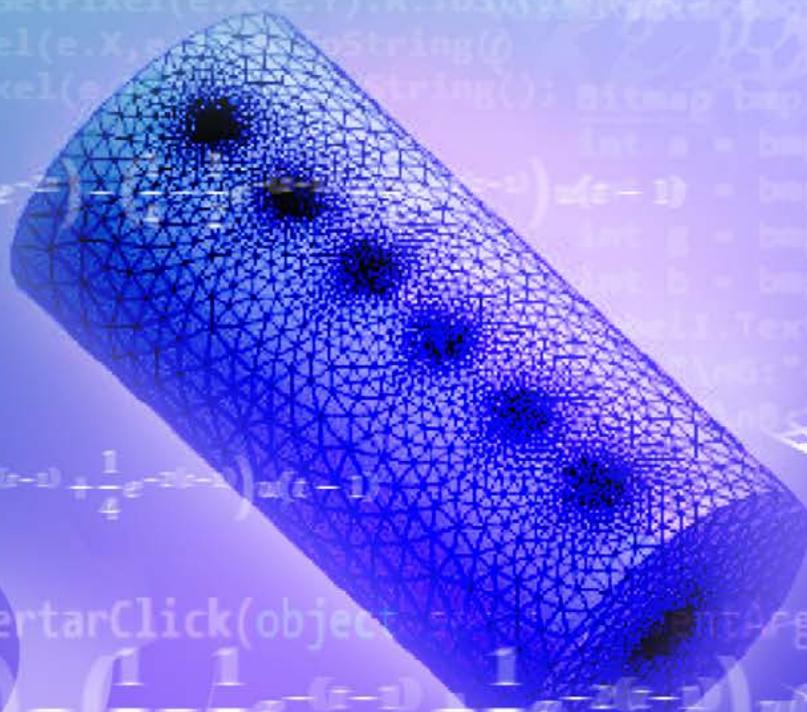


UTG THEOREMA

REVISTA CIENTÍFICA

EDICIÓN 16 // ENERO-JUNIO 2021



IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DEL PARQUE EÓLICO "LA VENTA" OAXACA

IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS LEAN, SIMULACIÓN Y CONTROL ESTADÍSTICO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTILLA DE POLIURETANO

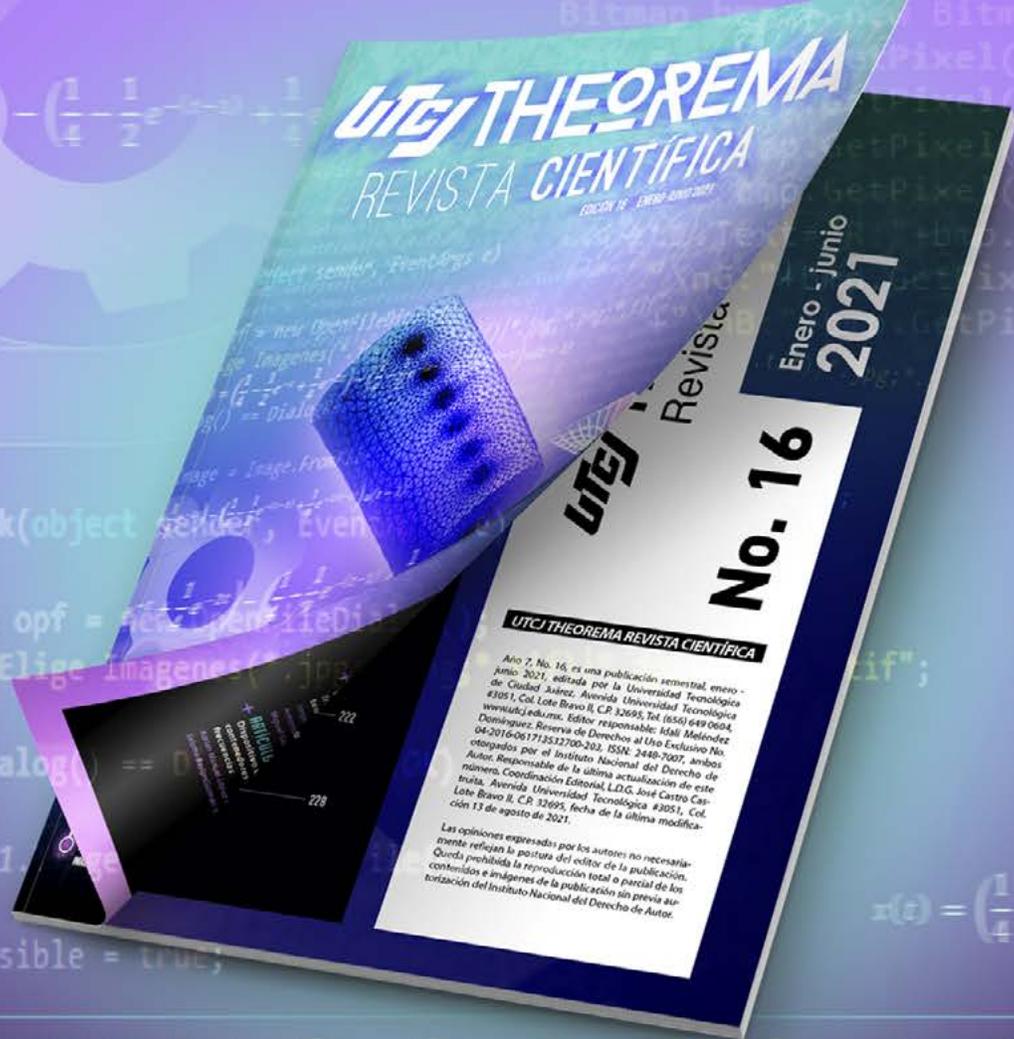
ECUACIONES DE NAVIER-STOKES PARA MODELAR DOSIFICADOR DE SEMILLAS DE SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN PARA CHAROLAS DE GERMINACIÓN

DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA IDENTIFICAR IMÁGENES METALGRÁFICAS DE PIEZAS DE ALUMINIO A356

ISSN: 2448-7007

Actualidad No convencional

latindex



CONVOCATORIA

LLAMADO A
PUBLICAR

EDICIÓN
17

JULIO - DICIEMBRE 2021

05-NOVIEMBRE

NOTIFICACIÓN A LOS AUTORES DE LA
EVALUACIÓN DEL ARTÍCULO

20-NOVIEMBRE

FECHA LÍMITE DE ENVÍO DE LA
VERSIÓN FINAL DEL ARTÍCULO

15-DICIEMBRE

PUBLICACIÓN DIGITAL DE LA DÉCIMA
QUINTA EDICIÓN DE UTCJ THEOREMA

08

DE OCTUBRE DE 2021

Fecha límite para recepción
de artículos



Escanea para
ver Guía de autores

Dirección para el envío de propuestas:



editorial@utcj.edu.mx

Para mayor información comunicarse al

Tel. +52 1 656 649 0604 Ext. 3846

DIRECTORIO

GOBIERNO DEL ESTADO

Lic. Javier Corral Jurado
Gobernador Constitucional del Estado de Chihuahua

Dr. Carlos González Herrera
Secretario de Educación y Deporte

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Dr. Herminio Baltazar Cisneros
Coordinador General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CIUDAD JUÁREZ

M.A. Guillermo José Álvarez Terrazas
Rector

Lic. Francisco Javier Reza Pacheco
Abogado General

Mtra. Lorena Alvarado
Secretaria Académica

Lic. Adrián García Castro
Director de Vinculación

M.E.R. José Luis Peinado Martínez
Director de la Carrera de Mecatrónica y Energías Renovables

M.A.N.I. Javier Zepeda Miranda
Director de la Carrera de Logística Internacional

M.E. Ricardo Pérez Santellana
Director de las Carreras de Mantenimiento Industrial y Nanotecnología

M.I. Ana Ivonne Morales Cervantes
Director de las Carreras Financiera y Fiscal, Innovación de Negocios y Mercadotecnia

M.C. Ana Eréndira Rascón Villanueva
Directora de las Carreras Terapia Física y Protección Civil y Emergencias

Dra. Rosa Elba Corona Cortez
Dirección de las Carreras Procesos y Operaciones Industriales y Tecnologías de la Información

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

UTCJ THEOREMA REVISTA CIENTÍFICA

Edición No. 16, enero - junio 2021

Av. Universidad Tecnológica No. 3051

Col. Lote Bravo II

C.P. 32695

Ciudad Juárez, Chihuahua

Teléfono (656) 649 0600 Ext. 3870

CONSEJO TÉCNICO

M.C. Consuelo Catalina Fernández Gaxiola
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez
Presidente del Consejo Técnico

Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (SNI I)
Director de Obra

Dr. Manuel Arnoldo Rodríguez Medina
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dra. Lucia Monserrat Pérez Navarro
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición

Dra. María de los Ángeles López Martínez
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Dr. Manuel Iván Rodríguez Borbón
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (SNI I)

Dra. Esmeralda Cervantes Rendón
El Colegio de Chihuahua (SNI I)

Dr. Manuel Alonso Rodríguez Morachis
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Dra. Perla Ivette Gómez Zepeda
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.I.I. David Oliver Pérez Olguín
Instituto Tecnológico de Los Mochis

M.C. Miriam Margarita Ruíz Sánchez
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.A. Luis Alonso De Santiago Romero
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

M.C.S.P. Alfredo Alfonso Cabel Acevedo
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Dr. Edwards Antonio Cabrera
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

CONSEJO EDITORIAL

Lic. María Teresa Álvarez Esparza
Subdirectora de Extensión Universitaria

Lic. Idalí Meléndez Domínguez
Jefe del Departamento de Prensa y Difusión

Lic. José Castro Castruita
Coordinador editorial y diseñador gráfica

Lic. Rocío Alejandra Soto Torrez
Diseñadora gráfica

<https://utcjtheoremawixsite.com>

CONTENIDO

+ ARTÍCULO ARBITRADO #1 08	+ ARTÍCULO ARBITRADO #12 82
Control eléctrico ajustable para el diodo láser	Electrodos de carbono modificados con AGNPS/NTCPM/CHIT: Perspectivas de sensor electroquímico para compuesto clorados en medio acuoso
Luis Miguel Mendoza Hernández y José de Jesús Agustín Flores Cuautle	Joaquín Chavez Lara y Mónica Galicia García
+ ARTÍCULO ARBITRADO #2 12	+ ARTÍCULO ARBITRADO #13 88
Impacto del abrupto cambio a la virtualización en educación superior a consecuencia del COVID-19	Cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009 en la agroindustria quesera artesanal: un estudio comparativo
Claudia Inglés Barrios, Verónica Farías Veloz, Isela Mendoza Lozano y Juan Carlos Pizarro Martínez	Elia Trejo Trejo, Natalia Trejo Trejo, Gema Patricia Alamilla Castañeda y Laura Lizeth López Islas
+ ARTÍCULO ARBITRADO #3 18	+ ARTÍCULO ARBITRADO #14 96
Impactos socioeconómicos del parque eólico "La Venta" Oaxaca	Diseño de un Rover
José Domingo Rafael Castañeda Olvera y Lissette Cabrera Jarquín	Jorge García Vasquez, Minerva Hernández Lozano, Ervín Sánchez Álvarez, Rosario Aldana Franco, Gustavo Leyva Retureta y Fernando Aldana Franco
+ ARTÍCULO ARBITRADO #4 24	+ ARTÍCULO ARBITRADO #15 102
Implementación de técnicas Lean, simulación y control estadístico en la producción de plantilla de poliuretano	Análisis de datos de degradación de la función de herramientas para la obtención de la función de densidad de probabilidad
Armando Mares Castro, María Teresa Segura Cándido, María Nirvana López Samano, Guillermo García Rodríguez y Ana Karen Merino Torres	Jorge Adolfo Pinto Santos, Manuel Iván Rodríguez Borbón, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Manuel Piña Monárrez y Luis Alberto Rodríguez Picón, Rey David Molina Arredondo
+ ARTÍCULO ARBITRADO #5 32	+ ARTÍCULO ARBITRADO #16 106
Percepción del consumidor hacia el nuevo etiquetado de alimentos en México	Análisis de relaciones de parámetros de proceso de soldadura ultrasónica con interferencia bayesiana mediante r
Francía G. López Cárdenas, Claudia G. Parra Torres, Fernando Hernández Figueroa, Jesús A. Bueno-Rojas y Sonia G. Sayago-Ayerdi	Gabriel Gómez Martínez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga y Manuel Iván Rodríguez Borbón
+ ARTÍCULO ARBITRADO #6 38	+ ARTÍCULO ARBITRADO #17 112
Recursos educativos tecnológicos y habilidades para la enseñanza en enfermería: análisis documental	Diseño de un horno para tratamientos térmicos
Guillermo César Vázquez González, Iván Uliyanov Jiménez Macías I., Edith Bracamontes Ceballos y Guillermo Silva Magaña	Efraín Villalvazo Laureano, Aylin Estefánnya Barragán Montes, Ramón Octavio Jiménez Betancourt, Juan Miguel González López y Marco Antonio Pérez González
+ ARTÍCULO ARBITRADO #7 46	+ ARTÍCULO ARBITRADO #18 118
Diseño, automatización y simulación de una máquina de termoformado	Diseño de un modelo de gestión del conocimiento para instituciones de educación superior
Israel Atzín Rosales Gallegos y Juan Manuel Zapata Herrera	José Andrés Gutiérrez Vázquez, Paola Isabel Rodríguez Gutiérrez, Patricia Hernández García y María del Pilar Pastor Pérez
+ ARTÍCULO ARBITRADO #8 52	+ ARTÍCULO ARBITRADO #19 124
Un fenómeno llamado pandemia	Afectación del Covid-19 a la industria maquiladora y transporte de carga en ciudad Juárez 2020
Joaquín Godoy Mendoza, Alfonso Ochoa Meza, Brenda Leticia Chávez García y Rene Saucedo Silva	Isabel Márquez Ochoa, Julio Cesar Briones Benavente y Erandy Cárdenas Aguilera
+ ARTÍCULO ARBITRADO #9 58	+ ARTÍCULO ARBITRADO #20 132
Gestión en la cadena de suministro, un enfoque desde la perspectiva de calidad	Diseño de un instrumento para la valoración de programas educativos en ciencias de la computación
Giovanny Alexander Baquero Villamil, Andres Ignacio Zamudio Castro y Carmelina Rosario Cadenas Anaya	Luz María Hernández Cruz, Diana Concepción Mex Álvarez, José Ramón Cab Chan, Auría del Carmen Sonda Maas y Santos Noe Huchin Maas
+ ARTÍCULO ARBITRADO #10 70	+ ARTÍCULO ARBITRADO #21 138
Desarrollo de una herramienta de estimación de la frecuencia fundamental en una red eléctrica de baja tensión en un ambiente IOT	Factores financieros que afectan el cierre de la micro y pequeña empresa del estado de Tlaxcala
Jorge Enrique Topete Beas, Víctor Ramón Rodríguez Orenday, Marco Antonio Pérez González, Ramón Octavio Jiménez Betancourt, Juan Miguel González López y Efraín Villalvazo Laureano	Cesar Saldaña Carro, Edgard Rodríguez, Sergio Muñoz González y Julio Cesar Becerra DíazCortes Solís
+ ARTÍCULO ARBITRADO #11 76	+ ARTÍCULO ARBITRADO #22 146
Dispositivo eliminador de larvas de mosquito en contenedores estacionarios por medio de altas frecuencias	Estudio numérico del fluido viscoso alrededor de un cilindro con Openfoam: Comparación entre dos dominios mallado
Adrián Manuel López Almejo, Jesús Ezequiel Molinar Solís y Joel Salome BaylonGuzmán Ruíz	Alfredo Villanueva, Uzziel Caldiño Herrera, Carlos Alberto Gómez y Manuel Alejandro Lira Martínez

