	\$59,681.00	61%	A	
A010	77	\$25.00	\$1,925.00	\$61,606.00	63%	A	
A004	77	\$25.00	\$1,925.00	\$63,531.00	65%	A	
B003	77	\$25.00	\$1,925.00	\$65,456.00	67%	A	
A001	77	\$25.00	\$1,925.00	\$67,381.00	69%	A	
A004	80	\$21.00	\$1,680.00	\$69,061.00	71%	A	
A006	80	\$21.00	\$1,680.00	\$70,741.00	72%	A	
B007	80	\$21.00	\$1,680.00	\$72,421.00	74%	A	
A009	84	\$17.00	\$1,428.00	\$73,849.00	75%	A	
A005	84	\$17.00	\$1,428.00	\$75,277.00	77%	A	
C000	84	\$17.00	\$1,428.00	\$76,705.00	78%	A	
B004	100	\$13.00	\$1,300.00	\$78,005.00	80%	A	80%

La clasificación B, que se visualiza en la Tabla 4, son las que tienen una importancia y rotación moderada en la PYME. Generalmente suponen en torno al 30% del total de los productos del almacén y por norma no generan más del 20% de los ingresos de la PYME.

En la Tabla 5 se observa la categoría C, donde los productos son los más numerosos, pero también los que menos ingresos aportan a la PYME “Lupita”. Pueden suponer más del 50% de las referencias de productos,

pero en términos de ingresos no alcanzan ni el 5% del total.

Tabla 4. Clasificación B.

Código	Demanda	Precio unitario	inversión	inversión acumulada	Porcentaje de inversión acumulada	Zona	Porcentaje
A007	52	\$25.00	\$1,300.00	\$79,305.00	81%	B	
B006	103	\$12.00	\$1,236.00	\$80,541.00	82%	B	
B009	31	\$36.00	\$1,116.00	\$81,657.00	83%	B	
B008	33	\$29.00	\$957.00	\$82,614.00	84%	B	
B014	33	\$29.00	\$957.00	\$83,571.00	85%	B	
B001	35	\$26.00	\$910.00	\$84,481.00	86%	B	
A003	45	\$19.00	\$855.00	\$85,336.00	87%	B	
A007	45	\$19.00	\$855.00	\$86,191.00	88%	B	
A009	49	\$17.00	\$833.00	\$87,024.00	89%	B	
B008	49	\$17.00	\$833.00	\$87,857.00	90%	B	
B010	61	\$12.00	\$732.00	\$88,589.00	91%	B	
B007	61	\$12.00	\$732.00	\$89,321.00	91%	B	
C000	61	\$12.00	\$732.00	\$90,053.00	92%	B	
A005	61	\$12.00	\$732.00	\$90,785.00	93%	B	
A006	48	\$12.00	\$576.00	\$91,361.00	93%	B	
B012	27	\$19.00	\$513.00	\$91,874.00	94%	B	
B009	27	\$19.00	\$513.00	\$92,387.00	94%	B	
B006	27	\$19.00	\$513.00	\$92,900.00	95%	B	15%

Tabla 5. Clasificación C.

Código	Demanda	Precio unitario	inversión	inversión acumulada	Porcentaje de inversión acumulada	Zona	Porcentaje
B014	90	\$5.00	\$450.00	\$93,350.00	95%	C	
A009	90	\$5.00	\$450.00	\$93,800.00	96%	C	
A004	52	\$7.00	\$364.00	\$94,164.00	96%	C	
A010	52	\$7.00	\$364.00	\$94,528.00	97%	C	
A000	52	\$7.00	\$364.00	\$94,892.00	97%	C	
B001	72	\$5.00	\$360.00	\$95,252.00	97%	C	
B010	72	\$5.00	\$360.00	\$95,612.00	98%	C	
A006	48	\$7.00	\$336.00	\$95,948.00	98%	C	
A009	48	\$7.00	\$336.00	\$96,284.00	98%	C	
B005	15	\$20.00	\$300.00	\$96,584.00	99%	C	
B009	13	\$19.00	\$247.00	\$96,831.00	99%	C	
A003	9	\$27.00	\$243.00	\$97,074.00	99%	C	
B007	18	\$13.00	\$234.00	\$97,308.00	99%	C	
C002	18	\$13.00	\$234.00	\$97,542.00	100%	C	
A006	11	\$21.00	\$231.00	\$97,773.00	100%	C	
A004	2	\$42.00	\$84.00	\$97,857.00	100%	C	
C000	2	\$8.00	\$16.00	\$97,873.00	100%	C	5%

La Figura 2, muestra un Pareto que permite en una sola revisión determinar los productos con mayor demanda. Así, resultado del análisis de la Figura 2 muestra la clasificación ABC donde se representan en el grupo A –85%– los productos de mayor demanda, encabezados por los energizantes, los refrescos, el agua, frituras y papel de baño. Con esta clasificación, la miscelánea podría establecer una estrategia de puntos de reorden en conjunto con los proveedores, para garantizar el inventario disponible para venta.

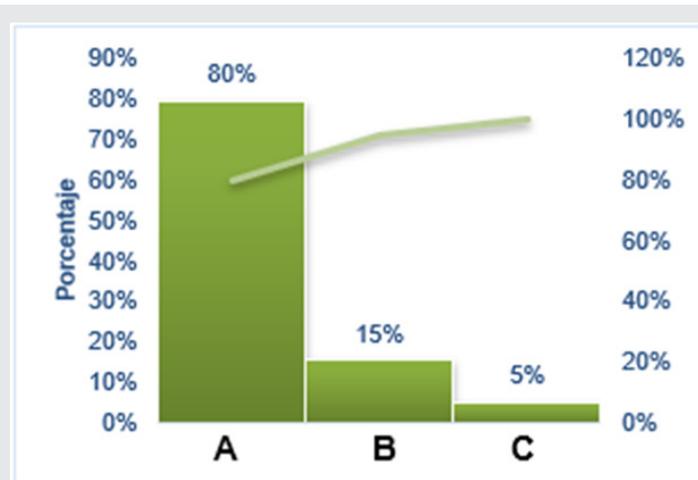


Figura 2. Clasificación ABC.

Layout de la PYME

Las Figuras 3, 4, 5 y 6, muestran el resultado de la distribución física de la PYME, considerando los resultados de la aplicación del método ABC.



Figura 3. Distribución interna de la miscelánea antes de realizar cambios.



Figura 4. Distribución interna de la miscelánea antes de los cambios.



Figura 5. Vista interna de la miscelánea con redistribución.



Figura 6. Vista superior de la miscelánea con redistribución.

El análisis FODA permitió el análisis de los puntos fuertes y débiles de la PYME “Lupita”; esto permite conocer los factores internos y externos que influyen en el éxito comercial.

El diagrama de Pareto utilizado señala que el 80% de las consecuencias son el resultado del 20% de las causas. Esto permitió mejorar los aspectos más comunes en la PYME “Lupita”. Se identificó primero el problema de la PYME, y se decidió hacer un inventario el cual dio a conocer cuáles son los productos con bajas ventas; posteriormente se implementó el método ABC, y en su aplicación se observó se hace una inversión \$97,873.00 en la PYME, además hay productos que no se venden y se caducan, por lo tanto, con este método se propuso ya no comprar esos productos que no tienen alta demanda y hacer una inversión con los productos que son más vendidos. Se visualizó que los productos de la clasificación A son los que aportan el 80% de los ingresos y algunos de estos son las bebidas alcohólicas, energizantes y frituras; la clasificación B genera un 20% de ingresos en la comercial y algunos productos son los embutidos, las tostadas, mermeladas, entre otro; finalmente la clasificación C son los productos que menos ingresos aportan no alcanzan ni el 5% del total.

Se aplicó el Layout y con él se rediseñó el acomodo de la PYME. Esto se llevó a cabo en un programa llamado Sketchup se le dio una mejor presentación y así los clientes podrán comprar sin sentirse amontonados. Al momento de redactar este artículo, el porcentaje de venta de acuerdo con la rotación de inventario aumentó un 40%, en el periodo de enero a marzo del año 2021 comparado con el mismo periodo del año 2022.

CONCLUSIONES

Las estrategias de gestión para el incremento de las ventas en una PYME minorista dependen de quien las dirige y en este artículo se resaltan tres: estrategia de control y administración de inventarios, distribución de planta y órdenes de compra.

El método ABC resulta especialmente útil para mantener inventarios sanos como prioridad de toda organización con vocación de venta de productos al por menor, por lo que identificar dónde, cuándo y qué productos tienen mayor, menor y nulo volumen de venta, permite establecer acciones de cuánto y que momento comprar a fin de garantizar inventario disponible para la venta.

El desarrollo de la estrategia de distribución de planta permitió el reacomodo de los productos con la finalidad de brindar un mejor servicio al cliente, al mantener los productos disponibles para el cliente, como un momento de verdad que fortalece la disponibilidad física del producto.

Con la metodología propuesta, se logró mejorar la rotación de inventario en un 40%, en el periodo de enero a

marzo del año 2021 comparado con el mismo periodo del año 2022, lo que sugiere que con estrategias de gestión se puede mejorar el desempeño de una PYME, en el ramo de servicios.

[11] Sortino, R. A. (2001). *Radicación y distribución de planta (layout) como gestión empresarial*. *Invenio: Revista de investigación académica*, (6), 125-139.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la PYME "Lupita", al Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y al Instituto Tecnológico Superior de Misantla por el apoyo brindado para la realización de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Fernández, J. A. G. (2003). *La estabilidad financiera de las entidades económicas*. *Análisis Económico*, 18(39), 167-183.

[2] Otero, D., & Gache, F. L. (2006). *Evoluciones dinámicas en el diagrama FODA*. *Revista Científica "Visión de Futuro"*, 6(2).

[3] Talancón, H. P. (2007). *La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones*. *Enseñanza e investigación en psicología*, 12(1), 113-130.

[4] Sarli, R., Gonzalez, S. I., & Ayres, N. (2015). *Análisis FODA. Una herramienta necesaria*. *Revista de la Facultad de Odontología*, 9(1), 17-20.

[5] Labra Salgado, O. S., Rivera, G., & Reyes García, J. I. (2017). *Análisis FODA sobre el uso de la inteligencia competitiva en pequeñas empresas de la industria del vestido*. *Visión de futuro*, 21(1), 0-0.

[6] González, J. (2017). *Ley de Pareto: 80/20*. *Universidad de la Laguna*, 1-25.

[7] López Morán, A. A., & Galdós Miranda, J. L. (2017). *Diseño de un sistema de control de inventario basado en el método ABC, aplicado a una empresa de producción agrícola (Bachelor's thesis, Espol)*.

[8] A. D. Pedrero Barrientos, A. De la Cruz Garnica Fernández y A. Garnica Oropeza, «Decisiones gerenciales bajo el Principio de Pareto,» *Ciencia Administrativa*, nº 1, p. 2, 2022.

[9] Romero Julca, F. A., Coronel Guevara, J. C., Estrada Monforte, H. R., & Luján Navarro, C. J. *Aplicación de la herramienta ABC en la optimización de inventarios en las empresas productoras, un estudio de la revisión sistemática*.

[10] García, J. A. P., & Valencia, M. I. C. (2014). *Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones...: Un enfoque por competencias*. Grupo editorial patria.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Monitoreo del proceso de compostaje a partir de residuos cítricos y de café, en condiciones climáticas de Misantla, Veracruz



Colaboración

Neira Sánchez Zárate; Silvia Ordaz Bernabe; Yovani López González; Alan Antonio Rico Barragán. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 02 febrero del 2023

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2023

RESUMEN: El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a que la mayoría de los suelos tienden a tener baja fertilidad, por lo cual, hacer uso de estos en cantidades adecuadas es de vital importancia para la agricultura. El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el uso de residuos orgánicos de naranja y café a través del proceso de compostaje, de igual manera evaluar el proceso de compostaje de las fuentes orgánicas a través de análisis físico-químicos. Se evaluaron tres tratamientos los cuales se elaboraron con mezclas de residuos de naranja y residuos de café, adicionalmente se les agregó cal dolomítica para neutralizar la acidez de los residuos. Las unidades experimentales que se evaluaron para la primera etapa de este proyecto fueron parámetros de monitoreo del proceso de compostaje como el pH, humedad, temperatura, conductividad eléctrica. Los resultados mostraron que el tratamiento 1, que consistió en una mezcla de 50% de pulpa de café y 50% de residuos cítricos, fue el más favorable, con un pH promedio de 7.2, una temperatura promedio de 31°C, una humedad promedio del 60% y una conductividad eléctrica promedio de 150 mS/cm.

PALABRAS CLAVE: Compost, residuos orgánicos, abonos orgánicos.

ABSTRACT: The use of fertilizers has become indispensable due to the fact that the majority of soils tend to have low fertility, making it vital to use them in adequate quantities for agriculture. The main objective of this study was to investigate the use of organic waste from oranges and coffee through the composting process, as well as to evaluate the composting process of these organic sources through physicochemical analysis. Three treatments were evaluated, which were prepared using mixtures of orange waste and coffee waste, with the addition of dolomitic lime to neutralize the acidity of the waste. The experimental units evaluated in the first stage of this project included monitoring parameters of the composting process such as pH, moisture, temperature, and electrical conductivity. The results indicated that treatment 1, consisting of a 50% mixture of coffee pulp and citrus waste, was the most favorable, with an average pH of 7.2, an average temperature of 31°C, an average moisture content of 60%, and an average electrical conductivity of 150 mS/cm. These findings demonstrate the viability of using these organic waste materials as a sustainable and efficient option to improve soil fertility in agriculture.

KEYWORDS: Compost, organic wastes, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de la industria de cítricos conlleva a la generación de residuos los cuales no se le da un tratamiento adecuado debido a la falta de interés por parte de la población ya que no es considerado un residuo de manejo especial, sin embargo, las grandes cantidades de estos residuos tienen impactos negativos a la salud humana [11]. Algunas de las consecuencias que podemos encontrar es el uso excesivo de los fertilizantes en la actividad agrícola a causa de la contaminación difusa, definida por el exceso de nitratos y nitritos de manera superficial o subterránea, esto trae problemas de salud e impactos al ambiente,

principalmente la contaminación de mantos acuíferos [8, 12, 10]. Debido a que los fertilizantes nitrogenados son los más comercializados, se recomiendan llevar a cabo una aplicación indiscriminada, generando un mal manejo que resulta en el deterioro de la calidad del suelo y de las aguas subterráneas [4]. Actualmente podemos encontrar alternativas como el composteo, lombricomposteo, y muchas otras variables para contribuir a la disminución del uso de agroquímicos [15,4], favoreciendo a una agricultura más accesible con el medio ambiente. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo principal estudiar el comportamiento de los desechos orgánicos de la cáscara de naranja y el bagazo, con el fin de desarrollar un abono orgánico que contribuya a una agricultura sustentable. Además, se buscó innovar mediante la incorporación de mezclas de residuos cítricos y de café en diferentes porcentajes, así como la dosificación de materiales ricos en calcio para neutralizar la acidez inherente a estos residuos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación geográfica del área experimental

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de Instituto Tecnológico Superior de Misantla (ITSM) en las coordenadas 19°57' latitud norte y 96°50' longitud oeste, los análisis físicos y químicos del monitoreo del proceso de compostaje se realizaron en el Laboratorio de Investigación Ambiental Aplicada LIAAp del Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

Selección de la materia prima

Para llevar a cabo la preparación del tratamiento se seleccionó la materia prima que consistió en desechos de naranja (cáscara y el bagazo), esta materia prima se obtuvo de las agroindustrias cítricas de Martínez de la Torre, Veracruz.

Para la preparación del tratamiento a usar debido a que se usará la cáscara de naranja fue necesario bajar los niveles de acidez por lo que se hizo un tratamiento con cal dolomítica y cal viva para que la acidez de estos residuos no interfiera en el proceso de fermentación afectando al microorganismo, posteriormente se comparó la eficiencia entre cada método.

Preparación de los tratamientos a evaluar

Una vez establecido el pretratamiento de los residuos cítricos, se mezclaron con residuos de pulpa de café, obteniendo así tres tratamientos con cinco repeticiones cada uno, lo que resultó en un total de 30 unidades experimentales en contenedores de 20 L de volumen. Las mezclas de los tres tratamientos quedaron de la siguiente manera, en base a volumen/volumen: T1: 50% de residuos de cítricos y 50% de pulpa de café; T2: 70% de residuos de cítricos y 30% de residuos de pulpa de café; T3: 80% de residuos de cítricos y 20% de pulpa de café.

Para neutralizar la acidez, se requirió la adición de 100g de cal dolomítica y 200g de cal viva por cada 20 kg de materia orgánica, con el objetivo de evitar que la acidez de los residuos interfiriera en el proceso de compostaje.

Monitoreo de los tratamientos

Durante el proceso de compostaje, se llevó a cabo un riguroso monitoreo semanal de los diversos parámetros a lo largo de dos meses, realizando las pruebas de laboratorio cada tercer día. Se procedió a medir el pH, la temperatura, la humedad y la conductividad eléctrica (C.E). Al culminar el proceso de monitoreo, se efectuó la evaluación de la textura, densidad real, materia orgánica y N, P, K para comprobar la madurez del compost obtenido.

El pH fue determinado empleando el método electrométrico, mientras que la humedad se cuantificó con el método gravimétrico. La medición de la C.E. se llevó a cabo utilizando el método de saturación de suelos. Para registrar la temperatura de manera precisa, se utilizó un confiable termómetro de vidrio.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico, empleando una prueba de medias Tukey ($p < 0.05$), con el objetivo de extraer conclusiones confiables y significativas.

RESULTADOS

Pretratamientos de las muestras

Los resultados de pH antes del tratamiento se pueden observar en la Tabla 1. Se puede ver que el pH de la cáscara de naranja se encuentra en el rango de pH ácido, por lo que fue necesario corregir el pH en la cáscara de naranja para que esta no interfiera en el proceso de degradación. Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica para los residuos se encuentran entre $140.7\mu\text{S}/\text{cm}$ a $125.5\mu\text{S}/\text{cm}$, la conductividad eléctrica está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso [9, 14].

Tabla 1. Determinación de pH y conductividad eléctrica antes del tratamiento.

Residuo	pH	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Cáscara de naranja	3.59	140.7
Cáscara de café	7.29	120.8

El pH obtenido después de pretratamiento fue de 6.76 el cual es más viable para la degradación de la composta, sin embargo, el pH de la materia prima debe de ser lo más neutro posible debido a que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica no toleran valores muy alejados del 7. Si esto se produce, el proceso se detendría o se ralentizaría notablemente [9, 6].

Tabla 2. Determinación de pH y conductividad eléctrica después del pretratamiento.

Residuo	pH	Conductividad eléctrica (μS/cm)
Cáscara de naranja	6.76	125.5

Monitoreo de pH

En la Figura 1 se observa el monitoreo de pH en el tratamiento de la composta a partir de un periodo de once semanas evaluadas. Iniciando el proceso del compostaje con un pH 6.76 y finalizando con un pH máximo de 7.99. El valor del pH depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso de compostaje [5]. En los primeros días se pudo observar la fase Mesófila del compostaje, comenzando el primer día y terminado el día 14 después de haber establecido los tratamientos.

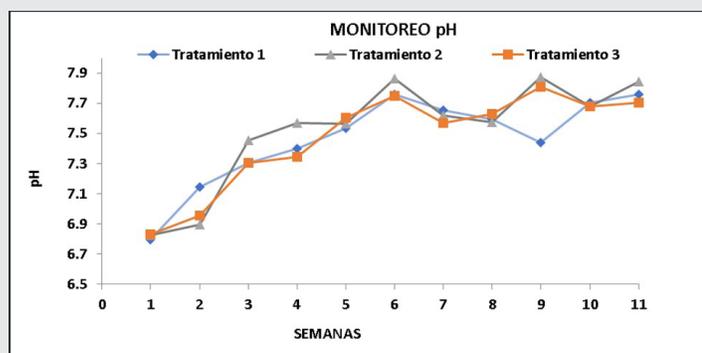


Figura 1. Comportamiento de pH de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje.

Temperatura

La Figura 2 representa los resultados del comportamiento de la temperatura evaluada en un periodo de once semanas, se puede observar que este proceso inició en 30°C alcanzando una temperatura máxima de 45°C en la fase mesófila. En la gráfica se puede observar que el tratamiento 3 incrementó su temperatura drásticamente al tercer día, alcanzando una temperatura de 45°C de acuerdo con este comportamiento, el tratamiento inicio la fase mesófila el día 3 ya que a partir del día 4 se observan decrementos de temperatura. La temperatura es un parámetro útil que permite dar seguimiento al proceso de descomposición de la materia orgánica [12].

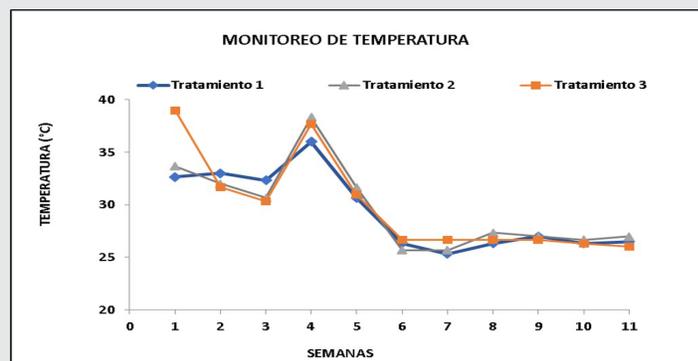


Figura 2. Comportamiento de temperatura de los tratamientos evaluados durante las semanas del proceso de compostaje.

Humedad

El porcentaje de humedad en cada tratamiento varió debido a las distintas composiciones de los 3 tratamientos, La humedad es un parámetro indispensable ya que para los diferentes microorganismos es donde viven y se alimentan, si se tiene una humedad alta el proceso no se lleva a cabo y si es baja no hay producción de microorganismo es por ello por lo que se debe tener muy en cuenta la humedad en el proceso de compostaje [7]. Por otro lado, la humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje [6].

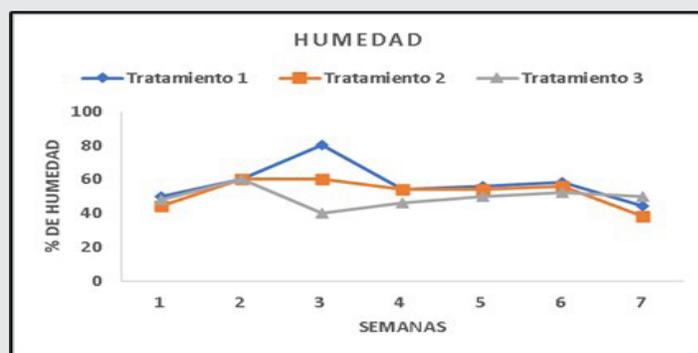


Figura 3. Comportamiento de humedad de los tratamientos evaluados en el proceso de compostaje.

Conductividad eléctrica

Los resultados de la conductividad eléctrica los cuales se obtuvieron haciendo esta prueba al término de las once semanas. Al inicio del proceso del compostaje los tres tratamientos mostraron una conductividad eléctrica similar. Como se puede observar en los tres tratamientos al inicio del proceso de compostaje muestran una conductividad semejante en un rango de 118.6μS/cm a 125.5μS/cm y esta tiende a disminuir a partir del día 3, sin embargo, el tratamiento 3 fue más bajo a comparación de los otros dos tratamientos mostrando un valor de 91.3μS/cm, a partir del día 5 los tres tratamientos mostraron un incremento y a partir de este, su comportamiento fue distinto al resto

del proceso de degradación. La conductividad eléctrica es determinada por la naturaleza y composición de los materiales que se utilicen, esta aumentará en el proceso de compostaje al igual que disminuirá debido a la lixiviación y exceso de humedad [16, 15].

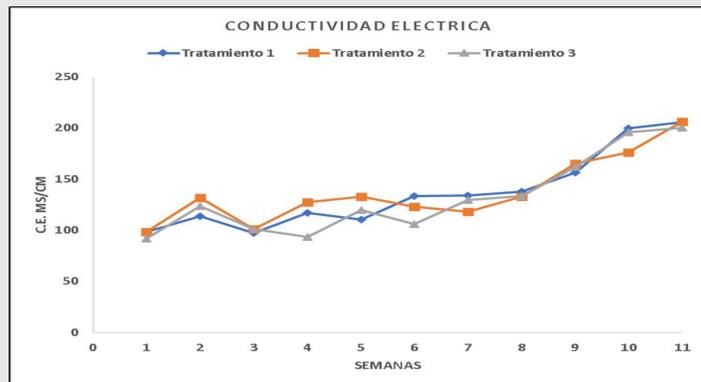


Figura 4. Comportamiento de conductividad eléctrica de los tratamientos evaluados durante el proceso de compostaje.

CONCLUSIONES

El monitoreo del proceso de compostaje de residuos cítricos, el tratamiento T1 fue el más estable en el monitoreo de los parámetros físico-químicos a lo largo del proceso del compostaje, sin embargo, al final del proceso los tratamientos T2 y T3 presentaron parámetros similares. De acuerdo con lo anterior el tratamiento T1 fue el que mejor se ajustó a los parámetros ideales de las fases de compostaje (fase mesófila, termófila, mesófila 2).

Es posible llevar a cabo la producción de compostaje de residuo cítricos teniendo un buen tratamiento de neutralización de acidez utilizando cal dolomítica o cal viva.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Alpizar, L. H., Molina, J. M., & Herrera, R. C. (2020). Monitoreo de nitratos en los drenajes de palma aceitera (*Elaeis guineensis*): una herramienta para la sostenibilidad del cultivo. *UNED Research Journal*, 12(1), e2807-e2807.

[2]. Bailón-Rojas, M. R., & Florida-Rofner, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE*, 12(1), 1-11.

[3] Barrios, M., García, J., & Basso, C. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitrato y amonio en el suelo y la planta de maíz. *Bioagro*, 24(3), 213-220. [fecha de Consulta 1 de Febrero de 2023]. ISSN: 1316-3361.

[4] Castilla-Hernández, P., Cárdenas-Medina, K., Hernández-Fydrych, V., Fajardo-Ortiz, C., & Meraz-Rodríguez, M. (2016). COMPOST LEACHATES TREATMENT IN A TWO-PHASE ACIDOGENIC-ME-

THANOGENIC SYSTEM FOR BIOFUELS PRODUCTION. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(1), 175-183.

[5] Duarte Medina, I., Bustos Bustos, E., & Teutli León, M. (2014). Compost Aided Electrokinetic Remediation of an Hydrocarbon Polluted Soil. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 58(3), 343-347.

[6] García-Ramos, C., Arozarena-Daza, N. J., Martínez-Rodríguez, F., Hernández-Guillén, M., Pascual-Amaro, J. A., & Santana-Gato, D. (2019). Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2).

[7] Hernández-Espriú, A., Domínguez-Mariani, E., Reyna-Gutiérrez, J. A., Martínez-Santos, P., Sánchez-León, E., & Marín, L. E. (2013). Nitrate mass balance in agricultural areas of intensive fertilizer application: the North Maresme aquifer system case study (Spain). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 39-50.

[8] Millán, F., Prato, J. G., La Cruz, Y., & Sánchez, A. (2018). Estudio metodológico sobre la medición de pH y conductividad eléctrica en muestras de compost. *Revista Colombiana de Química*, 47(2), 21-27.

[9] Morales-Arredondo, I., Flores-Ocampo, I. Z., Armienta, M. A., Morán-Ramírez, J., Hernández-Hernández, M. A., & Landa-Arreguin, J. F. (2020). Identificación de las fuentes de nitratos mediante métodos hidrogeoquímicos e isotópicos en el agua subterránea del Bajío Guanajuatense. *Geofísica internacional*, 59(3), 169-194.

[10] Nair, L. G., Agrawal, K., & Verma, P. (2022). An overview of sustainable approaches for bioenergy production from agro-industrial wastes. *Energy Nexus*, 100086.

[11] Ruiz Buitrago, J. D., Villar Argañiz, D., Correa, H. J., Noreña Grisales, J. M., Roldán, M., & Ríos, J. C. (2014). Levels of nitrates in a urea fertilized Kikuyu (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) pasture on the high plains of Antioquia, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 9(1), 52-57.

[12] Soto-Paz, J., Oviedo-Ocaña, R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Manyoma-Velásquez, P. C. (2017). Compostaje de biorresiduos: Tendencias de investigación y pertinencia en países en desarrollo. *Dyna*, 84(203), 334-342.

[13] Vázquez, P. V., López, M. Z. G., Cortez, M. C. N., & Hernández, D. G. (2015). Efecto de la

composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Mexicana de Agrobnegocios*, 36, 1351-1356.

[14] VICENCIO-DE LA ROSA, M. G., PÉREZ-LÓPEZ, M. E., MEDINA-HERRERA, E., & MARTÍNEZ-PRA-DO, M. A. (2011). Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(3),263-270.

[15] Vich, D. V., Miyamoto, H. P., Queiroz, L. M., & Zanta, V. M. (2017). Household food-waste composting using a small-scale composter. *Revista Ambiente & Água*, 12, 718-729.

[16] Vital Vich, D., Pires Miyamoto, H., Matos Queiroz, L., & Zanta, V. M. (2017). Household food-waste composting using a small-scale composter. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 12(5),718-729.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Diseño e implementación de un prototipo para evaluar la germinación de semillas a diferentes longitudes de onda (fotogerminador)

RESUMEN: La educación es uno de los instrumentos indispensables para promover el progreso en las sociedades. El proceso para la formación integral de un estudiante combina la enseñanza y la aplicación práctica de esta, a través de equipos didácticos. El presente artículo describe el diseño, construcción y validación de un prototipo para evaluar la respuesta de semillas a germinar a diferentes longitudes de onda con tiempos variables de iluminación. El sistema de iluminación empleó ledes de color blanco, azul, amarillo, verde y rojo, mientras el tiempo de iluminación se controló con un temporizador comercial. El control negativo fue un compartimiento sin iluminación. El prototipo fue construido en madera, con compartimientos aislados y cerrados, que permiten iluminar a la longitud de onda que especifica el led.

El equipo se validó germinando semillas de alberjón aplicando la técnica de papel húmedo en charolas de acrílico. El análisis estadístico mostró diferencias significativas para las variables de longitud y peso de los tallos entre las plántulas iluminadas a las diferentes longitudes de onda así como con el control negativo (obscuridad). Estos resultados apoyan el uso didáctico del fotogerminador en las áreas de biología al promover una experiencia práctica, visual y tangible para explorar y comprender el papel de la luz en la germinación.

PALABRAS CLAVE: fotogerminador, LED, germinación, prototipo y luminosidad.



Colaboración

Julio David Mendoza García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Arturo Cabrera Vázquez, Escuela de Bachilleres Artículo Tercero Constitucional; Rubén Enrique Cuevas Alarcón; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 11 de enero del 2023

Fecha de aceptación: 13 de abril del 2023

ABSTRACT: Education is one of the essential instruments to promote progress in societies. The process for the integral formation of a student combines teaching and its practical application, through didactic equipment. This article describes the design, construction and validation of a prototype to evaluate the response of seeds to germinate at different wavelengths with variable illumination times. For lighting, white, blue, yellow, green and red LEDs were used, while the lighting time was controlled with a commercial timer. The negative control was an unilluminated compartment. The prototype was built in wood, with isolated and closed compartments, which allow lighting at the wavelength specified by the LED.

The equipment was validated by germinating alberjón seeds using the wet paper technique in acrylic trays. The statistical analysis showed significant differences for the variables of length and weight of the stems between the seedlings illuminated at the different wavelengths as well as with the negative control (darkness). These results support the didactic use of the photogerminator in the areas of biology by promoting a practical, visual and tangible experience to explore and understand the role of light in germination.

KEYWORDS: photogerminator, LED, germination, prototype and luminosity.

INTRODUCCIÓN

La educación es uno de los instrumentos más poderosos para promover el progreso en las sociedades. El proceso para la for-

mación integral de un estudiante combina la enseñanza en el aula de clase y la aplicación práctica de esta a través de actividades experimentales que favorezcan la comprensión del conocimiento y el razonamiento científico, así como promuevan la motivación y el trabajo en equipo de forma activa y eficaz [1].

Entre los recursos empleados para este fin están los equipos didácticos, donde el alumno desarrollará habilidades de investigación, de comunicación y entenderá la utilidad de lo aprendido en clase para la solución de un problema [2]. Sin embargo, la falta de recursos económicos para la compra y mantenimiento de tales equipos en centros educativos, es una seria limitante para complementar la formación del estudiante [3].

La autoconstrucción de equipos didácticos es una valiosa alternativa que permite a los educadores y estudiantes ser protagonistas activos del proceso de aprendizaje, fomentando la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, además de promover una mayor participación y motivación por parte de los estudiantes al aplicar sus conocimientos teóricos en situaciones reales, fortaleciendo así su comprensión y habilidades prácticas [4].

En este contexto, la respuesta a la iluminación por las semillas durante el proceso de germinación y el crecimiento de las plántulas es un modelo de trabajo de respuesta rápida, reproducible y de bajo costo, para explorar y comprender los efectos de las variables involucradas [5]. Estas bondades impulsaron la decisión de tomar este modelo como base para el desarrollo de un prototipo didáctico.

Las semillas de las plantas al germinar son capaces de responder a la intensidad y al color de luz por medio de sus fotorreceptores, causando ajustes en la toma de decisiones para germinar, así como en la expansión de la hoja, percepción de vecinos, evitar la sombra, elongación del tallo, germinación de la semilla y la inducción de la floración, estableciendo un sistema donde la luz constituye una fuente de información sobre el entorno [5].

Dado el papel fundamental que la luz tiene en las diferentes etapas de crecimiento de las plantas, los sistemas de iluminación en ambiente controlado han tomado relevancia, siendo la luz emitida a través de led (light emitting diode) una alternativa segura y económica, para estos fines [6].

El presente artículo reporta el diseño y auto-construcción de un material didáctico, el fotogerminador, como material de apoyo para la ejecución de prácticas demostrativas, empleando como modelo de trabajo el efecto de la iluminación a diferentes longitudes de onda sobre la germinación de semillas.

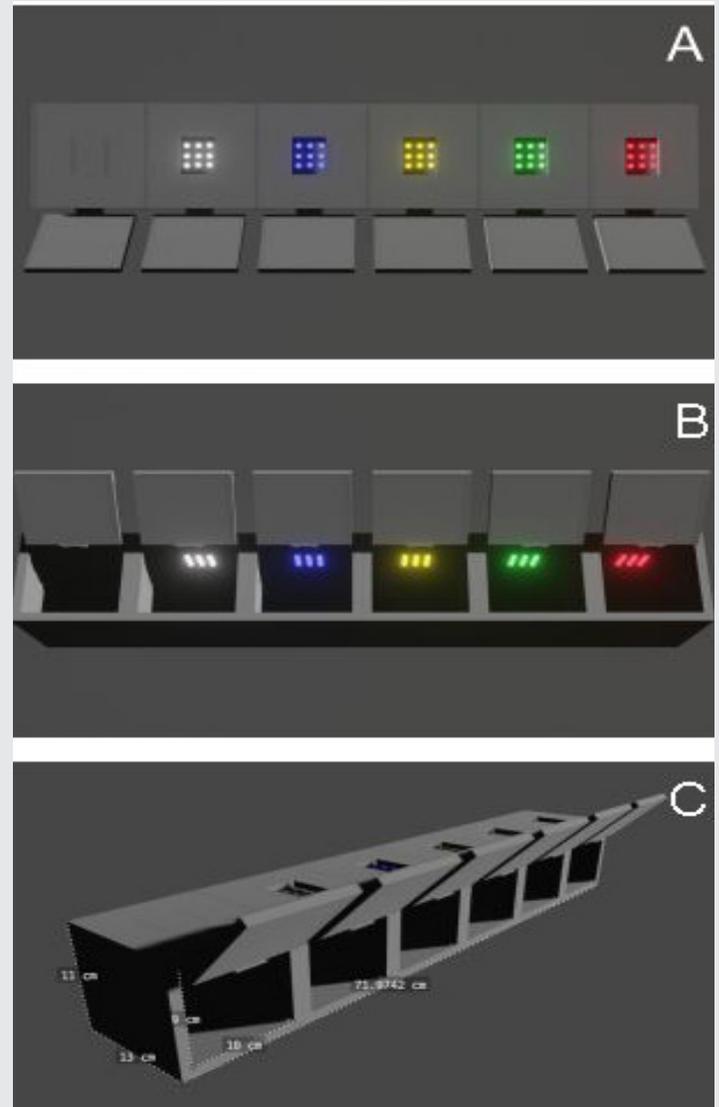


Figura 1. Imagen del diseño del fotogerminador en el programa Blender. Se presenta en el panel A la vista superior del equipo, en el panel B la vista frontal y en C, la proyección isométrica y las dimensiones del fotogerminador.

Las variables de entrada serán las longitudes de onda de los ledes y el tiempo de iluminación, mientras las variables cuantitativas de salida son la longitud y el peso del tallo y raíz de las plántulas germinadas así como el porcentaje de germinación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del fotogerminador

Se propuso seguir las cinco etapas de la metodología de innovación "Design thinking" centrada en el usuario, donde definimos el público al que se dirige nuestro diseño como estudiantes de nivel bachillerato y superior de las áreas de biología.

Después de una búsqueda bibliográfica sobre el tema de la participación de la luz durante la germinación y con la participación del equipo de trabajo se efectuó una lluvia de ideas. Con ayuda del software Blender se

modeló el fotogerminador, considerando diversos factores como el tiempo de germinación, la disponibilidad de ledes en el mercado, el precio total del equipo, lo llamativo de los colores, la seguridad del usuario y la facilidad de construcción.

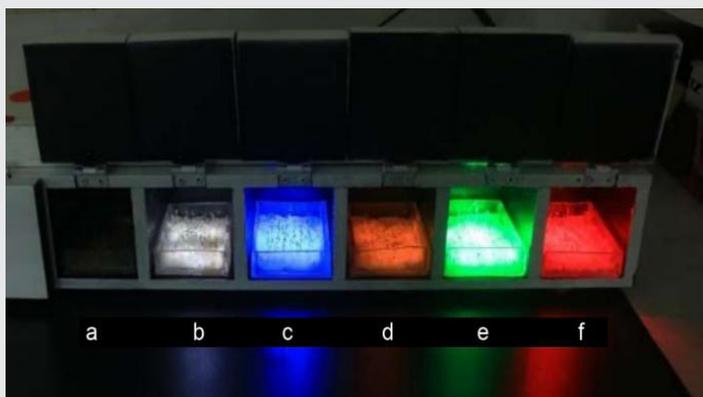


Figura 2. Prototipo de fotogerminador funcional. Se observan los cinco compartimientos iluminados con luz de leds de color azul (c), amarillo (d), verde (e) y rojo (f), así como el control positivo blanco (b) y el control negativo (a), correspondiente a la ausencia de luz.

El prototipo se construyó en madera y por la experiencia previa en ensayos de germinación con semillas de alberjón, se empleó este modelo para la validación del equipo.

Construcción del fotogerminador

Todo el proyecto fue realizado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Veracruz, México, durante el mes de marzo del 2016.

Se diseñó un modelo de caja rectangular con 6 compartimientos cuboides independientes y aislados (12 x 9 x 14) con espacio suficiente para albergar una caja petri. El diseño se realizó empleando el programa Blender (Figura 1). El material en el que se construyó el prototipo fue madera contrachapada tipo triplay con un espesor de 9 mm.



Figura 3. Fotogerminador al día 3 posterior a la siembra. Se presentan los recipientes de acrílico fuera de cada compartimiento, con las semillas de prueba germinadas para cada longitud de onda irradiado, así como los controles positivos (luz blanca) y negativo (obscuridad).

La altura de los ledes se ajustó para permitir una iluminación uniforme de la superficie de germinación. En la parte frontal de cada compartimiento se colocó una puerta con apertura hacia arriba que al cerrar, garantiza eliminar la infiltración de luz parásita y permite un espacio aislado, donde la semilla esté únicamente irradiada con la luz de interés.

El sistema emplea como fuente de luz diodos ledes estándar tipo "piraña" de 3 mm de diámetro, de diferentes colores: rojo, verde, amarillo, azul y luz blanca, los cuales emiten luz en un intervalo de longitud de onda y luminosidad especificado por el fabricante con emisión en un espectro reducido de ancho de banda de +/-15 nm (full watt, Ribera de Elorrieta 7C, 48015 Bilbao, España).

Los máximos de emisión son de 700 nm, 585 nm, 568 nm y 470 para el led rojo, amarillo, verde y azul. El led de luz blanca irradia en las diferentes áreas del espectro visible. Un compartimiento sin iluminación se definió como el control negativo.

A la parte superior se le realizaron orificios con un taladro a fin de insertar los grupos de 9 ledes, fijados y conectados en arreglo en paralelo con placas para soldar a través de resistencias de 4.7 ohms. La alimentación fué de forma general a través de un adaptador de corriente comercial que reduce el voltaje de 127 volts a 5 volts.

Para ajustar los ciclos de iluminación, el control de alimentación del fotogerminador se adaptó a un temporizador programable comercial General Electric modelo 15075. A fin de optimizar el espacio de germinación, se construyeron charolas de germinación en acrílico de 11 x 12 x 1 cm de alto, con lo cual se optimiza la superficie al interior de la cámara, aunque también puede emplearse cajas de petri para este propósito.

Germinación de semillas

A fin de evaluar el desempeño del fotogerminador, se efectuó la germinación de semillas aplicando el método de papel húmedo, el cual es aceptado oficialmente y permite la germinación rápida, controlada y reproducible de semillas en ambiente controlado. En charolas de acrílico se colocaron 25 semillas distribuidas de forma homogénea sobre la superficie de un papel filtro humedecido con 10 ml de agua [7].

Los diferentes contenedores se colocaron en cada compartimiento y se cerraron las puertas. Este punto se definió como el inicio de la germinación. Los ciclos de iluminación se ajustaron con el temporizador para ciclos de 12 horas de iluminación y 12 horas de obscuridad.

El fotogerminador fue incubado a condiciones ambiente de temperatura, humedad e iluminación. Diariamente, por un breve momento se abrieron las puertas y se

realizó un monitoreo de las semillas, las cuales se consideraron germinadas cuando se observó un desarrollo de la radícula de 2 mm.

Obtención y acopio de resultados:

A fin de establecer las relaciones causa-efecto entre las variables de entrada (longitud de onda irradiada) y las variables de salida (porcentaje de germinación, longitud y peso), se efectuó una investigación descriptiva cuantitativa, con un diseño experimental de bloques al azar, con 25 semillas por bloque para cada longitud de onda evaluada.

Al día 7 posterior a la siembra se contabilizaron las semillas germinadas a fin de obtener el porcentaje de semillas germinadas. Adicionalmente, se midieron con una regla comercial las longitudes de raíz y tallo de cada plántula germinada.

En paralelo, empleando una balanza analítica Mettler-Toledo modelo AE-160, se pesaron los tallos y las raíces de cada plántula. Los datos fueron capturados en bitácora, transcritos y ordenados empleando el programa excel.

Análisis estadístico

A los datos ordenados se les aplicó estadística descriptiva a fin de observar su comportamiento para cada bloque y determinar que no presentaran datos atípicos. Con apoyo del software SSPS, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks y Levene para determinar que los datos se ajustaran a una distribución normal y presentarán homogeneidad de varianzas.

Para verificar si existen diferencias significativas entre el control positivo (luz blanca), el control negativo (obscuridad) y cada longitud de onda particular evaluada, se realizó un análisis estadístico tipo ANOVA ($p < 0.05$). También se determinó la significancia entre las medias de las diferentes variables de respuesta con la prueba post-hoc de Tukey. Las diferencias significativas se señalan con una letra en la parte superior de cada barra en la Figura 4.

RESULTADOS

La autoconstrucción de equipos didácticos establece escenarios de aprendizaje que combina el desarrollo de habilidades y destrezas al permitir que se visualice y experimente con condiciones controladas conceptos teóricos aprendidos, siendo una alternativa real que permite enmendar la insuficiencia y carencia de equipos didácticos.

El diseño sencillo y objetivo del fotogerminador presentado en la Figura 1, permite manipular 4 longitudes de onda así como el control positivo de luz blanca y la obscuridad como control negativo. Estas se definieron como las variables de entrada durante la germinación de semillas como se observa en la Figura 2 y 3.

Usualmente, los estudios de sensibilidad a la luz durante la germinación son realizados en condiciones de luz y oscuridad [8], por lo que al manipular cuatro longitudes de onda permitirá al alumno observar y cuantificar las variables de respuesta con mayor escrutinio. Además, se ha demostrado que el empleo de colores en el desarrollo de material didáctico juega un papel importante en la captación de la atención del joven estudiante [9].

Tabla 1. Porcentajes de germinación de semillas de alberjón (L. hispanicus) germinadas con iluminación de ledes de diferentes colores. Se presentan los valores promedio obtenidos para tres replicas con 25 semillas por ensayo.

Color de luz emitida por el led	Porcentaje de germinación
Rojo	87.5
Amarillo	85.4
Verde	81.3
Azul	72.9
Blanco	91.7
Oscuridad	72.9

En el ANEXO A se presentan los porcentajes de germinación de semillas de alberjón (*L. hispanicus*), las cuales al germinar de forma rápida y uniforme se establecieron como modelo de trabajo. Para los colores de led rojo, amarillo, verde y blanco los porcentajes de germinación oscilaron entre un 80 y 90%, valores similares a los obtenidos en ensayos con luz natural bajo condiciones ambientales análogas, sin embargo se observa una disminución al 73% con el led azul y en ausencia de luz.

La germinación es una etapa importante y crucial en el desarrollo de una futura planta, siendo un puente entre un estado protegido en la semilla a un estado vulnerable en la plántula que emerge, por ello la semilla ha desarrollado mecanismos que permiten censar variables mediambientales para elegir el momento preciso de efectuar este proceso [10]. Se ha establecido a los fitocromos como los fotorreceptores que perciben la luz roja (R) y roja lejana (FR) jugando importantes roles en la germinación de semillas, la eliminación de la etiolación, inducción de la floración, entre otras acciones [11].

En particular, la relación de germinación y la dependencia de la luz se ha documentado en pequeñas semillas con peso menor a 2 mg, mientras que para semillas de tamaño mayor se ha establecido que son independientes [12]. Por lo anterior, se justifica que no se observaran diferencias entre los porcentajes de germinación

ya que la semilla modelo de este trabajo tiene un peso promedio superior a los 300 mg.

En contraste, los resultados del crecimiento de la plántula sí fueron significativamente influenciados por las longitudes de onda empleadas. La Figura 5 presenta los promedios y la desviación estándar de los datos de crecimiento de las plántulas. En el panel A y B se presentan histogramas de las variables longitud de tallo y raíz, mientras en el panel C y D los correspondientes al peso de tallo y raíz. Los valores más altos de longitud de tallo se obtuvieron para las condiciones de oscuridad donde se alcanzó un valor de 8 cm. En contraste, en los colores blanco y azul la longitud promedio del tallo fue la más baja, mientras valores intermedios fueron encontrados para los colores amarillo verde y rojo. Un comportamiento similar se observó para la variable del peso del tallo.

Estos resultados se ajustan bien a lo reportado previamente y permite visualizar en el control negativo, en ausencia de luz, el fenómeno de etiolización de una plántula, el cual se caracteriza por un crecimiento prolongado del tallo, hojas más pequeñas y una particular clorosis, asociada al desarrollo de etioplastos los cuales no contienen clorofila ni membranas tilacoides apiladas, además presenta un fenotipo denominado "skotomorfogénico" caracterizado por hipocótilos alargados, raíces acortadas y cotiledones pequeños y cerrados [13].

Las diferencias significativas en las longitudes y peso de los tallos irradiados a diferentes longitudes de onda están apoyados por diversos reportes que muestran que la manipulación de la composición espectral con la que se ilumina durante el desarrollo de la plántula influye en el crecimiento y se pueden obtener diversos cambios funcionales o estructurales, como una mayor fotosíntesis y una morfogénesis modificada [14].

Los efectos en la longitud y peso de raíz no se ven afectados por la presencia o ausencia de luz al no existir diferencias significativas entre tratamientos, como se observa en la Figura 5, panel B y solo una pequeña diferencia en el panel D. Lo anterior es una excelente herramienta para que el alumno a través de la estadística inferencial contraste ambos factores de salida.

Los anteriores resultados respaldan el éxito de este fotogerminador y permiten recomendarlo como material didáctico para fortalecer la comprensión del papel que tiene la luz en el desarrollo de una planta, así como desarrollar su habilidad práctica para efectuar un experimento científico bajo un estricto rigor científico.

CONCLUSIONES

Se diseñó y validó un equipo didáctico "fotogerminador" empleando la interacción de la luz con la germinación de semillas y el crecimiento de la plántula. Por su sencillez en el diseño, facilidad para obtener los mate-

riales de su construcción, fácil operación, bajo costo, factibilidad en el acceso a sus consumibles, así como resultados rápidos y reproducibles, el prototipo propuesto puede emplearse como apoyo didáctico en el área de Biología y ajustarse al aprendizaje basado en proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Bravo, A. A., Ramírez, G. P., Faúndez, C. A., & Astudillo, H. F. (2016). *Propuesta didáctica constructivista para la adquisición de aprendizajes significativos de conceptos en física de fluidos. Formación universitaria*, 9(2), 105-114.

[2] Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022). *El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. Conrado*, 18(84), 172-182.

[3] Tromp, R. E., & Datzberger, S. (2021). *Global education policies versus local realities. Insights from Uganda and Mexico. Compare: a journal of comparative and international education*, 51(3), 356-374.

[4] Lund, H. H., Exner, M., Jensen, N. E., Leggieri, M., Outzen, M., Ravn-Haren, G., Von Sehested M., Vaering A and Andersen, R. (2022). *GrowBot: An Educational Robotic System for Growing Food. Applied Sciences*, 12(11), 5539.

[5] Legris, M., Ince, Y. Ç., & Fankhauser, C. (2019). *Molecular mechanisms underlying phytochrome-controlled morphogenesis in plants. Nature communications*, 10(1), 5219.

[6] Stamford, J. D., Stevens, J., Mullineaux, P. M., & Lawson, T. (2023). *LED Lighting: A Grower's Guide to Light Spectra. HortScience*, 58(2), 180-196.

[7] Seefeldt, S. (2012). *Procedures for the Wet PaperTowel Germination Test. Fairbanks: University of Alaska Fairbanks. <https://cespubs.uaf.edu/publications/?cat=7>*

[8] Tiansawat, P., & Dalling, J. W. (2013). *Differential seed germination responses to the ratio of red to far-red light in temperate and tropical species. Plant Ecology*, 214, 751-764.

[9] Chang, Bo; Xu, Renmei; and Watt, Tiffany (2018). "The Impact of Colors on Learning," *Adult Education Research Conference. <https://newprairiepress.org/aerc/2018/papers/30>*

[10] Yang, L., Liu, S. & Lin, R. *The role of light in regulating seed dormancy and germination. J. Integr. Plant Biol.* 62, 1310-1326 (2020).

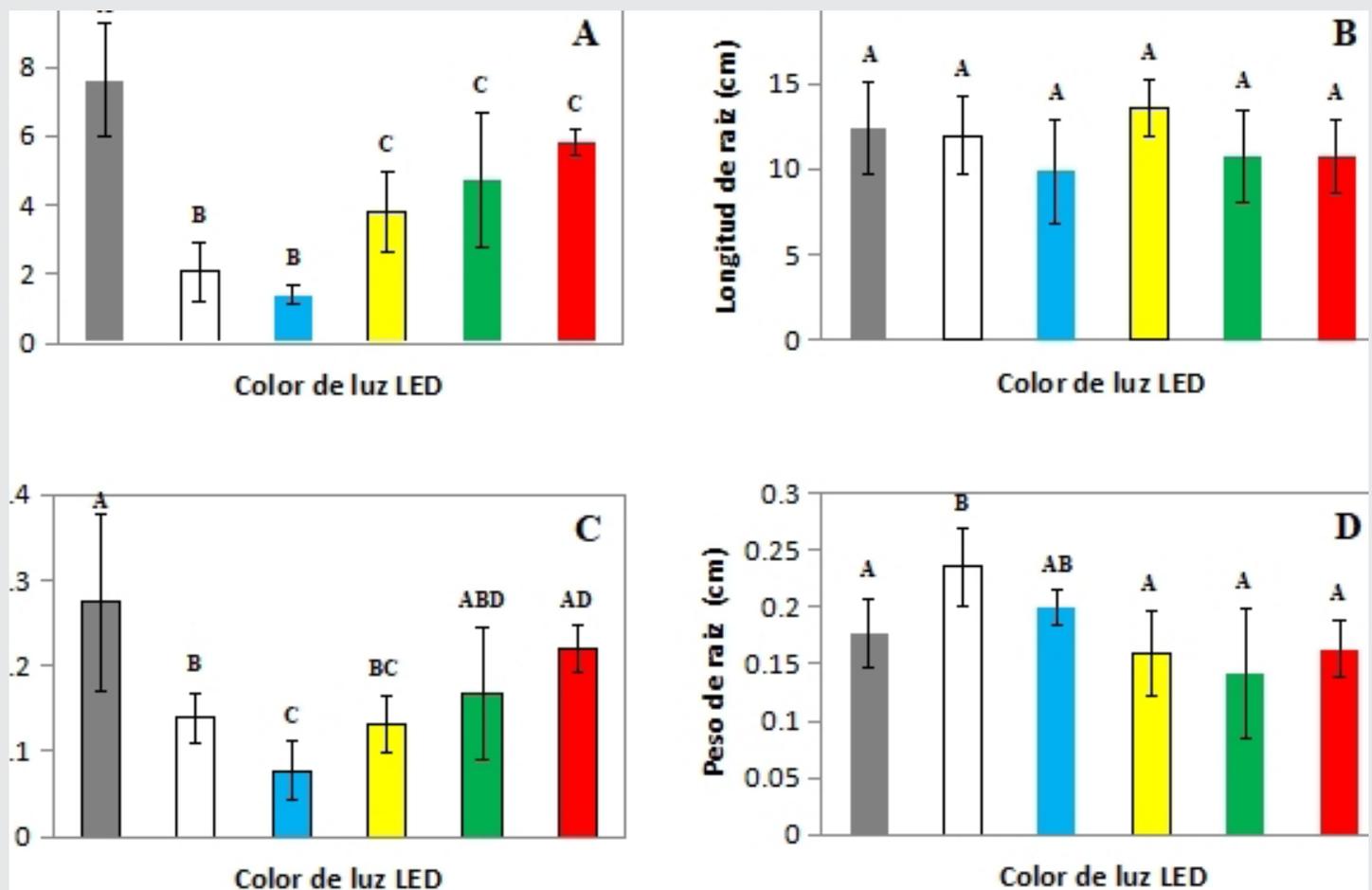
[11] Li, Z., Sheerin, D. J., von Roepenack-Lahaye, E., Stahl, M., & Hiltbrunner, A. (2022). The phytochrome interacting proteins ERF55 and ERF58 repress light-induced seed germination in *Arabidopsis thaliana*. *Nature Communications*, 13(1), 1656.

[12] Pearson TRH, Burslem DFRP, Mullins CE, Dalling JW (2003). Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view. *Funct Ecol* 17:394-402

[13] Armarego-Marriott, T., Sandoval-Ibañez, O., & Kowalewska, Ł. (2020). Beyond the darkness: recent lessons from etiolation and de-etiolation studies. *Journal of experimental botany*, 71(4), 1215-1225.

[14] Moe, R., Grimstad, S.O., Gislerod, H.R., 2006. The use of artificial light in year round production of greenhouse crops in Norway. *Acta Hort.* 711, 35-42

ANEXO A



Datos del crecimiento y peso de plántulas de alberjón (*L. hispanicus*) germinadas con iluminación de ledes de diferentes colores. Grupos de 25 semillas fueron germinadas bajo iluminación de ledes de color blanco, azul (470 +/-15nm), amarillo (585 +/-15nm), verde (568 +/-15nm) y rojo (700 +/-15nm) al día 7 posterior a la siembra. Cada barra corresponde con el color del led empleado. La barra oscura corresponde al control negativo (obscuridad). En el panel A y B se presenta el promedio de la longitud de tallo y raíz, mientras en el panel C y D se indica el promedio del peso de tallo y raíz de las plántulas germinadas a las condiciones indicadas.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Gestión para la elaboración de repelente “CI-REPELLENT” como alternativa protectora de la salud humana



Colaboración

José de Jesús González Reséndiz; Guadalupe Sánchez Silvestre; Alexa González Cessa; Salvador Partida Sedas, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

Fecha de recepción: 16 de octubre del 2022

Fecha de aceptación: 19 de abril del 2023

RESUMEN: México enfrenta una situación crítica ante el Dengue, esta enfermedad en su etapa grave puede ocasionar hemorragias e incluso la muerte. Ante tal situación se recurre al uso de repelentes sintéticos, que ayudan a evitar la picadura de estos mosquitos; sin embargo, estos repelentes tienen como activo principal el DEET, el cual, con su prolongada exposición, ocasiona daños a la salud, como: erupciones cutáneas, irritación de la piel, dolores de cabeza, entre otros.

Al ser las opciones comerciales causantes de más daños colaterales, se elaboró CI-REPELLENT, una fórmula de repelente orgánico que parte de ingredientes naturales, mismo que: no genera daños colaterales a la salud, humecta la piel y su producción no tiene un impacto ambiental negativo.

PALABRAS CLAVE: Antiviral, citronela, eucalipto de limón, repelente, producto natural.

ABSTRACT: Mexico is facing a critical situation with regard to Dengue fever; this disease in its severe stage can cause hemorrhages and even death. In this situation, synthetic repellents are used to avoid mosquito bites; however, the main active ingredient of these repellents is DEET, which, with prolonged exposure, causes damage to health, such as skin rashes, skin irritation, headaches, among others.

Since the commercial options cause more collateral damage, CI-REPELLENT, an organic repellent formula based on natural ingredients, was developed. It does not generate collateral damage to health, moisturizes the skin and its production does not have a negative environmental impact.

KEYWORDS: Antiviral, citronela, lemon, eucaliptus, natural product, repellent.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha informado que se presentan 50 millones de infecciones por dengue cada año en el mundo y que, al no existir tratamiento, la mejor forma de lograr reducir su incidencia es eliminando sus vectores: *Aedes aegypti*, mediante la aplicación productos químicos, de preferencia en mosquiteros impregnados y como repelentes [1].

Por lo anterior, se ha tratado de controlar a la población de mosquitos usando diferentes repelentes, estos han sido definidos como: “compuestos químicos que producen en el insecto movi-

mientos orientados que lo alejan de la fuente emisora". De acuerdo con [5] debido al uso de insecticidas, los mosquitos han desarrollado cierta resistencia con lo que se requieren niveles superiores de dosis con mayor toxicidad.

Por otra parte, a través de la historia, la calidad de vida del ser humano se ha visto afectada por microorganismos patógenos portados por vectores, los cuales son causantes de enfermedades que impactan de manera negativa a la salud de las personas [2].

Entre las diferentes enfermedades se encuentra el dengue, el cual es una infección vírica transmitida por la picadura de las hembras infectadas de mosquitos del género Aedes. La [2] indicó que los síntomas de dengue son: una fiebre elevada acompañada de dolor de cabeza muy intenso, dolor detrás de los globos oculares, dolores musculares y articulares, náuseas, vómitos, agrandamiento de ganglios linfáticos o sarpullido.

Haciendo un camino retrospectivo, [1] señaló que la historia del repelente como producto industrial comienza el 3 de septiembre de 1929 cuando Moore y Buc recibieron la patente de Estados Unidos por el primer repelente de insectos sintético (núm. 1.727.305) el dime-til 1,2-bencenodicarboxilato, también conocido como DMP, originalmente desarrollado como solvente. Posteriormente, en 1937, se introdujo la indalona, seguida del Rutgers 612 (etil hexanodiol), en 1939. La aplicación de repelentes sintéticos comenzó a avanzar después de 1939, durante la segunda Guerra Mundial. No obstante, estos fueron opacados por el desarrollo del DEET en 1946 que se registró y se introdujo en el mercado en 1957 para uso público. Desde entonces, DEET sigue siendo el repelente de insectos más popular por su amplio espectro de repelencia.

En los últimos años, el uso de repelentes ha cobrado mayor relevancia, porque en muchos países, incluido México, han aumentado las enfermedades transmitidas por vector, como: dengue, chikungunya y la enfermedad por virus Zika, que son transmitidas por el mosquito Aedes y pueden ser mortales [2].

Por lo anterior, respecto a México, los casos de dengue fueron en aumento del año 2021 al 2022. Durante el año 2021, se presentaron 1882 casos de dengue y en el transcurso del año 2022, se registró un aumento correspondiente a una cifra total de 3417 casos, señalando que el 69% de los casos confirmados corresponden al Estado de México, Tabasco, Veracruz, Chiapas y Oaxaca [2]. En relación a lo anterior, se señala que Veracruz, estado donde se llevará a cabo el presente estudio, ocupa un tercer puesto en ser de las entidades federativas con más casos de dengue. Por lo tanto, la investigación en curso será de gran utilidad para el estado de Veracruz, puesto que, al no contar con suficientes alternativas de prevención o tratamiento, el

repelente a fabricar pretende ampliar las opciones de protección con una propuesta de repelente efectivo, no tóxico ni irritante, que incluso puede ayudar a la disminución de casos de dengue en el estado.

Otros antecedentes de estudios se han realizado por parte de distintas organizaciones y universidades, se encontraron registros de repelentes químicos que ayudan a identificar los componentes y estructura de los mismos. [3], afirman que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en 1996, por medio de una resolución, propone un Plan continental de ampliación e intensificación del combate al Aedes aegypti con el objetivo de su erradicación futura de las Américas; a partir de aquí, ministros de diferentes países junto a expertos en el tema han tratado de erradicar por completo el mosquito de su territorio.

En las últimas décadas se ha prestado especial atención al efecto de la exposición dérmica de los humanos al DEET. [4] mencionó que algunos resultados muestran que este producto puede causar ciertos efectos tóxicos sobre el sistema nervioso, principalmente en niños.

Es así como a través de la gestión de proyectos, la cual es el uso del conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente, [3] busca crear una competencia estratégica con el repelente a elaborar, ya que al investigar sobre los casos de dengue en México y Veracruz se hace énfasis a que estos van en aumento y uno de los posibles factores es el escaso uso de repelentes efectivos. De modo, que con este estudio el equipo encargado se ocupará de fabricar un repelente que cuente con las ya conocidas características de un repelente pero que también considere tener particularidades nuevas, que genere confianza en las personas que van a utilizar dicho producto, así mismo esto generaría una disminución de casos de dengue en el estado; y de ser así también el país.

Hipótesis

El producto CI-REPELLENT es más eficaz al ser un repelente orgánico con propiedades antivirales; por lo tanto, contribuye a la disminución de casos de dengue.

Objetivo general

- Realizar la gestión para la elaboración de un repelente "CI-REPELLENT" como alternativa para la protección de la salud humana garantizando una vida saludable y promover el bienestar para todos y todas en todas las edades.

Objetivos específicos

- Analizar la situación epidemiológica del dengue a nivel nacional, estatal y local.
- Realizar la fase experimental para la identificación de la durabilidad y eficacia del producto elaborado.

Las investigaciones anteriores demuestran que el uso de productos orgánicos son un sustituto viable al uso de repelentes sintéticos. En cierta medida, algunos trabajos siguen recurriendo al uso mínimo de químicos dañinos, por lo que sigue siendo necesario la creación de un producto que en su totalidad sea orgánico, como es el caso de CI-REPELLENT, sus principales beneficios se describen en el siguiente apartado.

La presente investigación ofrece una opción de producto natural, el cual evita por completo el uso de químicos sintéticos en su composición; el principal diferenciador radica en la composición de su fórmula puesto que destaca por sus propiedades naturales y da pauta al origen de un producto que: no genera daños colaterales a la dermis humana (pues no presenta riesgos para las personas que tienen sensibilidad a otros productos de este tipo), brinda humectación a la piel y su creación no contamina al medio ambiente como otros productos que generan residuos tóxicos, aunado a lo anterior, un beneficio muy importante a resaltar es que también tiene propiedades antivirales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Etapa 1. Determinación de la situación epidemiológica

Para la etapa uno de esta investigación, se recabaron datos acerca de la situación epidemiológica del Dengue a nivel nacional, con el objetivo de sustentar la importancia de la creación del repelente. Se consultaron fuentes primarias para la recolección de los datos.

Etapa 2. Experimentación de la formula

La elaboración de la fórmula farmacéutica se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, en el laboratorio de Ciencias Básicas. Donde se realizó una investigación experimental, para esto se montó el equipo que se muestra en la Figura 1. Como primer paso, se vierte el agua destilada en el matraz número 1 (Kitasato): generador de vapor. Mientras que en el matraz número 2 se coloca la citronela y el eucalipto de limón cortados en trozos pequeños.

Después se calienta con la parrilla el matraz número uno, hasta alcanzar su punto de ebullición, puesto que el vapor será trasladado al matraz número dos, que fue previamente colocado en una manta de calentamiento, extrayéndose de esta manera el activo esencial, el cual es inmediatamente arrastrado por el vapor de agua en un proceso de destilación. La fase acuosa se desecha y el extracto orgánico se colecta en un vaso de precipitado.



Figura 2. Extracción de esencias.

La fórmula fue sometida a pruebas que avalaran su duración. Las pruebas realizadas, se llevaron a cabo a través de un ensayo de duración, en el cual los voluntarios exponían su brazo dentro de un contenedor con mosquitos para registrar el número de picaduras que recibían con y sin el repelente aplicado.

Para esto se utilizó una caja de acrílico con medidas de 50 x 30 x 30 cm, al cual se hicieron orificios sellados correctamente con malla; para poder introducir el antebrazo, se realizó un orificio circular en el centro de una de las caras de la caja y se puso una tela para evitar el escape de los mosquitos y como barrera de protección a la parte superior del brazo. En la Figura 3 se muestra el prototipo de la caja de control, realizado en el programa SketchUp.



Figura 1. Condensador para extracción de esencias.

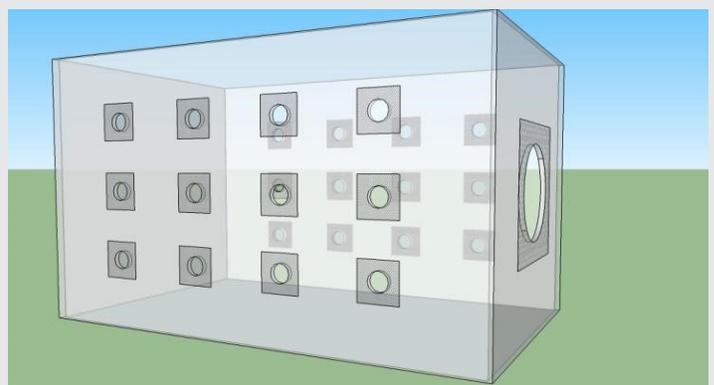


Figura 3. Caja de control.

Se necesitaron diez voluntarios a quienes sólo se les aplicó el repelente en un brazo, aunque ambos brazos fueron introducidos dentro de la caja en diferentes momentos, para que de esta manera se registrara el número de picaduras recibidas en el Brazo Con Repelente (BCR) y en el Brazo Sin Repelente (BSR). Inicialmente, se incluyen treinta mosquitos en la caja, que son seleccionados de forma aleatoria y se espera un tiempo estimado de seis minutos o hasta observar que estos se habitúen en el lugar, posteriormente se introduce el BSR durante tres minutos y se contabiliza el número de picaduras recibidas, luego se procede a introducir el BCR (previo a esto, se colocó el repelente y se dejó secar por unos segundos) y se repite el procedimiento anteriormente mencionado. Esta prueba se realiza 3 veces: a las cero, una y dos horas después de la aplicación de repelente.

RESULTADOS

Resultados de la etapa 1

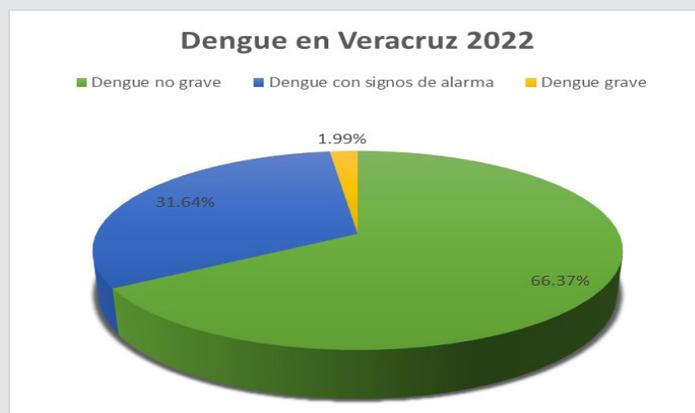
De acuerdo con los datos recopilados del panorama epidemiológico del dengue emitido por la Secretaría de Salud de México, para la última semana de agosto, Veracruz tenía un acumulado de 452 casos de dengue y a nivel nacional había 3417. Para generar un mejor entendimiento de la información se vació en tablas que dividen las cifras de acuerdo con la gravedad de los casos registrados:

En la Tabla 1. Se registró el número de casos de acuerdo a los signos de gravedad para el estado de Veracruz, se observó que los casos predominantes fueron de dengue no grave, representando el 66.37% de los casos totales. Los casos de dengue grave, con un 1.99% y con signos de alarma con 31.64%. Datos que se observan en la Gráfica 1.

Tabla 1. Casos de Dengue en Veracruz.

Dengue en Veracruz Semana 9 (2023)	
Indicador	Número de casos
DNG	300
DCSA	143
DG	9
Total	452

Donde:
DNG (Dengue no grave), DCSA (Dengue con signos de alarma) y DG (Dengue grave),

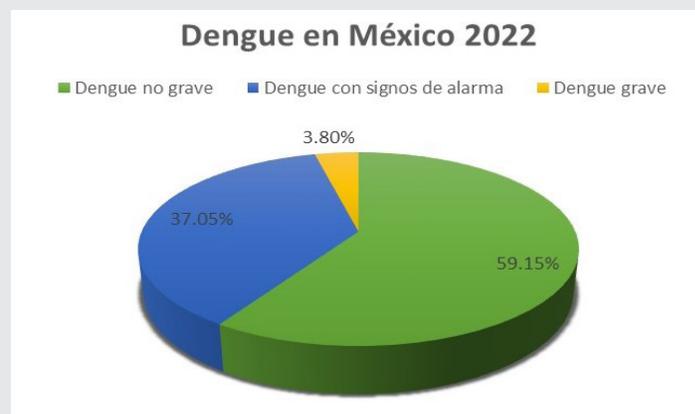


Gráfica 1. Dengue en Veracruz.

En México sucede una situación similar, el grado de gravedad predominante en los casos, es el de dengue no grave, con un porcentaje de 59.15%, los de dengue con signos de alarma abarcan el 41.57%, mientras que el dengue grave el 2.88. Representado en la Gráfica 2.

Tabla 2. Casos de Dengue en México

Dengue en México Semana 34 (2022)	
Indicador	Número de casos
DNG	2021
DCSA	1266
DG	130
Total	3417



Gráfica 2. Dengue en México.

Resultados de la etapa 2

Los resultados de los experimentos realizados para comprobar la duración del repelente se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Registro de picaduras.

PICADURAS PROMEDIO		
Tiempo (horas)	Picaduras BSR	Picaduras BCR
0	8	0
1	4	3
2	3	1
Total	15	4

Datos que se pueden mostrar en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$Picaduras\ prom. = \frac{Picaduras}{Total\ de\ mosquitos} * 100\% \quad Ec. (1)$$

Brazo sin repelente:

0 horas - Picaduras prom $8/30=26.6\%$

1 hora - Picaduras prom $4/30=13.3\%$

2 horas - Picaduras prom $1/30=10\%$

Con base a los resultados obtenidos, se aprecia que en 0 horas hubo un mayor % de picaduras, con un 26.6%.

Brazo con repelente:

0 horas - Picaduras prom. $0/30=0\%$

1 hora - Picaduras prom. $3/30=10\%$

2 horas - Picaduras prom. $1/30=3\%$

En el caso del brazo con repelente, a la hora de experimentación, se obtuvo el 10% de picaduras como porcentaje mayor, y en 0 horas un 0%.

Por lo tanto, haciendo una comparación, podemos concluir que ocurrió una disminución del 7% de picaduras en el BCR, lo que nos demuestra la efectividad del CI-REPELLENT.

Para determinar la duración del repelente se utiliza la siguiente fórmula [3].

$$\% \text{ de duración} = 100 \left(1 - \frac{t}{c} \right) \quad Ec. (2)$$

Dónde:

t: Mosquitos totales que pican con repelente.

C: Mosquitos totales que pican sin repelente.

$$\% \text{ de duración} = 100 \left(1 - \frac{4}{15} \right)$$

$$\% \text{ de duración} = 100 (1 - 0.266)$$

$$\% \text{ de duración} = 100 (0.7333)$$

$$\% \text{ de duración} = 73.33\%$$

Los datos fueron tomados de la Tabla 4, en la cual hay 15 picaduras en el BSR y 4 en el BCR, obteniendo como resultado un porcentaje de duración del 73.33%.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados alcanzados y el propósito de la investigación determina que la duración de

la actividad repelente es media, el eucalipto de limón es eficaz para prolongar la efectividad del producto, por lo que debe ser mezclado en mayor concentración dentro de la fórmula. Para alargar la vida de almacén del producto es necesario seleccionar un conservante natural que no disminuya el efecto repelente.

¿Qué es lo que hace al CI-REPELLENT un producto novedoso? Como se mencionó al inicio, los repelentes tienen su aparición desde 1929, tuvo un mayor auge en la segunda guerra mundial, a pesar de ello, en 1946 se vio sustituido por el DEET. Está comprobado que el DEET produce efectos tóxicos en el sistema nervioso, y los más afectados son principalmente los niños.

Como alternativa a lo anterior, se elaboró una fórmula de repelente de mosquitos a partir de ingredientes naturales (CI-REPELLENT), el cual:

- Es efectivo para evitar la picadura de la mosca portadora de dengue.
- No genera daños colaterales a la salud y dermis humana.
- Brinda humectación a la piel.
- No tiene un impacto ambiental negativo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] OMS, «Dengue y dengue grave,» 10 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. [Último acceso: 01 Septiembre 2022].

[2] Secretaría de salud, «Secretaría de salud,» Gobierno de México, 22 Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-dengue-2022>. [Último acceso: 28 Septiembre 2022].

[3] W. Wallace, «Gestión de Proyectos,» de Gestión de Proyectos, Gran Bretaña, Edinburg Business School, 2014, pp. 17-18.

[4] L. P. Daza, M y N. A. Florez, V, «DISEÑO DE UN REPELENTE PARA INSECTOS VOLADORES CON BASE EN PRODUCTOS NATURALES,» Medellín, 2006.

[5] S. Hazarika, «Repellent Activities of Ocimum basilicum, Azadirachta indica and Eucalyptus citriodora Extracts on Rabbit Skin against Aedes aegypti.,» 2012.

[6] G. Ramírez, G y C. G. Palacios, L, «Are insect's repellents really useful?,» vol. 63, nº 2, 2019.

[7] V. Lascano y M. Mazzieri, «REPELENTE DE MOSQUITOS Parte 2,» Abril 2009. [En línea]. Available: <http://cime.fcq.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/15/2016/06/Boletin-47-09pdf.pdf>. [Último acceso: 2022 Sep 01].

[8] J. M. López, T, «Descripción de la planta: CITRONELLA,» Vols. %1 de %22-3, 2013.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Interfaz gráfica para el análisis de compensación reactiva para el mejoramiento del factor de potencia



Colaboración

Oscar Leobardo Flores Juárez; Juan Diego Mena Larios; Julio Cesar Méndez Gutiérrez; Fernando Jurado Pérez; José Roberto Razo Hernández, Tecnológico Nacional de México / ITS Campus Irapuato

Fecha de recepción: 12 de abril del 2022

Fecha de aceptación: 05 de mayo del 2023

RESUMEN: En la presente investigación se muestra la implementación, diseño y elaboración de una interfaz gráfica para el monitoreo de variables eléctricas para soluciones y aplicaciones de bancos de capacitores mediante el cálculo del factor de potencia (FP) en sistemas eléctricos residenciales e industriales. La corrección del FP beneficia al cargo de demanda, así como los circuitos y las pérdidas de manera general en el sistema de energía de la mano de un correcto camino para favorecer la bonificación de tal modo no tener que pasar por una penalización ante un bajo FP de parte de la empresa suministradora de energía, La aportación, soporte y comunicación de la Interfaz es contundente. A su vez es factible verificar si la zona presenta o es propensa a un bajo FP (en caso de varios circuitos en derivación del principal o que esté conectada a circuito débil) y poder proveer con esta las herramientas y cálculos para analizar y corregir este bajo FP.

PALABRAS CLAVE: Factor de potencia, potencia reactiva, potencia reactiva, penalización por bajo FP, bancos de capacitores, interfaz gráfica.

ABSTRACT: This research shows the implementation, design and development of a graphical interface for monitoring electrical variables for solutions and applications of capacitor banks by calculating the power factor (PF) in residential and industrial electrical systems. The correction of the PF benefits demand charges, as well as the circuits and the losses in a general way in the energy system, together with the correct way to favor the discount and not fall into a penalty for low PF from the supply company. Of energy, the contribution, support and communication of the Interface is forceful as can be verified in the document. It is also convenient to check the zone if it presents or is prone to a low PF (in case of several circuits in derivation of the main one or that it is connected to a weak circuit) and to be able to provide with it the tools and calculations to analyze and correct this low PF.

KEYWORDS: Power factor, reactive power, capacitor banks, graphic interface.

INTRODUCCIÓN

Los grandes motores con sistemas de refrigeración, hornos, soldadoras y otros equipos conectados a los sistemas eléctricos, consumen una potencia aparente que es la suma de la potencia activa y la potencia reactiva. De acuerdo a la normativa impuesta por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en base al problema de los altos costos por penalización que la empresa de distribución aplica, por un alto consumo en potencia reactiva, consumida generalmente por motores y grandes máquinas de embobinados internos.

De acuerdo con esto para evitar una penalización se debe de tener un factor de potencia FP por encima de 0.9 ya que si

este está por debajo del valor se aplicará una penalización máxima de hasta 120% el costo de consumo. [1]

Por lo cual es recomendable el uso de bancos de capacitores y que estos estén conectados a la entrada del sistema eléctrico lo cual favorece la compensación la potencia reactiva, dando como resultado un factor de potencia por arriba de 0.9, así es viable reducir el costo de energía por penalizaciones.