+ ARTÍCULO ARBITRADO #23	154
Ecuaciones de Navier-Stokes para modelar dosificador de semillas de sembradora neumática de precisión para charolas de Germinación	
Francisco Betanzos Castillo, Rosa María de Anda López, Reynaldo Cortez Solís, Rodolfo Aguirre Aranda y Agripín Sánchez Salinas	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #24	162
Caracterización de una celda fotovoltaica mediante diseño de Experimento	
Roberto Carlos Gómez Salazar y Humberto García Castellanos	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #25	168
La empresa en la universidad: Hacia un modelo de excelencia operacional como mecanismo para impulsar el desarrollo de competencias profesionales	
Rolando Gutiérrez López, Rocío Edith Magaña Iglesias, Alma Esparza García, Juan José Guillén y María Elena Barrón Hernández	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #26	174
La industria metal-mecánica en la ciudad de Chihuahua y el diseño de sistemas de control de la producción	
Lizette Aviña Delgado, Ramón Ontiveros Martínez, Martha Patricia García Martínez, Mario Antonio Makita Aguilar y Velia Graciela Guzmán Ruíz	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #27	180
Eficiencia y Eficacia: medida como beneficio en el diseño de un componente robótico	
Jorge Luis Estrada Perea, Olinda Ornelas Benítez, Elsy Denise Martínez Torres y Herik Germán Valles Baca	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #28	188
Diagnóstico situacional de manejo integral de residuos sólidos urbanos (rsu) en relleno sanitario	
Ángel Ceballos Chávez, Domely Martínez Marquez, Ramón Caro Hernandez y Carlos Servando Chávez Tiznado	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #29	196
Diagnóstico inicial de cultura de innovación en una institución educativa superior según la perspectiva de Rao y Weintraub	
Noé Chávez Hernández	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #30	204
Análisis de necesidades de competencias profesionales en tecnologías de la información y comunicación en la región lagunera	
Lina Ernestina Arias Hernandez, Ana Lilia Urbina Amador, Estefanía Cerrillo Andrade, José Eduardo Gutiérrez Montoya y Karla Lucía Rodríguez de la Torre	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #31	212
Desarrollo de una red IOT basada en tecnología LoRaWAN para seguimiento de vehículos	
Javier Solís García, Lorenzo Antonio García Tena, Javier Solís Hernandez, Carlos Ponce Corral y Carlos Felipe Ramírez Espinoza	
+ ARTÍCULO ARBITRADO #32	222
Desarrollo de una interfaz gráfica para identificar imágenes metalográficas de piezas de aluminio A356	
Mauricio A. Sáenz Rivas, Gildardo Rivas valles y Elsa G. Ordoñez Casanova	
MANUAL DE ESTILO	228

UTCJ THEOREMA

Revista Científica

Enero - junio
2021

No. 16

UTCJ THEOREMA REVISTA CIENTÍFICA

Año 7, No. 16, es una publicación semestral, enero - junio 2021, editada por la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Avenida Universidad Tecnológica #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, Tel. (656) 649 0604, www.utcj.edu.mx. Editor responsable: Idalí Meléndez Domínguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-061713532700-203, ISSN: 2448-7007, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Coordinación Editorial, L.D.G. José Castro Cas-truita, Avenida Universidad Tecnológica #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, fecha de la última modificación 13 de agosto de 2021.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

UTCJ THEOREMA

Revista Científica

Estimados lectores, en esta ocasión queremos hacer mención sobre la adaptación y cambio en nuestros modos de colaborar, aprender y enseñar. Nos encontramos ya en el umbral del futuro e inevitablemente, seremos parte de él.

Al cabo de esta edición 16 y justo a la mitad del año 2021, seguimos en tiempos pandémicos por COVID-19. Tiempos que han impactado en la salud de la humanidad, pero que al mismo tiempo han incentivado a la creatividad, a la observación y al análisis de nuevos fenómenos sociales, tecnológicos y económicos. Toda situación novedosa y cambiante de este último año, ha proporcionado a estudiantes e investigadores mucha tela de donde cortar, por lo que se prevé una explosión de nuevos artículos y propuestas científicas encaminadas a esos cambios.

En cuestión de un año y medio hemos dado un salto considerable con respecto a nuestra relación con la tecnología, lo que supone que los procesos de enseñanza y aprendizaje migrarán gradualmente al modo digital. Lo anterior, también propone un reto de adaptación a quienes trabajamos en compartir el conocimiento, ya que las nuevas tecnologías son más visuales e instantáneas. Justo eso nos incentiva a buscar nuevas formas de comunicar esta prestigiosa revista ya que el modo convencional de difundir el conocimiento, resultará insuficiente ante un mundo digital lleno de estímulos e inmediatez.

Así que, todo parece indicar que seguiremos siendo dependientes de la tecnología por un tiempo más prolongado de lo esperado y que en la nueva normalidad post pandemia, nos cruzará a todos en el camino del mundo digital.

Mientras tanto, les damos la bienvenida a esta edición, esperando que extraigan de aquí, cualquier tipo de conocimiento que contribuya a sus futuras investigaciones.

¡Nos vemos en el futuro!

Comité Editorial de la UTCJ

CONTROL ELECTRÓNICO AJUSTABLE PARA EL DIODO LÁSER

Artículo arbitrado 01

Edición 16

Luis Miguel Mendoza Hernandez¹ y José de Jesús Agustín Flores Cuautle²

¹ TecNM-IT Orizaba Oriente 9,
Orizaba, México
C.P. 94320

² CONACYT/ TecNM-IT
Orizaba Oriente 9,
Orizaba, México
C.P. 94320



luismh486@gmail.com
jflores_cuautle@hotmail.com

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8 2021.

Resumen: Existen diferentes maneras de controlar y manejar un láser de estado sólido, desde circuitos simples hasta controladores de alto costo. En el presente artículo se presenta el diseño y desarrollo de un controlador para este tipo de láser, con la finalidad de poder ser usado en un sistema fotoacústico, no descartando que puede llegar a tener otras funciones. El control se centra en una fuente de corriente cuya finalidad es modificar la intensidad luminosa del láser de estado sólido y protegerlo de sobrecargas, además cuenta con un modulador de frecuencia ajustable a diferentes rangos, todo esto con la opción de poder ser ajustado para láseres de diferentes características. Además, se muestra la manera de modificar algunos componentes para cambiar la condición de trabajo en cuanto a modulación en frecuencia.

+ Palabras clave: Láser, fuente de corriente, modulación en frecuencia, intensidad luminosa.

Abstract: There are different ways to control and operate a solid-state laser, from simple circuits to high-cost controllers. This article presents the design and development of a controller for this type of laser, intending to be used in a photoacoustic system, not ruling out that it may have other functions. The control focuses on a current source

whose purpose is to modify the light intensity of the laser-diode and protect it from overloads; it also has a frequency modulator adjustable to different ranges, all this with the option of being able to be adjusted for lasers of different characteristics. Besides, it shows how to modify some components to change the working condition in terms of frequency modulation.

+ **Keywords:** *Laser, current source, frequency modulation, light intensity.*

Introducción

Un láser es un tipo particular de fuente de luz llamada coherente que posee características especiales, tales como emisión coherente, monocromática (en una longitud de onda específica) y colimada (potencia luminosa concentrada en un área limitada) (Aboites, 2018).

Existen diversos tipos de láser los cuales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de materia utilizada para la emisión láser, estos pueden ser de gas (CO₂, He-Ne, Ar), moleculares (exímer, colorante) o sólidos (rubí, Neodimio-vidrio, semiconductores) (Aboites, 2018). La Figura 1, muestra la clasificación antes descrita.

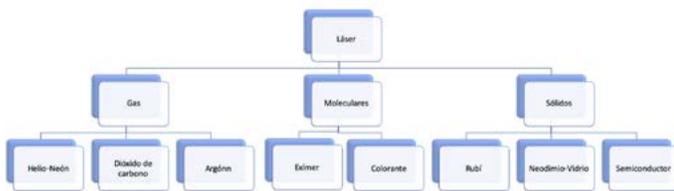


Figura 1. Clasificación general de láser basado en el estado de agregación del cual se hace uso para el láser (Aboites, 2018).

Las características tan particulares del láser hacen que el uso de este tipo de fuentes luminosas sea de uso extendido para muchas aplicaciones no solo en investigación, sino en aplicaciones de uso diario, entre las diferentes aplicaciones se pueden mencionar: holografía, comunicaciones, lectores de código de barras, soldadura, espectroscopia.

Existen diversas aplicaciones en las cuales es de vital importancia poder controlar la intensidad luminosa emitida por el láser, así como de la frecuencia de emisión; entre las diversas aplicaciones en las cuales es necesario controlar estas características podemos mencionar: comunicaciones, espectroscopia, medicina, medición e inspección de materiales, entre otras (Goldman y Goldman, 2018).

En particular los láseres de estado sólido basados en semiconductores resultan de especial aplicación en investigación a nivel laboratorio, sin embargo, los equipos que cuentan con un control electrónico suelen ser equipos muy sofisticados y su precio se convierte en el principal problema para laboratorios pequeños. Por otra parte, existen láser de estados sólido de bajo costo, pero su principal desventaja es que estos equipos carecen de un control que permita modificar su intensidad o

encendido y apagado. La Figura 2, muestra un esquema básico de un láser semiconductor.

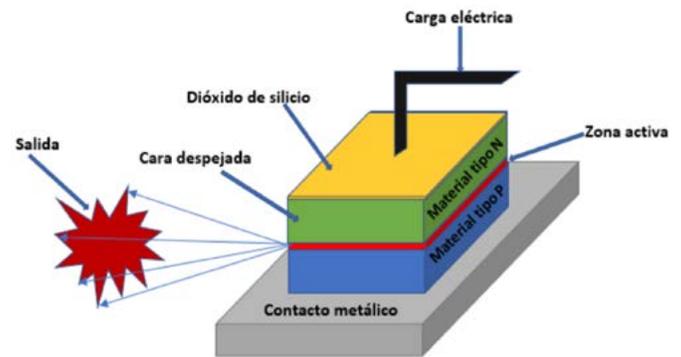


Figura 2. Esquema de un láser semiconductor.

Una de las principales características de los láseres basados en semiconductores es que los mismos funcionan mediante una corriente controlada, esto es contrario a muchos de los dispositivos electrónicos convencionales, en los cuales es necesario controlar el voltaje; en los láseres de semiconductor es necesario el uso de fuentes de corriente para su control. En el presente trabajo se propone el diseño de un circuito electrónico genérico para controlar este tipo de láseres.

Metodología

Las fuentes de alimentación son los dispositivos electrónicos encargados de proporcionar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los diferentes dispositivos electrónicos, estas se encargan de controlar el voltaje y la corriente para el dispositivo a controlar, las fuentes de corriente directa (DC) prácticamente constan de tres partes principales que se explican a grandes rasgos a continuación (Hernández, 2000):

- **La rectificación:** regularmente va un transformador en primera instancia que es el encargado de bajar la tensión de entrada (CA), seguido de diodos encargados de transformar un voltaje de corriente alterna a un voltaje de corriente directa.
- **El filtrado:** para esta parte el encargado de estabilizar el voltaje obtenido de los diodos es el capacitor, esta parte es la encargada de disminuir o incluso evitar rizados en el voltaje obtenido.
- **Y la regulación:** la última parte de las fuentes de corriente es el regulador, este es el encargado de convertir un voltaje de entrada en uno de salida específico, en diferentes configuraciones se puede obtener un voltaje fijo o uno variable, esta parte también es la encargada de limitar la corriente de la fuente.

Existen fuentes de corriente conmutadas y lineales cada una de diferentes características y funciones, la complejidad de estas depende totalmente de la utilidad que se le quiera dar, entre mayor sea la precisión que se requiera mayor serán los componentes y la calidad de los mismos (Maiti y Bidinger, 1981).

Aunque los láseres de estado sólido pertenecen a una misma división, los fabricantes los crean con diferentes características por lo cual no todos funcionan de la misma manera, de tal forma que un control estará limitado para cierto tipo de láser (Martinez, 2009).

Para este caso se trabaja con un módulo emisor láser KY-008 el cual consta de las siguientes características (Microchip, 2017):

- **Dimensiones:** 24mm x 15mm x 8mm
- **Alimentación:** hasta 5v
- **Longitud de onda:** 650nm
- **Corriente:** 40mA

El siguiente control se construye con la intención de incorporarse a una celda fotoacústica por lo cual no solo dependerá de una fuente de corriente si no también incluye un variador de frecuencia el cual está basado en un circuito integrado NE555 configurado de manera astable (Morgan, 2011).