En la investigación se presenta una interfaz gráfica para calcular el valor de capacitancia necesario para corregir un FP, así como también los KVAR necesarios para corregirlo. Teniendo como referencia los valores de cargas inductivas, capacitivas y resistivas como se puede verificar en la Figura 1. Con esto el usuario puede generar una solución al FP al circuito eléctrico de manera rápida y de forma gráfica mediante el uso de un software [2]

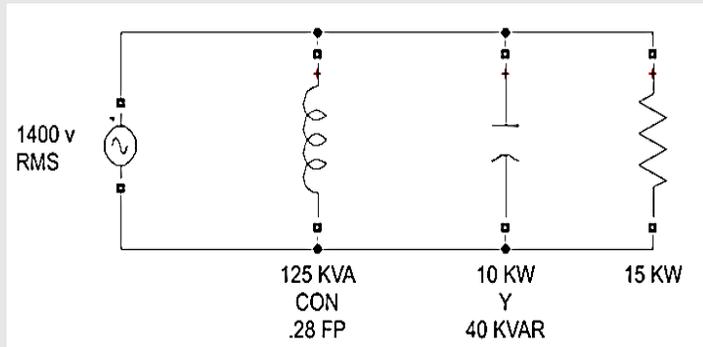


Figura 1. Circuito con 3 cargas en paralelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La interfaz gráfica dentro de sus cualidades es capaz de automatizar tareas, cálculos, etc., la interfaz incluye controles tales como cuadros de texto, menús, barras de herramientas, botones y controles deslizantes.

Comúnmente la interfaz consta de dos archivos, el archivo en “.m” el cual contiene la programación y código de los botones y demás elementos de control de la interfaz, por otro lado, está el archivo en “.fig.” este contiene los elementos gráficos y es aquí donde el usuario puede interactuar de manera más proactiva y viable.

Interactuar con la interfaz gráfica es muy intuitivo ya que muestra barras de texto y casillas donde se ingresan los datos de entrada y muestran los resultados a través de cuadros de texto donde se especifica de manera clara lo obtenido.

Para iniciar el programa se debe ejecutar Matlab y abrir el archivo del programa .m para así correr el .fig. Una vez que se muestra la interfaz gráfica como se

puede verificar en la Figura 2 la cual estará disponible para el ingreso de información pertinente (datos) y obtener resultados. [3]

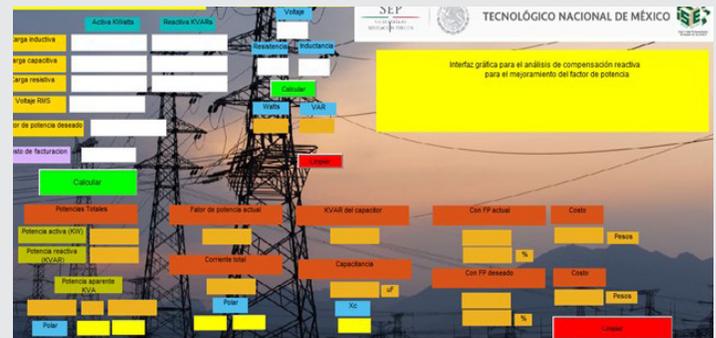


Figura 2. Pantalla principal de la interfaz gráfica.

Los datos de entrada son el valor de cargas en kWatts y kVars, para esto están las casillas donde el usuario puede especificar e introducir cada valor a donde corresponde según sea carga inductiva, capacitiva o resistiva como se indica a continuación en la Figura 3 [4]

Formulario de ingreso de datos de cargas en KW o KVAR. Incluye campos para Activa KWatts y Reactiva KVARs, un botón 'Calcular FP' y el resultado 0.6.

	Activa KWatts	Reactiva KVARs
Carga inductiva	35	120
Carga capacitiva	10	-40
Carga resistiva	15	0
Voltaje RMS	1400	
Factor de potencia deseado		0.6

Figura 3. Ingreso de datos.

Justamente el usuario puede ingresar la información referente a potencia total aparente y a su vez ingresarla en cualquiera de las tres casillas y llenar las casillas restantes con 0.

Esta interfaz cuenta con un apartado en el cual mediante el uso de una calculadora que realiza la conversión de impedancia compuesta por resistencia e inductancia a valores de potencia compleja en Watts y VAR tal como se verifica en la Figura 4.

Una vez realizada la conversión estos datos de potencia compleja se pasan manualmente a las casillas anteriormente mencionadas para de tal modo continuar con los cálculos.

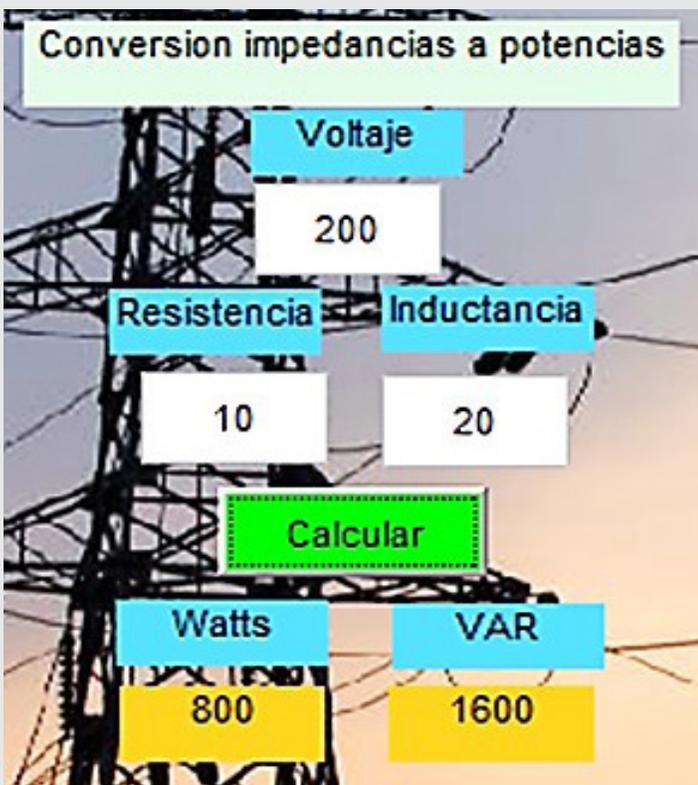


Figura 4. Conversión de impedancias a potencias.

Otros datos que deben ser ingresados son el voltaje RMS, el factor de potencia deseado y un costo de facturación si se requiere calcular el costo por penalización o bonificación antes y después de la corrección observe la Figura 5, este último dato es opcional y se puede marcar como 0 en caso de que el usuario no lo requiera. Es importante introducir datos numéricos o bien un 0 en caso de omitir el dato a cada una de las casillas para que el programa realice los cálculos.

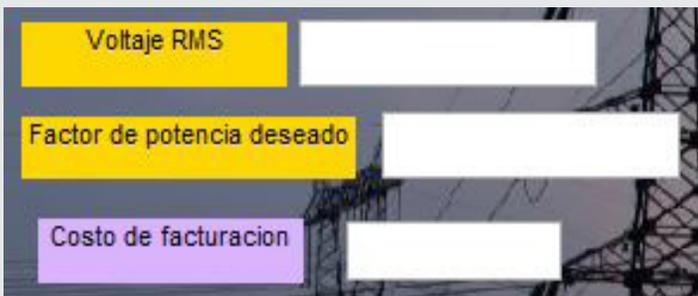


Figura 5. Datos de voltaje, FP deseado y costos de facturación.

Una vez de introducir los datos en el programa se selecciona el botón "Calcular" este mostrará todos los resultados mediante un click.

Primeramente se visualizan las potencias activa, reactiva conjuntamente con la compleja en su forma cartesiana y polar. Continuando con la etapa de demostración se considera un ejemplo con un FP bajo de 0.6 con esto se calcula

la magnitud de corriente total, así siguiendo con la etapa de desarrollo.

Calculando la magnitud de la corriente total para un caso práctico de FP deseado para este caso se introdujo de sería de $FP = 0.8$, entonces se muestran los KVAR necesarios para compensar el sistema lo cual arroja lo siguiente 35 KVAR y el valor en microfaradios de la capacitancia que es $47.3 \mu F$, juntamente se puede ver la reactancia capacitiva X_c en la siguiente Figura 6.



Figura 6. Sección de datos FP actual, corriente, KVAR a inyectar y capacitancia.

Por último se muestra si se tiene penalización o bonificación el cual muestra un mensaje según sea el caso antes y después de la corrección del factor de potencia, además se muestra el porcentaje que se aplicará. En la Figura 7 se puede apreciar el caso mencionado.



Figura 7. Sección de resultados en costos de penalizaciones, bonificaciones.

A continuación se presenta el análisis de capacitancia en un sistema con cargas en paralelo.

Cálculo de capacitancia de un sistema con 3 cargas conectadas en paralelo

Para el correcto funcionamiento de la interfaz y del programa se tomó el siguiente caso de estudio, el cual se presentó previamente mediante la GUIDE.

Con valores dados en potencias

En un sistema eléctrico están tres cargas conectadas en paralelo a través de 1400 VRMS, 60 Hz en suministro monofásico, a continuación, se muestran las cargas. [5]

- Carga inductiva 125 KVA con un factor de potencia de 0.28
- Carga capacitiva 10 KW, 40 KVAR
- Carga resistiva 15 KW

Para estos valores se encuentran las potencias totales Activa (KW), Reactiva (KVAR), Aparente (KVA) y el factor de potencia de suministro. [5]

Para la carga 1

$$\theta_1 = \cos^{-1}(0.28) = 73.74^\circ \quad \text{Ec. (1)}$$

Las potencias complejas de carga son:

$$S_1 = 125 \angle 73.74 \text{ KVA} = 35 \text{ KW} + 120j \text{ KVAR} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$S_2 = 10 \text{ KW} - 40j \text{ KVAR} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$S_3 = 15 \text{ KW} - 0j \text{ KVAR} \quad \text{Ec. (4)}$$

La potencia total aparente es:

$$S = P + jQ = S_1 + S_2 + S_3 \quad \text{Ec. (5)}$$

Entonces:

$$(35 + 120j) + (10 - 40j) + (15 + 0j) \quad \text{Ec. (6)}$$

$$60 \text{ KW} + 80j \text{ KVAR} = 100 \angle 53.13 \text{ KVA} \quad \text{Ec. (7)}$$

La corriente total es:

$$I = \frac{S}{V} = \frac{100,000 \angle -53.13^\circ}{1400 \angle 0^\circ} = 71.43 \angle -53.13^\circ \quad \text{Ec. (8)}$$

El factor de potencia de suministro es:

$$FP = \cos(53.13) = 0.6 \text{ atraso} \quad \text{Ec. (9)}$$

Ahora se requiere mejorar el factor de potencia obtenido de 0.6 a 0.8, para esto se tiene que encontrar los KVAR necesarios para compensar y el valor de capacitancia en microfaradios.

La potencia real total es 60 KW obtenido de la Ecuación (6), entonces al nuevo factor de 0.8 la potencia reactiva es:

$$Q' = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ \quad \text{Ec. (10)}$$

$$Q' = 60 \tan(36.87^\circ) = 45 \text{ KVAR} \quad \text{Ec. (11)}$$

Por lo tanto, los KVAR requeridos para compensar son:

$$Q_c = 80 - 45 = 35 \text{ KVAR} \quad \text{Ec. (12)}$$

El valor de capacitor es:

$$X_c = \frac{|V|^2}{S_c} = \frac{1400^2}{35,000j} = -56j \Omega \quad \text{Ec. (13)}$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi(60)(56)} = 47.37 \mu\text{F} \quad \text{Ec. (14)}$$

Con el circuito en Simulink de la Figura 8, se conectó el capacitor con valor de 47.37 μF obtenido de la ecuación (14)

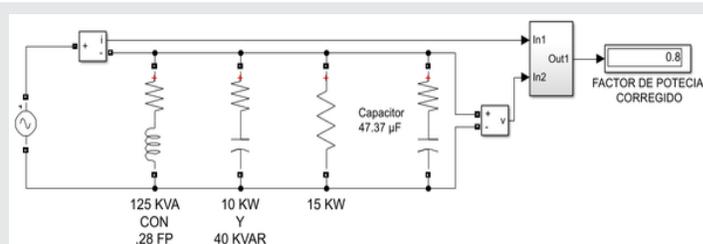


Figura 8. Circuito con 3 cargas en paralelo y con capacitor conectado.

Por lo que se observa que el nuevo factor de potencia mejoró al valor deseado de 0.8 con el valor de capacitancia que se conectó.

RESULTADOS

El presente documento se centra en los resultados de FP, en los KVAR necesarios para compensar el sistema y la capacidad en microfaradios del banco de capacitores, además de otras variables como corriente total, bonificación o penalización y costos.

Los resultados del circuito se comparan mediante 3 métodos que son analíticamente, por simulación by Simulink y mediante la interfaz desarrollada, en los tres casos con las mismas cargas, con un FP de 0.6 y su corrección a un valor de 0.8, de esta manera los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de resultados

	Circuito 1		
	Manual	Simulink	Interfaz
Factor de potencia actual	0.6	0.6	0.6
Factor de potencia corregido	0.8	0.8	0.8
KVAR necesario para compensar	35 KVAR	x	35 KVAR
Capacitancia requerida en μF	47.37 μF	47.37	47.3675 μF

Se determinó que para compensar el sistema se necesitan 35 KVAR los cuales dan exactamente el mismo resultado por el método analítico y por la interfaz realizada, por otro lado la capacitancia requerida para el banco de capacitores es 47.37 μF el cual se obtuvo un resultado equivalente en los 3 métodos. [7]

Con esta información se establece el correcto funcionamiento de la interfaz gráfica para dar solución a posibles problemas de FP en la industria.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se desarrolló una interfaz gráfica mediante el software Matlab, para el cálculo de KVAR y capacitancia necesaria para corregir un bajo FP a un FP propuesto. Este programa se desarrolló basado y considerando los ejemplos 2.3 y 2.4 del libro Power System Analysis (Hadi Saadat) página 23-26, esto con el fin de obtener resultados de forma práctica en base a la literatura del área eléctrica.

Como resultado del presente trabajo se desarrolló el programa computacional capaz de obtener resultados rápidos y precisos, se comprobaron los resultados mediante diferentes técnicas de solución, llegando a un resultado equivalente.

Con este trabajo se dio un enfoque al tema de factor de potencia el cual se puede percibir en las industrias como un problema de costos ante la empresa suministradora de electricidad. Como se describió en el documento se tiene que mejorar el factor de potencia para bajar los costos por penalizaciones.

Resumiendo, la solución para este problema es inyectar KVAR a la red mediante capacitores. Por lo tanto, el programa desarrollado es una herramienta capaz de calcular factor de potencia, corriente, KVAR y capacitancia para dar solución y resultados que permitan analizar y tomar acciones para resolver este tipo de problemas de FP bajo.

Al realizar el programa se observó que es muy importante percibir los porcentajes de penalización o bonificación, en este apartado entran los resultados de costos, para mantener una noción de cómo afecta económicamente el problema. De la mano de la corrección del FP benéfica en varios sentidos al sistema eléctrico, al evitar penalizaciones, cargos de demanda reducidos, así como mayor capacidad de transporte en circuitos existentes, contribuyendo a un voltaje mejorado y además de reducir las pérdidas del sistema eléctrico.

AGRADECIMIENTOS

A la Institución, al Tecnológico y sin duda al profesorado que son excelentes guías, apoyos, soporte, y sobre todo excelentes formadores de ingenieros sin más preámbulos a todos ellos. Gracias.

BIBLIOGRAFÍA

[1] E. Harper, *El ABC de la calidad de la energía, Mexico Df.: Limusa, 2002.*

[2] C. K. A. a. M. N. O. Sadiku, *fundamentos de circuitos electricos, Mexico: Mc Graw Hill, 2007.*

[3] L. L. G, «El diseño de interfaz grafica de usauario,» *revista Digital Universitaria* , vol. 5, n° 7, p. 12, 2004.

[4] S. G. R. a. J. A. O. H, «Interfaces graficas de usauario en MAtnlab,» *Revista Universitaria*, vol. 5, n° 3, p. 24, 2014.

[5] H. Saadat, *Power System, Mexico: McGraw Hill, 2002.*

[6] J. J. G. a. W. D. Stevenson, *Analisis de sistemas de potencia, Mexico: Mc Graw Hill, 1996.*

[7] S. J. Chapman, *Maquinas Electricas, Mexico: McGraw Hill, 2012.*



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Evaluación in vitro de extractos acuosos de plantas empleadas para el tratamiento de infecciones oculares asociadas a *Staphylococcus epidermidis*

RESUMEN: Se examinó la actividad antimicrobiana in vitro de extractos acuosos de ocho especies vegetales empleadas en la medicina tradicional para tratar infecciones oculares. Aplicando el método de dilución en agar se evaluó el grado de inhibición de semillas de Chia (*Salvia hispanica* L) y Fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*), tallo y hojas de Albahaca (*Ocimum basilicum*), Manzanilla (*Chamaemelum nobile*) y Árnica (*Arnica montana*), pétalos de Rosa de Castilla (*Rosa gallica*) y la savia de Cola de borrego (*Sedum morganianum*), frente a una batería de 28 aislados clínicos de *S. epidermidis* resistentes al menos a un antibiótico convencional, obtenidos de pacientes con conjuntivitis, úlcera corneal (CU) y endoftalmítis.

Se observó que solamente los extractos acuosos de pétalos de *R. gallica* inhiben el crecimiento de todos los aislados primarios evaluados a una concentración de 0.45 mg/ml, valor por debajo de lo recomendado por la medicina tradicional, mientras que la savia de *Sedum morganianum* solo inhibe al 15% de los aislados. Los resultados respaldan el uso de extractos de *R. gallica* en la medicina tradicional. Se recomienda la búsqueda biodirigida de metabolitos con acción antibacteriana en este extracto.

PALABRAS CLAVE: Antimicrobianos, *Rosa gallica*, *Staphylococcus epidermidis*.



Colaboración

Jose Guillermo Franzua Perdomo; Susana Muñoz-Salas; Heidi Anabel Jácome Sánchez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla; Juan Carlos Cancino Díaz, Instituto Politécnico Nacional; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 12 de abril del 2023

Fecha de aceptación: 05 de junio del 2023

ABSTRACT: The in vitro antimicrobial activity of aqueous extracts of eight plant species used in traditional medicine to treat ocular infections was examined. Applying the agar dilution method, the degree of inhibition of Chia (*Salvia hispanica* L) and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds, stem and leaves of Basil (*Ocimum basilicum*), Chamomile (*Chamaemelum nobile*) and Arnica (*Arnica montana*), Rose of Castile (*Rosa gallica*) petals and the sap of Cola de Borrego (*Sedum morganianum*), against a battery of 28 clinical isolates of *S. epidermidis* resistant to at least one conventional antibiotic, obtained from patients with conjunctivitis, corneal ulcer (UC) and endophthalmitis.

It was observed that only the aqueous extracts of *R. gallica* petals inhibit the growth of all the primary isolates evaluated at a concentration of 0.45 mg/ml, a value below that recommended by traditional medicine, while the sap of *Sedum morganianum* only inhibits 15% of the isolates. The results support the use of *R. gallica* extracts in traditional medicine, and the biodirected search for metabolites with antibacterial action in this extract is also recommended.

KEYWORDS: Antimicrobials, *Rosa gallica*, *Staphylococcus epidermidis*.

INTRODUCCIÓN

La humanidad ha hecho uso de múltiples recursos naturales para su bienestar, aprovechamiento y salud. El reino vegetal ha contribuido en gran medida por su versatilidad, abundancia y complejidad a satisfacer diversas necesidades. Derivado de la enorme diversidad estructural de metabolitos secundarios producidos en las plantas, se han seleccionado ejemplares con propiedades terapéuticas, creando un enorme acervo etnobo-

tánico [1]. De acuerdo a datos de la organización mundial de la Salud se estima que entre un 5 a 10% de la población aún emplea la medicina tradicional como forma primaria en el cuidado de la salud [2]. Este acervo etnobotánico al ser sometido al riguroso método científico, ha tenido cierto éxito para obtener biomoléculas que han incrementado el arsenal farmacológico o han servido como base para el desarrollo de nuevos fármacos. En el periodo de 1981 y 2002, el 28% de las nuevas entidades químicas que se integraron al mercado tenían su origen o derivaban de fuentes naturales [3].

México es uno de los países considerado como megadiverso natural y culturalmente; por su biodiversidad y la enorme tradición en el uso de extractos medicinales, le ha permitido poseer un gran patrimonio en el conocimiento de la medicina tradicional y las propiedades curativas de las plantas [4].

Además, en un contexto global donde los microorganismos multirresistentes a los antibióticos representan una creciente amenaza para la salud pública, la medicina tradicional y etnobotánica ofrecen alternativas a los antibióticos convencionales ya que un gran número de plantas medicinales han demostrado tener una rica diversidad de principios activos con propiedades antimicrobianas. Además, algunos de estos han sido utilizados como moléculas modelo en el diseño y desarrollo de nuevos antibióticos [5].

Diversos informes reportan el aislamiento de cepas de microorganismos con resistencia a uno o más antibióticos, una ventaja selectiva para estos al crecer en medios ambientes sometidos a exposiciones continuas de antibióticos convencionales [6,7], por lo que se justifica la búsqueda de nuevos agentes antimicrobianos seguros y efectivos, en diferentes fuentes incluyendo la medicina tradicional, como alternativa para rotar o reemplazar los antibióticos convencionales [8].

Staphylococcus epidermidis es una bacteria común de la microbiota cutánea, sin embargo, puede volverse patógena, y causar infecciones difíciles de tratar debido a su capacidad para formar biofilms. Esta bacteria ha sido frecuentemente aislada del espectro de microorganismos de pacientes con infecciones oculares, tales como conjuntivitis, úlceras de la córnea y endoftalmitis, mostrando diversos grados de resistencia a antibióticos convencionales [6,7], así como capacidad para formar biofilms. Por lo anterior, desarrollar estrategias terapéuticas dirigidas a interrumpir o eliminar esta bacteria y su capacidad de formar biofilms es importante para enfrentar las infecciones causadas por *S. epidermidis* [9].

A fin de encontrar fuentes potenciales de metabolitos antimicrobianos contra *S. epidermidis*; en el presente trabajo se evaluaron siete extractos acuosos de ori-

gen vegetal empleados en la medicina tradicional para el lavado y tratamiento de infecciones oculares frente a una batería de 28 aislados primarios de la bacteria *S. epidermidis*, obtenidos de pacientes con infecciones oculares, resistentes al menos a un antibiótico convencional e identificadas mediante técnicas bioquímicas y PCR anidada.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Vegetal: Encuestas realizadas en diversas regiones de la zona centro del estado de Veracruz permitieron seleccionar y recolectar siete especies vegetales de uso común para el tratamiento de infecciones oculares.

En el Anexo 1, Tabla 1 se presenta el nombre científico y la parte a emplear de cada especie vegetal. Estos ejemplares fueron identificadas en el Herbario Xal, del Instituto Nacional de Ecología, Xalapa, Veracruz por el Biólogo Carlos Durán.

Preparación de extractos acuosos: A fin de determinar la efectividad de los tratamientos como los emplea la medicina tradicional, se replicaron las dosis y metodologías recomendadas para cada especie vegetal durante la recolección de datos etnobotánicos.

Con excepción de la savia de *S. morganianum*, las restantes seis especies vegetales recolectadas fueron secadas en estufa a 45 °C durante siete días. A fin de incrementar la superficie de contacto y maximizar la extracción de metabolitos, el material vegetal se pulverizó por abrasión empleando perlas de vidrio como abrasivo. 20 gramos de cada material vegetal seco y pulverizado fueron hervidos en un volumen de un litro de agua por 5 minutos.

Para la obtención de la savia de *S. morganianum*, esta fue extraída por prensado manual de las hojas carnosas de la planta. Los extractos obtenidos y la savia, fueron esterilizados por micro filtración empleando una membrana Millipore de 0.22 µm. Las infusiones estériles y la savia se emplearon inmediatamente después de su preparación.

La determinación de sólidos totales de cada extracto se determinó por la técnica de diferencia de peso. En base a la relación entre la cantidad de extracto original y la cantidad de sólidos obtenidos, se calculó la concentración del extracto en términos de sólidos por unidad de volumen (mg/ml).

Microorganismos evaluados: Se emplearon 28 cepas de *S. epidermidis* obtenidos a partir de aislados clínicos de pacientes del Instituto de Oftalmología "Conde de Valencia", de la Ciudad de México. Las cepas aisladas y purificadas, fueron identificadas mediante técnicas bioquímicas y PCR anidada.

Estudios previos determinaron el perfil de sensibilidad de estas cepas a diferentes antibióticos y mostraron que 36% de las cepas presentaron resistencia a Oxacilina, 32% a Ofloxacino, 50% a Tobramicina, 21.5% a Gentamicina, 50% a Ceftriaxona, 32% a Polimixina B, 28.5% a Tetraciclina y 43% a Sulfisoxazole [6]. Todas las cepas presentaron resistencia al menos a uno de tales antibióticos y fueron sensibles a cloranfenicol y vancomicina.

Ensayo de dilución en placa: La actividad antimicrobiana se determinó en forma cualitativa aplicando el ensayo de dilución en placa [7,8]. Los extractos vegetales se concentraron a la mitad de su volumen con un rotovapor y fueron esterilizados por micro filtración. Posteriormente se mezclaron en relación 1 a 1 con agar nutritivo 2X, bajo condiciones de esterilidad. Una vez homogeneizados se tomaron 20 ml y se depositaron en placas petri de 10 mm de diámetro. Al solidificar, cada placa presenta la concentración final de cada especie vegetal similar a las empleadas en la medicina tradicional.

Como control positivo se emplearon placas donde el extracto fue substituido por agua estéril y como control negativo se empleó el antibiótico comercial cloranfenicol a dosis final de 100 µg/ml.

Las placas así preparadas fueron inoculadas con cada uno de los 28 aislados primarios. 20 µl de una suspensión bacteriana en fase logarítmica ajustada para contener un equivalente a 1×10^5 unidades formadoras de colonias (UFC) fueron depositadas sobre cada placa y distribuidas sobre la superficie del agar. Las placas fueron incubadas a 37°C y se evaluó el crecimiento bacteriano a las 24 horas de incubación. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

Adicionalmente, dado el alto grado de inhibición que presentó el extracto de *R. gallica*, se realizaron diluciones con agua estéril para ajustar la concentración final del extracto en la placa a 0, 10, 20, 30, 40 y 50% del valor inicial de 1.52 mg/ml (0, 0.152, 0.304, 0.456, 0.608 y 0.76 mg/ml). Con estas concentraciones se realizaron nuevamente los ensayos de inhibición.

Ensayo de dilución en microplaca: A fin de determinar la concentración mínima inhibitoria (MIC) del extracto de *R. gallica*, el cual presentó mayor poder inhibitorio de todos los extractos evaluados en el ensayo de dilución en placa, se aplicó el ensayo en microplaca frente a cada una de las 28 cepas evaluadas [6, 7]. A partir del extracto de *R. gallica* con una concentración de 1.52 mg/ml, se realizaron una serie de diluciones para obtener concentraciones finales variables y decrecientes. Se tomaron volúmenes de 500, 250, 150, 130, 110, 90, 80, 70, 60, 50, 40 y 30 µl del extracto y se ajustaron a un volumen final de 1 ml con agua destilada estéril.

Cada dilución fue mezclada con agar nutritivo 2X a 50°C en relación 1:1. Las concentraciones finales obtenidas fueron: 1.52, 0.76, 0.456, 0.395, 0.334, 0.273, 0.243, 0.212, 0.182, 0.152, 0.121 y 0.091 mg/ml. 250 µl de cada mezcla fueron depositados en placas de 96 pocillos. Se adicionaron controles positivos con agua substituyendo al extracto y controles negativos empleando cloranfenicol como antibiótico de referencia.

Cada pocillo fue sembrado con 20 µl de una suspensión bacteriana de cada uno de los 28 aislados primarios ajustada para acarrear un equivalente a 1×10^5 UFC. Cada microplaca fue incubada a 37°C y se monitorio el crecimiento bacteriano realizando observaciones a las 16, 20 y 24 horas.

Para la savia de *S. morganiatum*, a partir del extracto inicial concentrado (1.36 mg/ml) se tomaron alícuotas de 1000, 800, 600, 400 y 200 µl y se llevaron a 1 ml con agua destilada. Posteriormente se adicionó agar nutritivo 2X a 50°C en relación 1:1. Las concentraciones finales obtenidas fueron: 0.68, 0.544, 0.408, 0.272 y 0.136 mg/ml. Cada placa fue adicionada con los controles respectivos e incubados y monitoreados como se describió previamente. En ambos casos el ensayo se realizó por triplicado.

RESULTADOS

Los resultados de la concentración de los extractos acuosos de los ejemplares estudiados se reportan en la Tabla 1. Al aplicar el método de dilución en placa para las siete plantas seleccionadas se observó que solo el extracto de pétalos de *R. gallica* presentó inhibición al crecimiento de todos los aislados clínicos evaluados a una concentración similar a la empleada por la medicina tradicional para el lavado de ojos durante el curso de una infección ocular. La savia de *S. morganiatum* presentó inhibición en el 15% de las cepas evaluadas. Los extractos acuosos restantes no presentaron inhibición alguna a la concentración evaluada, por lo cual el estudio se enfocó sobre los extractos de *R. gallica*.

A partir de este tamizado inicial, se procedió a determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) para el extracto de *R. gallica*. Aplicando el método de dilución en placa, se evaluaron concentraciones decrecientes de 0.76, 0.61, 0.45, 0.30, 0.15, y 0 mg/ml. Los resultados del método de dilución en microplaca para el extracto de *R. gallica* se presentan en la Tabla 2. Se observa que todas las cepas fueron sensibles a una concentración de 0.45 mg/ml, apoyando el uso de este extracto para inhibir el crecimiento de *S. epidermidis*, a pesar de ser resistentes a antibióticos convencionales.

A fin de corroborar nuestros resultados, se efectuó un segundo ensayo por dilución en microplaca con un mayor abanico de concentraciones que incluyen

1.52, 0.76, 0.456, 0.395, 0.334, 0.273, 0.243, 0.212, 0.182, 0.152, 0.121 y 0.091 mg/ml. Los resultados se presentan en la Tabla 3. Se observa un comportamiento heterogéneo para el valor de la CMI para cada cepa evaluada. Así, 12 cepas presentaron valores de CMI de 0.15 mg/ml, 6 cepas presentaron CMI por abajo de 0.24 mg/ml, 8 cepas presentaron CMI por abajo de 0.39 mg/ml y 2 cepas con valores de CMI por abajo de 0.46 mg/ml. Estos valores apoyan el efecto inhibitorio del extracto de *R. gallica* para las diferentes cepas de *S. epidermidis*.

Dado la importancia que la medicina tradicional tiene sobre un alto porcentaje de la población mundial, es urgente el estudio y validación de los métodos aplicados en las concentraciones y formas usualmente empleadas [3]. Durante este estudio se seleccionaron plantas empleadas tradicionalmente en la zona centro del estado de Veracruz, México para el tratamiento de infecciones oftálmicas, dicha selección se obtuvo a partir de la aplicación de cuestionarios a sanadores que practican la medicina tradicional. El modelo empleado para validar tales efectos, fue una bacteria comúnmente aislada de infecciones oculares, *S. epidermidis* [5, 6]. Aunque esta bacteria esta comúnmente presente en la piel y mucosas, bajo ciertas condiciones puede desarrollar mecanismos estructurales y patogénicos. En años recientes, diversos estudios le han asociado como agente etiológico de infecciones en pacientes inmunocomprometidos, con implantes de catéter así como en infecciones oculares [5]. Por lo anterior, se tomó como bacteria modelo en el presente estudio. De los resultados obtenidos se observa que solo la infusión de *R. gallica* presentó efecto inhibitorio.

Diversos reportes han atribuido propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes a los extractos de *R. gallica*, incluyendo estudios de efectos bactericidas sobre *S. epidermidis* [10, 11], sin embargo, el presente estudio evaluó la efectividad de extractos acuosos sobre aislados primarios de infecciones oculares, obtenidos de pacientes clínicos. Tales aislados primarios, en un estudio previo mostraron propiedades de resistencia a antibióticos comunes, aunque sensibles a vancomicina y cloranfenicol a CMI que oscilaron entre 8 y 16 µg/ml [5].

Reportes sobre la aparición de cepas resistentes a antibióticos es cada vez más común, y un signo de alarma para la comunidad médica y científica. Dado el efecto que sobre estos aislados tuvo el extracto de *R. gallica* y las concentraciones bajas de la CMI (0.15 a 0.46 mg/ml), las cuales están por abajo de la concentración recomendada por la medicina tradicional, este extracto es un firme candidato para obtener principios activos con actividad antimicrobiana dirigida a cepas de diversos microorganismos que ya no responden a antibióticos convencionales.

Para la savia de *S. morganianum*, solo un 15 % de los aislados presentaron inhibición en su crecimiento. Si bien este porcentaje es modesto, se debe entender que la aplicación directa de savia, incluye un sinnúmero de moléculas que probablemente carezcan de actividad biológica, por lo que se recomienda un estudio posterior que incluya un fraccionamiento de este material. Los resultados de nuestro modelo de estudio no respaldan el empleo de la savia de *S. morganianum* en el tratamiento de infecciones oculares que involucren a *S. epidermidis*, sin embargo, dada la diversidad de microorganismos aislados a partir de infecciones oculares, es necesario evaluar estos extractos frente a una mayor diversidad de microorganismo, a fin de determinar el grado de inhibición frente a otra bacteria de microorganismos asociados a infecciones oculares.

Para los extractos de *Salvia hispanica* L, *Trigonella foenum-graecum*, *Ocimum basilicum*, *Chamaemelum nobile* y *Arnica montana*, aunque existen reportes que le atribuyen actividades antibacterianas a algunas de ellas [12,13] a las concentraciones evaluadas no presentaron actividad antimicrobiana.

CONCLUSIONES

Se validó mediante un ensayo in vitro empleando cepas de *S. epidermidis* aisladas de pacientes con afecciones oftálmicas, el efecto antimicrobiano de los extractos acuosos de *R. gallica*, y en bajo grado la savia de *S. morganianum*. En el modelo evaluado no se detectó actividad para extractos acuosos de semillas de *Salvia hispanica* L y *Trigonella foenum-graecum*, así como extractos acuosos de hojas y tallos obtenidos a partir de *Ocimum basilicum*, *Chamaemelum nobile* y *Arnica montana*.

Nuestro estudio apoya el empleo de extracto de pétalos de *R. gallica* para el tratamiento de infecciones oculares, sin embargo, se hace urgente la necesidad de realizar ensayos en un número mayor de aislados, así como en otras bacterias y hongos que se han aislado de infecciones oculares, a fin de validar de una manera más amplia el uso de este extracto acuoso en dichos tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mostafa, N. M., Ayaz, M., El-Shazly, M., & Singab, A. N. B. (2023). Novel antimicrobials and antibiotics resistance modulating agents from natural products: Turning promises into Triumphs. *Frontiers in Pharmacology*, 14.
- [2] Oyebo, O., Kandala, N. B., Chilton, P. J., & Lilford, R. J. (2016). Use of traditional medicine in middle-income countries: a WHO-SAGE study. *Health policy and planning*, 31(8), 984-991.
- [3] Najmi, A., Javed, S. A., Al Bratty, M., & Alhazmi, H. A. (2022). Modern approaches in the discovery

and development of plant-based natural products and their analogues as potential therapeutic agents. *Molecules*, 27(2), 349.

[4] González-Villoria, A. M., Sánchez Bandala, M. A., Barrios Gutiérrez, J. J., & Abeldaño Zuñiga, R. A. (2022). Use of Traditional Medicine in Indigenous Communities from Mexico: A Practice for Sustainable Development. In *Indigenous Methodologies, Research and Practices for Sustainable Development* (pp. 241-254). Cham: Springer International Publishing.

[5] Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C., & Bezirtzoglou, E. (2021). Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: A review study on challenges and future perspectives. *Microorganisms*, 9(10), 2041.

[6] Schimel, A. M., Miller, D., & Flynn Jr, H. W. (2013). Endophthalmitis isolates and antibiotic susceptibilities: a 10-year review of culture-proven cases. *American journal of ophthalmology*, 156(1), 50-52.

[7] Juárez-Verdayes, M. A., Reyes-López, M. A., Cancino-Díaz, M. E., Muñoz-Salas, S., Rodríguez-Martínez, S., De la Serna, F. J. & Cancino-Díaz, J. C. (2006). Isolation, vancomycin resistance and biofilm production of *Staphylococcus epidermidis* from patients with conjunctivitis, corneal ulcers, and endophthalmitis. *Rev Latinoam Microbiol*, 48(3-4), 238-246.

[8] Shirkhedkar, A. A., Patil, M. S., Patil, A. S., & Singh, I. (2022). Herbal Drugs for the Treatment of Ocular Infections. *Herbal Drugs for the Management of Infectious Diseases*, 157-177.

[9] Severn, M. M., & Horswill, A. R. (2023). *Staphylococcus epidermidis* and its dual lifestyle in skin health and infection. *Nature Reviews Microbiology*, 21(2), 97-111.

[10] Abdelbaky, A. S., Mohamed, A. M., & Alharthi, S. S. (2021). Antioxidant and antimicrobial evaluation and chemical investigation of *Rosa gallica* var. *aegyptiaca* leaf extracts. *Molecules*, 26(21), 6498.

[11] Seo, J. W., Jo, S., Jung, Y. S., Mijan, M. A., Cha, J., Hong, S. & Lim, T. G. (2023). *Rosa gallica* and its active compound, cyanidin-3, 5-O-diglucoside, improve skin hydration via the GLK signaling pathway. *BioFactors*, 49(2), 415-427.

[12] Aguilar-Toalá, J. E., Deering, A. J., & Liceaga, A. M. (2020). New insights into the antimicrobial properties of hydrolysates and peptide fractions

derived from chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12, 1571-1581.

[13] Hadi, S. T., & Mariod, A. A. (2022). Antioxidant and antimicrobial activity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed and seedoil. In *Multiple Biological Activities of Unconventional Seed Oils* (pp. 111-117). Academic Press.

ANEXO

Tabla 1. Nombre común, nombre científico, partes y concentraciones de los extractos acuosos de las plantas empleadas en este estudio.

Nombre común	Nombre Científico	Parte empleada	Concentración (mg/ml)
Chia	<i>Salvia hispánica L.</i>	Semilla	1.92
Fenogreco	<i>Trigonella foenum graecum</i>	Semilla	2.88
Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i>	Tallo y hojas	1.74
Manzanilla	<i>Chamaemelum nobile</i>	Tallo y hojas	2.25
Arnica	<i>Amica montana</i>	Tallo y hojas	0.89
Rosa de Castilla	<i>Rosa gallica</i>	Pétalos	1.52
Cola de borrego	<i>Sedum morqanium</i>	Savia	0.68

Tabla 2. Efecto de inhibición de extractos acuosos de *R. gallica* en aislados primarios de *S. epidermidis*.

N° de cepa	Concentración de extracto de <i>R. gallica</i> (mg/ml)												
	0	0.15	0.30	0.45	0.61	0.76	N° de cepa	0	0.15	0.30	0.45	0.61	0.76
63	√	×	×	×	×	×	1654	√	√	×	×	×	×
93	√	×	×	×	×	×	199	√	×	×	×	×	×
3535	√	×	×	×	×	×	983	√	√	×	×	×	×
95	√	×	×	×	×	×	96	√	√	×	×	×	×
1980	√	×	×	×	×	×	1701	√	√	×	×	×	×
61	√	√	×	×	×	×	160	√	×	×	×	×	×
105	√	×	×	×	×	×	1864	√	√	×	×	×	×
60	√	×	×	×	×	×	1664	√	√	×	×	×	×
56	√	×	×	×	×	×	1668	√	×	×	×	×	×
159	√	×	×	×	×	×	50	√	√	√	×	×	×
54	√	×	×	×	×	×	2038	√	√	√	×	×	×
2009	√	×	×	×	×	×	144	√	√	√	×	×	×
1700	√	×	×	×	×	×	106	√	√	√	×	×	×
2938	√	×	×	×	×	×	1682	√	√	√	×	×	×

Nota: Se representa con el símbolo √ crecimiento de la bacteria y con el símbolo × la ausencia de crecimiento.

Tabla 3. Concentración mínima inhibitoria de extractos acuosos de *R. gallum* para *S. epidermidis*.

Nº de cepa	Concentración de extracto de <i>R. gallica</i> (mg/ml)												
	0	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.33	0.39	0.46	0.76	1.52
63	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
93	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3535	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
95	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1980	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
61	√	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×
105	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
60	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
56	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
159	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
54	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2009	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1700	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2938	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1654	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×
199	√	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×
983	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
96	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
1701	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
160	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1864	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
1664	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
1668	√	√	√	√	√	×	×	×	×	×	×	×	×
50	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
2038	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×
144	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
106	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×	×
1682	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	×	×

Nota: Se representa con el símbolo √ crecimiento de la bacteria y con el símbolo × la ausencia de crecimiento.



Mecánica *de* Materiales

Ingeniantes

Desempeño de concretos sustentables, adicionados con fibra de estopa de coco y polipropileno



Colaboración

Humberto Raymundo González Moreno; David Arroyo Acosta, Tecnológico Nacional de México / Campus Misantla

Fecha de recepción: 19 de julio del 2022

Fecha de aceptación: 16 de mayo del 2023

RESUMEN: En el presente artículo se comunica de forma precisa la relevancia de la utilización de esquilmos agrícolas en la búsqueda de elementos que estén enfocados a la construcción de viviendas. Asimismo, se estudia el efecto que otorga la fibra de estopa de coco adicionada a la matriz cementante sobre una de las principales propiedades del cemento Portland: resistencia a la compresión; misma que pudiera tener propiedades idóneas para su uso en la construcción, teniendo como ventaja la contribución al aspecto ecológico y económico.

De esta manera se permite que los beneficios resulten en la construcción y en la economía de los productores de coco en el Estado de Veracruz, aprovechando consigo las ventajas de tipo ecológico (climático y geográfico) que dispone el país para la producción y comercialización de fibra de cáscara de coco, incrementando con ello la oferta de trabajo rural y logrando disponer de una nueva materia prima para la industria.

La fibra de coco presentó una resistencia a la compresión a los 28 días de edad, puede llegar a adquirir una resistencia similar a mezclas de control de 150 kg/cm^2 , siendo una opción viable en construcciones sustentables.

PALABRAS CLAVE: Cemento Portland, concreto sustentable, esquilmos agrícolas, fibra de coco, fibra de polipropileno, resistencia a la compresión.

ABSTRACT: This article precisely communicates the relevance of the use of agricultural waste in the search for elements that are focused on housing construction. Likewise, the effect of coconut tow fiber added to the cementitious matrix on one of the main properties of Portland cement is studied: compressive strength; same that could have ideal properties for use in construction, having as an advantage the contribution to the ecological and economic aspect.

In this way, the benefits are allowed to result in the construction and economy of coconut producers in the State of Veracruz, taking advantage of the ecological advantages (climatic and geographical) that the country has for the production and commercialization of fiber of coconut shell, thereby increasing the supply of rural labor and making available a new raw material for the industry.

The coconut fiber presented a resistance to compression at 28 days of age, it can reach a resistance similar to control mixtures of 150 kg/cm^2 , being a viable option in sustainable constructions.

KEYWORDS: Portland cement, sustainable concrete, agricultural waste, coconut fiber, polypropylene fiber, compressive strength.

INTRODUCCIÓN

Evaluación física mecánica de concretos sustentables con adiciones y sustituciones al cemento Portland por fibras de estopa de coco y de polipropileno

Uno de los principales retos a los que se enfrenta la industria cementera actual radica no solo en la optimización de sus procesos y materias primas, sino también en la reducción del impacto ambiental de sus operaciones [1].

Tomando en cuenta la gran demanda de construcción de viviendas y la necesidad de desarrollo de nuevos materiales de construcción [2], en el presente trabajo se investiga la manufactura y evaluación del cemento Portland, partir de la combinación de fibras naturales y artificiales, como la fibra de coco, en diferentes porcentajes, con el cemento, mismo que pudiera tener propiedades idóneas para su uso en la construcción y de esta manera las propiedades mecánicas de la fibra obtenida, principalmente sobre la resistencia a la compresión.

Asimismo, la fibra de coco forma parte del grupo de fibras duras conocidas, como el "sisal", el "henequén" y "abacá" [3]. Es una fibra multicelular que tiene como principales componentes la celulosa y el leño, lo que confiere elevados índices de rigidez y dureza [4]. A baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, son algunas de sus características. Por lo tanto, la resistencia, durabilidad y resiliencia, convierten a la fibra de coco en un material versátil y perfectamente indicado para los mercados del aislamiento [5] [6].

Destacando a su vez la relevancia de este proyecto, la cual radica no únicamente en la utilización de esquilmos agrícolas aplicados en la construcción [7], sino también uno de los principales propósitos es crear una conciencia ecológica, para que con ello ir construyendo día a día una educación en los seres humanos a utilizar materiales alternativos y así evitar destruir nuestros ecosistemas [8].

Planteamiento del problema

En la actualidad, se señala a la industria cementera como uno de los sectores industriales que contribuyen mayoritariamente a la emisión de dióxido de carbono o CO₂, generando el 8% a nivel mundial y siendo uno de los gases responsables del efecto invernadero con un 3% (el vapor de agua, metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonos constituyen el resto de los gases de efecto invernadero o GEI) [9].

En este sentido, las estructuras de concreto funcionan bastante bien, pero es posible mejorar su desempeño usando materiales modernos, así como también muy importante, materiales ecológicos. Por lo tanto, con la creciente necesidad de reparar o rehabilitar estructuras de concreto nace la tecnología de refuerzo con fibra de estopa de coco, la cual es una alternativa para la industria de la construcción.

Por otra parte, el concreto es conocido también como un material quebradizo, característica que es contrarrestada con la incorporación de un volumen de fibra como reforzamiento de su matriz basada en cemento, material que es obtenido mediante una mezcla cuidadosa de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua; esta mezcla después de realizada se endurece

en formaletas con la forma y las dimensiones adecuadas [10].

Sustentabilidad

En la actualidad, la sustentabilidad es un tema de suma importancia por muchas razones, principalmente porque a través de ella se genera un impacto positivo en el ambiente y en todas las áreas de influencia de una población.

Se debe entender la sustentabilidad como "un proceso" que tiene el objetivo de encontrar el equilibrio entre el medio ambiente y el uso de los recursos naturales, satisfaciendo las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras [11].

A su vez, la sustentabilidad tiene otros conceptos íntimamente ligados como la responsabilidad social y la sostenibilidad para asegurar un futuro. Adicionalmente, tiene a la economía circular y el valor compartido para lograr impactar lo menos posible al medio ambiente.

De este modo, con la utilización de las fibras de coco se disminuirá el inadecuado manejo de desechos ya que en nuestro país estos no son aprovechados en su totalidad. Los factores mencionados pueden repercutir en el ámbito económico, social y ambiental, tal como se observa en la Figura 1.

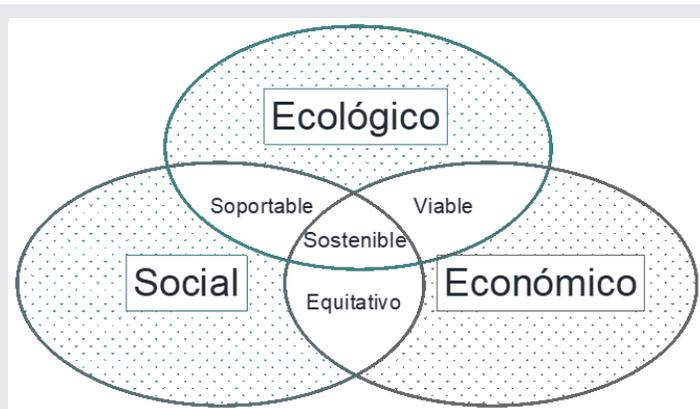


Figura 1. Factores del desarrollo sustentable.

Fuente: Elaboración propia.

Vida de proyecto de las estructuras de concreto

Al diseñar y construir una estructura de concreto existe el compromiso implícito de hacer lo necesario para que, en el desempeño de sus funciones normales, preste el servicio requerido durante el tiempo de vida previsto. Por tanto, la vida de proyecto se refiere al tiempo de servicio considerado en el análisis técnico, económico, social y político de las obras; mientras que a su vez la vida útil se relaciona con el concepto de durabilidad ya que representa el tiempo de vida potencial de las estructuras en las condiciones operativas prevalecientes [12].

De acuerdo con lo anterior, para definir el tiempo de vida de proyecto de las estructuras no solamente debe

tomarse en cuenta los factores técnicos, económicos y sociopolíticos, sino también los que permitan estimar su tiempo de obsolescencia. En este sentido, a continuación se indica en la Figura 2 la vida de proyecto que se ha considerado para algunos tipos de estructuras.



Figura 2. Vida de proyecto considerado para diferentes tipos de estructuras.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la influencia de las grietas en la durabilidad de las estructuras de concreto puede ser muy variable por la diversidad de factores que intervienen, tales como la separación, longitud, posición y abertura de las grietas, las condiciones de exposición y servicio de las estructuras, las características del medio de contacto externo, entre otros [13].

En términos generales se considera que las grietas son más influyentes en la medida que alteran el desempeño mecánico del concreto y/o afectan la permeabilidad o estanqueidad de las estructuras, y/o propician la corrosión del acero de refuerzo. Por todo ello, e independientemente de su grado de injerencia, es conveniente hacer lo posible por evitarlas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La modalidad del presente artículo fue realizada en base a una investigación experimental [14], en la cual, con los ensayos realizados se determinaron los valores a resistencia a compresión de los especímenes de concreto con la adición de fibra de coco y de fibra sintética de polipropileno.

A su vez fue necesaria la realización de prácticas llevadas a cabo bajo la normativa de la ONNCCE, como por ejemplo el cuarteo, diferentes pruebas de agregados, entre las cuales se encuentran granulometría, contenido de humedad, absorción, densidad relativa, peso volumétrico, etc.; así como también los cálculos requeridos para el diseño de las mezclas cementantes por el método ACI [10].

Posteriormente, para la preparación de la matriz cementante se utilizó cemento Portland Tipo 1, de provee-

dor local; arena mediana de río; grava de tamaño máximo $\frac{3}{4}$ pulgadas; agua potable para consumo humano; cal para blanquear, de proveedor local.

Obtención de Aditivos naturales y artificiales

Se utilizaron fibras extraídas de estopa coco de la región comprendida de Costa Esmeralda, Ver. (franja costera que abarca del municipio de Nautla – municipio de Tecolutla); la fibra se extrajo en seco, utilizando un esmeril provisto de un cepillo, el cual arrojó la fibra limpia, como se observa en la Figura 3.

Finalmente se pesó el producto para formar las pacas que se utilizaron en el experimento y de esta manera ser utilizados en diversos campos de trabajo.

Igualmente, se obtuvo la fibra sintética de polipropileno como aditivo artificial.



Figura 3. Fibras extraídas de estopa de coco.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron diversas encuestas en diferentes puntos de la zona Costa Esmeralda (franja costera que se despliega e involucra el tramo entre Nautla – Tecolutla), así como también investigando previamente las características de la población; se obtuvo de forma organizada la información que permitió dar cuenta de las variables de interés en este proyecto, obteniendo con ello que el coco que se produce en la región se vende en \$17.00 MXN a los diversos locales de la zona, los cuales a su vez se encargan de venderlos a la población en general en \$30.00 MXN la pieza; vendiendo aproximadamente de 35 a 50 cocos diariamente dependiendo de la temporada del año en la que se encuentren, mismos que generan el 30% de sustento a su familia.

Procesamiento de la Fibra de coco

El proceso que se le debe de dar a la fibra de coco para la elaboración de los cilindros de concreto es el siguiente:

1. Trituración de las cortezas de coco manualmente.
2. Se procede a secar la fibra de coco.

3. Se procede al tratamiento con cal, este procedimiento consiste en sumergir la fibra en una lechada de cal (10 gr de cal por cada litro de agua) durante un periodo de 48 horas.

4. Se enjuaga repetidas veces con agua, el tratamiento con solución de cal limpia la fibra de impurezas provenientes del fruto durante su pelado (aceite, agua, pulpa, etc.), durante su confinamiento (mugre, polvo) y del ataque microbiológico por parte hongos y levadura. Este tratamiento protege la fibra del deterioro debido a la alta alcalinidad de la pasta de cemento y mejora la adherencia.

5. Nuevamente se procede a secar la fibra en ambiente durante 30 minutos.

6. Se realiza cortes de 2 cm y 5 cm de longitud de la fibra de coco.

Fibras sintéticas de Polipropileno

La fibra de polipropileno es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de polipropileno ensambladas en una matriz plástica [15]. El polipropileno se utiliza como material de refuerzo debido a que entre sus principales ventajas en el concreto en estado endurecido son: el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura y brinda mayor resistencia a la fatiga [16, 17]. Actualmente su presentación contiene 600 gramos de fibra en bolsa de papel como se observa en la Figura 4; ofreciendo un rendimiento de una bolsa de 600 gramos por 1 metro cúbico de concreto, cuyo precio oscila los \$140.00 MXN.



Figura 4. Bolsa de fibra sintética de Polipropileno, presentación de 600 grs.

Fuente: Elaboración propia.

Dosificación por el método ACI

Se le conoce como dosificación al proceso donde el concreto de todo tipo se debe mezclar completamente hasta que tenga una apariencia uniforme en todos sus ingredientes [10].

De este modo se realizó el diseño de mezcla por el método ACI 211.1, mismo por el cual se elaboraron 4 mezclas diferentes. Como primera de ellas se diseñó una de control con 100% cemento Portland convencional; una con 100% cemento Portland convencional + 20% fibra de polipropileno; otra con 100% cemento Portland convencional + 20% fibra de estopa de coco; y una última con 70% cemento Portland + 20% fibra de estopa de coco + 10% fibra de polipropileno.

Asimismo, los parámetros para realizar el diseño de la mezcla se efectuaron para contar con una resistencia $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$, consecuentemente se elaboraron 32 especímenes de concreto de las cuatro mezclas antes descritas. Los moldes fueron hechos de material PVC, con dimensiones de 10 x 20 cm, realizando un corte de 90° a cada 10 cm de largo para así darle un corte recto.

La dosificación se realizó para la cantidad de 1 m³, a continuación se muestra en la Tabla 1 las proporciones adecuadas del material para elaborar un metro cúbico de concreto, por lo que se procedió a elaborar los especímenes prismáticos.

Tabla 1. Cantidad de materiales necesarios para diseñar un metro cúbico de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$.

Materiales	Cantidad para elaborar 1 m ³ de concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$
Cemento	256.2820 Kg
Agregado grueso	782.416 Kg
Agregado fino	844.272 Kg
Agua	205 L

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de especímenes prismáticos

Una vez que se conocen las proporciones necesarias de material que componen el concreto, se prosigue a obtener el volumen de los moldes que se utilizarán para el colado.

En este caso se utiliza un molde con volumen de 0.0016 m³.

En base a lo anterior y a la respectiva dosificación, se hace el cálculo para determinar cuánto material es necesario para el volumen de las probetas, resultados que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad de materiales necesarios para el diseño de las Mezclas 1 a 4.

	Mezcla 1 (100% Cemento Portland Convencional)	Mezcla 2 (100% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Polipropileno)	Mezcla 3 (100% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Estopa de Coco)	Mezcla 4 (70% Cemento Portland Convencional + 20%Fibra de Estopa de Coco + 10% Fibra de Polipropileno)
Cemento	0.4920 Kg	0.4920 Kg	0.4920 Kg	0.3444 Kg
Agregado grueso	1.5019 Kg	1.5019 Kg	1.5019 Kg	1.5019 Kg
Agregado fino	1.6210 Kg	1.6210 Kg	1.6210 Kg	1.6210 Kg
Agua	1.6210 L	1.6210 L	1.6210 L	1.6210 L
Fibra de Polipropileno	---	0.0984 Kg	---	0.0492 Kg
Fibra de coco	---	---	0.0984 Kg	0.0984 Kg

Después de haber obtenido los resultados para el diseño de las mezclas se continúa con el colado de especímenes, esto se debe hacer rápidamente ya que puede ocasionar que la mezcla pierda sus propiedades, para ello los moldes deben de encontrarse listos para usar como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Moldes de PVC utilizados para el colado de especímenes con dimensiones de 10 x 20 cm.
Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo de manera correcta el colado se consideró la norma NMX-C-160-ONNCCE-2004, misma que describe que el concreto elaborado para cada una de las mezclas debe vaciarse con un cucharón en los moldes, en la cual cada porción de contenido en la charola debe ser representativa de la revoltura.

De este modo es necesario remezclar el concreto con una pala o cuchara para prevenir la segregación durante el moldeo de los especímenes; después debe moverse el cucharón alrededor del borde superior del molde a medida que el concreto vaya descargándose con el fin de asegurar una distribución uniforme del mismo y minimizar la segregación del agregado grueso.

Posteriormente debe distribuirse el concreto usando la varilla de compactación antes de iniciar la misma y durante el colado de la capa final se debe añadir una cantidad de concreto tal que sobrepase el cupo del

molde y lo llene totalmente después de la compactación. De este modo y en seguida del compactado se termina la superficie superior enrasándola con un enrasador de metal tal como se muestra en la Figura 6; y por último para evitar la evaporación del agua de los especímenes de concreto sin fraguar, deben cubrirse inmediatamente después de terminados



Figura 6. Colado de especímenes de concreto.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez pasadas las 24 horas de haber realizado el colado de los cilindros de concreto se prosiguió a descimbrar las probetas de los moldes como se observa en la Figura 7. Posteriormente e inmediatamente después se comenzó con el proceso de Curado (como se muestra en la Figura 8), para lo cual se colocaron en una pileta con agua que los cubrieran por completo durante 28 días en una condición húmeda a la temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de la prueba, como lo establece la normativa de la ONNCCE.



Figura 7. Descimbrado de cilindros de concreto.
Fuente: Elaboración propia.

Prueba de resistencia a compresión de los cilindros de concreto

Después de cumplir con los puntos anteriores, se realizó la prueba de resistencia a la compresión a los especímenes de concreto a las diferentes edades de fraguado.



Figura 8. Curado de especímenes.
Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, antes de ocupar la máquina, esta se debe calibrar para poder realizar la prueba de resistencia a la compresión. Después de lo mencionado, los especímenes se colocaron sobre la máquina para ser sometidos a compresión, obteniendo los resultados para el análisis correspondiente y con ello, conseguir las conclusiones adecuadas.

Considerando la matriz de planeación y a su vez la metodología planteada, se realizó una primera prueba a compresión de las 4 diferentes mezclas con ayuda de la Prensa manual análoga, es decir, la prueba se realizó a los 7 días de elaboración de los especímenes. Posteriormente los periodos de pruebas se realizaron a los 14 días de la elaboración de los cilindros y a su vez a los 28 días, 2 meses, 3 meses, 4 meses, 5 meses y 6 meses como se muestran en la Figura 9. Para el proceso de pruebas se consideraron los siguientes aspectos:

- Diámetro, cm
- Sección, cm²
- Altura, cm
- Fecha de colado
- Fecha de ruptura
- Carga de ruptura, Kg



Figura 9. Ensayo de compresión de los especímenes de concreto.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

A continuación se muestra en la Tabla 3 los resultados de los ensayos a diferentes edades de la prueba resistencia mecánica, las cuales se realizaron en un periodo mensual en base a la norma NMX-C-083-ONNC-CE-2014, mencionando además que la resistencia de los especímenes para este ensaye fue de $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 3. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de las 4 mezclas realizadas.

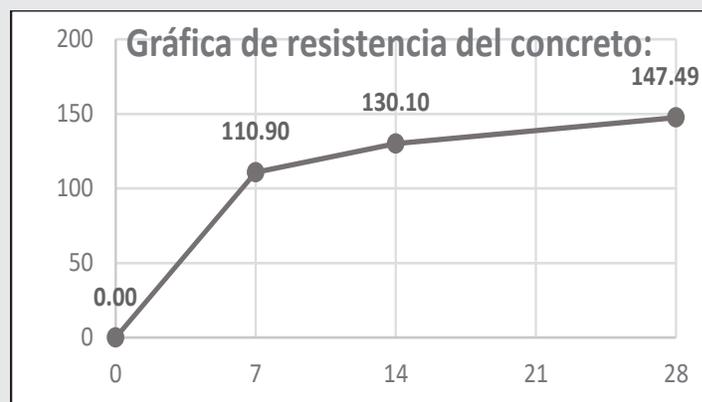
No. Mezcla	Resistencia a la Compresión en kg/cm^2				
	7 días	14 días	28 días	60 días	90 días
1	114.34	131.74	151.54	154.08	153.57
2	112.43	130.73	155.35	157.12	157.00
3	110.9	130.10	147.49	150.91	149.77
4	102.24	115.57	128.72	129.48	128.97

No. Mezcla	Resistencia a la Compresión en kg/cm^2		
	120 días	150 días	180 días
1	152.94	152.56	152.81
2	156.62	155.98	155.73
3	149.52	149.64	148.88
4	128.84	128.08	128.72

Con los datos obtenidos se observa que a los 28 días de edad (tiempo en el cual el concreto convencional alcanza el 100% de su resistencia), la mezcla de control alcanzó el 101% de la resistencia a la cual fue diseñada, del mismo modo, en la mezcla que contiene fibra de polipropileno se obtuvieron resultados favorables al cumplir con el 103% de su resistencia.

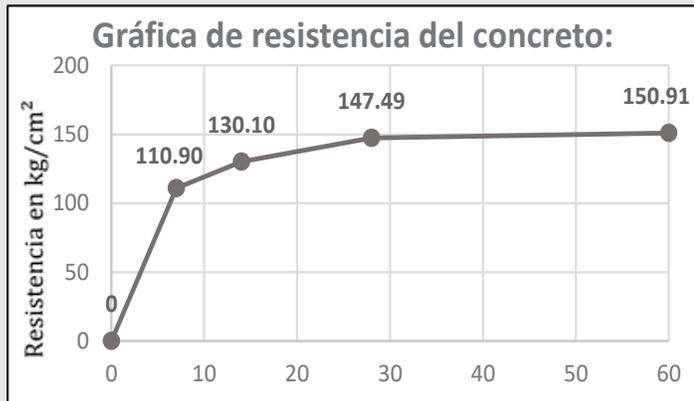
Caso contrario, en la mezcla número 3, la cual contiene fibra de estopa de coco, esta alcanzó un 98% de la resistencia del proyecto, tal como se muestra en la Gráfica 1, es decir, presenta una resistencia de 147.49 kg/cm^2 .

Del mismo modo, en la mezcla número 4, esta alcanzó una resistencia de 128.72 kg/cm^2 , siendo este el valor más bajo entre los cuatro tipos de concretos diseñados.



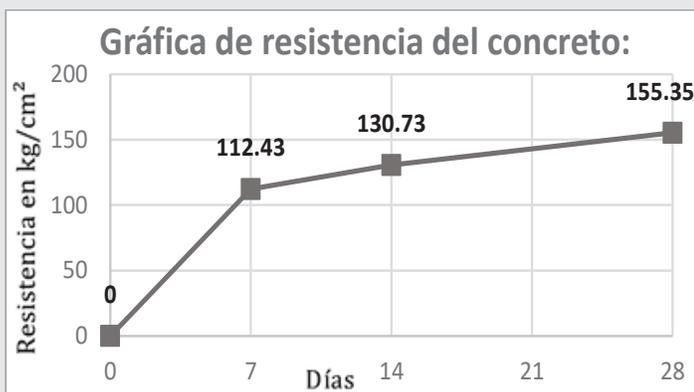
Gráfica 1. Resultados del ensayo a compresión a los 28 días del concreto con fibra de estopa de coco.

Continuando con los ensayos de resistencia a la compresión se consiguieron nuevos datos en la cuarta prueba, donde se define una edad de 60 días de los especímenes. Mismo en la se observó que la resistencia mecánica mejoró en la mezcla que contiene fibra de coco, tal como se observa en la Gráfica 2; logrando establecer resistencias óptimas en los resultados y obteniendo de esta manera el 100% de la resistencia esperada.



Gráfica 2. Resultados del ensayo a compresión a los 60 días del concreto con fibra de estopa de coco.

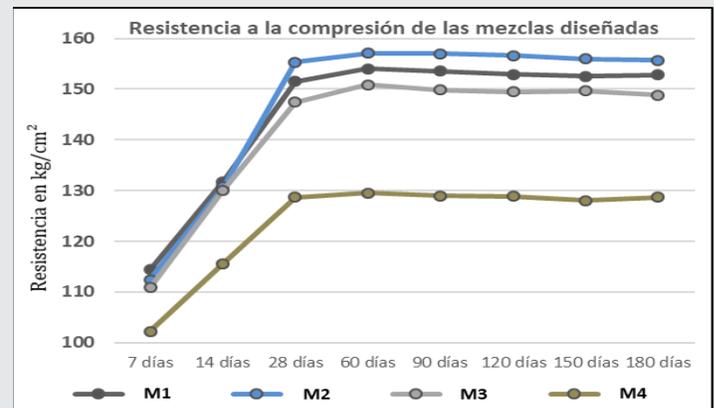
Del mismo modo, con los datos obtenidos se registra que la mezcla con polipropileno es la que presenta mayor resistencia respecto a las demás, obteniendo en este caso el 104.75% de la resistencia del proyecto a los 60 días. Mientras que la cuarta mezcla diseñada, aunque aumentó considerablemente su resistencia en el transcurso del último mes, sigue siendo el valor más bajo entre los cuatro tipos de concretos diseñados y solo adquiere el 86% de la resistencia del proyecto.



Gráfica 3. Resultados del ensayo a compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno.

Continuando con el presente análisis y con los datos obtenidos en la Tabla anterior, se realiza la Gráfica 4 en donde se observa que todas las mezclas 1, 2, 3 y 4 mantienen una misma resistencia mecánica promedio a la edad de 180 días, todas ellas presentando una disminución menor, pero conservando el mismo porcentaje

de resistencia del proyecto respecto al análisis mensual anterior.



Gráfica 4. Resultados del ensayo a compresión de las 4 mezclas de concreto diseñadas.

Por último y para finalizar el presente análisis, con los datos obtenidos se realizó un estudio de costo de producción en el que se evaluó (desde un punto de vista económico) si dicho proyecto puede llevarse a cabo, mantenerse en marcha y generar valor. A continuación, se muestra de manera cuantitativa y monetaria el costo de la operación del proyecto y su ejecución, permitiendo evaluar su rentabilidad y los recursos productivos necesarios para su realización.

Tabla 4. Costo por m³ de concreto $f'c=150$ kg/cm² adicionado con fibra de coco.

CVE	DESCRIPCION	UNIDAD			
CON-150-FC	CONCRETO HECHO EN OBRA $f'c=150$ kg/cm², RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4"	M³			
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CEM-01	CEMENTO GRIS PORTLAND	M3	0.2562	\$ 3,140.00	\$ 804.47
ARE-01	ARENA	M3	0.8442	\$ 305.00	\$ 257.48
GRA-01	GRAVA	M3	0.7824	\$ 250.00	\$ 195.60
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.2050	\$ 105.00	\$ 21.53
FBA-PO	FIBRA DE COCO	BOLSA	1.0000	\$ 95.00	\$ 95.00
TOTAL					\$1,374.07

En este sentido se muestra en la Tabla 4 el costo unitario en la producción de 1 m³ de concreto $f'c=150$ kg/cm² adicionado con fibra de estopa de coco en su matriz cementante, así como también información relacionada con sus componentes.

Del mismo modo se realiza el análisis de precios unitarios para la extracción y obtención de la fibra de coco como se observa en la Tabla 5. Debido a que no se dispone del dato sobre el rendimiento neto de fibra de coco, solo es posible hacer una estimación de la cantidad total de fibra disponible, siendo este el 10% del peso del coco; calculando de esta manera que cada pieza contiene alrededor de 150 gramos de fibra.

Tabla 5. Costo de extracción y lavado de fibra de coco para 1 m³ de concreto.

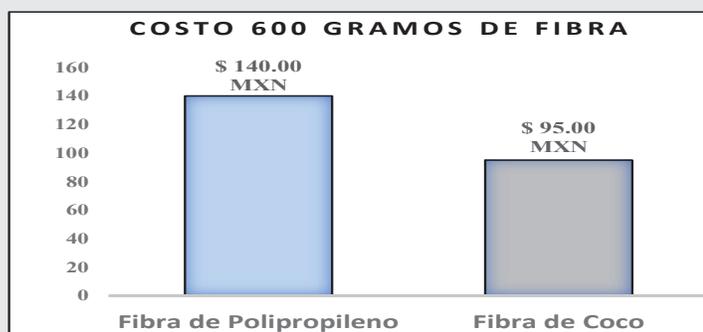
CVE	DESCRIPCION				UNIDAD
CON-150-FC	EXTRACCIÓN DE MANERA MANUAL DE LA FIBRA DE ESTOPA DE COCO. INCLUYE LAVADO DE LA FIBRA PARA TRABAJOS POSTERIORES.				M ³
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CAS-CO	CÁSCARA DE COCO	PZA	4.00	\$ 17.00	\$ 68.00
GRA-01	CALHIDRA	TON	0.0005	\$ 1,750.00	\$ 0.87
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.0343	\$ 105.00	\$ 3.60
ARE-01	CUADRILLA (I AYUDANTE GENERAL)	JOR	0.0625	\$ 360.50	\$ 22.53
TOTAL					\$ 95.00

De igual manera se presenta el costo unitario en la producción de 1 m³ de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ adicionado ahora con fibra sintética de polipropileno, tal como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Costo por m³ de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ adicionado con fibra sintética de polipropileno.

CVE	DESCRIPCION				UNIDAD
CON-150-FC	CONCRETO HECHO EN OBRA F' C=150 kg/cm ² , RESISTENCIA NORMAL, AGREGADO MAXIMO 3/4"				m ³
CVE.	DESCRIPCION	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
CEM-01	CEMENTO GRIS PORTLAND	M3	0.2562	\$ 3,140.00	\$ 804.47
ARE-01	ARENA	M3	0.8442	\$ 305.00	\$ 257.48
GRA-01	GRAVA	M3	0.7824	\$ 250.00	\$ 195.60
AGU-01	AGUA DE TOMA MUNICIPAL	M3	0.2050	\$ 105.00	\$ 21.53
FBA-PO	FIBRA DE POLIPROPILENO	BOLSA	1.0000	\$ 140.00	\$ 140.00
TOTAL					\$1,419.07

Por lo tanto, se demuestra con ello que la utilización de fibras naturales resulta una alternativa viable para su uso en el ámbito constructivo, puesto que su adición produce un efecto positivo al momento de la falla, ya que logra que el concreto se mantenga unido y genera una buena adherencia de la fibra a la matriz. Del mismo modo su aplicación como material de refuerzo disminuye la explotación de materiales no renovables, permitiendo con ello el ahorro de materiales utilizados en la construcción, tal como se muestra en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Costo de 600 gramos de las fibras naturales y artificiales.

CONCLUSIONES

La fibra de coco presentó una resistencia a la compresión de 147.49 kg/cm² a los 28 días de edad, (tiempo en la cual el concreto convencional alcanza el 100% de su resistencia), en comparación al diseño de la mezcla de control (0 % de fibra de coco) que presentó una resistencia de 151.54 kg/cm².

Del mismo modo se demostró que la utilización del agregado de desecho de coco proporciona un grado aceptable de resistencia durante la realización de la cuarta prueba (en donde se define una edad de 60 días), logrando establecer de esta manera una resistencia óptima en el resultado, obteniendo por lo tanto el 100% de la resistencia esperada (150.91 kg/cm²) y produciendo además un efecto positivo al momento de la falla, logrando que el concreto se mantenga unido y generando una buena adherencia impidiendo que la grieta progrese en el material. Mencionando igualmente su rentabilidad desde un punto de vista económico, ya que el costo para un metro cubico de concreto con adición de fibra de coco es de \$1,374.07, resultando \$45.00 más barato en comparación al diseño de la mezcla con adición de fibra sintética de polipropileno \$1,419.07.

Asimismo, a través del presente artículo se demostró que una de las soluciones más eficientes para la disminución de la contaminación del medio ambiente es el reciclaje, el cual en los últimos años ha venido evolucionando.

Por último, se finaliza este artículo agregando que la importancia de este tipo de estudios es lograr, principalmente, que día a día se sumen más profesionistas interesados en la obtención de materiales alternativos que sean útiles en el ámbito constructivo y que, por supuesto, mantengan en vigor el cuidado de la naturaleza. Tratándose por lo tanto de una lucha constante para que las próximas generaciones crezcan con la conciencia de la utilización de materiales alternativos y tengan la posibilidad de vivir en una sociedad con más respeto a su entorno natural.

Se recomienda que en futuras investigaciones se trabaje más sobre fibras en el concreto que puedan llegar ser residuos en un futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Castillo Linton, C. E. (2015). *Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).*
- [2] Acosta, D., & Cilento, A. (2005). *Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. Tecnología y construcción, 21(1), 15-30.*
- [3] García, S. L. Q., & Salcedo, L. O. G. (2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propie-*

dades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, (20), 134-150.

[4] Villegas Girón, N. H., & Vélez Cervantes, R. P. (2007). *Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

[5] Alvear Solís, J. C. (2019). *Influencia de la incorporación de fibra de coco en comportamiento mecánico y termo acústico en planchas de yeso*.

[6] Estupiñan Reina, E., & Sánchez Ibarbo, W. J. (2019). *Plan de empresa para la creación de "Fibras de Coco", empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

[7] DE, T. C. E. C. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento* (Doctoral dissertation, Universidad de Colima).

[8] Salinas, J. M. C., & Sarzosa, G. V. (2018). *El cuidado del medio ambiente y su importancia en la educación inicial. Didascalia: didáctica y educación* ISSN 2224-2643, 9(4), 1-10.

[9] García Cruz, V. (2021). *Evaluación del impacto ambiental de materiales de construcción*.

[10]. Kosmatka, S. H., Panarese, W. C., & Bringas, M. S. (1992). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

[11] Larrouyet, M. C. (2015). *Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta*.

[12] Torres Acosta, A., & Martínez Madrid, M. (2001). *Diseño de estructuras de concreto con criterios de durabilidad*. *Publicación técnica*, (181).

[13] Toirac Corral, J. (2004). *Patología de la construcción: grietas y fisuras en obras de hormigón; origen y prevención*. *Ciencia y sociedad*.

[14] Galarza, C. A. R. (2021). *Diseños de investigación experimental*. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7.

[15] Intor Vásquez, C. E. (2015). *Resistencia a la comprensión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con fibras de polipropileno*.

[16] González Salcedo, L. O., & Benavides Cerezo, W. (n.d.). *Fibras de Polipropileno para reforzamiento de matrices cementicias: Una recopilación sobre fibras comercialmente disponibles*. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

[17] Zerbino, R. L. (2020). *Uso de microfibras sintéticas en hormigón*.



Ciencias *de la* Computación

Ingeniantes

Aplicación móvil para la búsqueda y realización de pedidos de restaurante a domicilio



Colaboración

Juan Antonio Rivero Fierro; Juan Miguel Hernández Bravo; Mario Hernández Hernández; Francisco Javier Gutiérrez Mata, Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco

Fecha de recepción: 14 de octubre del 2022

Fecha de aceptación: 02 de mayo del 2023

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una solución que permita realizar una aplicación móvil que facilite al personal del restaurante Ensaladas Green, automatizar los procesos de despacho de pedidos que realizan los comensales, para hacer su entrega en forma y tiempo. La principal problemática es la falta de una App, que actualmente realizan la toma de pedidos a mano mediante formatos hechos para ello, pero que no es gestionado a través de ninguna App, en la cual se tiene la probabilidad de errores en la captura de los pedidos y pérdida de tiempo en la corrección de los mismos. Así mismo, generan retrasos al momento de dar a conocer al área de expedir el envío del pedido.

PALABRAS CLAVE: Aplicación Móvil, Automatización, Gestión, Pedido.

ABSTRACT: The purpose of this work is to design a solution that allows the creation of a mobile application that facilitates the staff of the Ensaladas Green restaurant, receiving automatic orders from the dispatch processes originated or facilitated by diners, to make their delivery in a timely manner. The main problem is that there is no app, which currently takes orders by having employees in the business, but that is not managed through any app. This situation can lead to having errors in capturing the orders and loss of time in correcting them. Likewise, they create delays at the time of making known to the area of issuing the shipment of the order.

KEY WORDS: Mobile Application, Automation, Management, Order.

INTRODUCCIÓN

El restaurante Ensaladas Green, actualmente realizan la toma de pedidos a mano mediante formatos hechos para ello, pero que no es gestionado a través de ninguna App, en la cual se tiene la probabilidad de errores en la captura de los pedidos y pérdida de tiempo en la corrección de los mismos. Así mismo, generan retrasos al momento de dar a conocer al área de expedir el envío del pedido. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una solución que

permita realizar una aplicación móvil que facilite al personal del restaurante Ensaladas Green, automatizar los procesos de despacho de pedidos que realizan los comensales, para hacer su entrega en forma y tiempo.

En los negocios de alimentos y bebidas, las aplicaciones de servicio de entrega (delivery service) son muy atractivas para los usuarios y permiten a los dueños de restaurantes anunciar sus productos de una manera más intuitiva y completa. Los empresarios que inician tienen una necesidad precisa de construir una cartera de clientes y darlos a conocer en su campo de actividad. El mercado ha evolucionado y la sociedad se adaptó de inmediato por conveniencia y economía. Existe un nuevo modelo de negocio y atención al cliente a través del uso de internet, en la actualidad el método tradicional de esperar a los clientes detrás del mostrador ha cambiado drásticamente, el uso de dispositivos inteligentes se ha incrementado a pasos agigantados y con ello el uso de aplicaciones que permiten recibir todo tipo de ofertas, comparar y elegir las mejores.

METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se lleva a cabo a través del método ágil Scrum, elegido porque se basa en prácticas de autogestión y organización del proyecto, fomenta una mayor interacción con los clientes, aumenta la tasa de aceptación del producto final a través de la entrega continua, lo que nos ayuda a facilitar el análisis, el diseño, la evolución y luego implementar el sistema final.

El modelado ágil (MA) es un método basado en ejercicios para modelar y documentar sistemas de software. En pocas palabras, es un conjunto de estándares, principios y prácticas que permiten que un modelo de software se use de manera efectiva y eficiente en proyectos de desarrollo de software. Los modelos ágiles son más eficientes que los modelos tradicionales, porque son más prácticos sin pretender ser perfectos, ya que se pueden entregar avances, sin esperar al final del término del proyecto [1].

Definición de los roles de Scrum

Esta metodología considera tres roles: Product Owner, Scrum Master, El equipo de desarrollo, de los cuales se distribuyen de la siguiente manera, ver Tabla 1.

Tabla 1. Roles de Scrum.

Rol	Responsabilidades
Product Owner	Ensaladas Green Acapulco
Scrum Master	Director de la Tesis.
El equipo de desarrollo	Autor de la tesis

- Director de la Tesis: Designado por la institución Tecnológico de Acapulco, para la revisión y avance del proyecto, por lo cual es asignado al rol de Scrum Master.
- Ensaladas Green Acapulco: Él es la persona que se comunica directamente dentro de Restaurante Ensaladas Green y tiene un conocimiento profundo de las

necesidades dentro de las instalaciones de las que se derivan las historias de los usuarios.

- Desarrollador del proyecto: Es la persona encargada de realizar el levantamiento y codificación de las tareas de las historias de usuario.

Creación de las historias de usuario

Las historias de usuario se utilizan de forma flexible en la especificación de requisitos, que es una breve descripción de la funcionalidad del software percibida por los usuarios [2].

Describen funciones que brindan una solución a la necesidad o problema de un cliente o usuario, representan funciones que se construirán y están escritas en una historia de una o dos oraciones utilizando la lengua franca del usuario.