La primera parte del control se encarga de manipular la frecuencia de encendido y apagado del láser, para ello se utiliza un circuito intermitente de manera astable con el integrado antes mencionado, se elige esta configuración ya que no necesita de pulsos para activarse y se mantiene con tiempo constante de encendido y apagado.

En la Figura 3, se muestra el circuito utilizado en esta parte del control.

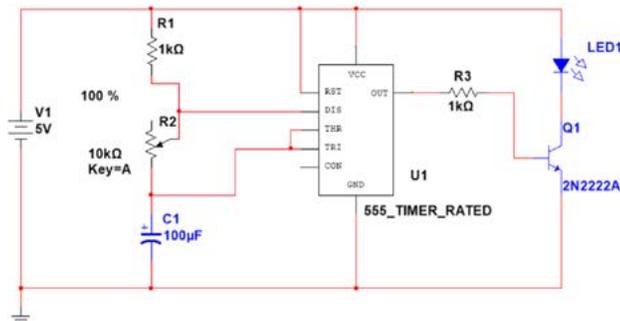


Figura 3. Circuito astable con circuito integrado NE555.
Fuente: Elaboración Propia.

Para poder configurar el circuito a una frecuencia deseada es necesario basarse en Ecuación (1), basta con establecer la frecuencia de trabajo deseada y proponer el valor de uno de los componentes pasivos (resistencia o capacitor) y calcular el valor del elemento restante (Morgan, 2011).

$$F = 1.44 / [(R_1 + 2R_2) C_1] \quad (1)$$

Con el valor de los componentes que se utilizaron y con la ayuda de la fórmula anterior se encuentra que la frecuencia máxima del circuito (Figura 3) es de 14.4 Hz y la mínima de 0.685 Hz, el circuito consta de un potenciómetro que sirve para modificar la frecuencia de trabajo por una que se encuentre en este rango.

Los diodos laser son muy delicados en cuestión a su alimentación ya que si trabajan con una tensión o corriente mayor a la que necesitan es altamente probable provocarles daños irreparables. A pesar de que exis-

ten fuentes de voltaje estables muchas de ellas no limitan su corriente es por ello que, al conectar un láser a una pila, por ejemplo, este funciona solo por un breve instante a pesar de estar recibiendo el voltaje adecuado, esto es debido a que la corriente no está limitada (Alberto, Corcho, y Fabelo, 2020).

Debido a lo antes mencionado es necesario integrar al control una fuente limitadora de corriente, en la Figura 4, se muestra el esquema electrónico de la parte de la fuente de corriente.

Se utiliza un transistor 2N2222 para poder integrar la segunda parte del control que es la encargada de modificar la intensidad con la que encenderá el láser, de esta manera la entrada positiva del componente no vendrá de la fuente que alimenta el circuito de frecuencia sino de la fuente de corriente. El transistor hará la función de corte de tierra para el láser de esta manera se respetará la señal de control de frecuencia que salga del integrado.

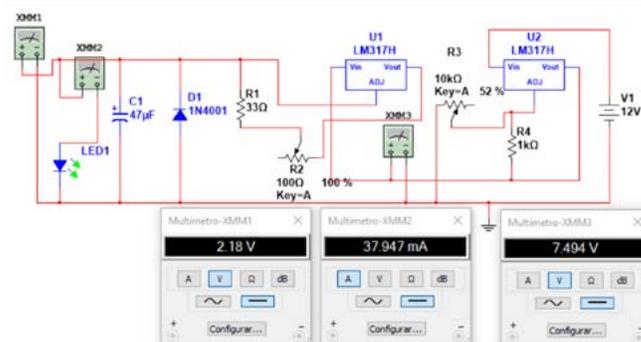


Figura 4. Diseño de fuente de corriente de 0.01 a 0.250 A.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar el circuito depende principalmente de dos integrados LM317, este tipo de reguladores se pueden configurar de dos maneras, como regulador de tensión y como limitador de corriente, el primer integrado (U1) es utilizado para regular la tensión que entra de la fuente, esto es debido a que se utiliza una alimentación de voltaje constante de 12v y el voltaje requerido para que funcione la siguiente parte del circuito debe rondar entre 6 y 8 volts (Unicrom, 2018).

El segundo integrado (U2) está configurado como limitador de corriente y el capacitor es utilizado como regulador de voltaje ya que se encargará de suprimir los posibles picos provenientes de la fuente, la corriente estará controlada por un potenciómetro de precisión de 100 Ω y varía en un rango de 10 a 38 mA.

Resultados

Se creó un control para un módulo láser KY-008 el cual tiene dos funciones principales, el primero es modificar la intensidad luminosa del diodo laser debido que es posible regular la corriente de trabajo; y la segunda parte modifica la frecuencia de encendido y apagado del diodo láser en un rango de 0.685 Hz a 14.4 Hz. Con lo antes mencionado el controlador se puede adaptar a diversas aplicaciones de laboratorio, ya que cumple con los dos principales requerimientos de control para este tipo de dispositivos, aunado a lo anterior es posible cambiar los intervalos de operación mediante el cambio de componentes pasivos, como resistencias o capacitores.

En la Figura 5, se puede observar el diagrama electrónico del controlador.

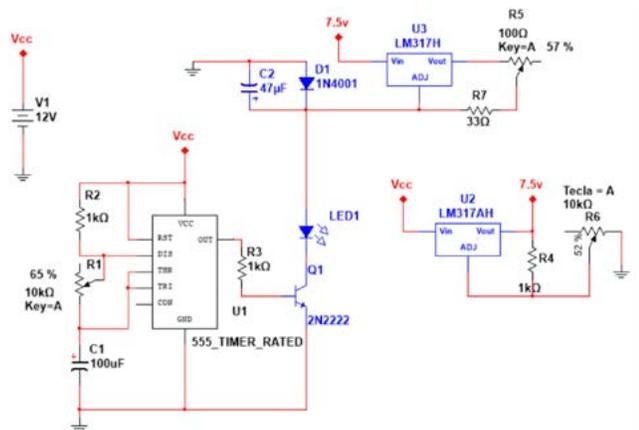


Figura 5. Control para láser terminado.
Fuente: Elaboración Propia.

Un punto importante de este control es que se puede ajustar para controlar otros láseres con otras características diferentes al que se ocupa, para modificar el rango de corriente de trabajo es necesario cambiar la resistencia R7, para saber el valor se debe obtener el cociente de 1.25 y el valor de la corriente que se requiera; por ejemplo, para tener una corriente máxima de 250mA se divide 1.25/0.25 dando como resultado 5 Ω.

Cabe resaltar que la resistencia antes mencionada juega un punto muy importante en el control, ya que esta es la encargada de limitar el flujo de corriente cuando R5 (potenciometro de ajuste de corriente) valga 0 y así evitar que el láser pudiera sufrir daños.

En la Figura 6, se observa el comportamiento de la corriente del control como función del valor del potenciometro (R5), se puede apreciar que la corriente tiene un comportamiento de tipo exponencial por lo cual se propone una ecuación de tipo exponencial (Ecuación 2) para obtener el modelo matemático de dicho comportamiento

$$i = 8.53 + 1.35e^{R/32.94} \quad (2)$$

Donde R es el valor de resistencia del potenciometro de control expresado en Ohms.

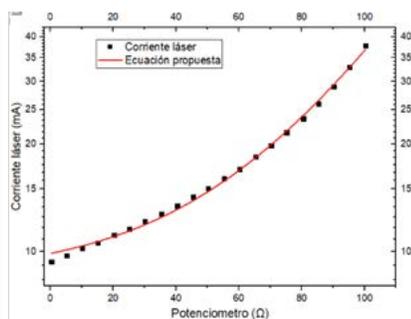


Figura 6. Gráfica de salida de la corriente, los cuadros son los valores experimentales, la línea roja es la ecuación propuesta.

Conclusión

Los láser de estado sólido suelen ser eficientes en cuanto a costo se refiere, sin embargo, la mayoría no cuenta con un control y los equipos que cuenten con ello se elevan considerablemente en precio, no obstante, es posible controlar el flujo luminoso y la frecuencia de encendido y apagado de un láser de estado sólido a través de este controlador a bajo costo, logrando obtener una variación de corriente de hasta 28mA y en frecuencia de 13.7 Hz, además, estos rangos pueden ser modificados y adaptables a otros modelos o según lo requiera el usuario.

El contar con un modelo matemático de la corriente como función del potenciometro de control permite poder implementar controles digitales para modificar la corriente laser mediante el uso de resistencias programables.

Símbolos

- F Frecuencia (Hz)
- R Resistencia (Ω)
- C Capacitancia (F)
- i Corriente (A)

Bibliografía

- + Aboites, V. (2018). *Biblioteca digital*. Retrieved from <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/105/htm/ellaser.htm>
- + Alberto, C., Corcho, C., y Fabelo, A. R. (2020). *Sistema de control de láser semiconductor con fines docentes para prácticas de laboratorio Semiconductor laser control system with teaching purposes for laboratory practices*. X(3), 11–19.
- + Goldman, L., y Goldman, L. (2018). *An Introduction to Lasers and Laser Systems. Applications of the Laser*, 1–15. <https://doi.org/10.1201/9781351069816-1>
- + Hernández, J. (2000). *Diseño de Fuentes de Corriente Directa*. Retrieved from http://www.galeon.com/electrofacil/contenido_dc.htm
- + Maiti, y Bidinger. (1981). *Fuente de corriente directa*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- + Martínez, A. (2009). *La mecánica cuántica*. Retrieved from <http://la-mecanica-cuantica.blogspot.com/2009/08/el-laser.html>
- + Microchip (2017). *Datasheet*. Retrieved from <https://datasheetspdf.com/pdf/1415010/ETC/KY-008/1>
- + Morgan, M. (2011). *El circuito integrado 555 (p. 8)*, p. 8. Retrieved from <https://electronicavm.files.wordpress.com/2011/04/c-i-555.pdf>
- + Unicrom (2018). *Electrónica Unicrom*. Retrieved from <https://unicrom.com/limitador-de-corriente-para-fuentes-de-voltaje/>

IMPACTO DEL ABRUPTO CAMBIO A LA VIRTUALIZACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR A CONSECUENCIA DEL COVID19

Artículo arbitrado 02

Edición 16

Claudia Anglés Barrios¹, Verónica Farías Veloz², Isela Mendoza Lozano³ y Juan Carlos Pizarro Martínez⁴

^{1,2,3,4}Instituto Nacional de México campus
Cd. Juárez
Av. Tecnológico #1340
Cd. Juárez Chihuahua México, C.P. 32500


cangles@itcj.edu.mx

Recibido: Marzo 10, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

■ **Resumen:** En el 2020 las Instituciones educativas a nivel mundial se vieron obligadas a modificar la forma de impartición de la educación debido a la pandemia del COVID-19, a más de un año de este evento inédito en el que las instituciones han ido perfeccionando y capacitándose en esta nueva modalidad, que se prevé sea la tendencia en un futuro, y que era utilizada por los docentes solo para apoyar y versatilizar sus prácticas de enseñanza-aprendizaje. Se realizó esta investigación con el objetivo de determinar el impacto en el rendimiento escolar y deserción de los estudiantes de la licenciatura de Ingeniería de Mecatrónica del Tecnológico nacional de México campus Ciudad Juárez, causada por la adaptación de las prácticas pedagógicas a la virtualización, para lo cual se compararon asignaturas correspondientes a 3 áreas de conocimiento: ciencias básicas, tronco común y propio de la licenciatura de los años 2019 y 2020.

+ **Palabras clave:** COVID-19, educación, rendimiento académico, deserción, virtualización.

■ **Abstract:** In 2020, educational institutions worldwide were forced to modify the way of teaching due to the COVID-19 pandemic, more than a year after this unprecedented event in which educational institutions have been improving and training teachers in this new modality,

which is expected to be the trend in the future, and which was used by teachers only to support and versatile their teaching-learning practices. This research is carried out with the objective of determining the impact at performance and dropout of students of the Mechatronics Engineering degree at the "Instituto Nacional de Mexico" campus Ciudad Juárez, caused by the change from pedagogical practices to virtualization, assignments for three different areas of knowledge were compared: basic sciences, common core and typical of the bachelor's degree during the years 2019 and 2020.

✦ **Keywords:** COVID-19, education, academic performance, desertion, virtualization.

Introducción

A un año de iniciada la pandemia de COVID 19 en 2020, se han presentado diversos problemas socioeconómicos a nivel global y todas las instituciones educativas de todos los niveles han sido afectados al no poder regresar a la "normalidad" en que las aulas vuelvan a ser el lugar donde se cultiva el aprendizaje y más allá de ello se menciona una nueva normalidad que amenaza con un regreso a las instituciones educativas muy distinto al esquema tradicional bajo una modalidad presencial.

Según UNESCO (2021), más de 800 millones de estudiantes, equivalente a más de la mitad de la población estudiantil del mundo, siguen enfrentándose a importantes interrupciones en su educación, desde el cierre total de las escuelas en 31 países hasta la reducción completa o a tiempo parcial de los horarios académicos en 48 países. Durante este año la educación virtual o en línea ha tomado gran impulso, el cual marcará un inicio y un fin en la era de la educación, y establecerá la pauta para hacer reformas tanto en los planes de estudio como en las estrategias pedagógicas empleadas para la impartición de clases y obligará a los gobiernos a invertir en la educación dadas las desigualdades y rezago expuestos con la aparición de la pandemia.

En marzo del 2020, al inicio de la pandemia las estrategias establecidas de "distanciamiento social (sana distancia)" plantearon un contexto de virtualización forzada que, en el caso de las universidades, amenazó las estrategias de enseñanza-aprendizaje al tomar por sorpresa a docentes y estudiantes que no estaban preparados para dar este salto de un día para otro, tuvieron que adaptarse y aprender sobre la marcha sobre el uso de las tecnologías de comunicación, las cuales se volvieron indispensables, ahora tanto estudiantes como docentes dependían de la conectividad y de las habilidades en el uso de las tecnologías de comunicación, para garantizar el funcionamiento y continuidad académica.

En el semestre agosto-diciembre 2020, el panorama ya era distinto pues los estudiantes ya se habían adaptado a esta nueva forma de educación y la mayoría de los docentes se habían capacitado en el uso de herramientas digitales así como de estrategias a implementar en este nuevo modelo, sin embargo, algunos estudiantes optaron por abandonar sus estudios ya sea por no lograr adaptarse a la tecnología o bien, por no disponer de los medios económicos necesarios para adquirir los dispositivos y conectividad de internet que permitieran seguir con sus estudios de manera apropiada.

El COVID-19, ha amplificado las desigualdades educativas, sociales, económicas y digitales de los estudiantes, "poniendo a una generación en riesgo de catástrofe del aprendizaje", ha advertido el Secretario General de la ONU, Antonio Gutiérrez, en el reciente Informe de políticas: Educación durante la COVID-19 y más allá. A su vez, la pandemia ha evidenciado la importancia de la educación como bien público y base de la cohesión social, el bienestar y las oportunidades (Educaweb, 2021). Todo esto generó la interrogante de ¿en qué grado afectó la virtualización al abandono escolar y al rendimiento académico? Aunado a todos los problemas ocasionados por el COVID-19.

Según el Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC) (2021), los efectos del COVID-19 en la educación superior son tres elementos que son considerados elementales en la comprensión del escenario que se está viviendo; el primero es la pérdida de aprendizajes, con una estimación de un 15% de pérdidas competenciales durante la pandemia, a diferencia de las pausas regulares que se tienen con las clases presenciales. El segundo elemento es la pérdida de estudiantes, registrada entre 3% y 10%, teniendo reportes de hasta un 30% menos de estudiantes matriculados. Por último, la pérdida de equidad, donde se ha visto la ampliación de pérdidas entre cuartiles.

De acuerdo a Toribio (2020), en el ámbito de la educación superior el abandono se calcula en 8%, 305 mil 89 universitarios y a raíz de la pandemia, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) estimó que al menos un 15.5 por ciento de estudiantes en México del nivel medio superior, superior y posgrado no regresarán a clases para el ciclo escolar 2020-2021, lo que se traduce en un millón 431 mil 576 alumnos, ocasionando un retroceso a las condiciones en las que se encontraba el país en 2015.

La UNESCO (2021), señala que "La tecnología no puede reemplazar a los docentes ni a la enseñanza en las aulas, pero puede ser una solución de reemplazo y propiciar el aprendizaje".

Por lo anterior se optó por desarrollar esta investigación para hacer un análisis comparativo de los índices de reprobación y deserción del año 2019 un año donde las clases se impartieron de forma presencial y el año 2020, que modificó de forma abrupta las prácticas pedagógicas a un ambiente de virtualización o en línea. El año 2020, fue difícil en muchos aspectos a causa de la pandemia, como lo son: muertes a causa del COVID-19, problemas en la economía mundial, problemas psicológicos, y por supuesto problemas en el ámbito de la educación al llevar las clases a los hogares con limitantes de tecnología y conectividad.

De acuerdo a la información proporcionada por el INEGI (2020), en México hay 80.6 millones de usuarios de internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares, de los cuales el 76.6% de la población urbana es usuaria de Internet y 44.3% dispone de computadora. Se estima en 20.1 millones el número de hogares que disponen de Internet (56.4%), ya sea mediante una conexión fija o móvil (ENDUTIH, 2020). Con esta información podemos determinar qué porcentaje de los estudiantes carecía de internet, computadora e incluso de celular para poder adaptarse a las exigencias de esta nueva normalidad impuesta por la pandemia.

De acuerdo con EY-Parthenon, el 94% de los estudiantes de universidades privadas tiene conexión a internet de banda ancha, mientras

que en las universidades públicas sólo el 72% tiene esta conectividad. El abandono escolar en el nivel superior aumentó en la última década, según el Censo 2020. La crisis económica y el impacto de la pandemia en la educación son factores que influyeron en que 7.4 por ciento de los estudiantes desertaran de la universidad (BuenDia, 2021).

De acuerdo a lo anterior, se puede observar que la pandemia es un evento que propicio la educación futura, los docentes deberían aprovechar y utilizar lo aprendido para mejorar y facilitar su labor docente con apoyo de las tecnologías de comunicación y los estudiantes darse cuenta de la importancia y utilidad que les proporcionan estas tecnologías que va más allá de la utilización que ellos les daban que se basaba en el entretenimiento.

La mayoría de los docentes a pesar de su edad o poca habilidad para el uso de las tecnologías sacó la casta y para el semestre agosto-diciembre estaban listos para impartir sus clases virtuales, todo este aprendizaje y esfuerzo de los maestros comienza a dar frutos y muy a pesar de las adversidades y las deficiencias que se pudieron generar en este tiempo de contención en los hogares permitirá que docentes que no utilizaban las tecnologías de comunicación las utilicen para mejorar su práctica docente cuando regresemos a las aulas.

Muchos estudiantes, especialmente aquellos que tienen más dificultades para aprobar las asignaturas o que no han contado con los recursos tecnológicos necesarios para seguir la docencia online desde sus casas, han visto afectado su rendimiento académico por perder meses de clase presencial. Además de no haber tenido la oportunidad de recibir las explicaciones de las diferentes materias por parte del docente, muchas familias han tenido dificultades para ayudar a los niños y niñas con las tareas, ya sea por falta de tiempo o de conocimiento.

Con todo lo anterior y debido al impacto generado durante todo un año a las reacciones de los maestros en los diferentes niveles educativos al tener que modificar sus ambientes de aprendizaje, impartiendo y recibiendo las clases de modalidad presencial a modalidad virtual o en línea han surgido muchas preguntas, ¿Cómo puede afectar al desarrollo académico de los estudiantes? ¿Qué impacto académico se genera a raíz de estas modificaciones? ¿A qué área del conocimiento afecta en un mayor grado? ¿Qué tanto afectó a la deserción? Todas estas interrogantes se pretenden responder a lo largo del desarrollo de esta investigación. Por lo tanto, el objetivo es analizar el impacto causado por el cambio de impartición de clases de modalidad presencial a la virtualización o en línea a causa de la pandemia COVID-19 en la educación de nivel superior.

Materiales y Métodos

El estudio es de naturaleza cuantitativa, descriptiva y prospectivo, que incluyó como unidades de observación a estudiantes de las cohortes 2019 y 2020 de tipo longitudinal, a su vez el estudio es conceptual inductivo, ya que se trabaja con información ya existente en el Sistema Integral de Información del Plantel Educativo en donde se realiza el trabajo y mediante el cual se permite conocer la tendencia de los índices de reprobación y deserción. Se desarrolló en el Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Juárez (TecNM, campus Cd. Juárez), se tomaron de muestra a 2949 estudiantes matriculados en los años 2019 y

2020, de la licenciatura de Ingeniería en Mecatrónica, cabe mencionar que un estudiante puede pertenecer a más de un grupo. La muestra se tomó de estudiantes de dicha licenciatura, en base a un estudio previo realizado con 5 licenciaturas de la institución incluyendo la del objeto de estudio, en donde se analizaron los índices de reprobación y deserción de los semestres de Enero-Junio y donde una de las Licenciaturas más afectadas fue Mecatrónica razón por la cual se decidió tomarla de muestra para profundizar en el tema, y poder conocer si el cambio abrupto a la virtualización a causa del COVID-19 afectó a los estudiantes de educación superior. Los datos se recolectaron de los registros del Sistema de Integral de Información del TecNM Campus Ciudad Juárez.

Las cohortes analizadas son los semestres correspondientes al año 2019, impartido en modalidad presencial y los semestres correspondientes al año 2020, impartido en modalidad virtual, a causa de la pandemia del COVID-19.

En esta investigación la variable a evaluar fue el rendimiento académico y el índice de deserción. Para ello, se consideraron 3 áreas de conocimiento:

- Área de ciencias básicas.
- Área de tronco común.
- Áreas afines a la carrera.

Para la selección de las asignaturas se hizo de forma aleatoria, para el área de ciencias básicas se seleccionaron las asignaturas de Cálculo Diferencial, Cálculo integral, Álgebra Lineal, en el área de tronco común Fundamentos de Investigación, Taller de Ética y Desarrollo Sustentable, con respecto a las afines a Ingeniería en Mecatrónica, las asignaturas de Dinámica de Sistemas y Electromagnetismo. En todas estas áreas se evaluaron los promedios de cada uno de los grupos que pertenecen a la muestra con la finalidad de determinar si el área de conocimientos tuvo un impacto en el rendimiento académico y la deserción. En la Tabla 1 y Tabla 2 se muestra la cantidad de alumnos organizados por grupo de acuerdo a cada materia; correspondiente a los semestres Enero-Junio y Agosto-Diciembre de los años 2019 y 2020.

Tabla 1. Grupos semestre Enero-junio y Agosto-Diciembre 2019 de Ingeniería en Mecatrónica.

ASIGNATURA	ENERO-JUNIO 2019		AGOSTO- DICIEMBRE 2019	
	GRUPOS	ALUMNOS	GRUPOS	ALUMNOS
CALCULO DIFERENCIAL	4	73	4	150
ALGEBRA LINEAL	5	193	2	64
CALCULO INTEGRAL	5	168	2	59
ETICA	2	35	4	141
FUNDAMENTOS INVESTIG	2	35	4	143
DESARROLLO SUSTENTA	3	60	3	66
DINAMICA DE SISTEMAS	3	75	2	59
ELECTROMAGNETIMOS	2	72	4	84

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ITCJ.

Tabla 2. Grupos semestre Enero-junio y Agosto-Diciembre 2020 de Ingeniería en Mecatrónica.

ASIGNATURA	ENERO-JUNIO 2020		AGOSTO- DICIEMBRE 2020	
	GRUPOS	ALUMNOS	GRUPOS	ALUMNOS
CALCULO DIFERENCIAL	1	27	7	202
ALGEBRA LINEAL	5	149	1	28
CALCULO INTEGRAL	4	137	3	51
ETICA	1	24	7	203
FUNDAMENTOS INVESTIGACION	1	24	7	206
DESARROLLO SUSTENTABLE	6	75	4	106
DINAMICA DE SISTEMAS	3	74	3	66
ELECTROMAGNETIMO	3	44	4	56

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ITCJ.

Una vez recolectados los datos se hizo un análisis comparativo de los datos correspondientes a ambos cohortes y se procedió a condensarlos en una tabla, para posteriormente mostrar los resultados en gráficas.

Resultados

Como resultado del análisis comparativo realizado de las cohortes, se obtuvo información dura que refleja el impacto provocado por el cambio de la labor académica a una modalidad 100% en línea y que se concentra principalmente en los índices de reprobación y deserción presentados en los semestres de los periodos Enero-Junio y Agosto-Diciembre 2019, que muestran de manera global el semestre Enero-Junio 2020, en el cual después de transcurrir la primera mitad tuvo que modificar su modo de impartición de clases y entrar de lleno a la virtualización, se obtuvo un 7% menos de índice de reprobación global que en el semestre Enero-Junio 2019, en donde las clases se impartieron en modalidad presencial.

Respecto a los índices de deserción los resultados se comportaron de forma distinta, ya que el semestre en donde se cambió a la virtualidad presento un incremento de un 5% respecto al año anterior.

Los semestres Agosto-Diciembre de los años 2019 y 2020 se comportaron de manera similar a los de Enero-Junio presentando el semestre de modalidad virtual una reducción en los índices de reprobación de 1.7% y un aumento en el de deserción de 4.52% respecto al semestre impartido en su totalidad en modalidad presencial. Los resultados de los índices de reprobación y deserción por asignatura estudiada (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Índices de reprobación y deserción Periodo Enero-junio del 2019 y del 2020 de Ingeniería en Mecatrónica.

ENERO-JUNIO 2019							
MATERIA	CLAVE	CURSARON	APROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	REPROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	DESERCIÓN
CÁLCULO DIFERENCIAL	2GA	93	42	45.16	39	41.94	12
CÁLCULO INTEGRAL	1GB	196	102	52.04	38	19.39	56
ÁLGEBRA LINEAL	2GB	171	113	66.08	27	15.79	31
DESARROLLO SUSTENTABLE	6GC	59	35	59.32	9	15.25	15
TALLER DE ÉTICA	3GA	45	37	82.22	8	17.78	0
FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	6GA	39	25	64.1	2	5.13	12
ELECTROMAGNETISMO	3GC	73	59	80.82	2	2.74	12
DINÁMICA DE SISTEMAS	1GG	76	75	98.68	1	1.32	0

ENERO-JUNIO 2020							
MATERIA	CLAVE	CURSARON	APROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	REPROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	DESERCIÓN
CÁLCULO DIFERENCIAL	2GA	36	19	52.78	0	16.67	11
CÁLCULO INTEGRAL	1GB	140	87	62.14	32	22.86	21
ÁLGEBRA LINEAL	2GB	143	112	78.32	13	9.09	18
DESARROLLO SUSTENTABLE	6GC	70	66	94.29	4	5.71	0
TALLER DE ÉTICA	3GA	26	15	57.69	0	11	42.31
FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	6GA	26	14	53.85	0	0	12
ELECTROMAGNETISMO	3GC	47	35	74.47	0	0	12
DINÁMICA DE SISTEMAS	1GG	72	66	91.67	3	4.17	3

Fuente: Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, 2020.

Tabla 4. Índices de reprobación y deserción Periodo Agosto-Diciembre del 2019 y del 2020 de Ingeniería en Mecatrónica.

AGOSTO-DICIEMBRE 2019							
MATERIA	CLAVE	CURSARON	APROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	REPROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	DESERCIÓN
CÁLCULO DIFERENCIAL	2GA	172	128	74.42	38	20.93	8
CÁLCULO INTEGRAL	1GB	82	42	51.22	27	32.93	13
ÁLGEBRA LINEAL	2GB	59	38	64.41	8	13.56	13
DESARROLLO SUSTENTABLE	6GC	80	75	93.75	2	2.5	3
TALLER DE ÉTICA	3GA	149	140	93.96	6	4.03	3
FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	6GA	149	138	92.62	3	2.01	8
ELECTROMAGNETISMO	3GC	85	85	96.59	3	3.41	0
DINÁMICA DE SISTEMAS	1GG	58	53	91.38	2	3.45	3

AGOSTO-DICIEMBRE 2020							
MATERIA	CLAVE	CURSARON	APROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	REPROBARON	ÍNDICE REPROBACIÓN	DESERCIÓN
CÁLCULO DIFERENCIAL	2GA	209	137	65.55	54	25.84	18
CÁLCULO INTEGRAL	1GB	61	48	78.51	11	18.03	4
ÁLGEBRA LINEAL	2GB	39	28	66.67	2	5.13	11
DESARROLLO SUSTENTABLE	6GC	92	92	100	0	0	0
TALLER DE ÉTICA	3GA	206	159	77.18	21	10.19	26
FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN	6GA	209	174	83.25	21	10.05	14
ELECTROMAGNETISMO	3GC	65	61	93.85	0	0	4
DINÁMICA DE SISTEMAS	1GG	65	48	73.85	0	0	17

Fuente: Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, 2020.