Las historias de usuario se obtienen durante reuniones directas con los jefes de todas las operaciones involucradas en el restaurante, donde se utilizará la aplicación móvil, utilizando un formato para obtener información, ver Tabla 2 [3].

Tabla 2. Consulta de la carta del establecimiento.

Historia de usuario	
Número: HU01	Usuario: Comensal.
Nombre historia: Consulta de la carta del establecimiento.	
Prioridad en negocio: ALTA	Riesgo en desarrollo: BAJA
Puntos estimados: 5	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Juan Antonio Rivero Fierro.	
Descripción: Como comensal, la aplicación debe permitirme acceder a la carta del menú.	
Validación:	
<input checked="" type="checkbox"/> Consultar todos los platillos de la carta del menú. <input checked="" type="checkbox"/> Consultar precios	

- Número: Es asignado a cada historia y es utilizado como identificador.
- Usuario: Persona que proporciona la necesidad y hará uso de ella.
- Nombre de historia: Título descriptivo de la historia de usuario.
 - Prioridad en el negocio: Es el valor de negocio que aporta una historia de usuario. Se usa los términos bajo, medio y alta.
 - Riesgo en desarrollo: Riesgo funcional en el desarrollo de la historia. Se usa los términos bajo, medio y alto.
 - Puntos estimados: Es la estimación de esfuerzo dada a la historia, se usó la secuencia Planning Poker.
 - Iteración asignada: Es el número asignado de acuerdo al Sprint donde se plantea codificarla.
 - Programador responsable: Persona que se encarga de la codificación, dado a los roles asignados previamente todas son asignadas a la misma persona en este caso.
 - Descripción: Descripción general de lo que trata la historia de usuario, siguiendo el patrón "Como [rol del usuario], quiero [objetivo], para poder [beneficio]".
 - Validación: Criterios de aceptación a evaluar por el usuario final.

Estructuración del Product Backlog

Las historias de usuarios se priorizan en el Backlog en función de las prioridades del establecimiento, los riesgos de desarrollo y los puntos estimados. Uso de la herramienta MoSCoW [3].

Uno de los métodos de priorización más utilizados se denomina método MoSCoW. Es un método de priorización de requisitos basado en que, si bien todos los requisitos se consideran importantes, se deben seleccionar y considerar obligatorios aquellos que aporten más valor al negocio para que el producto o servicio no se ponga en producción si no es así. Esto nos ayudará a monitorear nuestro progreso de cerca.

El enfoque **MoSCoW** no se limita a indicar si una necesidad es baja, media o importante. Este proceso nos ayudó a dividir las necesidades en cuatro grandes categorías [4].

- **Must Have** – Debe tener (es necesario): Requisitos fundamentales y obligatorios para que proyecto se considere como éxito, deben de llevarse a cabo como prioridad y no es negociable.
- **Should Have** – Debería de tener (es recomendable): Requisitos que son críticos, pero no imprescindibles en nuestro proyecto, la aplicación no fallará si no se implementa.
- **Could Have** – Podría tener (podría implementarse): Requisitos que son interesantes tenerlos, ya que mejorarían el rendimiento de la aplicación, pero podrían ser eliminados fácilmente.
- **Won't** – No tendrá (no lo queremos...quizá en algún futuro): Requisitos que se ha decidido no implementar de momento, pero que serán tomados en cuenta en un futuro.

Esta categorización nos ayuda a marcar un producto mínimo aceptable, definir los requisitos que se deben incluir en el desarrollo del servicio. Es muy fácil de entender y aplicar en la práctica para todas las partes interesadas, porque definimos claramente los requisitos básicos con la letra M (Must), sin los cuales no se puede producir el servicio de la aplicación móvil.

Planeación de los Sprint

El equipo de desarrollo está formado por una sola persona, por lo que las tareas se distribuyen en 4 Sprints, como se muestra en la Tabla 3.

El elemento esencial es la estimación de dificultad atribuida a cada historia de usuario, donde los puntos de dificultad para el sprint uno es de 18 puntos, 24 puntos para el sprint dos, 38 puntos para el sprint tres, 30 puntos para el sprint final, el sprint uno sirva como base para entender los 3 restantes por la distribución de puntos de dificultad, como se muestra en la Tabla 3 para que sea más clara esta explicación.

Tabla 3. Planeación de los Sprint.

HISTORIA DE USUARIO		OTROS DATOS DE LA ÉPICA O HISTORIA DE USUARIO				
ID	Nombre	Criterios de aceptación	Prioridad	Estimación en horas.	Sprint	Estado
HP01	Análisis del sistema.		1	8	1	Realizado
HU01	Consulta de la carta del establecimiento.	1.- Consultar todos los platillos de la carta. 2.- Consultar precios	2	8	1	Realizado
HU02	Selección entre "Recoger" el pedido o "A domicilio.	1.- El Comensal debe de seleccionar entre dos opciones de entrega. 2.- Validar que se halla registrado la dirección de entrega.	3	10	1	Realizado
HU03	Añadir platos al carrito.	1.- El Comensal debe poder añadir platos al carrito.	4	8	2	Realizado
HU04	Eliminar platos del carrito.	1.- El Comensal debe poder eliminar platos al carrito	5	8	2	Realizado
HU05	Consultar los platos del carrito	1.- El Comensal debe poder consultar platos del carrito	6	8	2	Realizado
HU06	El usuario debe poder cerrar el pedido cuando haya terminado las operaciones sobre él.	1.- El Comensal debe poder cerrar el pedido, para poder hacer su envío.	7	8	3	Realizado
HU07	Consultar estatus del pedido.	1.- El Comensal debe poder monitorear el estatus del pedido.	8	8	3	Realizado
HU08	Modificar el estado del pedido.	1.- El administrador puede modificar el estado del pedido.	9	10	3	Realizado
HU09	Consultar información del pedido.	1.- El administrador puede consultar el estado del pedido.	10	10	3	Realizado
HU10	El encargado podrá consultar los identificadores y la hora a la que se realizó cada pedido.	1.- El administrador puede consultar los identificadores y la hora del pedido.	11	10	3	Realizado
HU11	Recibir una notificación al producirse un nuevo pedido.	1.- El administrador podrá atender los nuevos pedidos generados.	12	10	4	Realizado
HU12	El usuario determinado (Gerente o Repartidor) podrá indicar al sistema que un pedido determinado ha sido entregado y así permitir al cliente realizar un nuevo pedido cuando así lo considere.	1.- El usuario determinado (Gerente o Repartidor) podrá indicar al sistema que un pedido se entregó.	13	10	4	Realizado
HU13	El sistema debe permitir a cada usuario acceder a los ingredientes del producto seleccionado.	Cada usuario podrá acceder a los ingredientes del producto seleccionado.	14	10	4	Realizado

Descripción del Método

Modelo de negocio

En este trabajo se elaboró el diagrama de un modelado de negocio, en el cual se muestra los procesos que se llevan a cabo en cada sección del Restaurante Ensaladas Green Acapulco en el levantamiento del pedido de alimento, ver Figura 1.

A continuación, se explica en resumen en que consiste cada proceso del modelado de negocio:

- **Elegir platillo del menú:** En este proceso el comensal elige la comida del menú disponible en ese momento, para después realizar el pedido al restaurante.
- **Realizar pedido:** En este proceso el restaurante toma el pedido, para después solicitar el pago al comensal del pedido solicitado.

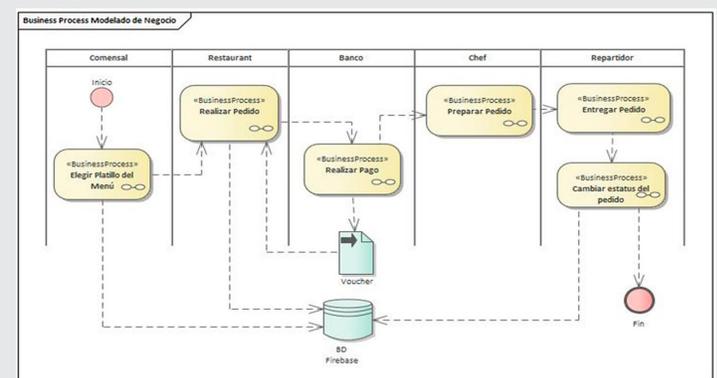


Figura 1. Modelado del Levantamiento de un Pedido de Alimento.

- **Realiza pago:** Una vez que el restaurante tenga el pago del pedido, este lo manda al chef para su preparación.
- **Preparación del pedido:** El cocinero realiza la preparación del pedido asignado, para después hacer la entrega al repartidor.

• Entrega de pedido: En este proceso el repartidor realiza la entrega al comensal para después hacer el cierre del pedido.

Caso de uso principal

Caso de uso – Proceso para crear un pedido

Las personas a las cuales están enfocado el uso de esta aplicación son a los comensales, así como el personal del restaurante de ensalada Green Acapulco.

En la Figura 2 se muestra la interacción entre el usuario y el administrador, es decir, son las acciones que puede realizar cada cliente y las funciones del administrador.

DCU-Iniciar sesión en el sistema de pedidos

• Comensal. Es el usuario que podrá crear, consultar, modificar, eliminar, el pedido del menú del restaurante que esté disponible en ese momento.

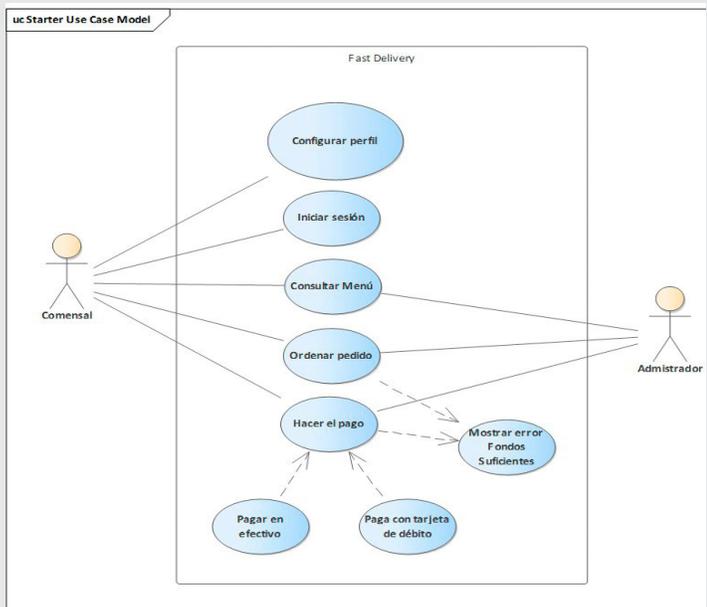


Figura 2. CDU- Cliente.
Fuente: Elaboración propia.

- Administrador. Este usuario es el que podrá dar de alta platillos, así como la disponibilidad de estos en el menú, así también como recibir pedidos realizados, pagos del comensal y mandar la preparación de estos con el chef, y así como marcar el pedido como terminado.
- Configurar perfil. Aquí el comensal puede darse de alta, modificar sus datos para iniciar sesión.
- Iniciar sesión. Aquí el comensal inicia la sesión para poder realizar un pedido.
- Consultar Menú. Aquí el comensal puede hacer la consulta del Menú de comidas disponibles en el momento.
- Ordenar pedido. Aquí el comensal realiza el pedido de su comida seleccionada.
- Hacer el pago. El comensal realiza su pago con tarjeta.

Diagrama de clases

Como se muestra en la Figura 3. Se muestran las clases responsables de las funciones que realiza el sistema, donde se observan los elementos visibles y los procesos invisibles que realizan.

Estos diagramas de clases describen lo que es una vista estática de lo que es el modelo donde se describen lo que son los atributos y comportamiento que tienen a lugar para detallar lo que son los métodos y las operaciones a realizar.

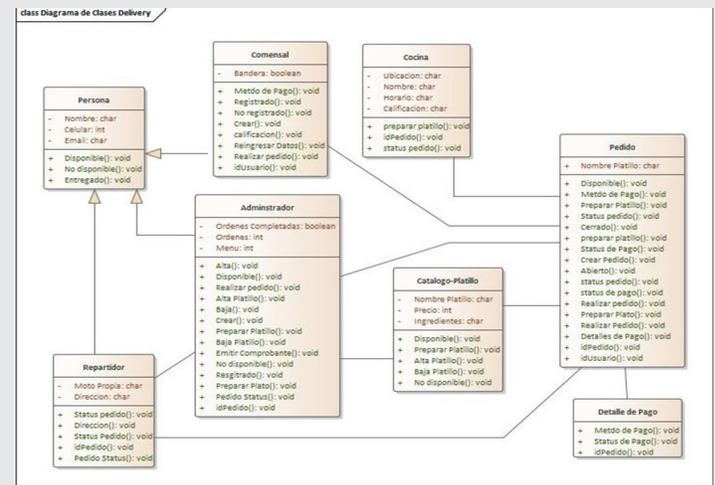


Figura 3. Diagrama de Clases.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen cada una de las clases.

- Persona. Esta clase representa la información que hereda a otras clases.
- Comensal. Esta clase representa la información de los usuarios registrados, así como las compras realizadas.
- Administrador. Esta clase representa la persona que se encarga de dar de alta, modificar, baja del menú de platillos, así como mandar a preparar los platillos generados.
- Cocina. Esta clase representa donde preparan el pedido y le dan salida para su entrega.
- Catálogo-Platillo. Esta clase representa el menú de alimentos disponibles en la cocina.
- Pedido. Esta clase representa los pedidos generados por los comensales, así como el estatus de pendiente, terminado.
- Detalle de pago. Esta clase representa los métodos de pagos de los pedidos.
- Repartidor. Esta clase representa la persona que entrega el pedido al comensal, así como el cambio de estatus del pedido.

Diagrama de secuencia

Se elabora un diagrama de secuencia. Para la realización de pedido desde el levantamiento hasta la entrega del mismo, ver Figura 4.

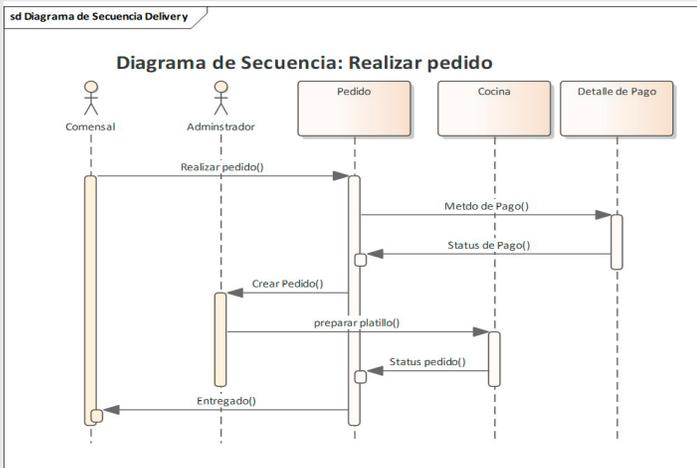


Figura 4. Diagrama de secuencia.
Fuente: Elaboración propia.

- Comensal. Realiza el pedido en el sistema.
- Comensal. Realiza el pago.
- Administrador. Recibe la notificación para crear un pedido nuevo y manda a cocina a preparar el platillo.
- Cocina. Recibe la orden y es la que prepara el platillo.
- Pedido. Una vez preparado el platillo por la cocina se cambia estatus de lista para entregar.
- Comensal. Recibe su pedido y el administrador cambia estatus a entregado y se cierra ticket.

Diagrama de despliegue

Como se muestra en la Figura 5, un diagrama de implementación es responsable de modelar la arquitectura de tiempo de ejecución del sistema, mostrando la configuración de los elementos de hardware y mostrando cómo los elementos de software y los artefactos interactúan con ellos.

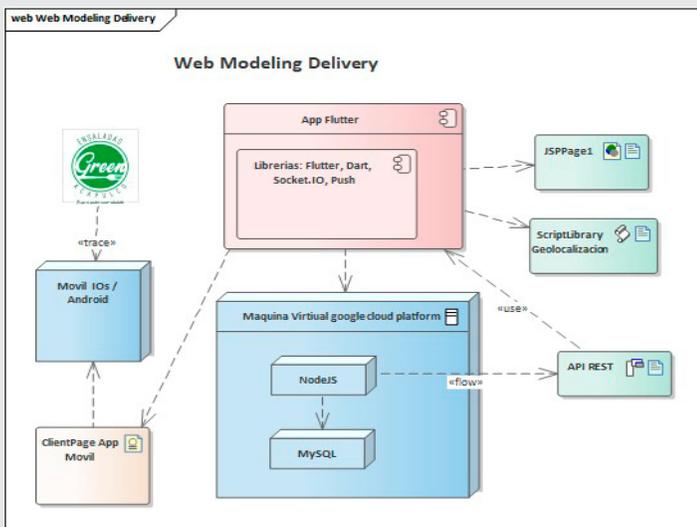


Figura 5. Diagrama de despliegue.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

En esta sección final se analizan los resultados obtenidos en este trabajo de la aplicación móvil, en la cual

se observan las funcionalidades en operación, así como datos relevantes del Algoritmo en funcionamiento.

Administrador del sistema

El módulo está desarrollado para el usuario “Administrador”, su vista principal se muestra en la Figura 6.

En la Figura 6 se muestra la vista principal del administrador del restaurante. En la vista de la Figura 6, se tiene la posibilidad de agregar productos, eliminar, editar, además de agregar promociones, horarios de apertura y cierre, así como cortes por fechas.

La vista del administrador está contenida en un menú de su lado izquierdo que posee submenús con diferentes funcionalidades para cada uno de los elementos. En la siguiente página se observan cada una de las vistas.

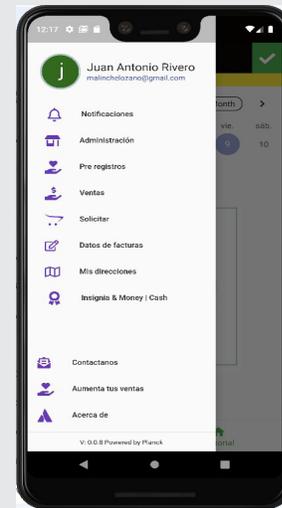


Figure 6. Vista principal del administrador del restaurante.
Fuente: Elaboración propia.

En esta vista Figura 7, se definen los días y horario de apertura y cierre del restaurante.

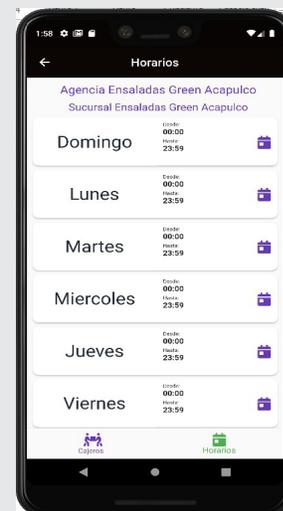


Figura 7. Vista de los horarios de cierre y apertura de la semana.
Fuente: Elaboración propia.

En esta vista Figura 8, se da de alta, baja, editar los productos, así como el precio, y sub productos.



Figura 8. Vista de agregar o modificar productos.
Fuente: Elaboración propia.

En esta vista Figura 9, tenemos el historial de ventas por fechas.



Figura 9. Vista de Historial de Ventas.
Fuente: Elaboración propia.

En la vista Figura 10, se muestra el menú principal para el comensal donde puede explorar los productos ofrecidos por el restaurante.



Figura 10. Vista del menú principal del restaurante.
Fuente: Elaboración propia.

En la vista Figura 11, se muestra la variedad de productos que ofrece el restaurante en el día, y el comensal puede escoger el que más se le antoje o sea de su agrado.



Figura 11. Vista del menú principal del restaurante.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en las Figuras anteriores el levantamiento de un pedido es mucho mas facil e interactivo para el usuario en el levantamiento del pedido, ya que tiene el control de levantar el pedido, cancelarlo, modificarlo e incluso hacer una mala calificación ya sea sobre el producto o el restaurante, así como compartir el restaurante o su platillo favorito en las redes sociales como Facebook, Instagram, Whatsaap o incluso vía correo, para así poder promover sus ventas y aumentar su clientela, haciendo una comparativa en la Gráfica 1, se muestra como antes de la aplicación la toma de pedidos se le invierte un tiempo de 13 hasta 15 minutos vía telefónica y este lo plasman de forma manual en un formato que es hecho para esta actividad, en la cual también representó un 20% de errores al tomar el pedido al comensal, después de que se

instaló la aplicación y se puso en marcha, el tiempo de la toma de pedido se redujo a un margen de tiempo de 3 a 5 minutos, también el porcentaje de error a un 0.2%, esto provocó una mayor fluidez en la información del comensal al restaurante.

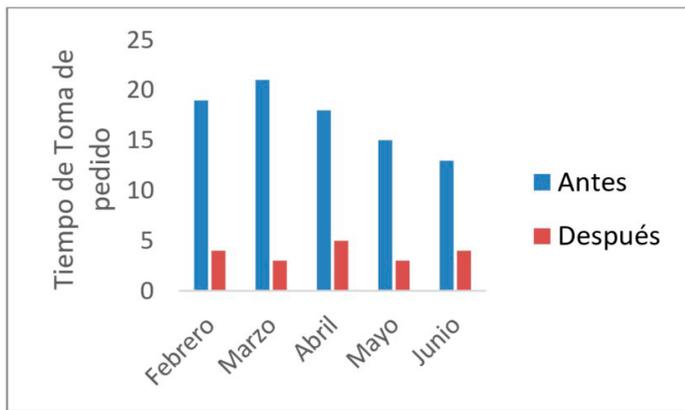
BIBLIOGRAFÍA

[1] R. S. Pressman, *Ingeniería del software, UN ENFOQUE PRÁCTICO*, Mexico: The McGraw-Hill INTERNATIONAL EDITORES, S.A. DE C.V., 2010.

[2] M. Cohn, *User Stories Applied: For Agile Software Development*, US: Pearson Education, Inc, 2004.

[3] A. Menzinsky, G. López and J. Palacio, *Historias de Usuario Ingeniería de requisitos ágil v. 2.0, Scrum Manager.*, 2018.

[4] J. Sevilla, "Priorización de requisitos - Técnica MoSCoW.," 22 Marzo 2016. [Online]. Available: <https://www.overti.es/tecnologia/275-priorizacion-de-requisitos-tecnica-moscow>.



Gráfica 1. Resultados de tiempo en la toma de pedidos.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Gracias a la transformación digital que se experimentó en el establecimiento aumentó en su productividad, y se minimizaron los errores de recepción de pedidos y entrega.

En la implementación de la plataforma (App) se pudo automatizar los procesos de despacho en el cual beneficio al restaurante y el personal que labora haciendo más eficiente su trabajo y con mayor fluidez en la recepción de la información del consumidor. Con el marco de trabajo Scrum el cliente fue viendo la evolución de su aplicación de forma evolutiva y así entregar un producto eficiente con mínimos errores y satisfacción del cliente, en forma y en el tiempo establecido.

La plataforma (App) de entrega a domicilio, ayudó a mitigar el impacto negativo de la pandemia, además les permitió un crecimiento relativo.

Finalmente, a pesar de este crecimiento relativo en el restaurante, es importante tener en cuenta que la pandemia sí provocó cierres de restaurantes y pérdidas de empleos en otras partes de la comunidad, pero principalmente en aquellos que no tuvieron alguna plataforma de entrega a domicilio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco todo el apoyo, disposición y tiempo de mi profesor, Juan Miguel Hernández Bravo, así como también del CONACYT, quienes fueron de vital importancia y ayuda en el desarrollo de mi trabajo de investigación, también al Instituto Tecnológico de Acapulco, por apoyarme y poner a mi disposición todo el material necesario y sus instalaciones para mi desarrollo profesional e intelectual.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Diseño de un dispositivo IoT para medición del nivel de gas LP en tanques móviles

RESUMEN: Con la introducción de la tecnología en el hogar se han hecho desarrollos que mejoran la vida de las personas, ejemplo de ello tenemos alarmas, iluminación, televisores y refrigeradores inteligentes incluso robots de limpieza. Este trabajo toma como base este concepto en el diseño de un dispositivo que mide el contenido de gas LP en tanques móviles.

El procedimiento utilizado para el desarrollo se basa en diseñar un prototipo que toma lecturas en los cilindros de gas utilizando celdas de carga que miden el peso y que de manera indirecta realizan la medición del contenido, los datos son procesados por un microcontrolador que los envía a una plataforma en internet utilizando el protocolo WiFi.

El resultado es un dispositivo IOT capaz de medir de forma precisa los niveles de gas LP en tanques móviles de capacidades de 6 kg y 9.6 kg, transmite la información del sensor hacia una plataforma en internet mediante red inalámbrica y con esta información permite a los clientes programar su compra, observar sus estadísticas de consumo y detectar posibles fugas. A su vez esta información permite a las empresas gaseras tener datos para eficientar la planeación de sus rutas de repartición.

PALABRAS CLAVE: Gas LP, IoT, monitor de nivel, tanques móviles.



Colaboración

Víctor González Villanueva; Martín Rojas Orozco; Francisco Javier Luis Juan Barragán, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez

Fecha de recepción: 01 septiembre del 2022

Fecha de aceptación: 18 de abril del 2023

ABSTRACT: With the introduction of technology in the home, developments have been made that improve people's lives, such as alarms, lighting, smart televisions and refrigerators, and even cleaning robots. This work is based on this concept in the design of a device that measures the content of LP gas in mobile tanks.

The procedure used for the development is based on designing a prototype that takes readings in gas cylinders using load cells that measure the weight and indirectly perform the measurement of the content, the data are processed by a microcontroller that sends them to an internet platform using the WiFi protocol.

The result is an IOT device capable of accurately measuring LP gas levels in mobile tanks with capacities of 6 kg and 9.6 kg, transmits the sensor information to an internet platform via wireless network and with this information allows customers to schedule their purchase, observe their consumption statistics and detect possible leaks. At the same time, this information allows gas companies to have data to improve the planning of their distribution routes.

KEYWORDS: LP gas, IoT, level monitor, mobile tanks.

INTRODUCCIÓN

La sociedad ha evolucionado junto con la tecnología y el término internet de las cosas nos proporciona una idea de conectividad en todo momento [1]. El uso del IoT en el hogar brinda al usuario un estilo de vida más confortable, permitiendo gestionar y administrar de manera remota dispositivos prácticos [2]. En este ámbito día a día se siguen desarrollando dispositivos que hacen la vida más placentera, entre algunos de estos sistemas podemos encontrar los medidores

de gas LP inalámbricos para tanques estacionarios, los cuales permiten conocer el nivel del energético restante en el recipiente para planificar la adquisición del mismo, sin necesidad de revisar el tanque directamente. Estos desarrollos se basan en la lectura de la aguja ubicada en el medidor de los tanques fijos, por lo que son exclusivos para usuarios con contenedores de este tipo. En nuestro país se realizan un millón de servicios diarios de distribución de gas LP, 540,000 son tanques portátiles y 460,000 tanques estacionarios [3], por lo que la propuesta de un método que realice la medición en cilindros brinda las comodidades y beneficios a este sector al cual se ha omitido.

El enfoque de este proyecto se basa en diseñar un método que permita realizar la medición del nivel de gas LP de manera indirecta utilizando como parámetro el peso del tanque y su contenido. Dado que no se cuenta con un mecanismo flotador, no existe la posibilidad de implementar sensores similares a los usados en sistemas fijos. Los sensores de presión o transductores de presión son elementos que transforman la magnitud física de presión o fuerza por unidad de superficie en otra magnitud eléctrica [4], por lo que solo toman en cuenta el material que se encuentra en estado gaseoso descartando la parte líquida que se queda en el fondo del contenedor. Un sensor de flujo es un dispositivo que, al ser instalado en una tubería, permite determinar si hay circulación de un gas o un fluido, es decir, estos sensores nos indican la ausencia o presencia de flujo, pero no miden el caudal [4] por lo que no es posible medir la cantidad de gas que ingresa o sale del tanque. Por tales motivos el sensor idóneo para esta aplicación es la celda de carga la cual es un transductor que puede traducir la presión (fuerza) en una señal eléctrica [5].

Utilizando las herramientas en la nube, la información medida, es analizada para proveer estadísticas que permitan al usuario tener datos adicionales al conocimiento del nivel del gas. En adición, El uso de IoT permite la conectividad en cualquier momento y en cualquier lugar y para cualquier persona [6].

Este dispositivo de medición de nivel de gas está orientado a enviar información a la nube lo que permite al usuario revisar la cantidad de gas que está consumiendo y pueda llevar un control de ello, el dispositivo tiene las siguientes características: cuenta con una estructura capaz de soportar el peso de los taques móviles hasta 50 kg, la superficie para colocar los tanques es cuadrada de 0.3m de lado. Se alimenta con corriente directa de 5v y consume 200mA mediante una conexión micro USB lo que le permite alta compatibilidad con cargadores de pared genéricos. Está equipado con un sensor de peso que soporta hasta 200 kg. Cuenta con conec-

ción inalámbrica mediante WiFi 802.11b/g/n con un alcance de 8m.

La metodología empleada para realizar la medición utiliza el peso de los tanques para que de manera indirecta se mida el contenido, por lo que la información se proporciona en kilogramos. El dispositivo toma las mediciones y envía la información a internet para su análisis para que el usuario tome las decisiones pertinentes en la adquisición del energético y de sus hábitos de consumo. Los recipientes portátiles que el mecanismo podrá medir podrán pesar hasta 100 kg y no mayores a un área de 900 cm².

El objetivo del proyecto es diseñar un dispositivo IoT que mida el nivel de gas LP en tanques móviles, mediante celdas de carga para brindar beneficios a usuarios domésticos y empresas gaseras.

El proyecto se centra en la hipótesis de que mediante un sensor de carga se puede medir el nivel de gas LP de tanques móviles con una exactitud suficiente para que el usuario determine cuando programar su compra, observar sus estadísticas de consumo y detectar posibles fugas en su tubería.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se ha desarrollado en las instalaciones del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, ubicado en carretera Chapala-Ajijic #200, Chapala, Jalisco.

La metodología del trabajo se realizó en 6 etapas: En la primera etapa se diseñó de la báscula que medirá el peso del tanque móvil, en la segunda etapa se diseñó el sistema embebido que enviará la información a la nube, en la tercera etapa se desarrolló el sistema de localización del tanque, en la cuarta etapa se configuró el almacenamiento en la nube, en la quinta etapa se desarrolló la Interfaz de usuario y por último se desarrolló la aplicación móvil. La Figura 1 muestra el diagrama del desarrollo del sistema.

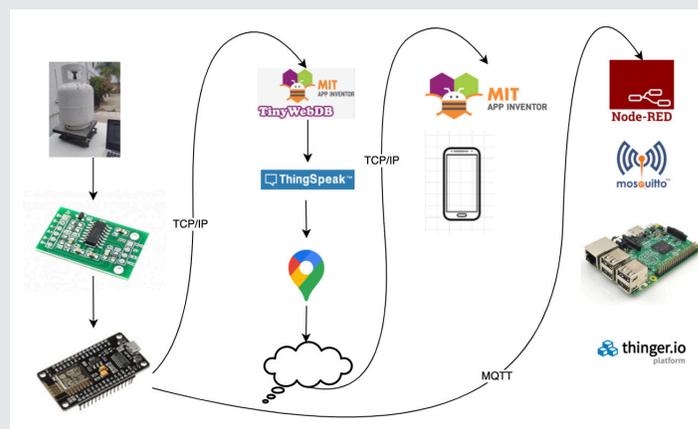


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

Los tanques estacionarios tienen un medidor de gas en la parte superior que indica la cantidad de Gas LP que tiene el tanque, pero esta expresado en porcentaje (%) [7]. Este indicador se atornilla en la parte superior del mecanismo y es similar para todos, en la Figura 2 se muestra el mecanismo flotador de un tanque estacionario.

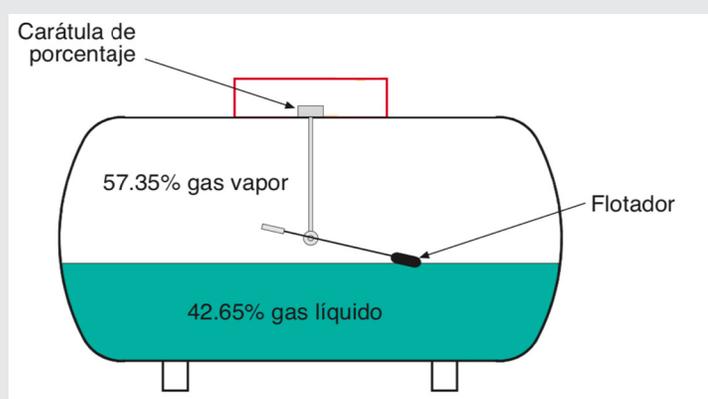


Figura 2. Sistema de medición de tanques estacionarios por medio de flotador. Tomado de [8].

Los tanques móviles no cuentan con algún dispositivo interno para realizar la medición del contenido, para realizarlo se pueden implementar métodos indirectos como pesar el tanque. Al igual que los tanques estacionarios, parte del contenido se encuentra en forma de gas en la parte superior del recipiente y en forma líquida en la parte inferior.

Para realizar la medición se utilizó una celda de carga. Realizando un análisis de la forma y el peso de los tanques, se tomó la opción de utilizar celdas de tensión, las cuales, tienen un elemento mecánico, donde la fuerza es censada por la deformación que produce la tensión aplicada. La celda utilizada se muestra en la Figura 3, su marca es kwotop014, tiene una sensibilidad de $1 \pm 0.1 \text{ mV/V}$, un voltaje de excitación: 5-12 VDC y trabaja en el rango de temperaturas de -20 a $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

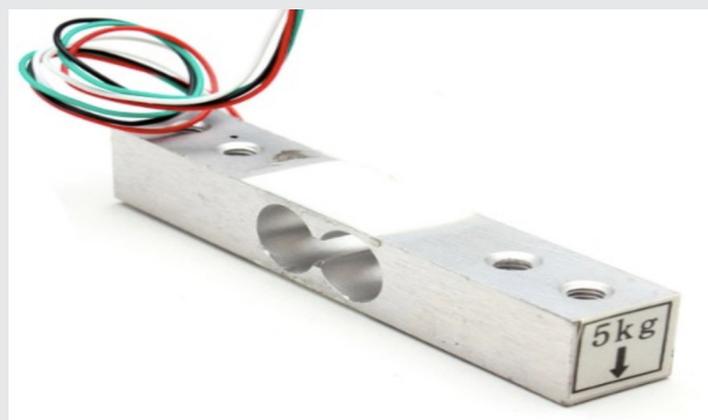


Figura 3. Celda de carga kwotop014. Tomado de [9].

El principio de funcionamiento de la celda es la variación de resistencia, mediante un circuito de puente de Wheatstone que se muestra en la Figura 4 se puede determinar la variación de la resistencia en base al voltaje obtenido en sus terminales, la Ec (1). Muestra la relación entre el voltaje de entrada al puente y el voltaje de salida.

$$V_{out} = \left[\left(\frac{R3}{(R3 + R4)} - \frac{R2}{(R1 + R2)} \right) \right] * V_{in} \quad \text{Ec. (1)}$$

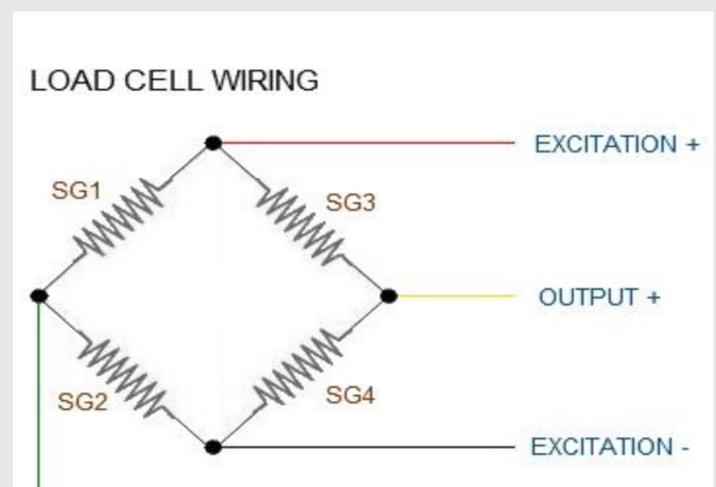


Figura 4. Puente de Wheatstone de la celda de carga. Tomado de [9].

Utilizando los datos de celda se tiene que la sensibilidad de la celda es 1mV/V con $\pm 0.1\text{mV}$ por lo que el rango de salida será: Sensibilidad * Voltaje de excitación como se muestra en la Ec. 2.

$$FSO = 1 \text{ mV/V} * 5\text{V} = 5\text{mV} \quad \text{Ec. (2)}$$

Si la carga máxima es 200 kg y la salida del puente será 5mV se deduce que el factor de conversión a peso será: $25\mu\text{V/kg}$

Debido a que el rango de voltaje del puente es muy bajo se utiliza el módulo HX711 mostrado en la Figura 5, el cual tiene un convertidor analógico a digital que en conjunto con el puente de Wheatstone formado por la celda permite realizar lecturas y enviar la información al Nodemcu de manera serial.

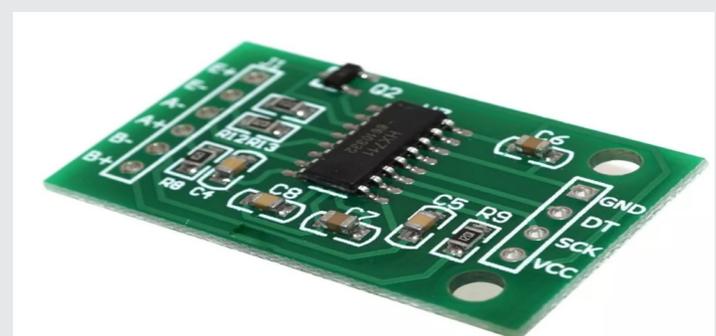


Figura 5. Módulo HX711. Tomado de [10].

Entre las características de este módulo esta la entrada de voltaje diferencial: $\pm 40\text{mV}$ con una precisión de datos del ADC de 24bits, un voltaje de operación de 5VDC, un consumo de corriente inferior a los 10mA, maneja una resolución a 5V de 0.29802×10^{-6} y una ganancia programable para el canal A de 32, 64 y 128. El circuito esquemático del módulo se muestra en la Figura 6.

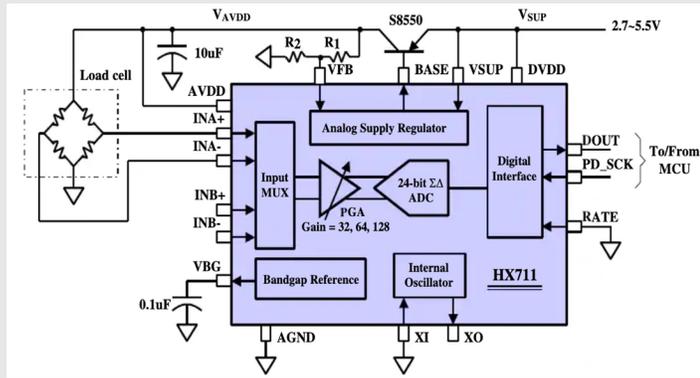


Figura 6. Circuito esquemático del módulo HX711. Tomado de [11].

Para el censado y envío de la información se realiza a través de un microcontrolador utilizando el circuito mostrado en la Figura 7.