Al recolectar la información y condensarse en una tabla se analizaron los datos obtenidos de los 45 grupos, considerando las áreas de conocimientos y se plasmaron en la Figura 1. En ellas se aprecian las diferencias en los índices de deserción y reprobación de los semestres estudiados y se puede apreciar que las áreas más afectadas por el cambio de modalidad a la virtualización en el índice de reprobación fueron: en el semestre Agosto-diciembre el área de tronco común y la asignatura de cálculo diferencial, y en el semestre Enero-Junio la asignaturas de cálculo integral del área de ciencias básicas y dinámicas de sistemas del área de asignaturas propias de la Licenciatura de Mecatrónica, el resto de las asignaturas, presentaron un decremento.

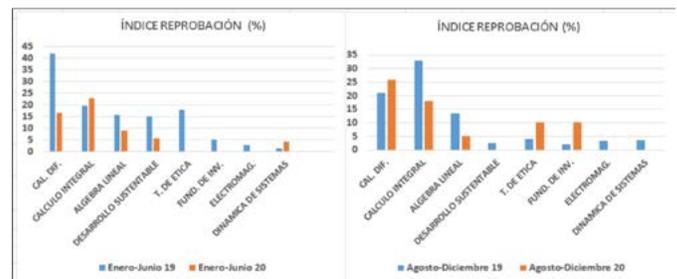


Figura 1. Índices de reprobación Enero-Junio y Agosto-Diciembre del 2019 y del 2020 de Ingeniería en Mecatrónica.

La Figura 1, muestra que varias de las asignaturas del semestre Enero-Junio 2020, presentaron mínimo o nulo índice de reprobación, lo cual lleva a cuestionar ¿Qué factores pudieron intervenir para que en asignaturas como cálculo y algebra que son asignaturas que comúnmente presentan un alto índice de reprobación en este semestre se comportaran de una manera distinta?

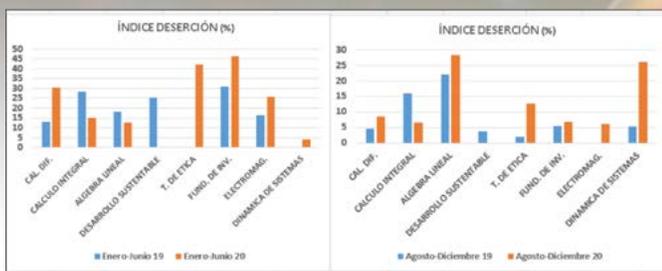


Figura 2. Índices de deserción Periodo Enero-Junio y Agosto-Diciembre del 2019 y del 2020 de Ingeniería en Mecatrónica.

Discusión

Los resultados de esta investigación concuerdan con lo señalado por IESALC (2021), que señala que a consecuencia de la pandemia se registra un aumento en la deserción de estudiantes en la educación superior del 3% al 10 %, presentándose en algunos casos hasta el 30%. La Secretaría de Educación Pública (SEP) también indica que la deserción en el ciclo escolar 2019-2020 en el nivel de educación superior fue de 305 mil 89 universitarios, equivalentes a 8% de la matrícula en ese nivel educativo. Los datos obtenidos en la investigación señalan un 11.92% en la deserción del periodo 2019 impartido en su totalidad en modalidad presencial y en el periodo 2020 impartido en modalidad virtual un 16.69% lo cual representa un incremento del 4.77% global.

Cabe mencionar que este estudio se limitó solo a considerar los valores cuantitativos presentados en los índices de reprobación y deserción, sin embargo, la crisis educativa a la que nos enfrentamos a causa

del COVID-19 es compleja y seguirá representando un tema de estudio debido a que el regreso a las aulas ya no volverá a ser igual que antes de la pandemia, viene mencionándose una modalidad híbrida en la que se combina la educación presencial con la virtual, como señala Aguayo (2021) ¿Qué cambios podremos ver durante 2021? ¿Se equipará tecnológicamente a las escuelas? ¿Se promoverán prácticas emergentes exitosas? ¿Se revalorará adecuadamente al magisterio en proceso de adaptación? También es importante investigar acerca de los factores cualitativos que afectaron tanto a estudiantes y docentes con el cambio de esta modalidad para así poder enfrentar de mejor forma los impactos causados y los que están por venir a causa de la Pandemia.

Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos el índice de reprobación no tuvo un impacto significativo, sin embargo, el índice de deserción en la mayoría de las asignaturas se incrementó considerablemente, por lo que se puede concluir que el cambio a la virtualización ocasionado por la pandemia del COVID-19 incremento la deserción escolar de los estudiantes de educación superior.

Se observó que las áreas de conocimiento que tuvieron un impacto en el índice de reprobación fueron las de tronco común y de ciencias básicas; en lo que respecta a la deserción todas las áreas presentaron un impacto ya sea en el semestre Enero-Junio o el semestre Agosto-Diciembre, siendo la más afectada la asignatura de Taller de Ética y las asignaturas afines de la licenciatura de Ingeniería en Mecatrónica. Lo que puede dar una idea de la afectación académica de la pandemia al rendimiento escolar.



Bibliografía

- + Aguayo, A. E. (2021, Abril). Educación pública y covid-19 en 2020-2021 PROS Y CONTRAS DE LAS ESTRATEGIAS. Correo del Maestro(299).
- + BuenDia, E. (2021, febrero 9). Reporte Indigo. Obtenido de: El éxodo de los universitarios, abandono escolar: <https://www.reporteindigo.com/reporte/el-exodo-de-los-universitarios-abandono-escolar/>
- + Educaweb (2021, enero 20). 5 acciones para salvaguardar la educación de la generación COVID-19. Obtenido de: <https://www.educaweb.com/noticia/2021/01/20/5-acciones-salvaguardar-educacion-generacion-covid-19-19430/>
- + ENDUTIH (2020, 2 17). INEGI. Obtenido de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf
- + IESALC (2021, enero 24). LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DURANTE LA PANDEMIA DE LA COVID-19 Y LOS EFECTOS SOBRE LA DOCENCIA. Obtenido de: <https://www.iesalc.unesco.org/2021/01/24/la-transformacion-digital-durante-la-pandemia-de-la-covid-19-y-los-efectos-sobre-la-docencia/>
- + Instituto Tecnológico de Cd. Juárez (2020). SII. Obtenido de: Índice de reprobación de materias: <http://sii.cdjuarez.tecnm.mx/modulos/dac/>
- + Lloyd, M. (2020). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LA UNIVERSIDAD Y LA EDUCACIÓN. Obtenido de: http://132.248.192.241:8080/jspui/bitstream/IISUE_UNAM/546/1/LloydM_2020_Desigualdades_educativas.pdf
- + Toribio, L. (2020, agosto 9). Dejan la escuela 2.8 millones por culpa del covid; deserción en nivel básico y superior. Obtenido de: Excelsior: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/dejan-la-escuela-28-millones-por-culpa-del-covid-desercion-en-nivel-basico-y-superior>
- + UNESCO (2021, enero 29). Los héroes del aprendizaje, la innovación y la financiación en el centro del Día Internacional de la Educación 2021. Obtenido de: <https://es.unesco.org/news/heroes-del-aprendizaje-innovacion-y-financiacion-centro-del-dia-internacional-educacion-2021>
- + UNESCO (2021, enero 29). UNESCO. Obtenido de: <https://es.unesco.org/news/heroes-del-aprendizaje-innovacion-y-financiacion-centro-del-dia-internacional-educacion-2021>
- + Villafuerte, P. (2020, Marzo 19). Observatorio de Innovación Educativa. Obtenido de: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/educacion-en-tiempos-de-pandemia-covid19>
- + World Bank Group (2020, Mayo 7). BANCO MUNDIAL. Obtenido de: <https://www.bancomundial.org/es/topic/education/publication/the-covid19-pandemic-shocks-to-education-and-policy-responses>

IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS DEL PARQUE EÓLICO "LA VENTA", OAXACA

Artículo arbitrado 03

Edición 16

José Domingo Rafael Castañeda Olvera¹ y Lissette Cabrera Jarquín²

^{1,2} Universidad Tecnológica Fidel Velázquez
Av. Emiliano Zapata s/n Col. Tráfico
Nicolás Romero, Estado de México, México,
C.P. 54400.



jdomingo.castaneda@utfv.edu.mx

Recibido: Marzo 10, 2021.

Recibido en forma revisada: Abril 20, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: Ante los efectos negativos del cambio climático global y la llegada de la máxima producción mundial de petróleo convencional, la generación de energía eólica se presenta como la energía renovable más vendida en el ámbito internacional por potencia instalada (MW) y por energía generada. Actualmente México cuenta con una potencia instalada de 8,324 MW en 15 estados de la República Mexicana y entre ellos se encuentra Oaxaca, con una potencia instalada de 2,749 MW lo que convierte a Oaxaca como el estado que más energía eólica genera en el país. Sin embargo, desafortunadamente no existe información suficiente para determinar las ventajas y desventajas de su generación. Este es el caso de los impactos sociales y ambientales negativos generados por la construcción de parques eólicos terrestres a gran escala en el Istmo de Tehuantepec.

+ Palabras clave: Energías renovables, energía eólica, parques eólicos, cambio climático, desarrollo sostenible.

Abstract: Given the negative effects of global climate change and the arrival of the maximum world production of conventional oil, wind power generation is presented as the most sold renewable energy internationally by installed power (MW) and by energy generated. Currently Mexico has an installed power of 8,324 MW in 15 states of the Mexican

Republic and among them is Oaxaca with an installed power of 2,749 MW, which makes Oaxaca the state that generates the most wind energy in the country. However, there is unfortunately not enough information to determine the advantages and disadvantages of your generation. This is the case of the negative social and environmental impacts generated by the construction of large-scale onshore wind farms on the Isthmus of Tehuantepec.

+ **Keywords:** *Renewable energy, wind Energy, wind farms, climate change, sustainable development.*

Introducción

Como consecuencia de la necesidad por encontrar un cambio en la matriz energética basada en los recursos fósiles, la energía eólica se presenta como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que causan el cambio climático global y reemplazar el uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica. Sin embargo, a pesar de los beneficios ambientales que pueda tener, aún no existe suficiente información y conocimiento para determinar con claridad sus ventajas y desventajas en diferentes escalas espaciales y temporales.

Este es el caso de los impactos socioambientales debido a la construcción de parques eólicos terrestres a gran escala, por ejemplo, en el Istmo de Tehuantepec, principal sitio de operación de parques eólicos en México debido a su elevado potencial eólico, considerado como uno de los mejores en el mundo (SEGOB, 2015).

En el caso del Istmo de Tehuantepec, el problema es que la mayor parte de la electricidad que producen estas centrales eólicas está dirigida principalmente a su comercialización privada, esencialmente a empresas privadas extranjeras ubicadas en la región, sin considerar sus patrones de producción y consumo de energía, y la necesidad del suministro de electricidad menos contaminante para la población (Sener, 2020).

Debido a ello, la implementación de parques eólicos ha generado el rechazo y la oposición social por parte de un sector de la población del Istmo de Tehuantepec, en especial de grupos organizados (Castillo, 2011).

La serie de inconformidades se debe esencial, aunque no únicamente, al cambio de tenencia de la tierra a través de la firma de contratos de arrendamiento entre sus propietarios y las empresas eólicas, que permite a éstas acceder a la tierra para instalar aerogeneradores que aprovechen el recurso eólico. Se ha documentado ya cómo estos contratos se realizan en condiciones de clara desventaja para los propietarios ya que permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse por otros 30, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por los parques eólicos al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea arrendada (Castillo, 2011).

El objetivo central de este artículo es analizar algunas consecuencias

socioeconómicas y ambientales que ha traído consigo la instalación del parque eólico La Venta en Juchitán, en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Buscamos, así, aportar algunos elementos de análisis a la discusión sobre la pertinencia de seguir desarrollando parques eólicos en esta región.

Discusión: problemática socioambiental

México cuenta con uno de los potenciales más altos de generación de energía eólica en el mundo. El principal recurso eólico en México se localiza en el Istmo de Tehuantepec, comprendido entre los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz.

La región del Istmo presenta velocidades de viento ideales para este tipo de generación con uno de los mayores potenciales en el mundo, calculado entre 5 000 y 7 000 MW de capacidad anual, suficiente para abastecer a 18 millones de habitantes del medio urbano. Este potencial se debe a la potencia del viento, que excede los 1,200 watts por metro cuadrado (W/m^2) entre los meses de octubre y febrero, y a su velocidad estimada en ocho metros sobre segundo (m/s) a 50 metros por arriba del suelo y a la presencia de crestas y cordilleras con elevaciones de terreno de 500 a 1,000 metros sobre todo en las zonas de La Mata, La Venta y La Ventosa. En este sitio, en particular en los municipios de Juchitán de Zaragoza, El Espinal, San Dionisio del Mar, Asunción Ixtaltepec, Unión Hidalgo, Santo Domingo Ingenio, entre otros, empresas eólicas transnacionales, con el apoyo del gobierno mexicano e instituciones financieras internacionales, desarrollan los parques eólicos terrestres a gran escala que integran el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec, bajo la lógica de reducción de emisiones de GEI, así como promover el desarrollo económico de Oaxaca, uno de los estados con mayores niveles de pobreza en México.

En 1986, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) instala estaciones anemométricas en el Istmo de Tehuantepec; con ello, se genera interés en la región y se realizan diferentes evaluaciones del potencial eólico en la región, tanto por la CFE como por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos, National Renewable Energy Laboratory (NREL), este último a petición del Gobierno del Estado de Oaxaca y financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (AMDEE, 2018).

En 1994, la CFE logró realizar la construcción del primer proyecto experimental de energía eólica en el istmo de Tehuantepec, y también en México, La Venta I, de 1.575 mega watts de capacidad que se ubicó en el poblado de La Venta, agencia municipal de Juchitán, Oaxaca. En el 2006, se llevó a cabo la inauguración del parque eólico La Venta II, una central con 83.3 mega watts con capacidad para generar electricidad para aproximadamente 45 mil viviendas (Tabla I). El parque eólico se ubicó en la región sur del Istmo, al norte de la población de La Venta, municipio de Juchitán de Zaragoza. En el proyecto se consideró la instalación de 98 aerogeneradores, de los cuales cada uno producen 850 kilowatts, hecho que lo convierte en el parque eólico más grande de América Latina (AMDEE, 2018), (Tabla 2).

Tabla 1. Evolución de producción de Energía Eólica.

Capacidad Nominal de generación (MW)				
Año:	1994	2006	2009	2030
Mega watts:	1.575	83.3	250	754

Elaboración propia con base en SEGOB (2011).

La CFE calcula que el potencial eólico de México es superior a los 5000 mega watts; por ello, se espera que en los próximos años continúe el desarrollo de proyectos que aprovechen esta energía alterna. México pretende colocar hasta tres mil aerogeneradores en esta región para el año 2030.

Tabla 2. Características del parque eólico “La Venta” en operación.

Proyecto:	La Venta	La Venta II
Propietario:	Comisión Federal de Electricidad	Comisión Federal de Electricidad
Estado del Proyecto:	Operación	Operación
Ubicación:	La Venta, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca	La Venta, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca
Inversión:	2.2 millones de dólares	112.5 millones de dólares.
Modalidad del Proyecto:	OPF (obra pública financiada)	OPF (obra pública financiada)
Fabricante:	Vestas	Gamesa
Fecha de Operación Comercial:	10 de noviembre de 1994	2006
Aerogeneradores:	7	98
Capacidad nominal de generación (MW):	1.57	83.30

Elaboración propia con base en SEGOB (2011).

Principales inversores

Desde un inicio se consideró como esencial la participación del capital privado para desarrollar el potencial eólico del istmo de Tehuantepec ante la insuficiente capacidad económica y tecnológica del país. De lo arriba presentado se desprende que las empresas privadas, en especial trasnacionales españolas, son protagonistas de la explotación eólica en esa región. Destaca la presencia de las empresas “Vestas” y “Siemens Gamesa”, quienes forman parte de la empresa española Iberdrola Renovables; en conjunto, juegan un papel importante en el desarrollo de los parques eólicos en la región, principalmente en los parques “La Venta” y “La Venta II”.

Gamesa nace en 1976 en Asteasu (Manzo, 2019), desarrollando nuevas tecnologías aplicándolas en actividades emergentes: robótica, microelectrónica, medioambiente o materiales compuestos. Su división Gamesa Aeronáutica estaba especializada en la ingeniería, fabricación y suministro de grandes conjuntos estructurales o partes completas de aeronaves para su posterior ensamblaje en aviones y helicópteros.

En 1994 se inaugura la empresa Gamesa Eólica especializada en el ensamblaje de aerogeneradores. En 1995 comienza su actividad empresarial en promoción, construcción de parques eólicos. En 1996, inició la explotación de su primer parque eólico. Desde su constitución Gamesa centró su actividad en gestionar el ciclo integral de la energía eólica; para ello se organizó en tres filiales: Gamesa Energía, Gamesa Eólica y Gamesa Servicios. El 51% del capital estaba controlado por Gamesa

y el 40% por su socio danés, Vestas Wind Systems, empresa con la que existía un acuerdo tecnológico.

Por otro lado, Siemens Gamesa Renewable Energy, anteriormente Gamesa Corporación Tecnológica y Grupo Auxiliar Metalúrgico, es una multinacional española de nuevas tecnologías dedicadas a la energía eólica. La compañía cotiza en Bolsa desde el 31 de octubre de 2000 y se integró en el selectivo Ibex 35 el 24 de abril de 2001. Tiene su sede central en el Parque Científico y Tecnológico de Vizcaya, en Zamudio. En España, la compañía tiene otras sedes: en Madrid y Sarriguren (Navarra).

El 3 de abril de 2017, Siemens Wind Power y Gamesa se fusionan, donde se crea Siemens Gamesa Renewable Energy S.A.

Por último, Vestas fue fundada en 1945 por Peder Hansen, que nombró su empresa Vestjysk Stålteknik A/S. Inicialmente, la compañía manufacturaba electrodomésticos, focalizándose en equipos para la agricultura en 1950, intercoolers en 1956 y grúas hidráulicas en 1968. Entró a la industria de las turbinas de viento en 1979 y empezó la producción de estas exclusivamente a partir de 1989.

Vestas Wind Systems A/S es una compañía danesa dedicada a la fabricación, venta, instalación y mantenimiento de aerogeneradores.

Grupos opositores e impactos socioambientales

Los grupos opositores a los parques eólicos han manifestado que los contratos presentados por estas empresas usualmente no ofrecen información transparente y veraz sobre los derechos que tienen los propietarios al arrendar su tierra, así como la falta de información sobre lo que sucederá con las instalaciones eólicas una vez que se termine el contrato (Castillo, 2011). Asimismo, se ha señalado que los contratos no establecen una distinción precisa entre fincas productivas y terrenos baldíos, y carecen de cláusulas de actualización de los pagos (Castillo, 2011).

Pese a ello, estos grupos opositores no se oponen a la generación de energía limpia y renovable, sino en las formas cómo se imponen los proyectos sin tener en cuenta la decisión de la población, el impacto y las afectaciones que pueden causar y el beneficio y uso que se va a hacer de la energía generada:

“No estamos en contra de la tecnología para generar energía mediante las fuentes renovables; pero sí rechazamos su uso a favor del mero lucro de las empresas y en detrimento de los pueblos y de su patrimonio biocultural” (Ecoosfera, 2018).

Con la metodología para el análisis de despliegue de la función de la Por otra parte, se ha documentado también cómo las empresas eólicas limitan la información sobre sus proyectos a algunos aspectos técnicos, enfocándose en lo referente a los pagos por el usufructo de las tierras, al tiempo que desestiman o eluden hablar sobre sus eventuales efectos adversos. La información llega sólo a los propietarios de las tierras dentro de los polígonos de los proyectos; el resto de los habitantes, aun siendo de la misma comunidad, no recibe información alguna (Juárez-Hernán-

dez y León, 2014).

Además, las empresas suelen ocultar la información sobre el precio al que venderán la electricidad y los términos en que será distribuida, limitando con ello las posibilidades de los dueños de las tierras de negociar una repartición más equitativa de las ganancias. A ello se añade que ninguna instancia gubernamental participa en la difusión de información entre la población (Juárez-Hernández y León, 2014).

En contraste, las empresas eólicas disponen de estudios técnicos y económicos detallados para la toma de decisiones; esta asimetría de información es uno de los ingredientes que contribuye a la rispidez entre pobladores y empresas.

En países desarrollados la oposición social a los emprendimientos eólicos destaca sus efectos negativos sobre el paisaje; en el caso del Istmo de Tehuantepec, las críticas giran esencialmente en torno a cuestiones relacionadas con el acceso a las tierras. Las contraprestaciones que las empresas otorgan destacan como el aporte más significativo de los proyectos a las comunidades locales. Habitualmente las empresas optan por la modalidad de arrendamiento, fijando las contraprestaciones según los aerogeneradores instalados, por las hectáreas ocupadas o bien por el pago de regalías conforme a un porcentaje de los ingresos brutos por la venta de la electricidad (Juárez-Hernández y León, 2014).

En México, se ha calculado que las empresas eólicas otorgan sólo el

1% de sus ganancias a campesinos que les rentan sus tierras, y no el 4%, como en otros países. Además, en Oaxaca las empresas no han pagado impuestos a los municipios (Manzo, 2019).

El costo nivelado total de la eolelectricidad generada en el Istmo de Tehuantepec se estima en 4.5 USD/kwh, que junto a un cargo preferencial por porteo inferior a 2.0 USD/kwh, supone un costo global de 6.5 USD/ kwh (0.85 \$/kwh). Las empresas venden la electricidad a sus socios consumidores a un costo entre 5-10% menor a la tarifa de la CFE, según su actividad, ubicación y nivel de tensión (Juárez-Hernández y León, 2014).

Para los consumidores del ramo industrial, la electricidad tiene un costo medio de 1.46 \$/kwh, de modo que un precio de venta 10% inferior a dicha tarifa garantiza a la empresa eólica un diferencial superior a 50%. Las cuantiosas ganancias, al no verse reflejadas, como se mostró antes, en contraprestaciones atractivas para los dueños de las tierras afectadas por los proyectos, son retenidas prácticamente por completo por las empresas eólicas (Juárez-Hernández y León, 2014).

La capacidad energética de los parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec pasó de 160 megavatios en 2008 a 5,500 megavatios en 2018 (Juárez-Hernández y León, 2014): un poder suficiente para alimentar a cientos de miles de hogares. Sin embargo, ni la luz, ni los beneficios que produce la venta del aire a las empresas llegan a las comunidades (Tabla 1).

Tabla 1. Parques eólicos en la región del Istmo de Tehuantepec.

Propietario	Proyectos	Ubicación	Fabricante	Fecha de Operación Comercial	Inversión (Millones de dólares)	Aerogeneradores	Capacidad Nominal (MW)
Comisión Federal de Electricidad.	1. La Venta. 2. La Venta II.	La Venta, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca.	1. Vestas 2. Gamesa	1. 10 de Noviembre de 1994 2. 2006	1. 2.2 MDD 2. 112.5 MDD	1. 7 2. 98	1. 1.57 2. 83.30
Iberdrola Energías Renovables.	1. Parques eólicos de México I (Ventosa II). 2. BII NEE STIPA 3. La Venta III.	1. La Ventosa, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca. 2. El Espinal; Oaxaca. 3. Santo Domingo Ingenio, Oaxaca.	Gamesa	1. 2008 2. 1 de Abril de 2010 3. Octubre de 2012	1. 170 MDD 2. 52.7 MDD 3. 170.6 MDD	1. 94 2. 31 3. 133	1. 79.9 2. 26.3 3. 102.85
Acciona Energía.	1. Eurús. 2. Oaxaca II. 3. Oaxaca III. 4. Oaxaca IV.	1 y 3. La Venta, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca. 2. Santo Domingo Ingenio, Oaxaca. 4. Santo Domingo Ingenio y La Venta, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca.	Acciona Windpower	1. 2009 2. Febrero 2012 3. Febrero 2012 4. Marzo 2012	1. 550 MDD 2. 200 MDD 3. 200 MDD 4. 200 MDD	1. 167 2. 68 3. 68 4. 68	1. 250 2. 102 3. 102 4. 102
Perioles	1. Fuerza eólica del Istmo 2. Fuerza eólica del Istmo (Fase II).	1. El Espinal; Oaxaca. 2. La Ventosa, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca.	1. Clipper Wind 2. Clipper Liberty C89	1. 8 de Octubre de 2010 2. Octubre de 2012	1. 124.4 MDD 2. 35.6 MDD	1. 20 2. 15	1. 50 2. 30
CISA Gamesa	1. BII NEE STIPA III (Fase II) 2. Zopilapan	1. El Espinal; Oaxaca. 2. Santo Domingo Ingenio, Oaxaca.	Gamesa	2013	1. 300 MDD 2. 369 MDD	1. 107 2. 80	1. 214 2. 160
Desarrollos Eólicos Mexicanos (DEMEC)	1. Piedra Larga (Fase I) 2. Piedra Larga (Fase II)	Unión Hidalgo, Oaxaca.	Gamesa	1. Octubre de 2012 2. Diciembre 2014	1. 200 MDD 2. 234 MDD	1. 45 2. 107	1. 45 2. 137
ENEL México-GAMESA Energía	1. BII NEE STIPA (FASE I). 2. Sureste I (Fase II)	1. El Espinal, Oaxaca. 2. Ejido Agua Caliente, Asunción Ixtaltepec, Oaxaca.	1. Gamesa. 2. Alstom	1. 9 de Julio de 2012 2. 2014	1. 160 MDD 2. 204 MDD	1. 37 2. 68	1. 74 2. 102
Eléctrica del Valle de México	La Mata – La ventosa	La Ventosa, Juchitán de Zaragoza y la Mata, Asunción Ixtaltepec, Oaxaca.	Gamesa	1 de Abril de 2010	105 MDD	27	67.5
Energías Ambientales de Oaxaca	Oaxaca I	Santo Domingo Ingenio, Oaxaca.	Acciona WindPower	Octubre de 2012	176.6 MDD	51	102
Eoliatec del Istmo	BII STINÚ	Santa Rita, Juchitán de Zaragoza; Oaxaca.	Gamesa	2013	367 MDD	82	164
Gas Natural Fenosa	BII XI OXO	Juchitán de Zaragoza; Oaxaca.	Gamesa; ENERCON E-44	2014	385 MDD	235	227
ZUMA Energía	Ingenio (Ampliación del Parque Eurús)	Santo Domingo Ingenio; Oaxaca.	Gamesa	Octubre de 2015	100 MDD	25	50

Fuente: Elaboración propia con base en SEGOB (2021).

Por otro lado, La destrucción y abandono de formas de producción y subsistencia tradicionales (agricultura, ganadería y pesca) debido a la transformación que sufre el territorio con la construcción de nuevas infraestructuras para el desarrollo de la actividad eólica, el cambio de uso del suelo o la contaminación que se deriva de la actividad industrial, son también importantes afectaciones de carácter económico.

Entre las afectaciones ambientales que más destacan son aquellas que tienen que ver con la destrucción del hábitat y de la diversidad como consecuencia de la construcción de los parques eólicos. Según datos del Banco Mundial, en tan sólo un año, el parque eólico de La Venta II ocasionó la muerte de unos 9900 ejemplares de animales (principalmente aves y murciélagos) al colisionar con las aspas de las 98 turbinas aerogeneradoras del parque. Conviene recordar que el Istmo de Tehuantepec es un importante corredor migratorio de aves por donde cruzan más de 12 millones de ejemplares anualmente.