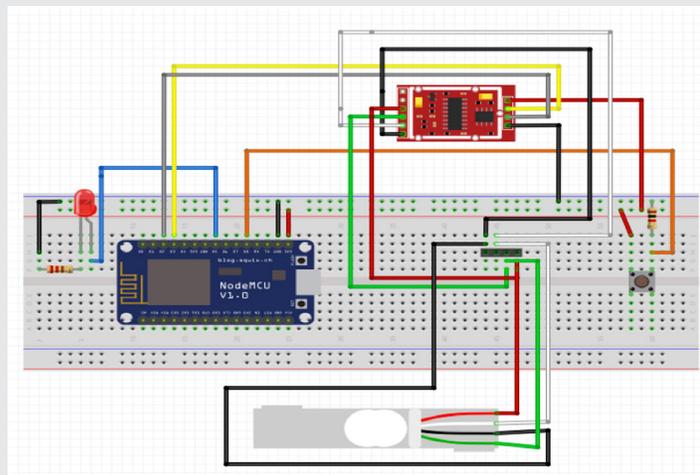


Figura 7. Diseño del circuito de censado. Fuente: Elaboración propia.

Esto le permite al dispositivo medir tanques que pesen hasta 100 kg incluyendo el peso del tanque.

Para el diseño de la báscula se realizó una plataforma que tuviera las medidas suficientes para poder colocar los diferentes tamaños de los cilindros que hay de manera comercial y que se rigen por NOM-008-SESH/SCFI-2010. Basado en esto, se realizó una base con medida de 30cm x 30cm como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Prototipo de la báscula. Fuente: Elaboración propia.

Para el controlador de la báscula se utilizó la placa de desarrollo NodeMCU, la cual contiene un módulo de WiFi embebido, memoria flash de 4MB, reloj del sistema de 80 Mhz y es programable a través del IDE de Arduino. El código se realizó en base al diagrama de flujo mostrado en la Figura 9.

Para la ubicación del cilindro se utilizan sus coordenadas GPS. El método implementado se lleva a cabo utilizando la señal y la dirección MAC de módems cercanos al dispositivo, y mediante el uso de un servicio api de localización de Google se determina la ubicación del dispositivo, obteniendo la latitud y longitud.

Para el almacenamiento de la información en la nube se configuró una base de datos implementado un componente de app inventor llamado "tinyWebDB" este elemento permite utilizar una base de datos en la web que te permite personalizarla utilizando Google Cloud Platform y unos archivos que el mismo sitio de app inventor proporciona.

La información es almacenada con formato "tag:valor".

Se realizó una app para validar el envío de la información del dispositivo a la nube utilizando Android, en la Figura 10 se muestran las distintas pantallas de la aplicación.

El microcontrolador del NodeMCU envía la información a Node-red mediante el protocolo de comunicación MQTT. Una vez recibida, se procesa para ser visualizada en la interfaz que se creó a través de una página web.

El sitio puede ser accedido localmente a través de una dirección de red local y externamente mediante la apertura de un puerto.

Para crear una interfaz de usuario más amigable se utilizó la plataforma IoT Tinger.io de código abierto que ofrece infraestructura en la nube escalable para conectar millones de dispositivos, utilizando su API que permite almacenar información desde Node-red y crear tableros para observar la información.

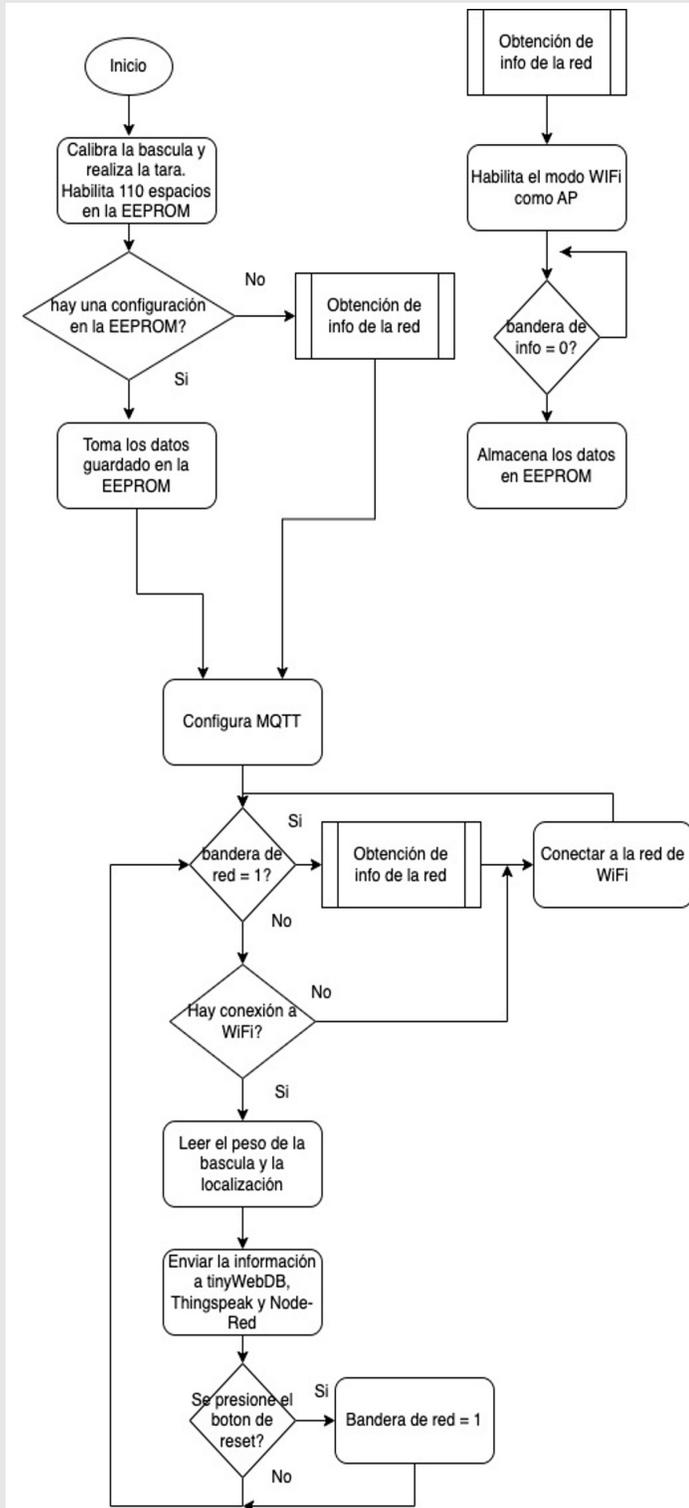


Figura 9. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador.
Fuente: Elaboración propia.

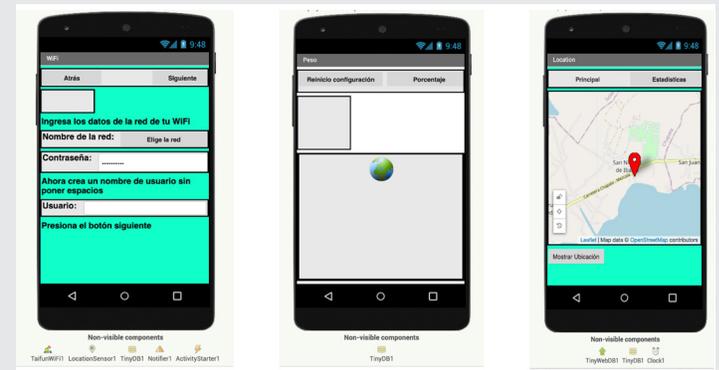


Figura 10. Ventanas de la aplicación.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Para comprobar el sistema se realizaron pruebas del prototipo comparados contra una báscula digital. Los experimentos se hicieron con un tanque de 6 y 9.6 Kg. En la Tabla 1 se muestran los resultados de cinco mediciones realizadas y el cálculo de los promedios de los valores. Las Tablas 2 y 3 muestran el cálculo del error de medición en tanques de 6 kg. y 9.6 kg. respectivamente.

Tabla 1. Resultados de las mediciones realizadas.

Numero de medición	Tanque de 6kg		Tanque de 9.6kg	
	Bascula Digital	Prototipo	Bascula Digital	Prototipo
1	5.31	5.42	3.3	3.48
2	5.31	5.41	3.3	3.45
3	5.31	5.46	3.3	3.48
4	5.31	5.47	3.3	3.46
5	5.31	5.51	3.3	3.37
Promedio	5.31	5.454	3.3	3.448

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cálculo de errores en las mediciones en tanque de 6 kg.

Numero Medición	Medición	Promedio	Error absoluto (Medición-Promedio)	Error Relativo (Error absoluto/promedio)	Error porcentual % (Error relativo*100)
1	5.42	5.45	-0.03	0.00550459	0.550458716
2	5.41	5.45	-0.04	0.00733945	0.733944954
3	5.46	5.45	0.01	0.001834862	0.183486239
4	5.47	5.45	0.02	0.003669725	0.366972477
5	5.51	5.45	0.06	0.011009174	1.100917431
Desviación media:					±0.032

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Cálculo de errores en las mediciones en tanque de 9.6 kg.

Numero Medición	Medición	Promedio	Error absoluto (Medición-Promedio)	Error Relativo (Error absoluto/promedio)	Error porcentual % (Error relativo*100)
1	3.48	3.44	0.04	0.011627907	1.162790698
2	3.45	3.44	0.01	0.002906977	0.290697674
3	3.48	3.44	0.04	0.011627907	1.162790698
4	3.46	3.44	0.02	0.005813953	0.581395349
5	3.37	3.44	-0.07	0.02034884	2.034883721
Desviación media:					±0.036

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos nos permiten determinar el error absoluto de medición del dispositivo el cual oscila entre -0.04 y 0.06 y error porcentual el cual tiene una desviación media de ± 0.032% esto se traduce en un error de 100g en la medición lo cual es aceptable para el sistema.

En la Figura 11 se muestran los resultados de las pruebas con la aplicación mediante las distintas ventanas de la aplicación la cual muestra de izquierda a derecha, el nivel del gas en un indicador de carátula, el nivel del gas en un ícono y el nivel del gas en ícono que cambia de color al llegar a un nivel bajo.

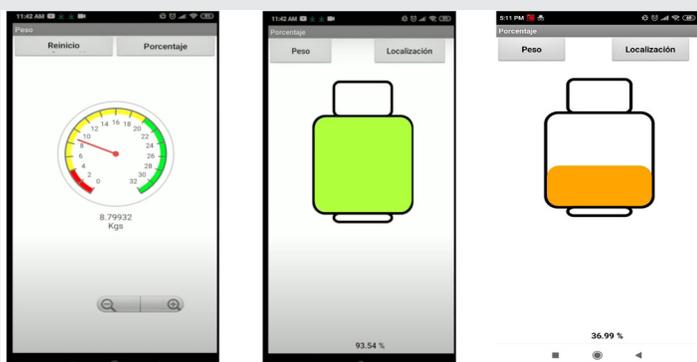


Figura 11. Ventanas de la aplicación para mostrar el nivel de gas en el tanque móvil.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de geolocalización, la cual se realiza mediante las herramientas de las conexiones de red, arrojaron datos exactos, estos datos permiten fácilmente encontrar la ubicación del tanque. En la Figura 12 se muestra, la pantalla con la geolocalización del sistema de medición mediante la aplicación.

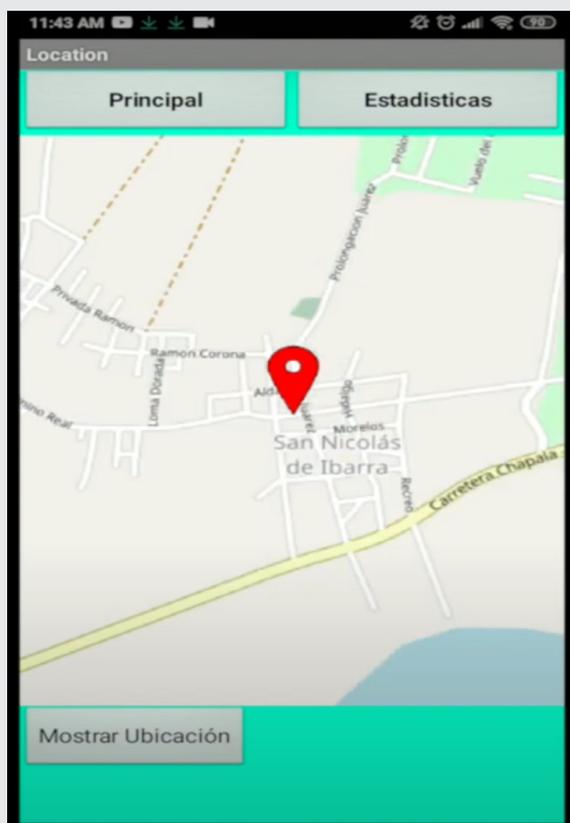


Figura 12. Ventana de geolocalización del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 corresponde a la página web cargada desde el servidor la cual muestra datos como el nivel actual del tanque, la geolocalización del dispositivo además de un historial del nivel del tanque medido. Esta información está disponible 24 horas los 365 días del año lo que permite acceder a ella desde cualquier punto en cualquier momento utilizando una conexión a internet.

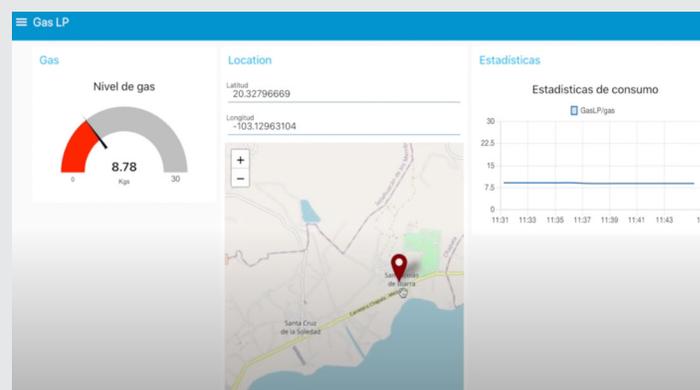


Figura 13. Página web del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y a las referencias utilizadas se concluye que el prototipo realiza la medición del nivel de gas LP, envía la información y almacena los datos en la nube de forma efectiva y por lo tanto es viable utilizar un dispositivo con este método de medición para conocer el nivel de gas LP en tanques móviles.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jiménez, P. Cabrera, J. (2020). Sistema de monitoreo remoto del consumo energético para hogares en la ciudad de Cuenca, basado en principios de IoT y servicios en la nube. Polo del conocimiento, 5(1), 443-458.
- [2] Viteri Castellano, B. F. (2022). Modelo de referencia de IoT para el diseño de casas inteligentes (Master's thesis). Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- [3] Carriles, L. (2016). Mercado de gas LP vale US8,000 millones. El economista. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://www.economista.com.mx/empresas/Mercado-de-gas-LP-vale-US8000-millones-20160823-0028.html>
- [4] Gutierrez, M. Iturralde, S. (2017). Fundamentos básicos de instrumentación y control. Ecuador: UPSE.
- [5] Al-Mutlaq, S. (2015, 11 de junio). Getting Started with Load Cells. Sparkfun. Sparkfun. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://>

learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells/all

[6] Madakam, S. Ramaswamy, R. Tripathi, S. (2015). *Internet of Things (IoT): A Literature Review*. *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173.

[7] Gas Perla. (s.f.). *Conoce a tu tanque*. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://www.gasperla.com/assets/ConoceTuTanque.pdf>

[8] Medigas. (2016). *Medidor De Porcentaje Midegas P Para Tanques Estacionarios De Gas Lp*. www.gas-lp.com.

[9] Al-Mutlaq, S. (2016, 22 de Julio). *Load Cell Amplifier HX711 Breakout Hookup Guide*. Sparkfun. Recuperado el 08 de 07 de 2022, de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/retired---load-cell-amplifier-hx711-breakout-hookup-guide/hardware-hookup->

[10] Naylampmechatronics. (2016). *TUTORIAL TRASMISOR DE CELDA DE CARGA HX711, BALANZA DIGITAL*. (Naylampmechatronics.com) Recuperado el 08 de julio de 2022, de https://naylampmechatronics.com/blog/25_tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-hx711-balanza-digital.html

[11] Semiconductors, A. (s.f.). *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*. Recuperado el 08 de julio de 2022, de sparkfun.com: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf



Ciencias
de la
Computación

Ingeniantes

Comparativa de algoritmos de Inteligencia artificial para la detección de personas a través de una cámara instalada en el interior de un vehículo

RESUMEN: En este trabajo se muestra la comparativa realizada entre diferentes algoritmos de clasificación para la detección de personas usando una cámara al interior de un automóvil, para ello, la cámara elegida cuenta con 105° de visión, en donde el objeto (persona) debe de estar en un rango entre 1 y 4 metros de distancia del lente de la cámara para que sea detectado con éxito.

Los algoritmos de: árboles de decisión, Naive Bayes, KNN y SVM se aplicó el análisis de la textura aplicando GLCM con el fin de extraer las características. Otro algoritmo utilizado fue Redes Neuronales Convolucionales, en él, se fue variando las épocas durante el entrenamiento entre 50 y 250 hasta obtener la mejor precisión.

Así mismo se utilizó un Dataset de 931 imágenes bajo las condiciones antes mencionadas en los 5 algoritmos utilizados.

Hasta el momento, se tiene una precisión del 94% usando la métrica Recall con un nivel de confianza de 85%; donde Redes Neuronales Convolucionales obtuvieron el mejor resultado.

Seguiremos trabajando en mejorar el nivel de confianza y así poder utilizar este algoritmo en un prototipo que permita alertar al propietario cada vez que se detecte una persona merodeando la unidad motriz.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia Artificial, extracción de características, CNN, KNN, Árboles de Decisión, Naive Bayes, SVM, GLCM.



Colaboración

Christian Ivan Onofre Ramos; José Antonio Montero Valverde; Miriam Martínez Arroyo, Instituto Nacional de México / campus Acapulco

Fecha de recepción: 25 de agosto del 2022

Fecha de aceptación: 18 de abril del 2023

ABSTRACT: This work shows the comparison between different classification algorithms for the detection of people using a camera inside a car, for this, the camera chosen has 105° of vision, where the object (person) must be in a range between 1 and 4 meters away from the camera lens to be detected successfully.

The algorithms of: decision trees, Naive Bayes, KNN and SVM were used for texture analysis applying GLCM in order to extract the features. Another algorithm used was Convolutional Neural Networks, in which the epochs were varied during training between 50 and 250 until the best accuracy was obtained.

Likewise, a Dataset of 931 images was used under the aforementioned conditions in the 5 algorithms used.

So far, we have an accuracy of 94% using the metric Recall with a confidence level of 85%; where Convolutional Neural Networks obtained the best result.

We will continue working on improving the confidence level and thus be able to use this algorithm in a prototype that will alert the owner every time a person is detected prowling around the motor unit.

KEYWORDS: Deep Learning, Feature extraction, CNN, KNN, Decision tree, SVM, Naive Bayes, GLCM.

INTRODUCCIÓN

La delincuencia organizada a nivel mundial va íntimamente ligada a delitos relacionados con autos y es que la presencia de

autos en el mundo es tan importante a tal grado que en ocasiones son vinculados con el terrorismo según datos de la Interpol (Policía Internacional) [1]. En ese sentido, el aumento de robo de autos, robo de partes, al igual que objetos al interior del mismo, es una actividad que afecta en primer plano a los propietarios y termina por mermar una sociedad, la cual se siente insegura incluso dentro de su propio automóvil de acuerdo a la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre seguridad pública en México (ENVIPE) [2]. En concordancia con las cifras que muestra el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SES-NSP), tan sólo en el primer bimestre del presente año fueron hurtadas alrededor de 8171 unidades en todo el país, esto sin uso de violencia, es decir, autos que se encontraban estacionados en lugares como una calle o espacios públicos [3].

Por tal motivo y en apoyo a los usuarios que a diario hacen uso de sus coches, lo que se propone es el uso de un algoritmo que permita la detección de personas que merodean un auto por medio de visión computacional a través de una cámara instalada al interior del mismo, así, posteriormente en otra etapa del proyecto, dicho algoritmo se pueda integrar a un sistema más completo y hacer que el prototipo envíe una alerta al propietario en base a la detección de personas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología aplicada referente a los algoritmos utilizados en el presente trabajo se muestra a continuación en la Figura 1, la cual, consta de 5 fases.



Figura 1. Metodología.
Fuente: Elaboración propia.

Adquisición de la imagen

En esta primera etapa, se capturaron un total de 931 imágenes subdivididas en 3 secciones, las cuales son 634 para entrenamiento, 286 para validación, y 10 más para pruebas; las imágenes fueron capturadas desde el interior de un vehículo con una cámara USB de 6.0 Mpx, el sensor cuenta con una resolución de 3264px por 1836px; en ella, se tomaron en cuenta las siguientes condiciones para la construcción del set de imágenes (Dataset) en la Figura 2 se observa la cámara utilizada.



Figura 2. Cámara web utilizada.

Fuente: Elaboración propia.

- La distancia del objeto (persona) con respecto al lente de la cámara debe de ser entre 1 y 4 metros, esto, con el fin de apreciar lo mejor posible el dorso y rostro de la persona.

- La posición de la cámara es fija ubicada del lado del copiloto bajo la esquina inferior del parabrisas, tal como se aprecia en la Figura 3.

- El ángulo de visión de la cámara es de 105°, nuevamente se puede observar en la Figura 3.

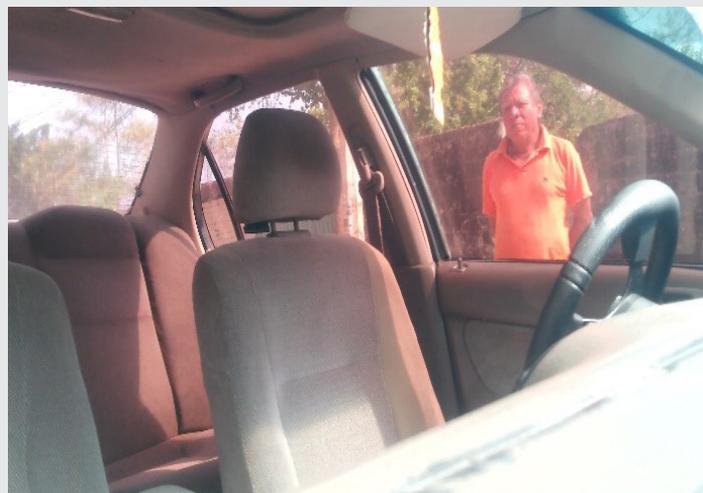


Figura 3. Imagen Original.

Fuente: Elaboración propia.

- Las imágenes capturadas se realizaron entre las 10:00 a.m. y 4:30 de la tarde, procurando obtener escenarios bajo ese lapso de tiempo.

- Las personas que aparecen en las imágenes están de pie y en forma vertical lo más cercano a 90° procurando una postura natural.

- Las personas mantienen diferentes posiciones (perfil, espalda y frente), por ello, sólo se está considerando imágenes donde aparece como mínimo el 80% entre el dorso y el rostro, así los objetos fuera de las anteriores condiciones no garantizan una detección efectiva.

Preprocesamiento

En esta segunda etapa cada una de las 920 imágenes destinadas para entrenamiento y validación se les aplicó las siguientes transformaciones que se describen a continuación, cuyo objetivo es resaltar y evitar la pérdida de información.

1.- En un principio se probó con una dimensión de 180px por 200 px, pero cuando se llegó a la etapa de clasificación los resultados no fueron tan favorables en cuanto a precisión, por ello, nos dimos a la tarea de retornar a la presente etapa y probar con diferentes redimensiones para los algoritmos de (Naive Bayes, SVM, Árboles de Decisión y KNN) esto se realizó con el objetivo de mantener la mayor cantidad de información en las imágenes sin perder la geometría de las mismas y por ende un entrenamiento más rápido.

Las redimensiones probadas fueron las siguientes: (200 por 200 px, 180 por 200 px, 300 por 300 px y 256 por 256 px).

Esto, nos llevó a concluir que de todas las combinaciones probadas, la que mejor resultados nos arrojó al realizar el entrenamiento y clasificación fue la redimensión de 256 por 256 px, es decir; se pudo observar que al final de cada clasificación el tiempo de entrenamiento mejoraba por mucho al igual que el nivel de precisión era mejor; cabe mencionar que en puntos posteriores mostraremos más a detalle todo lo relacionado a la clasificación.

2.- La redimensión no fue la única, también, se aplicó una transformación a escala de grises con el fin de trabajar en un solo canal y dejar de lado el modelo de color RGB (Red, Green y Blue) lo realizado fue por dos razones, la primera es que la técnica que se utilizó para la extracción de las características basadas en la textura (GLCM), obtiene los valores conforme a los niveles de gris de cada imagen, los cuales, estarán oscilando entre 0 y 255, de ahí el principal motivo de aplicar esta transformación, la segunda es que computacionalmente hablando es más sencillo trabajar en niveles de gris en comparación de usar los 3 canales RGB, de esta manera podemos observar algunas variaciones en gris a modo de ejemplo en la siguiente Figura 4 [4], así, cada

pixel de las 920 imágenes de entrenamiento y validación son transformados entre los valores 0 y 255.

Pixel values

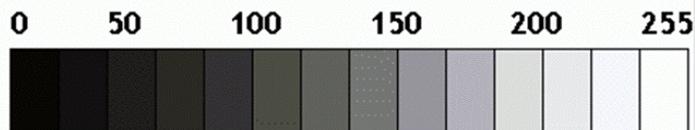


Figura 4. Muestra de variación de pixeles en escala de grises que van de 0 a 255.

Fuente: Elaboración propia.

3.- Por último se aplicó una ecualización al histograma de las 920 imágenes con el fin de tener una distribución uniforme de los pixeles anteriormente transformados, dicha variación ya mencionamos que va de 0 hasta 255 en escala de grises, por esta razón y dicho en otras palabras; al aplicar la ecualización se trata de mantener de manera uniforme la distribución de niveles de gris, dejando de lado una imagen con niveles de gris demasiado oscura o demasiado clara, así el resultado es una imagen con tonos equilibrados en toda su estructura.

Extracción de características

En esta tercera etapa se utilizaron 11 características basadas en la textura de las 14 propuestas por Haralick en 1973, utilizando la técnica de Matriz de co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM), con esta técnica, se obtiene dicha matriz de ocurrencia de niveles de gris y con ella las siguientes características que se listan en la Figura 5 [5].

- ✓ Disimilaridad
- ✓ Media
- ✓ Desviación estándar
- ✓ ASM(Segundo momento angular)
- ✓ Autocorrelación
- ✓ Contraste
- ✓ Energía
- ✓ Homogeneidad
- ✓ Correlación
- ✓ Varianza
- ✓ Entropía

Figura 5. Características a utilizar usando GLCM.

Fuente: Elaboración propia.

Estas características se usaron con las técnicas de KNN (Vecinos Cercanos), Naive Bayes, Árboles de Decisión y SVM (Máquina de Soporte de Vectores), cabe mencionar que más adelante hablaremos de otra técnica más que lleva por nombre Redes Neuronales Convolucionales, la cual; no necesariamente trabaja con estas características.

De esta manera, lo realizado en esta etapa es precisamente la extracción de las características de cada imagen y para ello, fue necesario no solo extraer las características sino ir variando la separación entre píxeles en un rango de (1, 2, 3, 4, 5) px. Así mismo, se consideró usar los ángulos 0°, 45°, 90° y 135° tal como lo propuso Haralick en su trabajo de análisis de textura para la clasificación de imágenes, así, al igual que Haralick, no se consideraron los otros 4 ángulos opuestos, ya que estos tienen una relación invariante [5].

Al final de esta etapa se utilizó la métrica de Recall para determinar la mejor de las combinaciones probadas y con ellos se concluyó que el mejor resultado fue usando 1 pixel de separación con 0° de inclinación, dicho de otra manera, la mejor relación espacial fue de (1, 0) y esta, fue la utilizada en esta etapa de extracción de características; Es de importancia mencionar que obtuvimos 16 Dataset diferentes con las combinaciones de separación y ángulos antes mencionadas y (1, 0) fue la mejor relación espacial.

Para más detalle y a modo de ejemplo, en la Figura 6, vemos un Dataset (Conjunto de Características) el cual es 1 de los 16 obtenidos en las pruebas de extracción, en dicha Figura, sólo se aprecia una muestra de 8 características de 11 totales que obtuvimos en cada Dataset, así mismo, es posible observar las primeras 10 imágenes listadas por fila recordando que son un total de 920 filas para cada Dataset, así mismo los datos mostrados en dicha Figura están sin normalizar puesto que en las pruebas realizadas se obtuvo una mejor precisión usando los datos sin aplicar la normalización.

Energía	Corr	Diss_sim	Homogen	Contraste	Asimilitud	Varianza	Media
0.04238511	0.98093098	4.26304134	0.41531696	97.5127953	0.0017965	1035921.8	8.486816
0.03311273	0.97726231	5.18128691	0.35539415	124.171444	0.00109645	1182064	11.37085
0.17493874	0.98356895	5.76125738	0.42193089	193.917876	0.03060356	519824.78	8.470215
0.03394131	0.95367901	6.73492864	0.24702564	136.926858	0.00115201	3060042.5	54.43701
0.05867145	0.96118226	9.68122539	0.29021574	389.304749	0.00344234	1148603.6	15.820801
0.02056522	0.9428114	8.92550443	0.17490928	196.286848	0.00042293	7066253	71.91821
0.02751412	0.95616297	6.58409203	0.23012115	126.945928	0.00075703	37921036	100.25537
0.02721931	0.97786484	5.10900591	0.25239915	71.5129183	0.00074089	13576736	80.39404
0.03688873	0.95406807	4.55647146	0.29022492	60.8793061	0.00136078	31711022	93.08081
0.01950311	0.96386042	8.76371801	0.18010125	220.652375	0.00038037	1954559.5	56.39966

Figura 6. Muestra del Dataset con 8 características de 11 usando GLCM con una relación espacial (1,0).

Fuente: Elaboración propia.

Entrenamiento

Durante esta etapa de entrenamiento como es de suponer se entrenaron los algoritmos (Naive Bayes, SVM, KNN, Árboles de Decisión) usando un Dataset como el mostrado en la Figura anterior, la número 6 con las 11 características de GLCM bajo una relación espacial de (1, 0), cabe mencionar que para esta etapa se utilizaron las 634 imágenes destinadas para el

entrenamiento tal como se describió en la etapa de adquisición de la imagen.

De esta forma es como pusimos a prueba cada uno de los algoritmos aprovechando sus ventajas, a continuación, mostraremos las configuraciones y pruebas realizadas con cada uno.

Algoritmo KNN

Este algoritmo es uno de los más utilizados en los últimos años en lo que se refiere a aprendizaje automático, ya que aparte de ser un algoritmo simple y de fácil comprensión, es muy preciso al trabajar con nuevos datos.

Básicamente este algoritmo consiste en seleccionar el número de K vecinos y obtener la distancia entre píxeles a la que se encuentran esos vecinos del nuevo dato basados en la distancia euclidiana [6].

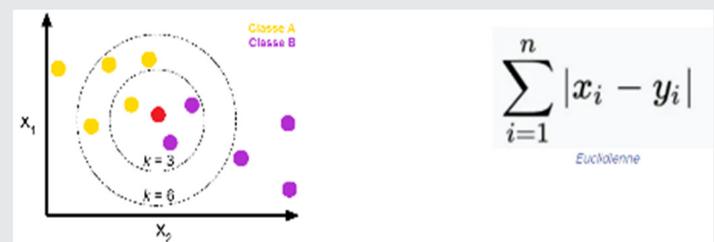


Figura 7. Distancia Euclidiana.

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas realizadas con este algoritmo fue variar el número de vecino entre los valores de (3, 4, 5, 10 y 25), de esta manera, considerando una distancia de K=5 obtuvimos una métrica en Recall con buenos resultados, ya que a medida que asignábamos un valor de k mayor, el algoritmo tendía a ser más complejo por lo que se consideró usar un valor no tan alto para K asignando el valor de 5.

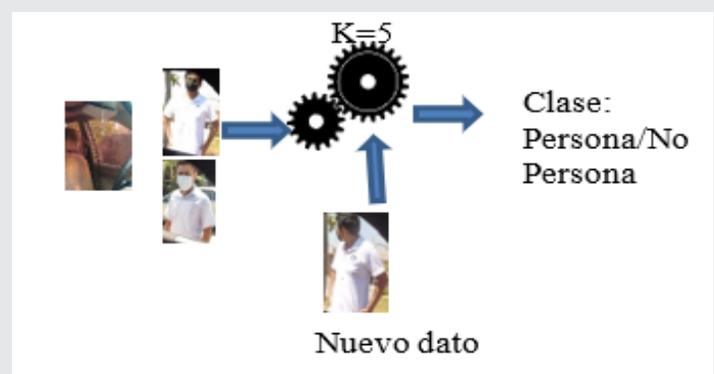


Figura 8. Algoritmo KNN.

Fuente: Elaboración propia.

Algoritmo Naive Bayes

Este algoritmo es de tipo probabilístico, por lo que a pesar de que algunos lo consideran un tanto simple,

este, trabaja de manera efectiva cuando se ingresan en el dato en tiempo real; una de las ventajas que lo hace destacar de varios algoritmos es que en ocasiones no necesita muchos datos de entrada para arrojar resultados, sin embargo, lo cierto es que entre más datos se le presenten, es mayor la probabilidad de obtener mejores resultados.

$$P(h|D) = \frac{P(D|h)P(h)}{P(D)}$$

Figura 9. Fórmula probabilística de Naive Bayes [13].
Fuente: Elaboración propia.

La fórmula anterior es la utilizada por el algoritmo, en la cual, podemos decir que h es la clase y D los datos, de esta manera se trata de determinar la probabilidad de una clase dado un conjunto de dato, para llegar a ello, se multiplica la probabilidad de dicha clase por la probabilidad de los datos dada la clase, todo esto entre la probabilidad de los datos siguiendo el procedimiento de Bayes [7].

Para utilizar este algoritmo, existen 3 tipos de distribución diferentes, cada una tiene sus propias ventajas, por tal motivo en este trabajo se utilizó la implementación Gausianna de Naive Bayes, con el objetivo de que los datos siguieran una distribución del mismo tipo, es decir, (Gausianna) dicho en otras palabras, una distribución normal; las otras dos distribuciones son Bernoulli la cual es para datos booleanos y Multinomio se usa con datos de distribución de tipo nominal, por lo que sus aplicaciones de esta última son para fines de clasificación de textos; de esta manera es como se configuraron los parámetros que se utilizaron durante la etapa de entrenamiento para este algoritmo.

Algoritmo de Árboles de Decisión

Los árboles de decisión son algoritmos de tipo estadísticos para la construcción de modelos de análisis predictivo, por lo que es utilizado para la clasificación o regresión, este, se utiliza para obtener determinado resultado en base a la incertidumbre que se tiene ante un problema dado, una de las ventajas que se tiene al aplicar dicho algoritmo, es la simplicidad y comprensión de los datos, esto, gracias a la visualización del árbol que genera el algoritmo, ya que como es de esperar, su estructura es muy similar a los árboles tal como podemos observar en la Figura 10.

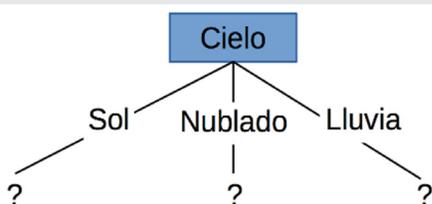


Figura 10. Árbol de decisión.
Fuente: Elaboración propia.

Así, los nodos internos representan las características o propiedades que se tienen que considerar para poder tomar cada una de las decisiones, las ramas representan la decisión que se toma en base a cada condición (probabilidad de que ocurra esa condición), los nodos finales representan el resultado de la decisión tomada conforme a cada una de las condiciones o características.

Existen diferentes escalas que es posible aplicar a los árboles de decisión las cuales son: (Tasa de error de clasificación, Gini index, entropía cruzada y chi-square) de las alternativas descritas, las más óptimas para la clasificación son Gini index y la entropía cruzada, esta última, es la responsable de cuantificar el desorden de un sistema, así, dada una clase pura, su entropía será 0, caso contrario en donde la frecuencia de una clase es la misma, la entropía es igual a 1 [8].

Dicho lo anterior es la razón principal por lo que al aplicar esta técnica de árboles de decisión se consideró aplicar la entropía cruzada y con ello se obtuvieron los mejores resultados de clasificación con este algoritmo.

SVM

Las máquinas de soporte de vectores (SVM) son utilizadas para la resolución de problemas de clasificación y regresión, estas son consideradas como una especie de caja negra en donde la información entra al algoritmo y este devuelve una predicción basada en la información de entrada. Un dato curioso es que, en un inicio cuando apareció este algoritmo sólo atacaba problemas de clasificación lineal, pero hoy en día con las funciones kernel no lineales es posible utilizar SVM para resolver un mayor rango de problemas.

En el presente se consideró el utilizar un Kernel de función de Base Radial (RBF) con el fin de aumentar las dimensiones, este, sólo es uno de muchos existentes, dicho kernel considera la distancia euclidiana entre los dos vectores de características, por lo que es uno de los más poderosos cuando se tienen datos no lineales, es decir, el valor de Gamma y la penalización C, las configuraciones que mejor resultado nos arrojó fue establecer el valor de Gama de forma automática, esto quiere decir que el algoritmo tiene la finalidad de adaptarse a la estructura de los datos con el fin de lograr la clasificación.

De esta forma es como actualmente es posible utilizar las Máquinas de Soporte de Vectores en problemas de clasificación con la ayuda de los Kernel.

Redes Neuronales Convolucionales

Una red neuronal convolucional es una especie de red que se asemeja a las neuronas cerebrales, de ahí su nombre Redes Neuronales.

Para poder trabajar con este algoritmo, previamente es necesario etiquetar todas las imágenes que se van a utilizar en las etapas de entrenamiento y validación re-

cordando que para este proyecto se cuenta con 920 imágenes, así cada imagen puede tener más de una instancia y cada una de ellas debe de ser etiquetada bajo el formato de YOLO, para este proyecto se utilizó el software labellmg para lograr el etiquetado de clases en donde a modo de ejemplo se observa la Figura 11.

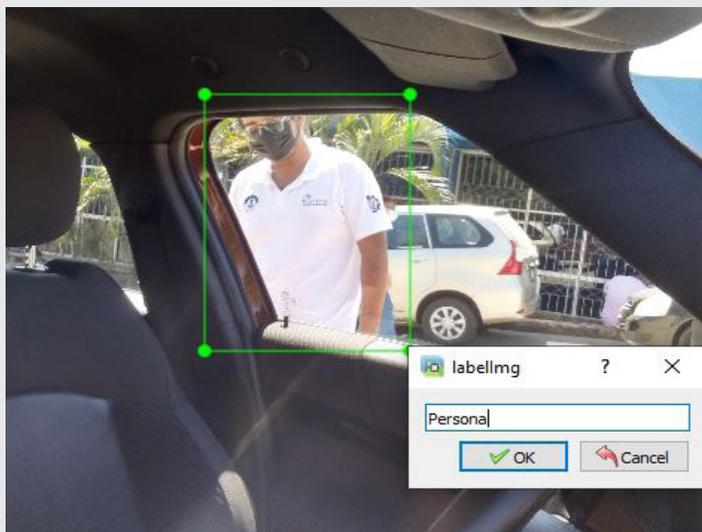


Figura 11. Etiquetado de clases usando Labellmg. Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el etiquetado, este algoritmo trabaja en 3 etapas las cuales describiremos a continuación:

- 1.- En la primera etapa el mismo algoritmo se encarga de redimensionar las imágenes de entrada a 640 px por 480 px así la búsqueda de características será más rápida.
- 2.- Dividir una imagen de entrada en secciones de igual tamaño cuadrada, así un Kernel recorre toda la imagen en donde cada cuadro de dicha cuadrícula es responsable de intentar detectar la o las clases que fueron etiquetadas previamente, es aquí donde se realizan todas las operaciones convolucionales con el fin de obtener un vector de características.
- 3.- Se utiliza el vector de características obtenido con el fin de reducir cada uno de los nodos e ir agrupando estas características en clases.