Proyectos eólicos como los de Barra de Santa Teresa o Bii Hioxho, ubicados en la zona acuífera de la Laguna Superior, también pueden poner en grave peligro la flora y fauna del ecosistema de manglar que se localiza en esta área y que, además de proveer de vida a un gran número de especies acuáticas y aves, representa la base del sistema productivo y alimenticio de las comunidades de pescadores que circundan a la laguna. Según denuncia la APIITDTT, el impacto que podría tener en la zona la construcción de los parques eólicos representaría una grave amenaza para la soberanía alimentaria de las poblaciones de la región.

Otras afectaciones de carácter medioambiental serían la contaminación de suelos, ríos, lagunas y acuíferos debido al derramamiento de los aceites utilizados en las turbinas, acumulación de residuos provenientes de las obras de construcción de los parques, erosión del suelo y pérdida de vegetación, contaminación sonora electromagnética causada por el elevado número de aerogeneradores operando a la vez y, por último, contaminación visual y afectación al paisaje.

Conclusiones

El conflicto socioambiental en el Istmo de Tehuantepec revela que, si bien la energía eólica debería plantearse en las políticas públicas a futuro en materia de generación de energía en afán de reducir la huella ecológica, tanto su planeación como su gestión están definidas por la obtención de ganancias a corto plazo y no por un interés real por mitigar los efectos negativos del cambio climático relacionados con la generación de los GEI. Por ello, los criterios para determinar la viabilidad de los parques eólicos en términos socioambientales no deben restringirse a la potencial reducción de emisiones de GEI, mucho menos a los criterios de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

En el caso presentado, es evidente que la lógica mercantil tras la puesta en marcha de estos parques han impactado social y ambientalmente a la región, por lo que la bonanza ambiental de tales proyectos queda en entredicho.

Bibliografía

+ AMDEE (2018). *Realidades de la energía eólica*. AMDEE, consultado el 3 de junio de 2021. (Disponible en <https://amdee.org/mitos-y-realidades.html>).

+ Castillo, Emiliano (2011), "Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec", *Desarrollo Local Sostenible*, vol. 4, núm. 12, España, Eumet.net, octubre 2011. Consultado el 23 de febrero de 2021 (disponible en <http://www.eumed.net/rev/delos/12/ECJ-Parques%20eolicos.pdf>).

+ Ecoosfera (2018, September 3). *La energía eólica en Oaxaca: injusticia social y ambiental*. Ecoosfera; Ecoosfera, consultado el 24 de febrero de 2021. (Disponible en <https://ecoosfera.com/la-energia-eolica-en-oaxaca-injusticia-social-y-ambiental/>).

+ Juárez-Hernández, Sergio, León, Gabriel (2014). *Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social*. *Problemas del desarrollo*, 45(178), 139-162. Consultado el 24 de febrero de 2021 (disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S030170362014000300007&lng=es&tlng=e).

+ Manzo, D. (2019, 21 noviembre). *Energía limpia y contratos sucios: así operan las eólicas en Oaxaca (Reportaje)*. *Aristegui Noticias*, consultado el 24 de febrero de 2021. (Disponible en <https://aristeguinoticias.com/2111/mexico/energia-limpia-y-contratos-sucios-asi-operan-las-eolicas-en-oaxaca-reportaje/>).

+ Redacción Ecoosfera (2018, September 3). *La energía eólica en Oaxaca: injusticia social y ambiental*. Ecoosfera; Ecoosfera, consultado el 24 de febrero de 2021. (Disponible en <https://ecoosfera.com/la-energia-eolica-en-oaxaca-injusticia-social-y-ambiental/>).

+ SEGOB (2011). *La Energía Eólica en México. Comisión para el dialogo con los pueblos indígenas en México*, consultado el 22 de febrero de 2021 (Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31621/eolico.pdf>).

+ SENER (2020). *Programa sectorial de energía 2020-2021*. México: Secretaría de Energía.



IMPLEMENTACIÓN DE TÉCNICAS LEAN, SIMULACIÓN Y CONTROL ESTADÍSTICO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTILLA DE POLIURETANO

Artículo arbitrado 04

Edición 16

Armando Mares Castro¹, María Teresa Segura Cándido², María Nirvana López Samano³, Guillermo García Rodríguez⁴, Ana Karen Merino Torres⁵

^{1,2,3,4,5}Tecnológico Nacional de México / ITS
de Purísima del Rincón.
Blvd. Del Valle # 2301, Guardarrayas.
Purísima del Rincón, Guanajuato, México.
C.P. 36413



armando.mc@purisima.tecnm.mx

■ **Resumen:** En esta investigación se propone una metodología de implementación inicial de técnicas de estandarización del trabajo, simulación de eventos discretos y control estadístico del proceso en un sistema de producción de plantilla de poliuretano. La aplicación se realizó en el área de suela y plantilla de una empresa productora de calzado ubicada en la ciudad de Purísima del Rincón, Guanajuato. La propuesta se basa en una implementación inicial de técnicas Lean y de calidad en un proceso de manufactura que no contaba con información inicial de ingeniería, con la finalidad de iniciar un ciclo de mejora continua con énfasis en la planeación y la definición de métricas iniciales de desempeño en relación a la capacidad de producción y calidad. La metodología permitió conocer los niveles de capacidad en el proceso, así como la definición de un sistema de monitoreo para la calidad en el producto.

+ **Palabras clave:** Estandarización del trabajo, simulación, control estadístico del proceso, mejora de procesos, plantilla de poliuretano.

Recibido: Febrero 23, 2021.
Recibido en forma revisada: Junio 7, 2021.
Aceptado: Junio 8, 2021.

■ **Abstract:** This article proposes a methodology for the initial implementation of work standardization techniques, simulation of discrete events and statistical control of the process in a polyurethane template production system. The application was made in the sole and insole area of a shoe production company located in the city of Purísima del

Rincón, Guanajuato. The proposal is based on an initial implementation of Lean and quality techniques in a manufacturing process that did not have initial engineering information, in order to initiate a cycle of continuous improvement with emphasis on the planning and definition of initial performance metrics in relation to production capacity and quality. The methodology allowed to know the capacity levels in the process, as well as the definition of a monitoring system for the quality in the product.

✦ **Keywords:** *Standardized work, simulation, statistical process control, process improvement, polyurethane footwear insole.*

Introducción

Dentro de las técnicas de la ingeniería industrial se encuentran las herramientas del Lean Manufacturing, enfocadas a la generación de procesos con un mínimo de “desperdicios” que se presentan en la forma de inventarios excesivos, realización de procesos inadecuados, Traslados y distribución de plantas incorrectos, problemas de calidad entre otros (Rajadell y Sánchez, 2010). En la actualidad, es común el diseño de sistemas de mejora basados en técnicas Lean y técnicas de calidad, con el enfoque de obtener soluciones mejoradas en cuanto al flujo del proceso y el incremento de la calidad. Por otra parte, la simulación de eventos discretos se presenta como una estrategia integradora de las técnicas anteriores; con la cual se puede modelar el comportamiento de un sistema productivo y generar escenarios que produzcan beneficios al proceso (Urquía y Martín, 2013).

El Lean Manufacturing se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor, pero genera costo y trabajo. La eliminación sistemática de desperdicios se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizadas y capacitadas. El poder del Lean Manufacturing radica en analizar continuamente las oportunidades de mejora que se ocultan en toda empresa para perfeccionar los procesos, pues siempre existirán desperdicios que pueden ser eliminados; siempre será un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos (Socconini, 2019).

La simulación de eventos discretos se puede definir como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado, su objetivo consiste en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación pertinentes del sistema. Cada vez resulta más sencillo encontrar paquetes de programas con gran capacidad de análisis, así como mejores animaciones y características para generación de reportes y que, adicionalmente, nos proveen de una enorme diversidad de herramientas estadísticas que permiten un manejo más eficiente de la información pertinente mediante el análisis y una mejor presentación de la misma (Dunna, Barrón y Reyes, 2013).

Partiendo de las aportaciones de Shewhart (1931), el control de la calidad es un campo de la estadística que puede definirse como aquellos métodos estadísticos y de ingeniería que se utilizan en la medición, monitoreo, control y mejora de la calidad. Los japoneses han sido particularmente exitosos en el despliegue de métodos de control estadístico de la calidad, y han utilizado métodos estadísticos para tomar una ventaja

significativa sobre sus competidores. En los años 70's la industria americana sufrió de forma extensiva a causa de la competencia japonesa (y otros extranjeros); esto los llevó a renovar el interés en métodos de control estadístico en Estados Unidos. Muchas compañías han iniciado programas extensivos para la implementación de estos métodos en la manufactura, ingeniería y otras organizaciones de negocios (Montgomery y Runger, 2014).

En esta investigación se presenta una metodología para la implementación inicial de estas técnicas de la ingeniería con la finalidad de definir un punto de base para la implementación inicial de la ingeniería en procesos de manufactura. Recordando que no se puede mejorar lo que no se puede medir, el establecimiento de las métricas sobre la capacidad y la calidad en los procesos se convierte en una necesidad.

Revisión de literatura

La estandarización del trabajo y sus aplicaciones

Dentro del estado del arte sobre las técnicas del Lean Manufacturing aplicadas para la mejora de procesos productivos, se pueden encontrar diversas aplicaciones de la estandarización del trabajo como estrategia base de medición y mejora. La eficiencia de las técnicas ha sido comprobada en la mejora de productividad diferentes tipos de procesos productivos y de gestión, lo cual indica también su versatilidad al momento de localizar una oportunidad de mejora o Kaizen. En esta sección se analizan algunas aportaciones disponibles en la literatura.

Emiliani (2008), presentó una propuesta de aplicación del trabajo estándar en la mejora del liderazgo, capacidades y eficacia a nivel ejecutivo, encontrando que existe una relación entre las tareas estratégicas del día a día y el liderazgo ejecutivo. Fireman, Saurin, y Formoso (2018), presentaron un estudio exploratorio sobre el papel del trabajo estandarizado en la construcción mediante una analogía de las pérdidas en las áreas de producción hacia los recursos flojos y las fuentes de variación presentes en el diseño del trabajo estándar en la construcción. Jiménez et al. (2019), presentan una extensión del concepto de las 5'S hacia las 6'S agregando la seguridad, garantizando la salud y seguridad requeridas en la estación del trabajo, lo cual es un concepto que también es manejado en la estandarización del trabajo. Johansson et al. (2013), presentaron en estudio sobre el estado actual del trabajo estandarizado en la industria automotriz sueca.

Kulkarni (2014), presentó un estudio sobre la mejora de productividad mediante la aplicación de principios Lean y estudios de métodos de trabajo, el autor define el trabajo estándar como una colección e implementación de las mejores prácticas conocidas, siendo un método secuencial para definir las mejores prácticas y asegurar de que cada operario las siga mediante un seguimiento estricto para la obtención del valor hacia los clientes. Cassiano y Nunes (2019), presentan una aplicación del trabajo estándar en una empresa fabricante de máquinas, se reportan mejoras del 7 % en el costo de montaje en el grupo piloto. Österman y Fundin (2014), proponen un método de medición e implementación del lean en un proceso de manufactura mediante el método del trabajo estandarizado para definir los métodos utilizados en el proceso para conseguir resultados estables y la solución de problemas para regresar el proceso a una condición donde el trabajo estandarizado sea posible.

Ouduis y Tengblad (2013), analizaron los aspectos de las dificultades percibidas entre la autoadministración y la estandarización en la búsqueda de la combinación de estos principios con la producción Lean. Pereira et al. (2016), presentaron un proyecto cuyo objetivo es la automatización de la estandarización del trabajo con las instrucciones de control y fabricación para facilitar su integración con sistemas de información de otras compañías.

Simulación de eventos discretos

Dentro del estado de la técnica de la simulación de eventos discretos con enfoque en Lean Manufacturing se han reportado diversas aplicaciones a diferentes configuraciones productivas, así como en otras áreas del conocimiento.

Bocanegra y Orejuela (2017), presentaron un método para diseñar y balancear un sistema de manufactura celular de una compañía industrial para la obtención de una configuración óptima en términos del proceso, costo total, tiempo muerto y criterios de confiabilidad. Detty y Yingling (2000), presentaron un caso de estudio en una línea de ensamble incluyendo variables clásicas del Lean en el modelo, logrando evaluar los beneficios derivados de los principios del Lean Manufacturing. Díaz-El-sayed et al. (2013), presentaron una combinación de prácticas verdes y Lean en un sistema de manufactura del sector automotriz. Logrando una reducción aproximada del 10.8 % de los costos de producción. Elbadawi et al. (2010), presentaron un estudio de aplicación de ejercicios interactivos de simulación con la finalidad de enseñar técnicas de Lean a estudiantes universitarios. Gurumurthy y Kodali (2011), presentaron una propuesta basada en técnicas de simulación a través del análisis de mapas de cadenas de valor (VSM), el caso se aplicó en un sistema de producción tipo job shop de fabricación de puertas y ventanas, lográndose mejoras de importancia plasmadas en el mapa futuro. Helal et al. (2014), utilizaron modelos de simulación de líneas de ensamble modificadas con principios Lean como uso de herramientas de soporte para la toma de decisiones, con la finalidad de definir opciones para la reducción de los desperdicios en el proceso.

Lian y Van Landerghem (2007), presentaron dos elementos nuevos al método del VSM para adaptarlo en la simulación introduciendo objetos diseñados, los cuales se relacionan a la estructura de su base de datos, lo cual lo convierte en un generador que modela de forma automática el VSM. López et al. (2019), exponen la simulación del comportamiento de una empresa de manufactura con respecto a la producción con el objetivo de solucionar el problema de desabasto del producto final para satisfacer la demanda de los clientes atacando desperdicios en el sistema. Lucherini y Rapaccini (2017), propusieron el uso de la simulación en un caso de estudio de una empresa mediana, plasmando en el VSM futuro el uso de herramientas del lean tales como manufactura celular, el suministro justo a tiempo por parte de los proveedores y el SMED.