Así cuando una imagen nueva entra a la red, esta recorrerá neurona a neurona la red y en base al vector de características, esta se irá acercando más en cada una de las capas ocultas hasta llegar a clase a la que pertenece la imagen, así una red neuronal es capaz de reconocer más de una clase.

4.- En la última etapa llamada Capa de salida o de clasificación, se determinan la o las clases asignando un porcentaje de predicción a cada una de ellas, en la siguiente Figura 12, se muestra un ejemplo de la arquitectura de una red neuronal convolucional.

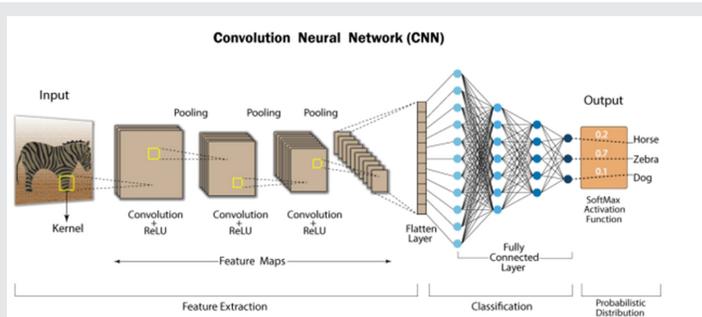


Figura 12. Estructura de una Red Neuronal Convolucional [9]. Fuente: Elaboración propia.

CNN YOLO versión 5

Para este trabajo se utilizó la red neuronal de YOLO, específicamente YOLOv5s (you only look once) [10] el cual, es uno de los algoritmos más utilizados en la actualidad en la detección de objetos, principalmente por su velocidad y precisión al ser de sus principales características; cabe mencionar que existe ya la versión 6 y 7 en modo Beta, pero no es utilizada en este trabajo ya que aún sigue en fase de pruebas, por lo que se consideró trabajar con una versión estable; así mismo existen diferentes sub versiones de YOLOv5 tal como lo vemos en la Figura 13, las cuales van desde una versión ligera hasta llegar a una compleja, la cual, cada una requiere distintos grados de fuerza computacional distinta, la versión utilizada en este trabajo es la versión Small esto de acuerdo a la página oficial es recomendable para dispositivos móviles entre ellos los Raspberry, este último es el principal candidato para llevar a producción el algoritmo que se presenta en esta trabajo para futuras investigaciones.

Por otro lado, una de las ventajas de este tipo de algoritmos es que al utilizar pesos Pre-entrenados se aplica lo que se conoce como transferencia de aprendizaje, logrando que la red neuronal identifique líneas y formas con una estructura similar a lo que pretendemos que aprenda usando nuevos datos, así, con el uso de estos pesos Pre-entrenados el algoritmo no partirá de cero en su aprendizaje sino más bien de lo que ya conoce, con el fin de hacer la transferencia del mismo logrando que aprenda a reconocer patrones de forma rápida.

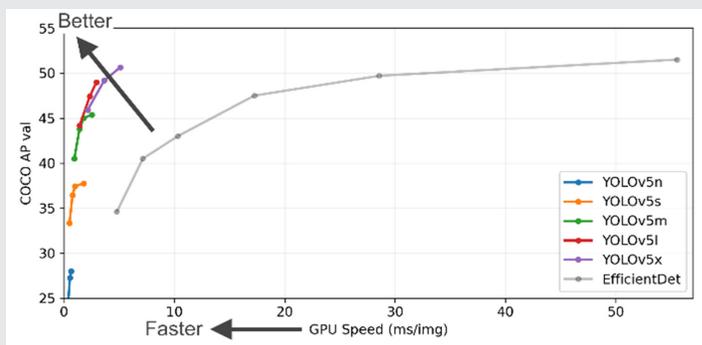


Figura 13. Versiones YOLO [10]. Fuente: Elaboración propia.

Al ser YOLO una red neuronal convolucional, su estructura está apegada a dicha ideología tal como lo explicamos anteriormente, Así lo vemos en la Figura 13.

1.- En el Backbone: (Columna vertebral) es la encargada de preparar e integrar las características de la imagen de entrada agregándolas a un vector con el fin de utilizarlas en etapas posteriores.

El kernel va recorriendo toda la imagen para construir el Mapa o Vector de Características, y obtenerlo es el principal objetivo de esta etapa.

2.- PANet: en esta etapa, se utiliza una serie de capas por lo que es la encargada de mezclar y combinar las características que ya se definieron en el Backbone, agrupándolas en clases, también se aplica la función de activación mejor conocida como ReLU (Unidad Lineal Rectificada) la cual: sirve para aligerar la carga de la red y eliminar los valores no esperados, es decir, valores por debajo de 0 se convierten en 0. Otra de las funciones que son muy importantes en esta etapa es la de Non-Max Supresion (Supresión del no máximo) el cual se encarga de agrupar los cuadros delimitadores duplicados de cada una de las clases, es decir, conforme se va haciendo la convolución a la par usando el vector de características es posible que se genere más de un cuadro delimitador para un mismo objeto, por lo que en más de una ocasión se tendrá un solo objeto con más de un cuadro así Non-Max se encarga de suprimir los cuadros repetidos para un mismo objeto dejando la información de las clases lo más limpia posible sin cuadros repetidos.

3.- Salida: en la última etapa del algoritmo, se asigna el porcentaje de confianza de cada clase, es decir, la red neuronal determina que tan segura ésta de que los objetos que logró localizar fueron conforme a lo aprendido, por tanto, esta red va asignando un porcentaje de 0 a 100 en la capa de salida.

Todo lo antes mencionado se puede observar en la Figura 14.

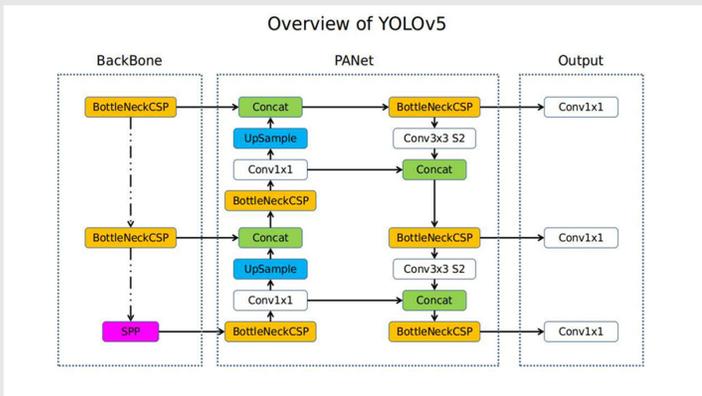


Figura 14. Estructura de YOLOv5 [10].
Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen, para este algoritmo

1.- Se utilizaron las mismas 920 imágenes destinadas para entrenamiento y validación, previamente fueron etiquetados los objetos (Persona).

2.- Se utilizó los pesos Pre-entrenados (YOLOv5s) de la página oficial con el fin de agilizar la transferencia de aprendizaje.

Después de varias pruebas se trabajó con 50, 100, 150 y 250 épocas con el fin de obtener la efectividad del algoritmo, así, se determinó una duración de 150 épocas logrando con estas la mejor efectividad, esto nos arrojó como resultado un modelo entrenado con extensión .pt este archivo contiene toda la lógica necesaria para realizar predicciones; de esta manera la red neuronal será capaz de reconocer en una imagen la clase persona usando el archivo .pt.

Validación

En esta etapa se utilizaron 286 imágenes diferentes a las utilizadas durante el entrenamiento, esto, con el fin de que el algoritmo fuera validando lo aprendido; es tan esencial el entrenamiento con la validación puesto que es aquí donde realmente se aprecia si todo lo realizado anteriormente fue lo mejor para obtener una buena precisión.

En la Figura 15 se muestra una prueba de validación realizada con YOLOv5s una vez entrenado el algoritmo.

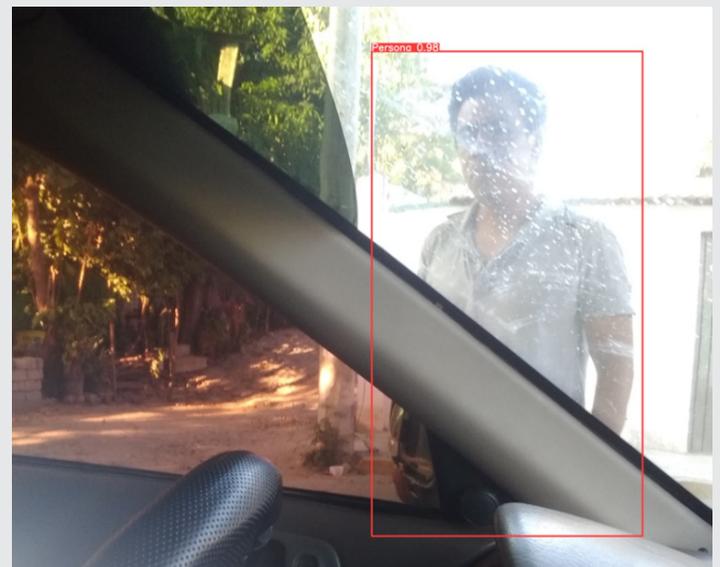


Figura 15. Etapa de validación YOLOv5s.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

A continuación, se muestra la siguiente tabla comparativa con los resultados obtenidos en cada uno de los clasificadores usando la métrica Recall.

De esta manera es posible determinar la efectividad de los mismos reconociendo las ventajas y desventajas

que nos ofrecen con el objetivo de determinar el que mejor nos servirá para el presente trabajo.

Comparativa de clasificadores

Tabla 1. Comparativa Métrica Recall: KNN, Bayes, Arbol de Decisión, SVM, CNN.

Espaciado (Píxeles, grados)	KNN	NAIVE BAYES	ARBOL DE DECISIÓN	SVM	CNN YOLO 94%
1,0°	92.90%	91.61%	93.19%	93.25%	50 Épocas 87%
1,45°	90.32%	88.38%	93.12%	67.39%	
1,90°	92.90%	91.61%	93.77%	67.39%	
1,135°	92.25%	90.96%	92.83%	68.58%	
2,0°	89.03%	87.09%	91.61%	67.39%	
2,45°	93.54%	88.38%	92.90%	67.39%	
2,90°	90.96%	91.61%	92.83%	67.39%	100 Épocas 88.5%
2,135°	90.32%	90.96%	91.83%	68.58%	
3,0°	90.96%	83.87%	90.96%	67.39%	
3,45°	92.25%	84.51%	90.32%	67.39%	
3,90°	89.67%	88.38%	93.77%	67.39%	150 Épocas 94%
3,135°	91.61%	89.03%	92.54%	67.39%	
4,0°	92.25%	83.22%	90.32%	67.39%	
4,45°	90.96%	82.58%	92.50%	67.39%	
4,90°	90.96%	88.38%	93.19%	67.39%	250 Épocas 85%
4,135°	91.61%	85.80%	93.50%	67.39%	
5,0°	92.25%	80.64%	90.96%	67.39%	
5,45°	90.32%	78.70%	92.58%	67.39%	
5,90°	93.19%	87.09%	93.04%	67.39%	
5,135°	93.19%	81.29%	93.41%	67.39%	

Recordemos que se usaron 920 imágenes donde los clasificadores de Naive Bayes, Arboles de Decisión, KNN y SVM se aplicó con 5 tipos de espaciado de píxeles y 4 grados de inclinación diferentes, por lo que se puede apreciar en la Tabla 1.

También el algoritmo de redes neuronales se sometió a pruebas en las cuales la que mejor resultados nos arrojó fue usando 150 épocas mostradas en la Figura 16.

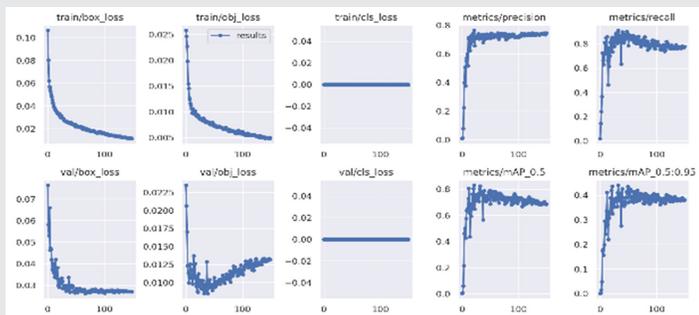


Figura 16. Resultados usando CNN (YOLOv5s) a 150 Épocas con 920 Imágenes redimensionadas a 640px por 480px. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Dados los resultados mostrados en las pruebas anteriores al aplicar distintos clasificadores y con ello logrando aprovechar al máximo las ventajas que cada uno nos ofrece, pudimos llegar a la conclusión de que es factible utilizar el algoritmo de YOLOv5 basado en Redes Neuronales Convolucionales para la detección de personas usando una cámara al interior de un vehículo tal como lo podemos ver en la Figura 17.



Figura 17. Resultados. Fuente: Elaboración propia.

Si bien es cierto la métrica de Recall nos arroja un 94%, eso no significa que siempre dará buenos resultados, puesto que aun el nivel de confianza del algoritmo se puede mejorar puesto que aún se encuentra alrededor del 82% hasta el momento, por este hecho, seguiremos trabajando en la mejora de dicha métrica, con el fin de obtener un nivel de confianza y predicción mayor, y con ello, poder migrar el uso del algoritmo implementándolo en un Raspberry o dispositivo móvil en investigaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Interpol, «Interpol.int.» [En línea]. Available: <https://www.interpol.int/es/Delitos/Delincuencia-relacionada-con-los-vehiculos>. [Último acceso: 01 07 2022].

[2] INEGI, «Encuesta Nacional de Victimización y percepción sobre seguridad pública 2021,» INEGI, Ciudad de México, 2021.

[3] S. E. d. S. N. d. s. Pública, «Incidencia delictiva del fuero común,» Ciudad de México, 2022.

[4] ESA, «Pixel Values,» [En línea]. Available: <https://www.esa.int/images/greylevel.gif>. [Último acceso: 24 08 2022].

[5] K. S. y. D. Robert M. Haralick, «Análisis de textura para la clasificación de imágenes,» IEEE, Kansas City, 1973.

[6] L. Salcedo, «pythondiario,» 31 01 2018. [En línea]. Available: <https://pythondiario.com/2018/01/intro->

ducción-al-machine-learning-9-k.html. [Último acceso: 24 08 2022].

[7] C. M. Luque, «Clasificadores bayesianos El algoritmo Naive Bayes,» p. 3, 2003.

[8] J. A. Rodrigo, «www.cienciadedatos.net,» 01 10 2020. [En línea]. Available: https://www.cienciadedatos.net/documentos/py07_árboles_decisión_python.html. [Último acceso: 15 07 2022].

[9] Platon, «<https://es.platodata.ai/>,» [En línea]. Available: <https://zephyrnet.com/es/fundamentos-de-cnn-en-aprendizaje-profundo/>. [Último acceso: 25 08 2022].

[10] G. Jocher, «YOLOv5,» 07 01 2020. [En línea]. Available: <https://docs.ultralytics.com/>. [Último acceso: 14 06 2022].

[11] AMIS, «Reporte anual Asociación Mexicana de Instruciones de Seguros,» Centro estadístico de sector asegurador, Ciudad de México, Tlacopac, Delegación Alvaro Obregón, 2022.

[12] concyteq, «<http://www.concyteq.edu.mx/>,» 01 06 2017. [En línea]. Available: <http://www.concyteq.edu.mx/concyteq/uploads/convocatoria/2017-11-10351.pdf>. [Último acceso: 07 07 2022].

[13] aprendeia, «aprendeia,» [En línea]. Available: <https://aprendeia.com/naive-bayes-teoria-machine-learning/>. [Último acceso: 24 08 2022].

[14] V. Escotto, «Espejos, faros y otras de las autopartes mas robadas en México,» businessinsider, 2021.

ANEXO

CARACTERÍSTICAS GLCM	
1.- Varianza: determina que tan dispersos están los datos con respecto a la media	$VAR = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (i - \mu)^2$
2.- Entropía: determina la cantidad de ruido o desorden de la información que se tiene por lo que a mayor entropía mayor es la complejidad para el algoritmo.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (-\ln P_{i,j})$
3.- Autocorrelación: nos permite analizar la relación espacio tiempo entre los elementos cercanos y los que están más alejados.	$I = \frac{n}{s} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2}$
4.- Correlación: muestra la dependencia lineal entre un valor no correlacionado 0 y un valor perfectamente relacionado 1.	$\frac{\sum_{i,j} (i - \mu_i)(j - \mu_j)p(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$
5.- Contraste: Se encarga de medir las variaciones locales conforme a los niveles de gris de la matriz de co-ocurrencia.	$\sum_{i,j} i - j ^2 p(i,j)$
6.- Energía: Provee la suma de cuadrados de los elementos en GLCM también se le conoce como segundo momento angular o uniformidad.	$\sum_{i,j} p(i,j)^2$
7.- Homogeneidad: Mide que tan cercanos están los elementos conforme a la diagonal GLCM	$\sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1 + i - j }$
8.- Desviación estándar: Determina la cantidad de variación o dispersión de los datos con respecto a la media	$standard\ deviation = \sqrt{\frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} (X(i) - \bar{X})^2}$
9.-ASM o uniformidad: Es la probabilidad en la que aparecen los niveles de gris para una distancia y dirección.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j}^2$
10.- Disimilitud: Determina la falta de relación entre pixeles	$dissimilarity = \sum_{i=1}^{N_p} \sum_{j=1}^{N_p} i - j p(i,j)$
11.- Media: Determina la intensidad promedio de los niveles de gris.	$mean = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} X(i)$



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Sistema integral de realidad aumentada para la prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños

RESUMEN: México ocupa el primer lugar en obesidad infantil, siendo un problema de salud pública, debido a su magnitud y trascendencia los niños obesos tienen más probabilidades de desarrollar una serie de problemas de salud en la edad adulta. Por lo anterior, el objetivo de este artículo es desarrollar y evaluar un sistema integral de realidad aumentada para la prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños mediante Unity y Vuforia. Para lograr el objetivo, primero se obtuvieron los requerimientos basándose en la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2017 para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad, así como en encuestas y entrevistas con personal médico y administrativo del sector salud, con niños y padres de familia. Posteriormente, se diseñó y desarrolló una base de datos con información de salud de niños, la aplicación móvil de realidad aumentada y un sitio web como complemento. Finalmente, se realizó la evaluación del sitio web con médicos y de la aplicación móvil de realidad aumentada con médicos, niños y padres de familia, en donde se obtuvieron resultados favorables de utilidad, de facilidad de uso e intención de uso.

PALABRAS CLAVE: aplicación móvil, expediente médico personal, obesidad y sobrepeso, realidad aumentada, sistema integral, tecnología móvil.



Colaboración

José Alfonso Gómez Sánchez; Selene García Nieves; José Eduardo Gerónimo Castro, Tecnológico Nacional de México / ITS de Las Choapas; Carlos Rubén Mota Pino, Tecnológico Nacional de México / ITS de Progreso

Fecha de recepción: 31 de agosto del 2022

Fecha de aceptación: 02 de mayo del 2023

ABSTRACT: Mexico occupies the first place in childhood obesity, being a public health problem, due to its magnitude and importance obese children are more likely to develop a series of health problems in adulthood. Therefore, the objective of this article is to develop and evaluate a comprehensive augmented reality system for the prevention and control of obesity and overweight in children through Unity and Vuforia. To achieve the objective, the requirements were first obtained based on the Official Mexican Standard NOM-008-SSA3-2017 for the comprehensive treatment of overweight and obesity, as well as surveys and interviews with medical and administrative personnel of the health sector, with children and parents. Subsequently, a database with children's health information, the augmented reality mobile application and a website as a complement were designed and developed. Finally, the evaluation of the website with doctors and the augmented reality mobile application with doctors, children and parents was carried out, where favorable results of utility, ease of use and intention to use were obtained.

KEYWORDS: mobile application, personal medical record, obesity and overweight, augmented reality, comprehensive system, mobile technology.

INTRODUCCIÓN

Los niños representan el futuro, y su crecimiento y desarrollo saludable deben ser una de las máximas prioridades para todas las sociedades. Los niños y los recién nacidos en particular son

especialmente vulnerables frente a la malnutrición y enfermedades infecciosas, que son prevenibles o tratables en su mayoría [1].

México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil, y el segundo en obesidad en adultos, precedido sólo por los Estados Unidos. Problema que está presente no sólo en la infancia y la adolescencia, sino también en población en edad preescolar [2].

Los niños obesos tienen más probabilidades de desarrollar una serie de problemas de salud en la edad adulta [3, 4]. Entre ellos:

- Cardiopatías; Resistencia a la insulina (con frecuencia es un signo temprano de diabetes inminente); Trastornos osteomusculares (especialmente artrosis, una enfermedad degenerativa muy discapacitante que afecta las articulaciones);
- Algunos tipos de cáncer (endometrio, mama y colon); Discapacidad;
- Hipertensión arterial; Diabetes mellitus tipo 2.
- Enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares; Algunas neoplasias en mama, endometrio, colon y próstata.

Se realizó una búsqueda científica para identificar qué trabajos relacionados contribuyen con la problemática de obesidad y sobrepeso en niños, destacándose las siguientes investigaciones:

Diseño de un sistema de realidad aumentada para la prevención de obesidad en niños: por medio de un sistema de salud móvil orientado a niños que permita interactuar con su smartphone o tablet, brindándoles así información acerca de los alimentos utilizando RA [5].

Nuevas metodologías educativas para combatir la inactividad física. La tecnología al servicio de la educación: Muestra las diferentes modalidades de los ex y su relación con el incremento de los niveles de condición física y mejorarlas. Los Exergames hacen referencia a un formato de videojuego que combina la Actividad Física (AF) y el juego, interpretando los movimientos corporales generando una conexión motriz entre el jugador y el dispositivo [6].

Los exergames como alternativa para la gamificación de las actividades curriculares de los nativos digitales: los exergames educativos combinan elementos de aprendizaje basados en juegos (juegos cognitivamente desafiantes) y exergames (juegos físicamente desafiantes) [7].

Un Framework para la Rehabilitación Física en Miembros Superiores con Realidad Virtual: en un videojuego se plantean distintas metas a cumplir, las cuales dan una retroalimentación al usuario de estar realizando un movimiento de forma correcta o no [8].

Programa de entrenamiento escolar gamificado para fomentar la actividad física saludable a través de una metodología innovadora de realidad aumentada: Es una propuesta de una unidad didáctica (UD) 4.0 a través de un programa de ejercicios para mejorar la salud donde se explican las diferentes formas de trabajar las Cualidades Física Básicas (CFB), que tendrá como componente innovador la gamificación a través de aplicaciones de Realidad Aumentada (RA) [9].

Se analizaron los trabajos relacionados y se determinó que no existe un sistema integral de realidad aumentada como herramienta de apoyo en la prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños. Es importante mencionar que la realidad aumentada (RA) consiste en sobreponer objetos o animaciones generadas por computadora sobre la imagen en tiempo real que recoge una cámara web. De esta manera podemos "aumentar" en la pantalla, la realidad que mira la cámara con los elementos de una realidad virtual "Es el entorno real mezclado con lo virtual".

A diferencia de la realidad virtual, la RA es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno aumentado con información generada por una computadora [10].

Por lo anterior el objetivo de este artículo es "Desarrollar y evaluar un sistema integral de realidad aumentada para la prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños mediante Unity y Vuforia".

El sistema integral cuenta con una aplicación móvil como elemento principal y un sitio web como complemento. Las funciones principales de la aplicación móvil es mostrar en realidad aumentada la clasificación de alimentos de acuerdo con el plato del bien comer, mostrar rutinas de ejercicios, dietas, la administración del expediente incluyendo notas de salud, con acceso por parte de 2 tipos de usuarios: médico y paciente; por otra parte, el sitio web es un complemento del proyecto cuya función principal es que el médico pueda administrar el expediente de salud de los niños.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología y modelo de desarrollo

Para el desarrollo de este proyecto se empleó la metodología de IBM, Rational Unified Process (RUP) y el modelo de desarrollo iterativo. RUP es un desarrollo de sistema prescriptivo y bien definido proceso, a menudo utilizado para desarrollar sistemas basados en tecnologías basadas en objetos y/o componentes. Es basado en principios sólidos de ingeniería de software, como adoptar un enfoque interactivo, orientado a los requisitos y centrado en la arquitectura para el desarrollo de software [11].

El modelo de proceso incremental se centra en que en cada incremento se entrega un producto que ya opera.

Los primeros incrementos son versiones desnudas del producto final, pero proporcionan capacidad que sirve al usuario y también le dan una plataforma de evaluación. El desarrollo incremental es útil en particular cuando no se dispone de personal para la implementación completa del proyecto en el plazo establecido por el negocio [12].

Obtención de los requerimientos

El primer elemento que se tomó en cuenta para obtener los requerimientos fueron la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2017 para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad [4], así como la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012, del expediente clínico [13]. El segundo elemento que se tomó en cuenta fueron encuestas y entrevistas que se realizaron con personal médico y administrativo del sector salud, así como con niños y padres de familia.

Los requerimientos de la aplicación se plasmaron en un formato del estándar IEEE 830 de especificación de requerimientos de software, el estándar IEEE 830 sugiere una serie de puntos a tener en cuenta para realizar un documento de requerimientos de software. Esta documentación consta de: Introducción, Descripción General y Requisitos específicos [14].

Análisis de la información

De acuerdo con los requerimientos recopilados se procedió a realizar un análisis de la información y se concluyó que el sistema integral debía contener lo siguiente:

- Una base de datos del expediente clínico de los niños.
- El plato del bien comer con realidad aumentada en donde se visualizan los tres grupos de alimentos (frutas y verduras, cereales y leguminosas y alimentos de origen animal).
- Rutinas de ejercicios enfocadas a niños.
- Recomendaciones para la buena alimentación del niño.
- Control del peso y administración de la información de salud de los niños.
- Existirán 2 tipos de usuario para la aplicación móvil: médico y paciente.
- El médico podrá: administrar información personal de nuevos niños, administrar el expediente completo del niño, capturar datos durante una consulta subsecuente de un niño, ver notas capturadas por un niño o por algún familiar en su diario de salud.
- El usuario paciente podrá: visualizar sus tratamientos médicos emitidos por el médico durante una consulta, visualizar su expediente completo, el paciente no podrá modificar la información de su expediente, pero sí podrá agregar notas de salud. Las notas de salud capturadas por el paciente pueden ser visualizadas por su médico en tiempo real.

Diseño de la arquitectura

El siguiente paso fue el diseño de una arquitectura tecnológica mediante un diagrama de componentes UML, se realizó en el software StarUML (Figura 1).

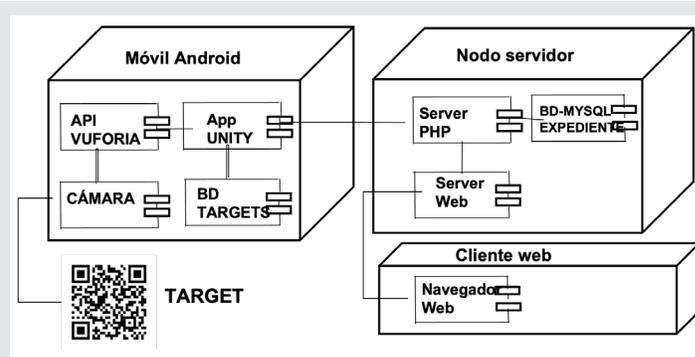


Figura 1. Arquitectura tecnológica del sistema.

Los componentes de la arquitectura son los siguientes:

Móvil Android: incluye una aplicación móvil desarrollada en Unity para dispositivos Android, debe contener el API de Vuforia y una base de datos de Targets.

Nodo servidor: se encuentra el servidor web Apache y el servidor PHP, así mismo la base de datos MySQL.

Cliente web: se encuentra el navegador para el acceso a la administración del expediente por parte del médico.

Desarrollo del sistema integral

Diseño de la base de datos de salud: se creó una base de datos del expediente médico personal de los niños en el Sistema Gestor de Base de Datos MySQL, utilizando PHPmyAdmin.

Diseño de la base de datos de Targets: se creó una base de datos de targets en Vuforia, como elementos "singles".

Desarrollo de la aplicación de Realidad Aumentada: esta aplicación se desarrolló utilizando el entorno de desarrollo Unity. En las figuras 2 a 7 se presentan algunas de las pantallas más representativas de la aplicación móvil de RA. En la Figura 2 se muestra el menú principal de la aplicación.



Figura 2. Menú principal de la aplicación de RA.

Si el usuario elige “el plato del bien comer”, en la Figura 3 se muestra que puede elegir verduras y frutas, leguminosas o cereales.



Figura 3. Plato del bien comer.

En la Figura 4 se muestra la pantalla cuando el usuario seleccionó frutas, se presenta un target al dispositivo móvil y se observa como aparece una manzana en RA encima del target.



Figura 4. Presentación en RA aumentada.

En la Figura 5 se muestran las propiedades de las frutas, para el ejemplo presentado, se muestra la información de una manzana.



Figura 5. Propiedades de una manzana.

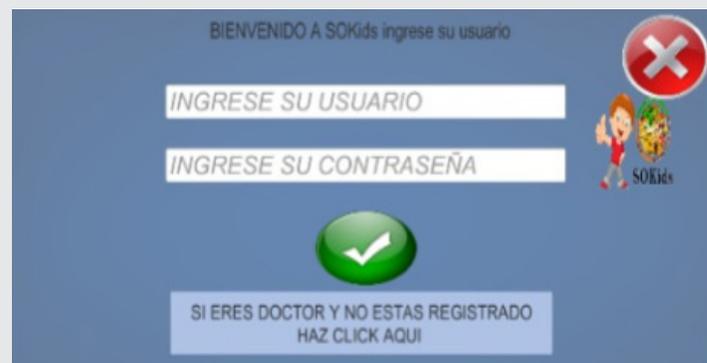


Figura 6. Inicio de sesión.

En la Figura 7 se muestran las opciones que tiene un médico para cada paciente.

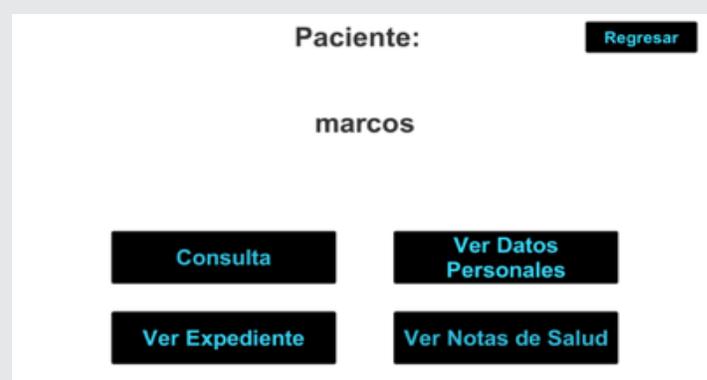


Figura 7. Monitoreo desde la aplicación móvil.

Desarrollo del sitio web: como complemento, se desarrolló un sitio web para la administración del expediente utilizando el Framework Codelgniter, esta administración solo puede ser realizada por el médico. El médico puede realizar el registro de un paciente, de una consulta subsecuente, ver los datos personales, administrar el expediente y ver las notas de salud de los pacientes. En la Figura 8 se muestran las opciones con que cuenta un médico para cada paciente en el sitio web.



Figura 8. Pantalla principal del sitio web.

En la Figura 6 se muestra la pantalla de inicio de sesión para la administración de salud de los niños.

En la Figura 9 se muestra la pantalla del registro de un paciente.



Figura 9. Registro de un paciente.

Evaluación del sistema integral

Posteriormente, se realizó un experimento de evaluación para conocer las percepciones de la aplicación móvil y el sitio web en base a los factores de utilidad, facilidad de uso e intención de uso.

Para la evaluación, se trabajó con una institución de salud que atiende alrededor de 100 niños con seguimiento de obesidad y sobrepeso, con 2 médicos atendiendo. Se tomó como muestra a 10 niños y los 2 médicos que atienden a los niños.

Primeramente, se les proporcionó una capacitación sobre el uso de la aplicación móvil de realidad aumentada, a los médicos también se les capacitó sobre el uso del sitio web.

Posteriormente, se inició con las siguientes actividades:

- Cada médico registró a 5 niños en la base de datos del sistema.
- Los médicos registraron 3 consultas de salud por niño (una cada 15 días).
- Los niños y familiares visualizaron el plato del buen comer, las rutinas de ejercicios y en la sección de extras, jugaron un puzzle, además visualizaron el expediente médico y realizaron 1 nota de salud entre consultas.
- El médico visualizó la nota de salud realizada por los niños o sus familiares.

Al finalizar las actividades se aplicó una encuesta evaluativa de la aplicación a cada participante, con una duración aproximada de 15 minutos. Las respuestas de cada una de las preguntas se realizaron con una escala Likert de 5 niveles (completamente de acuerdo, de acuerdo, neutral, en desacuerdo, completamente en desacuerdo), se eligió la escala Likert por ser una de las herramientas más utilizadas por los investigadores cuando desean evaluar las opiniones y actitudes de una población o muestra seleccionada.

RESULTADOS

Los resultados de las encuestas se capturaron en el software estadístico SPSS. A continuación, se presen-

tan los resultados de cada factor evaluado por cada uno de los participantes en la evaluación.

Resultados por parte de los médicos

En la Figura 10 se presenta el gráfico de la evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada realizada por los 2 médicos participantes en el experimento, para el factor de utilidad se obtuvo un promedio de 4.57, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de 4.79 y para el factor de intención de uso se obtuvo un promedio de 4.50, los cuales hacen referencia a que se encuentran en el rango de 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo), con desviaciones estándares pequeñas respecto al promedio, por lo cual podría decirse que de manera general los médicos consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar la aplicación como herramienta de apoyo para el control y seguimiento de niños con obesidad y sobrepeso. Es importante mencionar que los médicos comentaron que la aplicación es excelente para visualizar en realidad aumentada distintos elementos que provee la aplicación, sin embargo, para administrar la información de salud de los niños consideran que es más complejo desde la aplicación, por lo cual como complemento para administrar la información de salud de los niños se desarrolló un sitio web.

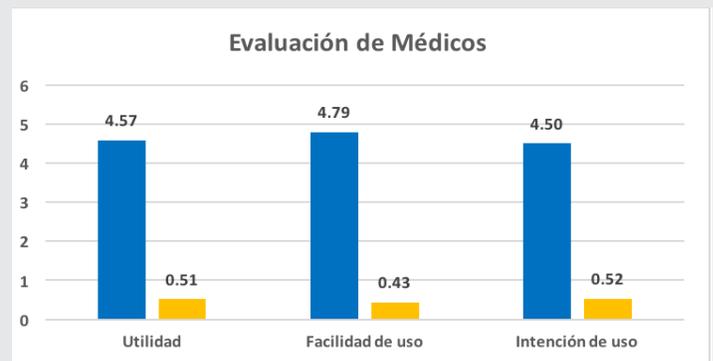


Figura 10. Estadísticos de evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada por parte de los médicos.

Derivado de los comentarios de los médicos, como complemento se desarrolló un sitio web para la administración de salud de los niños. En la Figura 11 se muestran los resultados, para el factor de utilidad e intención de uso se obtuvo un promedio de 5, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de 4.93, con desviaciones estándares nulas o pequeñas respecto al promedio, por lo cual podría decirse que de manera general los médicos consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar el sitio web como herramienta de apoyo de la administración de salud de los niños.

Resultados por parte de los niños

En la Figura 12 se presenta el gráfico de la evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada realizada por los 10 niños participantes en el experimento, para el factor de utilidad se obtuvo un promedio de 4.88, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de

4.93 y para el factor de intención de uso se obtuvo un promedio de 5, los cuales hacen referencia a que se encuentran en el rango de 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo), con desviaciones estándares pequeñas respecto al promedio, por lo cual podría decirse que de manera general los niños consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar la aplicación de RA. En entrevistas con los niños, resaltaron lo llamativo de aprender sobre los alimentos con RA.

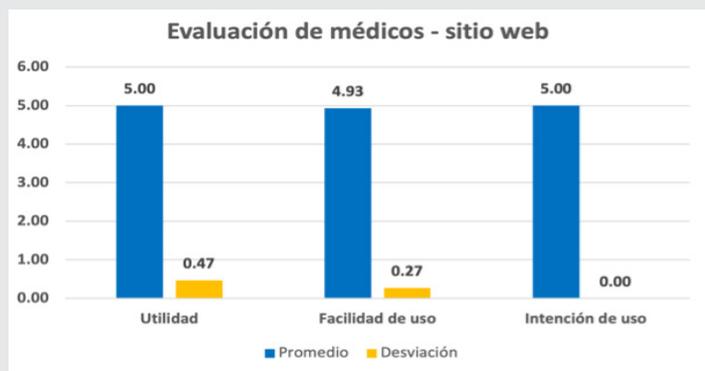


Figura 11. Estadísticos de evaluación al sitio web por parte de los médicos.

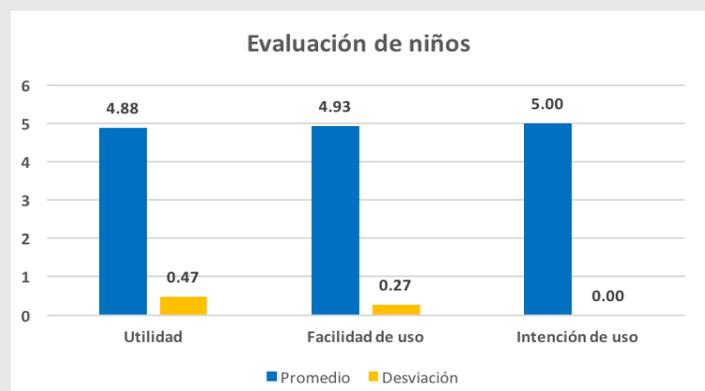


Figura 12. Estadísticos de evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada por parte de los niños.

Resultados por parte de los padres

En la Figura 13 se presenta el gráfico de la evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada realizada por los 10 padres de familia o tutores de los niños participantes, para el factor de utilidad se obtuvo un promedio de 4.93, para el factor de facilidad de uso se obtuvo un promedio de 4.93 y para el factor de intención de uso se obtuvo un promedio de 4.86, los cuales hacen referencia a que se encuentran en el rango de 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo), con desviaciones estándares pequeñas respecto al promedio, por lo cual podría decirse que de manera general los niños consideran útil, fácil de usar y tienen la intención de usar la aplicación de RA. De acuerdo con entrevistas con los padres o tutores consideraron que la aplicación motiva a los niños a interesarse en su salud, así mismo mencionaron la importancia de contar con un diario de salud que registre los comentarios de salud o dudas que tienen entre consultas.

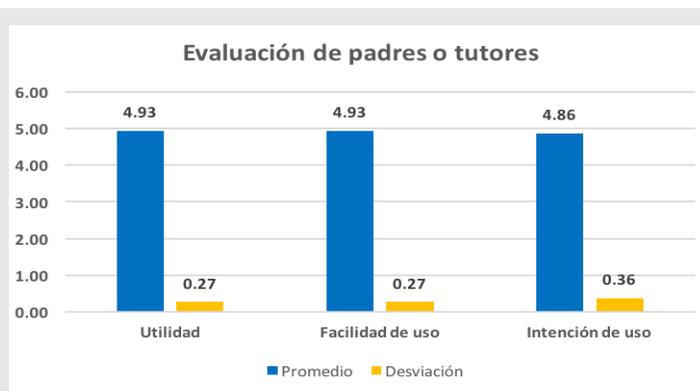


Figura 13. Estadísticos de evaluación a la aplicación móvil de realidad aumentada por parte de los padres o tutores.

CONCLUSIONES

Se desarrolló y evaluó una aplicación móvil de realidad aumentada para el control y seguimiento de niños con obesidad y sobrepeso utilizando Unity, Vuforia y una base de datos de información de salud de los niños, así mismo, como complemento se desarrolló y evaluó un sitio web para que los médicos administren el expediente de salud de los niños. De acuerdo con la evaluación en cuanto a los factores de utilidad, facilidad de uso e intención de uso, los resultados fueron alentadores por lo que podría decirse que el sistema integral puede contribuir como herramienta de apoyo en el control y seguimiento de niños con obesidad y sobrepeso, además que de acuerdo con comentarios de los padres, los niños que no tienen obesidad y sobrepeso les puede resultar atractivo cuidar su salud para prevenir dicha enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero para la realización del proyecto "Sistema Integral de Realidad Aumentada para prevención y control de obesidad y sobrepeso en niños", con clave 5892.19-P, del cual deriva este artículo. Se agradece también al Tecnológico Nacional de México / ITS de Las Choapas por las facilidades para desarrollar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS3. (2019). *Salud del niño*. Consultado el 07 de enero de 2019, de https://www.who.int/topics/child_health/es/
- [2] Unicef. (2019). *La agenda de la infancia y la adolescencia 2019-2024*. Consultado el 12 de febrero de 2019, de [https://www.unicef.org/mexico/spanish/DT_PROCESO_ELECTORAL\(1\).pdf](https://www.unicef.org/mexico/spanish/DT_PROCESO_ELECTORAL(1).pdf)
- [3] OMS4. (2019). *Comisión para acabar con la obesidad infantil*. Consultado el 07 de enero de 2019, de: <https://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/es/>

[4] NOM008. (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SSA3-2017, Para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad. Ciudad de México: Diario Oficial de La Federación. Consultado el 12 de febrero de 2019, de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5523105&fecha=18/05/2018.

[5] Gómez-Soto, O. N.; Vázquez-Briseño, M y Tenori-Espinosa, M.E. (2015). Diseño de un sistema de realidad aumentada para la prevención de obesidad en niños. México.

[6] López-Serrano, S. (2018). Nuevas metodologías educativas para combatir la inactividad física. La tecnología al servicio de la educación. *Infad Revista de Psicología*, 55-60.

[7] Juca-Maldonado, F. (2018) Los exergames como alternativa para la gamificación de las actividades curriculares de los nativos digitales. *Ciencia, Técnica y Mainstreaming Social*, [S.l.], n. 2, p. 149-156.

[8] Moreno, F.; Ojeda, J.; Ramírez, E. y Mena, C. (2013). Un Framework para la Rehabilitación Física en Miembros Superiores con Realidad Virtual. Club Puerto Azul, Naiguatá, Venezuela.

[9] Morente-Oria, H.; Romance-García, A.R.; Gil-Espinosa, F.J. y Benítez-Porres, J (2018). Programa de entrenamiento escolar gamificado para fomentar la actividad física saludable a través de una metodología innovadora de realidad aumentada (RA). *TRANCES: Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*, 475-486.

[10] CeDiCyT. (2018). ¿Qué es la realidad Aumentada? *Conversus*, <http://www.cedicyt.ipn.mx/RevConversus/Paginas/RealidadAumentada.aspx>.

[11] Kruchten, P. (2004). *The Rational Unified Process An Introduction*. Boston, MA: Pearson Education, Inc.

[12] Pressman R. (2010). *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. México: Mc Graw Hill. pp. 35-36.

[13] NOM004. (2012). NOM-004-SSA3-2012, del expediente clínico. Consultado el 15 de febrero de 2019, de http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5272787.

[14] Talledo, J. (2015). *Implantación de aplicaciones web en entorno internet, intranet y extranet MF0493_3*. España: Paraninfo. pp. 191-192.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Theoretical and experimental analysis of the ankle strategy for the balance of humanoid robots with actuators in voltage mode

RESUMEN: Este artículo describe un análisis teórico y experimental relacionado con el balance dinámico de un robot humanoide bajo la estrategia tobillo. Este balance dinámico, que corresponde con mantener el robot en una pose erguida, es fundamental para su propio movimiento y sus aplicaciones. De esta forma, utilizando la estrategia tobillo, se propone el diseño de dos controladores de pose: uno en coordenadas articulares y otro en coordenadas operacionales. En ambos casos se considera la inclusión de un observador de perturbaciones para compensar los efectos de cargas externas constantes o impulsivas sobre el robot. El análisis se formaliza sobre un robot simplificado que básicamente consiste en un péndulo invertido con un motor de corriente directa (CD) como su actuador. Este actuador es acoplado al péndulo sin reducción de engranajes. A modo de tutorial se detalla el modelo dinámico de este sistema robótico, donde se considera como entrada de control el voltaje de armadura del motor. Adicionalmente, se ha diseñado un medidor de Punto de Momento Cero (ZMP por sus siglas en inglés) basado en 4 celdas de carga con galgas extensiométricas para incluir, en el análisis, las diferencias entre la medida calculada y la experimental de esta variable ZMP tan importante para el balance del robot.

PALABRAS CLAVE: Control dinámico de pose, robots humanoides, estrategia tobillo, observador de perturbaciones, validación experimental.



Colaboración

E. Bugarin; Ana Y. Aguilar-Bustos; Juan Antonio Rojas-Quintero; Eduardo Rodríguez-Orozco, Tecnológico Nacional de México / IT de Ensenada

Fecha de recepción: 12 de enero del 2021
Fecha de aceptación: 13 de mayo del 2023

ABSTRACT: This paper describes a theoretical and experimental analysis related to the dynamic balance of a humanoid robot under the ankle strategy. This dynamic balance, which corresponds to maintain the robot in an upright pose, is fundamental for its own motion and its applications. In this way, using the ankle strategy, the design of two pose controllers are proposed: one in joint coordinates and the other one in operational coordinates. In both cases the inclusion of a disturbance observer is considered to compensate the effects of constant or impulsive external loads on the robot. The analysis is formalized on a simplified robot that basically consists of an inverted pendulum with a direct current (DC) motor as its actuator. This actuator is coupled to the pendulum without gears reduction. As a tutorial the dynamic model of this robotic system is detailed, where the armature voltage of the motor is considered as the control input. Additionally, a Zero Moment Point (ZMP) meter has been designed based on 4 load cells with strain gauges in order to include, in the analysis, the differences between the computed and the experimental measure of this ZMP variable so important for the robot balance.

KEYWORDS: Dynamic pose control, humanoid robots, ankle strategy, disturbance observer, experimental validation.

INTRODUCCIÓN

Within the Humanoid Robotics field, a wide variety of applications evidently require to have solved the problem of bipedal locomotion.

tion. This problem includes that the robot achieves their movements maintaining an upright pose (or standing pose) without falling (even if there are disturbances in its path, like irregularities on the floor or external forces and torques). In order to solve this balance problem, numerous works [1-3] have used the criterion of the Zero Moment Point (ZMP); which was introduced by Vukobratovic in 1972 [4]. Basically, the ZMP is a measure to judge whether a full contact between the foot (or feet) of an upright or standing robot and the ground is maintained and it is defined as the point where the resultant reaction forces R of the floor acts (see Figure 1).

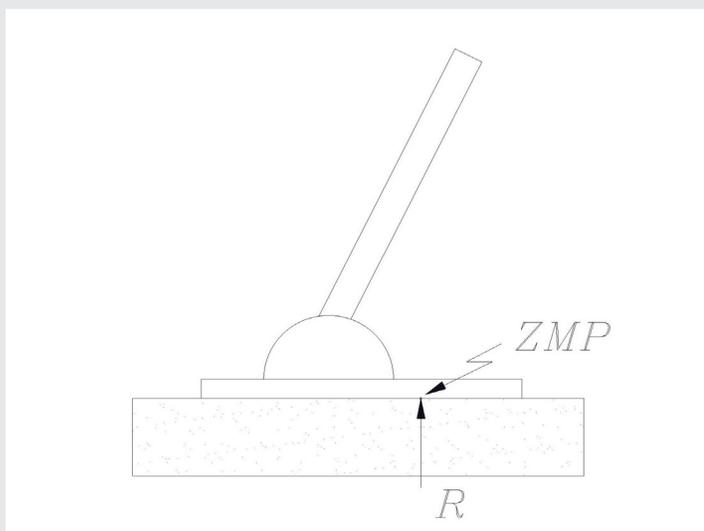


Figure 1. ZMP definition.

Fuente: Elaboración propia.

Bipedal locomotion consists of two phases: single support and double support [5]. The single support phase is when only one foot is in contact with the floor or ground and the double support phase is when both feet are in contact with the ground. Another very important concept in this scheme is the support polygon, since the ZMP only exists within it. The support polygon is defined as the region that would form if all the contact points of the robot with the ground were enclosed by means of a fully stretched elastic cord [6]. In the case of the single support phase, the support polygon is the contact area of the robot foot with the floor or ground.

Another criterion that can be used as a tool to evaluate the pose balance in robots with legs, and specifically in humanoid robots, is the Foot Rotation Indicator (FRI) point [7]; which is defined as the point on the contact surface between the foot (or feet) and the floor, inside or outside of the support polygon, where the resulting moment of the force/torque applied to the foot (or feet) is normal to this surface. The FRI can leave the support polygon, contrary to the ZMP that only exists within it. If the FRI point is within the support polygon then it is equal to the ZMP. When the FRI point is outside of the support polygon there will be rotation around the edges of the foot (or feet) of the robot and the further away

from the foot (or feet), the greater the rotation and the imbalance.

On the other hand, the "computed ZMP" is defined in the same way as the ZMP but considering that the foot or the feet are stuck or tied to the ground. In this way the "computed ZMP" could be found outside the support polygon [6].

Now, basically three strategies in the pose balance of a humanoid robots can be distinguished [8-12]: Ankle, Hip and Step. As their own names indicate, in the first and second strategy the entire robot must be considered rigid and its upright pose is only preserved by movements in the ankle or hip joint, respectively; while in the third strategy the robot takes a step to balance itself. As it is noticed, in the Step strategy greater unbalancing forces or torques are supported, while the Ankle strategy is the one that supports a smaller amount of them. Studies in Biomechanics and Rehabilitation show that these three strategies are what the human body effectively uses to maintain its upright pose.

In this work, it is addressed the dynamic balance of a humanoid robot under the ankle strategy. And, as a tutorial, it is detailed the dynamic modelling of the robotic system in this strategy considering a direct current (DC) motor as the actuator and its armature voltage as the control input of the system. The vast majority of related papers analyze this ankle strategy in torque mode or in position mode. Also, two pose controllers are designed in voltage mode, one in joint coordinates and the other one in operational coordinates. Another consideration of this work is the proposal of the inclusion, in both controllers, of a disturbance observer to compensate the effects of external loads on the robot (constant or impulsive). The analysis is detailed both in theoretical and experimental form, adding comparisons between the results of a ZMP meter, designed ad hoc for such situation, and the computed ZMP. It is important to note that, in the analysis, it will be assumed that the friction between the feet and the ground is sufficient to do not produce slip between them.

Modelling of the robotic system

In the study of the ankle strategy for the balance of a humanoid robot, the robotic system is simplified to an inverted pendulum; as can be seen in Figure 2. In this way, in our case, the system is basically composed of a direct current motor and a pendulum directly attached (without reduction of gears) to its axis. Consequently, the system can be separated into two free bodies (see Figure 3): (a) the feet (the motor stator and its base) and (b) the legs and body of the robot (the motor rotor and the pendulum). Its parameters are described in Table 1.

The schemes in Figures 2 and 3 show how different coordinate frames were placed in the system: Σ_0 (the plain $x_0 - y_0$) is the inertial frame, Σ_1 (the plain $x_1 - y_1$) is the

frame of the feet and Σ_2 (the plain $x_2 - y_2$) is the frame of the legs and the body of the robot. The corresponding rotation matrices between this coordinate frames are:

$$R_1^0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad R_2^1 = \begin{bmatrix} \cos(q) & -\sin(q) & 0 \\ \sin(q) & \cos(q) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

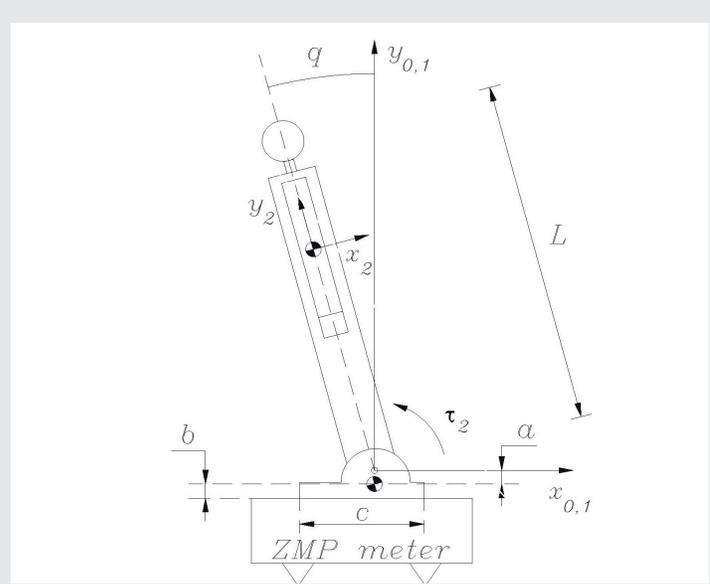


Figure 2. Robotic system scheme.
Fuente: Elaboración propia.

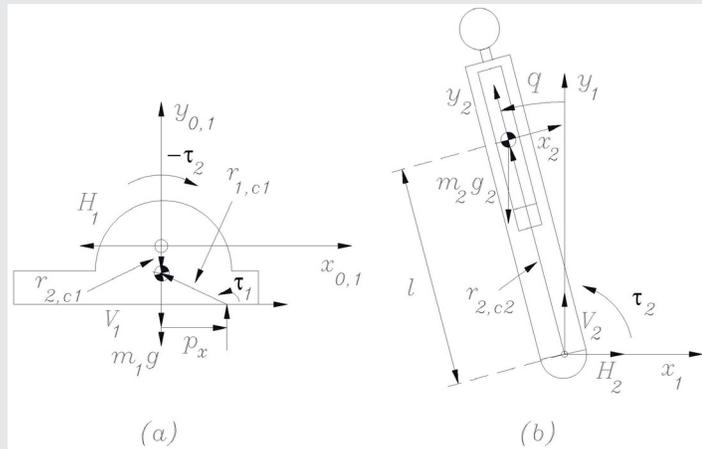


Figure 3. (a) Free body diagram of the feet, (b) free body diagram of the legs and body of the robot.

Mechanical subsystem

As a tutorial, in this subsection it is obtained the dynamic model of the mechanical subsystem just described, following the Newton-Euler recursive method [13]. In this way, knowing that we have two rigid bodies: $n=2$.

Now, to find the velocities and accelerations of each rigid body of the system, it must be solved recursively forward, in this case for $i=1,2$. First, it is started from the initial conditions ($i = 0$)

Table 1. Parameters of the robotic system

Parameter	Description	Value	Unit
m_1	Mass of the feet (motor stator and base)	0.26	kg
m_2	Mass of the legs and robot body (motor rotor and pendulum)	0.02066	kg
I_{zz}	Inertia moment with respect to the body 2 axis of rotation	3.326×10^{-4}	kgm^2
g	Acceleration due to gravity	9.81	m/s^2
l	Distance (along y_2) from the origin of Σ_1 to the center of mass of the legs and body of the robot	0.12	m
L	Robot height (from Σ_1 origin to head center)	0.205	m
a	Vertical distance from the origin of Σ_1 to the feet mass center	0.005	m
b	Vertical distance between the feet center of mass and the contact of the feet with the ground	0.02	m
c	Base or feet long	0.037	m
R_a	Armature resistance	14.7	Ω
k_a	Motor-torque constant	0.037	Nm/A
k_b	Electromotive force constant	0.037	Vs/rad
f_c	Coulomb friction coefficient	0.0024	Nm
f_v	Viscous friction coefficient	1×10^{-6}	Ns

$$\omega_0 = 0, \alpha_0 = 0, a_{c,0} = 0 \text{ and } a_{e,0} = 0$$

where ω_i and α_i are the angular velocity and acceleration of the body i expressed in Σ_i , respectively; and $a_{c,i}$ and $a_{e,i}$ are the acceleration of the mass center and the end of the body i expressed in Σ_i , respectively.

For $i=1$:

$$\omega_1 = 0, \alpha_1 = 0, a_{c,1} = 0, a_{e,1} = 0;$$

that is, it is considered that the feet do not move.

And for $i=2$, clearly

$$\omega_2 = [0 \quad 0 \quad \dot{q}]^T \text{ and } \alpha_2 = [0 \quad 0 \quad \ddot{q}]^T;$$

with q , \dot{q} and \ddot{q} the angular position, velocity and acceleration of the pendulum (or legs and body of the robot), respectively; while (see [13])

$$a_{c,2} = (R_2^1)^T a_{e,1} + \dot{\omega}_2 \times r_{2,c2} + \omega_2 \times (\omega_2 \times r_{2,c2})$$

where $r_{2,c2} = [0 \quad l \quad 0]^T$ is the position vector from the rotation axis of body 2 (or body i in the generic case, see Figure 3) to its center of mass (of course, in the equation $\dot{\omega}=\alpha$). Therefore, after simplifying

$$a_{c,2} = \begin{bmatrix} -l\ddot{q} \\ -l\dot{q}^2 \end{bmatrix}.$$

For this case it is no longer necessary to find $a_{c,2}$

Then, with backward recursion, from $i=2$ to $i=1$, the system forces f_i and torques τ_i are obtained starting from the terminal conditions

$$f_{n+1} = 0 \text{ and } \tau_{n+1} = 0.$$

For $i=2$ (see Figure 3 and [13]):

$$f_2 = \begin{bmatrix} H_2 \\ V_2 \\ 0 \end{bmatrix} = R_3^2 f_3 + m_2 a_{c,2} - m_2 g_2 \quad \text{Ec. (1)}$$

where $g_i = R_0^i g_0$ is the gravity acceleration vector expressed in frame i . Solving, we have that (with abuse of notation, without considering the third component)

$$f_2 = \begin{bmatrix} H_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_2 g \sin(q) - m_2 l \ddot{q} \\ m_2 g \cos(q) - m_2 l \dot{q}^2 \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (2)}$$

Now we calculate τ_2 in the following way (see [13]):

$$\tau_2 = R_3^2 \tau_3 - f_2 \times r_{2,c2} + (R_3^2 f_3) \times r_{3,c2} + I_2 \alpha_2 + \omega_2 \times (I_2 \omega_2)$$

where I_i is the body tensor of inertia with respect to a frame parallel to frame i whose origin is the center of mass of the body i . So, simplifying we can get

$$\tau_2 = (m_2 l^2 + I_{zz}) \ddot{q} - m_2 g l \sin(q), \quad \text{Ec. (3)}$$

which is expressed with respect to the axis of rotation (with abuse of notation) and where I_{zz} is the moment of inertia with respect to the rotation axis of body 2.

Observe that taking into account the generation of the torque τ_m of the direct current motor and possible disturbances τ_p

$$\tau_2 = \tau_m - f_m(\dot{q}) + \tau_p \quad \text{Ec. (4)}$$

where $f_m(\dot{q})$ is the friction in the ankle.

Finally, for $i=1$ (see Figure 3):

$$f_1 = \begin{bmatrix} R_H \\ R_V \\ 0 \end{bmatrix} = R_2^1 f_2 + m_1 a_{c,1} - m_1 g_1. \quad \text{Ec. (5)}$$

Which, after simplifying (and without writing the third component), results

$$f_1 = \begin{bmatrix} R_H \\ R_V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_2 l \sin(q) \dot{q}^2 - m_2 l \cos(q) \ddot{q} \\ (m_1 + m_2) g - m_2 l \sin(q) \dot{q} - m_2 l \cos(q) \dot{q}^2 \end{bmatrix}. \quad \text{Ec. (6)}$$

The torque τ_1 is obtained through

$$\tau_1 = R_2^1 \tau_2 - f_1 \times r_{1,c1} + (R_2^1 f_2) \times r_{2,c1} + I_1 \alpha_1 + \omega_1 \times (I_1 \omega_1) \quad \text{Ec. (7)}$$

which must be equal to zero. Therefore, the third component of (7) can be simplified to

$$0 = \tau_2 - R_H b - R_V p_x - R_H a \quad \text{Ec. (8)}$$

where p_x is the system's ZMP. Therefore, from (8) we can get

$$p_x = \frac{\tau_2 - R_H(a+b)}{R_V}. \quad \text{Ec. (9)}$$

Electric subsystem

To find the torque generated by the motor τ_m , in this subsection the electric subsystem equations will be developed assuming that the armature inductance $L_a \approx 0$; in this way, the armature voltage v of the motor is given by

$$v = R_a i_a + k_b \dot{q} \quad \text{Ec. (10)}$$

where i_a is the armature current (the description of all the electric system parameters can be reviewed in Table 1). The equation that relates the motor torque τ_m to the armature current i_a is

$$\tau_m = k_a i_a. \quad \text{Ec. (11)}$$

Full model

The full robotic system model is obtained using (3), (4), (10) and (11), which corresponds to

$$v = \frac{R_a}{k_a} [(m_2 l^2 + I_{zz}) \ddot{q} - m_2 g l \sin(q) + f_m(\dot{q}) - \tau_p] + k_b \dot{q}. \quad \text{Ec. (12)}$$

Pose controllers and disturbance observer

Controller in joint coordinates

Consider the robotic system (12), which can also be expressed through

$$\begin{aligned} I \ddot{q} - m_2 g l \sin(q) &= \tau_2 \\ &= \frac{k_a}{R_a} [v - k_b \dot{q}] - f_m(\dot{q}) + \tau_p \\ &= \frac{k_a}{R_a} [v - k_b \dot{q}] + \tau_{fp} \end{aligned} \quad \text{Ec. (13)}$$

where $I = m_2 l^2 + I_{zz}$ and $\tau_{fp} = -f_m \dot{q} + \tau_p$ (that is, both the friction and the disturbance are included in τ_{fp}). So that if

$$\frac{k_a}{R_a} [v - k_b \dot{q}] + m_2 g l \sin(q) = u \quad \text{Ec. (14)}$$

then (13) turns out

$$I \ddot{q} = u + \tau_{fp}, \quad \text{Ec. (15)}$$

with u the new control input.

Now, following the steps of [14], consider the next disturbance observer

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -k_{1z} \\ 1 & -k_{2z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -k_{1z} k_{2z} q \\ (k_{1z} - k_{2z}^2) q + \frac{u}{I} \end{bmatrix} \quad \text{Ec. (16)}$$

with arbitrary poles (but with negative real parts) α and β , such that $\alpha + \beta = -k_{2z}$ and $\alpha\beta = -k_{1z}$. Then, the perturbation τ_{fp} can be estimated by

$$\hat{\tau}_{fp} = I(k_{1z}q + z_1), \quad \text{Ec. (17)}$$

since (with initial conditions equal to zero and $L\{\cdot\}$ the LaPlace transform operator) from (15)

$$Is^2\mathcal{L}\{q\} = \mathcal{L}\{u\} - \mathcal{L}\{\tau_{fp}\},$$

from (16)

$$\mathcal{L}\{z_1\} = -\frac{(k_{1z}k_{2z}s + k_{1z}^2)\mathcal{L}\{q\} - \frac{k_{1z}}{I}\mathcal{L}\{u\}}{s^2 + k_{2z}s + k_{1z}},$$

and from (17)

$$\mathcal{L}\{\hat{\tau}_{fp}\} = I(k_{1z}\mathcal{L}\{q\} + \mathcal{L}\{z_1\}),$$

we can get the following

$$\frac{\mathcal{L}\{\hat{\tau}_{fp}\}}{\mathcal{L}\{\tau_{fp}\}} = \frac{k_{1z}}{s^2 + k_{2z}s + k_{1z}};$$

that is

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{\tau}_{fp}(t) = \tau_{fp} \quad \text{or} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \hat{\tau}_{fp}(t) = 0 \quad \text{Ec. (18)}$$

in face of constant and impulsive τ_{fp} , respectively (with exponential convergence).

Consider the pose control objective as

$$\lim_{t \rightarrow \infty} q(t) = 0. \quad \text{Ec. (19)}$$

In such a way that the designed controller corresponds to a proportional-derivative one, with the proposal of disturbance compensation, expressed by

$$u = -k_{p1}q - k_{v1}\dot{q} - \hat{\tau}_{fp}. \quad \text{Ec. (20)}$$

Observe that in closed loop, substituting (20) into (15), we have

$$I\ddot{q} + k_{v1}\dot{q} + k_{p1}q = \tau_{fp} - \hat{\tau}_{fp}$$

where the search is a tuning for k_{1z} and k_{2z} in (16) in such a way that (18) be satisfied sufficiently fast. So if $k_{p1}, k_{v1} > 0$ then the pose control objective (19) is guaranteed despite the constant or impulsive disturbances.

Controller based in operational coordinates

For this case, consider the following pose control objective

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_c(t) = 0 \quad \text{such that} \quad |q| < \frac{\pi}{2} \quad \text{Ec. (21)}$$

where $x_c = -I\sin(q)$ is the horizontal distance with respect to Σ_0 (that is, along x_0) of the robot body center of mass. For the design of the controller, it is desired that the dynamics of this center of mass, in closed loop, be

$$\ddot{x}_c + k_{v2}\dot{x}_c + k_{p2}x_c = 0 \quad \text{Ec. (22)}$$

with $k_{p2}, k_{v2} > 0$ to meet the pose control objective (21).

Notice that $\dot{x}_c = -I\cos q \dot{q}$ and that $\ddot{x}_c = I\sin q \dot{q}^2 - I\cos q \ddot{q}$, which by substituting them into (22) and using (15), we can get the following controller

$$u = I[(\dot{q}^2 - k_{p2})\tan(q) - k_{v2}\dot{q}] - \hat{\tau}_{fp} \quad \text{Ec. (23)}$$

as long as $|q| < \frac{\pi}{2}$

EXPERIMENTS

To show the effectiveness of the controllers (20)-(14) and (23)-(14) (note that the knowledge of the majority of the system parameters is needed, since the armature voltage v is actually our control input) with disturbance observer (16)-(17), in this section some experiments are detailed under constant and impulsive disturbances (see Figure 4).

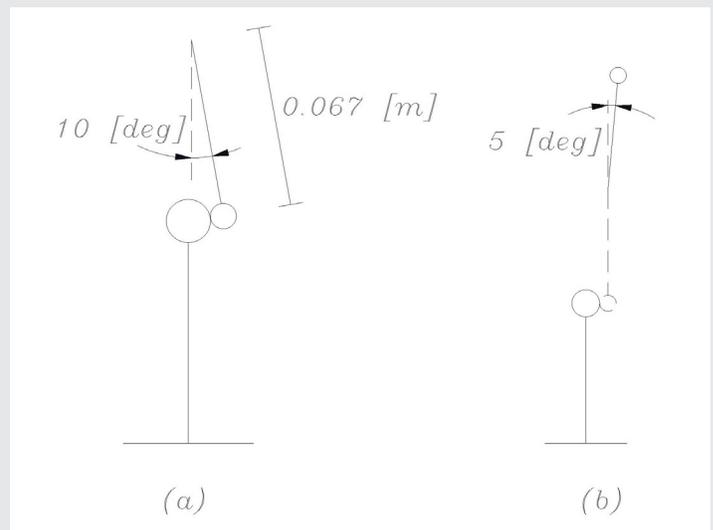


Figure 4. Arrangement for (a) constant disturbances and (b) impulsive disturbances.

For the constant disturbances case, the experiments consisted in subjecting the inverted pendulum to a constant load exerted by another pendulum (with a mass of 0.019 [kg] concentrated at its end) according to the arrangement shown in Figure 4(a). The disturbing pendulum was controlled at an angular position corresponding to an inclination of 10 [deg] from the vertical and the inverted pendulum (keeping its vertical pose) was just placed to have physical contact. Then, at a certain time, the disturbing pendulum was released. As the inverted pendulum was with its pose control then both pendulums did not lose their physical contact (therefore, this is approximated to a constant load, at least in its stationary state).

For the case of impulsive disturbances, simply the disturbing pendulum was released, according to the

arrangement shown in Figure 4(b), from an inclination of 5 [deg] from the vertical and just at the moment of contact with the inverted pendulum it was immediately controlled to return it to its initial position.

The direct current motor used for the inverted pendulum corresponds to a Pittman 8000 Series of 24 [V] (Table 1 shows its parameters), which has an optical encoder of 1000 pulses per revolution to measure its angular position q (the angular velocity \dot{q} was estimated from q by a numerical differentiation method). The computer control system employed works in real time with Matlab under the Windows operating system, has a Quanser Q4 data acquisition card and allows to perform experiments with a strict sampling period of 0.001 [s].

Additionally, a ZMP (or p_{xm}) meter was designed using 4 load cells based on strain gauges to perform experimental and theoretical comparisons of this important criterion in the balance of a humanoid robot. Note that with only the knowledge of q , \dot{q} and v it is possible to compute the ZMP from (9) (the "computed ZMP" p_{xc}) since from (12) it is possible to calculate \ddot{q} (to found R_H and R_V from (6)) and from (4), (10) and (11) τ_2 .

In all the experiments detailed below, the gains in the controllers correspond to $k_{p1}=0.04$, $k_{v1}=0.0025$, $k_{p2}=30$, $k_{v2}=1$, $k_{z1}=50$ y $k_{z2}=50$. And 3 scenarios of experimentation are presented: (E1) controller (20)-(14), constant disturbance and without disturbance compensation; (E2) controller (20)-(14), constant disturbance and with disturbance compensation; and (E3) controller (23)-(14), impulsive disturbance and with disturbance compensation.

Figure 5 shows the results of Scenario E1. Note that the constant load, for this scenario without disturbance compensation, caused an inclination in the stationary state for the position of the robot around $q_{ss} \approx 3.5$ [deg]. Also note that there are differences between p_{xc} and p_{xm} in transients and stationary state: $|p_{xc}|_{max} \approx 0.003$ [m] while $|p_{xm}|_{max} \approx 0.0015$ [m] and $|p_{xc}|_{ss} \approx 0.006$ [m] as long as $|p_{xm}|_{ss} \approx 0.004$ [m] (on average, this measurement presents a noise of around half a millimeter due to the characteristics of the high sensitivity of the used sensors); however, the form of their responses is quite similar. Neither of the ZMP's responses indicates that the robot loses feet contact with the ground, since half the long of the base or feet is $c/2=0.0185$ [m].

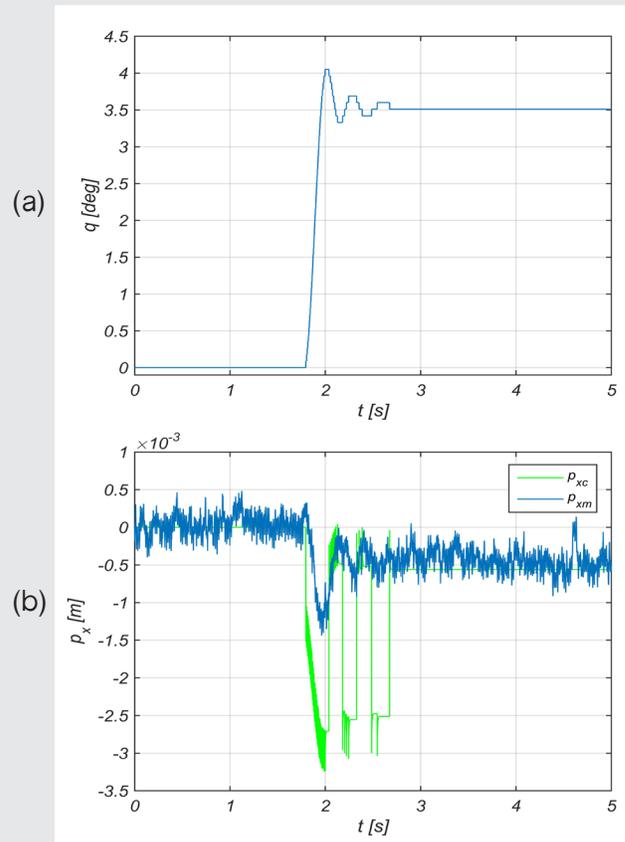


Figure 5. Results of Scenario E1.

On the other hand, Figure 6 illustrates the results for Scenario E2, which is similar to Scenario E1 but with disturbance compensation. Note that the maximum peak in q was reduced and that now the robot returned to its vertical position with a null error despite the constant disturbance and the friction inherent to the robotic system. Interestingly, here the differences in the results of the ZMP are more remarkable, perhaps because (which would correspond in the same way in the three scenarios of experimentation) \dot{q} , \ddot{q} and τ_{fp} are simply estimated variables.

Finally, Figure 7 describes the results for Scenario E3, which corresponds to the case with compensated impulsive disturbance, so that the upright pose of the robot is maintained with a zero stationary-state error. Now, having $|q_{max}| \approx 9.5$ [deg] has meant, according to the p_{xm} graph, that the robot was at the edge of the upright imbalance since p_{xm} had a maximum at that instant (close to the allowed).

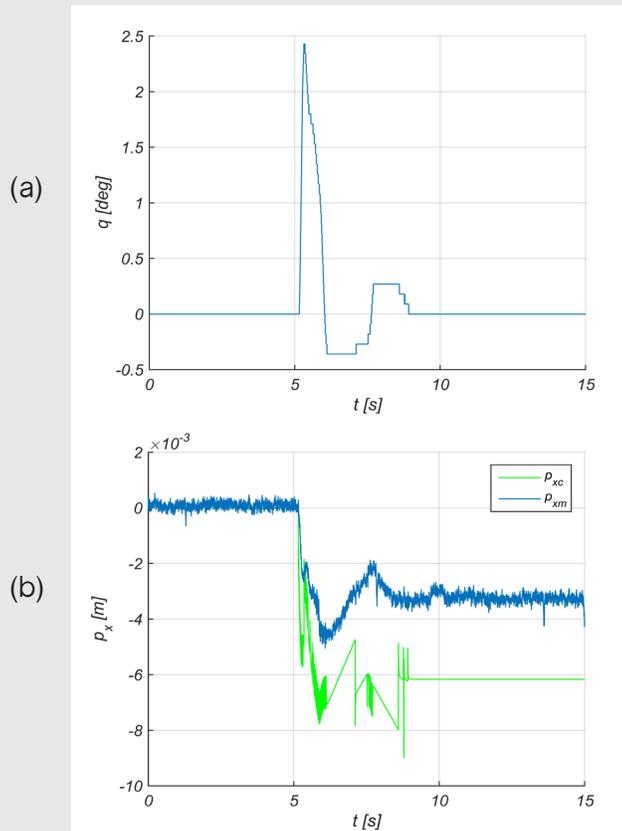


Figure 6. Results of Scenario E2.

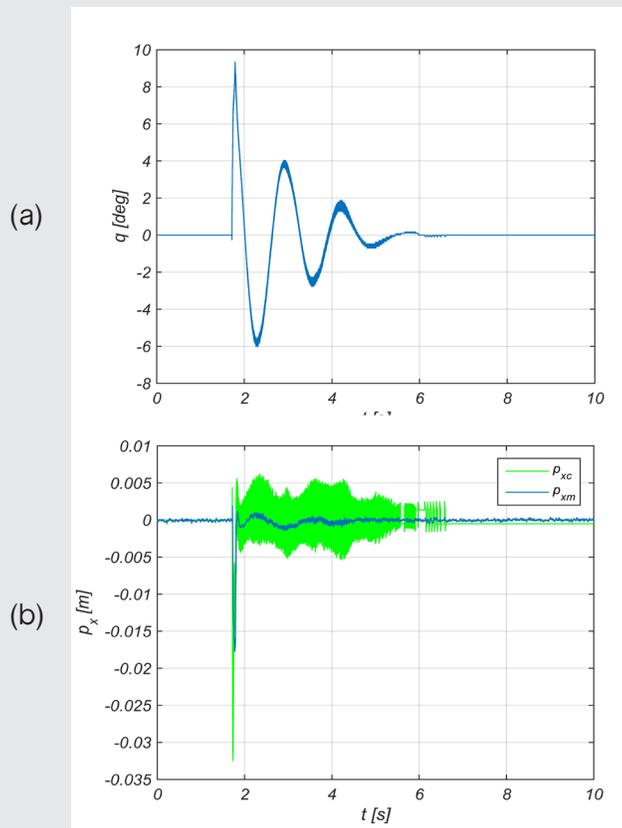


Figure 7. Results of Scenario E3.

CONCLUSIONS

A theoretical and experimental analysis of the ankle strategy for the dynamic balance of a humanoid robot with actuators in voltage mode has been presented. For this purpose, two pose balance controllers have been designed, one in joint coordinates and the other one based on operational coordinates. Additionally, it is proposed the inclusion of a disturbance observer.

The scenarios experimented correspond to two cases with constant disturbance and another case with impulsive disturbance; in all the cases the experimental results, when the disturbance observer was present, showed that the error of upright pose was null in its stationary state. However, the calculated ZMP p_{xc} differs from the measured ZMP p_{xm} in transients and in its stationary state, but they are quite similar in form. If there are disturbances on the robot, the graph of the calculated ZMP results to have greater differences with the real one, this is because the perturbation observer has a dynamic that affects its calculation.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the Tecnológico Nacional de México / IT de Ensenada for its financial support and to M. Sc. Laurencio Bahena García for his valuable assistance in the experiments.

REFERENCES

- [1] Mokhtari M., M. Taghizadeh and M. Mazare. (2021). *Hybrid Adaptive Robust Control Based on CPG and ZMP for a Lower Limb Exoskeleton*. *Robotica*, 39(2), 181-199.
- [2] Kim S. and T. Murakami. (2020). *An Approach to Human Walking Analysis Based on Balance, Symmetry and Stability Using COG, ZMP and CP*. *Applied Sciences*, 10(20), 7307.
- [3] Yamamoto T., T. Sugihara. (2020). *Foot-guided control of a biped robot through ZMP manipulation*. *Advanced Robotics*, 34(21-22), 1472-1489.
- [4] Vukobratovic, M. and B. Borovac. (2004). *Zero-Moment point-Thirty five years of its life*. *International Journal of Humanoid Robotics*. 1(1), 157-173.
- [5] Westervelt, E. R., Grizzle, J. W., Chevallereau, C., Choi, J. H., and Morris, B. (2007). *Feedback control of dynamic bipedal robot locomotion*. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- [6] Kajita, S., Hirukawa, H., Harada, K. and Yokoi, K. (2014). *Introduction to Humanoid Robotics*. Springer.

[7] Goswami, A. (1999). *Foot rotation indicator (FRI) point: A new gait planning tool to evaluate postural stability of biped robots*. Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation. Detroit, Michigan. May.

[8] Stephens, B. (2007). *Humanoid push recovery*. 7th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots.

[9] Nenchev, D. N. and A. Nishio. (2008). *Ankle and hip strategies for balance recovery of a biped subjected to an impact*. Robotica. Vol. 26, pp. 643-653.

[10] Kanamiya Y., S. Ota and D. Sato. (2010). *Ankle and hip balance control strategies with transitions*. 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Anchorage, Alaska, USA. May.

[11] Morisawa M., F. Kanehiro, K. Kaneko, N. Mansard, J. Sola, E. Yo-shida, K. Yokoi and J. P. Laumond. (2010). *Combining suppression of the disturbance and reactive stepping for recovering balance*. The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Taipei, Taiwan. Oct.

[12] Ono H., T. Sato and K. Ohnishi. (2011). *Balance recovery of ankle strategy: using knee joint for biped robot*. 2011 1st International Symposium on Access Spaces (ISAS).

[13] Spong, M. W., S. Hutchinson and M. Vidyasagar. (2006). *Robot modeling and control*. John Wiley and Sons, Inc.

[14] Ohnishi, K., M. Shibata and T. Murakami. (1996). *Motion control for advanced mechatronics*. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. 1(1), 56-67.

Ingeniantes®