Gráficos de control p – Índices de capacidad del proceso binomiales

En muchos procesos se trabaja con características de calidad de tipo pasa/ no pasa, de acuerdo con ciertos criterios de calidad, un producto es juzgado como defectuoso o no defectuoso (conforme o no conforme), dependiendo si cumple -o no- con las especificaciones o criterios de calidad. Si el producto no tiene la calidad deseada, no se le permite pasar a

la siguiente etapa del proceso ya además es segregado con la denominación artículo defectuoso. En la gráfica de control P , se muestran las variaciones en la proporción de artículos defectuosos por tamaño muestral o de subgrupo, es ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de una parte o de todo el proceso, tomando en cuenta su variabilidad con la finalidad de localizar causas o cambios en el proceso. Se puede tomar una muestra o subgrupo de n_i artículos, de cada lote, embarque, pedido o parte de la producción y puede ser la totalidad o una parte de las piezas bajo análisis. Se inspeccionan las n_i piezas de cada subgrupo y si se encuentra que d_i son defectuosas (no pasan) se grafican los puntos en la gráfica p y se analiza la variación de la proporción P_i de unidades defectuosas por subgrupo se muestran en la Ecuación (1):

$$p_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (1)$$

Para calcular los límites de control se parte del supuesto de que la cantidad de piezas defectuosas por subgrupo sigue una distribución binomial, y a partir de esto se aplica el mismo esquema general que señala que los límites de control están dados por $\mu \pm 3\sigma_p$, es decir, la media más menos tres desviaciones estándar del estadístico W graficado en la carta. La media y la desviación estándar de una proporción están dadas en la Ecuación (2):

$$\mu_{p_i} = \bar{p} \quad y \quad \sigma_{p_i} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2)$$

Donde n es el tamaño de subgrupo y \bar{p} es la proporción promedio de artículos defectuosos en el proceso. Las fórmulas para el cálculo de los límites de control se muestran en las Ecuaciones (3) al (5):

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

$$LC = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} \quad (4)$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (5)$$

Laney (2002), propuso un gráfico de control alternativo llamado gráfico p' , el cual toma en consideración situaciones en los que el tamaño del subgrupo es muy grande en comparación con el resto de los subgrupos por alguna situación que se presenta en el proceso.

Si el proceso está operando de manera estable, tal que la probabilidad que cualquier unidad sea clasificada como *no conforme* con respecto a la especificación es p , y las unidades producidas sucesivas son independientes, suponga que una muestra aleatoria de tamaño n unidades de producto son seleccionadas del proceso. Si la variable aleatoria D denota el número de unidades del producto clasificadas como *no conformes* respecto al estándar, entonces D tiene una distribución binomial con parámetros n y p , como se muestra en la Ecuación (6):

$$P\{D = d\} = \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d}; d = 0, 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

La distribución de la fracción disconforme muestral, $f = d/n$ también es binomial. La distribución acumulativa de f puede ser obtenida mediante el uso de la distribución binomial como en la Ecuación (7):

$$P\{f \leq a\} = P\{d/n \leq a\} = P\{d \leq na\} = \sum_{d=0}^{[na]} \binom{n}{d} p^d (1-p)^{n-d} \quad (7)$$

Donde $[na]$ denota el entero más largo menor o igual que na . Puede demostrarse que $E(f) = p$ y $E(\sigma_f^2) = p(1-p)/n$. El mejor estimador del parámetro binomial desconocido p se define en Ecuación. (8):

$$\hat{p} = \bar{f} = (\sum_{i=1}^m d_i) / (\sum_{i=1}^m n_i) \quad (8)$$

La proporción esperada de fracciones no conformes con respecto al límite superior de especificación puede estimarse como en Ecuación (9):

$$PNC_s = P\{f > f_s\} = 1 - P\{D \leq \bar{n}f_s\} = 1 - \sum_{d=0}^{[\bar{n}f_s]} \binom{\bar{n}}{d} \bar{f}^d (1 - \bar{f})^{\bar{n}-d} \quad (9)$$

Donde $[\bar{n}f_s]$ denota el entero más grande que es menor o igual a $\bar{n}f_s$. El porcentaje de lotes no conforme puede obtenerse multiplicando $PNC_s \times 100$. La fracción disconforme esperada con respecto al límite inferior de especificación puede estimarse como:

$$PNC_i = P\{f > f_i\} = 1 - P\{D \leq \bar{n}f_i\} = 1 - \sum_{d=0}^{[\bar{n}f_i]} \binom{\bar{n}}{d} \bar{f}^d (1 - \bar{f})^{\bar{n}-d} \quad (10)$$

El porcentaje de lotes no conformes puede obtenerse multiplicando $PNC_i \times 100$.

El enfoque de aproximación a la normal indica que si el tamaño muestral n es grande y el estimador $\hat{p} = \bar{f}$ es tal que tanto $n\bar{f}$ y $n(1-\bar{f})$ son mayores a 5, la distribución de f puede ser aproximada por una distribución normal con media \bar{f} y varianza $\bar{f}(1-\bar{f})/\bar{n}$. Los estimados para los índices C_{ps} y C_{pi} se pueden estimar como se indica en las Ecuaciones. (11)-(12):

$$\hat{C}_{ps} = \frac{(f_s - \bar{f})}{3 \times \sqrt{\frac{\bar{f}(1-\bar{f})}{\bar{n}}}} \quad (11)$$

$$\hat{C}_{pi} = \frac{(f_i - \bar{f})}{3 \times \sqrt{\frac{\bar{f}(1-\bar{f})}{\bar{n}}}} \quad (12)$$

Donde f_i y f_s son los límites inferior y superior para la fracción de tipo entre más pequeño es mejor y entre más grande es mejor, respectivamente. Adicional al caso presentado, en la literatura se han propuesto esquemas alternativos para la estimación de índices de capacidad del proceso binomial.

Metodología

La metodología propuesta para el caso de análisis se presenta en la Figura 1, donde se observan las 3 vertientes de la investigación considerando las etapas requeridas para un estudio de estandarización del trabajo en la primera columna, las fases de implementación de estudios de control estadístico del proceso para variables discretas del tipo pasa/ no pasa; y en el centro, se encuentra la creación del modelo de simulación, el cual será abastecido con la información obtenida por las técnicas lean, así como la información de la fracción disconforme muestral una vez conocida y cargada al modelo de simulación.

En la Figura 2, se muestra el proceso de elaboración de la plantilla de poliuretano, el cual se realiza por vaciado (inyección líquida) de la mezcla del polioli-isocianato, la mezcla se realiza en una estación que contiene los tanques de los elementos, al unirse pasan por un elemento

mezclador que gira a 8000 rpm y se vierte la mezcla líquida, la reacción de los elementos inicia alrededor de los 10 segundos, en los cuales comienza la reacción que provoca que la mezcla se espume y solidifique con la forma característica del poliuretano.

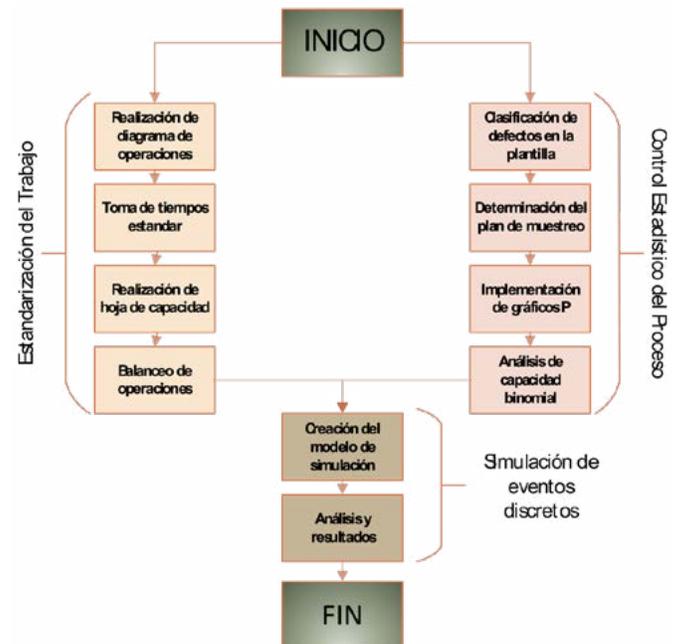


Figura 1. Metodología propuesta para la investigación.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2. Proceso de fabricación de plantilla de poliuretano por vertido.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Como primer paso se realizó un diagrama de operaciones con el objetivo de visualizar de forma clara el flujo del proceso (Figura 3).

DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO							
EMPRESA:	Vandana & Co. Shoes S.A. de C.V.	RESUMEN					
HOJA:	1 de 1	ACTIVIDAD	SÍMBOLO TOTAL				
DEPARTAMENTO:	Inyección de suela y plantilla	Operación	● 13				
OPERACIÓN:	Vaciado de plantilla de poliuretano	Inspección	■ 3				
MÉTODO:	Actual	Transporte	➔ 1				
PRODUCTO:	Plantilla de poliuretano	Demora	◐ 1				
REALIZO:	María Teresa Segura Cándido	Actividad combinada (operación/inspección)	◑ 2				
FECHA:	20/09/2020	Almacenamiento	▼ 1				
Actividad		Total operaciones					
		21					
DESCRIPCIÓN	●	■	◐	◑	➔	▼	OBSERVACIONES
INICIO							
Preparar máquina de inyección	●						
Esperar que el material se caliente						●	
Verificar consistencia del poliuretano						●	
Aplicar desmoldante	●						
Vaciar poliuretano en molde	●						
Levantar molde para nivelar el material	●						
Cerrar Molde	●						
Limpiair boquilla de inyección	●						
Dejar que el carrusel de 1/2 vuelta	●						
Abriir molde	●						
Sacar plantilla	●						
Verificar calidad de plantilla						●	
Llevar plantilla a corte						●	
Acomodar por pares						●	
Tomar platilla						●	
Rebabeear						●	
Hacer pares						●	
Chequeo de pares						●	
Separar por número						●	
Acomodar lotes						●	
Almacenar						●	
FIN							
TOTAL	13	3	2	1	1	1	21

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

Se determinaron los tiempos estándar para cada una de las operaciones del proceso siendo la base para los balances de línea correspondientes, así como para el modelo de simulación. A partir de los tiempos estándar obtenidos se realizaron los balances de línea para determinar el número del personal requerido en el proceso (Figura 4).

BALANCEOS DE LÍNEA - CRONOANÁLISE									
BALANCEOS DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN									
ESTILO:	Plantilla	PROD. SEM:	8500	TIPO T.STANDAR:		TOLER:	15%		
DEPTO:	Inyección	FECHA:	19/10/2020	CLIENTES:		TURNO:	630		
LÍNEA:	APROVECH.	59.09%	ANALISTA:	MARÍA TERESA SEGURA CÁNDIDO					
Núm	DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN	TIPO MAQUINA	TIEMPO	PAR CENT	CALC.	REAL	HORA	DIA	TIPO
01	APLICACION DE DESMOLDANTE	PISTOLA DE GAS	0.112						A +
02	ACOMODAR POR PARES	MANUAL	0.218	0.38	1	2148	22558		A +
03	VACIADO DE POLIURETANO	MAQUINA DE INYECCION	0.399	0.77	1	868	9113		A +
04	CERRAR MOLDE	MANUAL	0.052						A +
05	ABRIR MOLDE	MANUAL	0.048	0.27	1	1246	13083		A +
06	SACAR PLANTILLA	DESARMADOR	0.351	0.95	1	171	1795		A +
07	REBABEAR	CORTADORA							A +
63									
			0.876	2.364	4.00				

Figura 4. Balanceo de líneas.
Fuente: Elaboración propia.

El balanceo se realizó tomando como referencia una producción diaria de 1700 pares, de acuerdo con el balanceo se tiene una eficiencia de aprovechamiento del 59.09 % utilizando 4 operarios. Para la obtención de los gráficos de control se realizó una clasificación de los tipos de defectos encontrados en las plantillas resultando en 10 tipos diferentes de defectos (cruda, quemada, exceso de desmoldante, falta de llenado,

molde quebrado, mal cerradas/ agrietadas, mal rebabeadas, presencia de burbujas, contaminada y tonalidad incorrecta). Todos los tipos de defectos son del tipo pasa/ no pasa y se clasificaron con ayuda del personal de inspección de calidad. A partir de la determinación de los defectos encontrados en 13 lotes de tamaños variables ni, se obtuvo el gráfico de control (Figura 5).

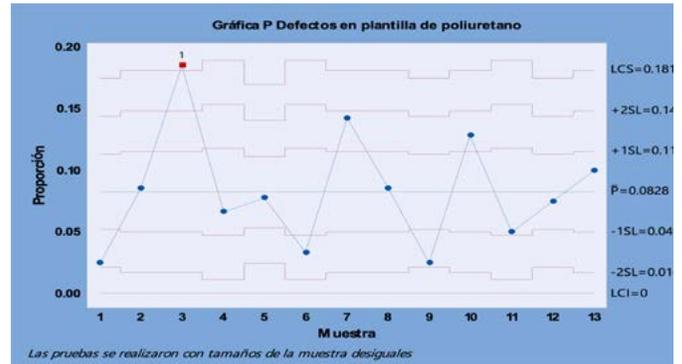


Figura 5. Gráfico de control p.
Fuente: Elaboración propia.

Los estudios de análisis de capacidad del proceso mostraron un comportamiento estable fallando solamente la muestra 3 en las prueba 1 de Nelson para la detección de causas especiales de variación, la cual se refiere a la presencia de muestras afuera de los límites de control a tres desviaciones estándar, lo cual puede estar relacionado con la presencia de una causa especial de variación al momento en que se trabajó con dicha muestra (ejemplo una falla en máquina, material, mano de obra, mediciones, medio ambiente, etc), la distribución de los puntos en la gráfica es aleatoria entre los diversos tamaños de la muestra. En el gráfico de control se especifican límites de control a una, dos y tres desviaciones estándar, delimitando la zona A de la línea central a la primera desviación, la zona B entre la primera y segunda desviaciones y la zona C entre la segunda y la tercera desviación. Se observa que no existen más de tres puntos en fila en cualquiera de las tres zonas verificándose un comportamiento aleatorio en el proceso, se indica que con excepción de la muestra 3, el resto de las muestras presentan únicamente causas comunes de variación por lo que de reportarse una causa especial en la bitácora (por ejemplo, una falla reportada en el proceso) la muestra 3 podría eliminarse y se recalculan los límites obteniéndose un proceso bajo control estadístico. Los límites de control promedio para las tasas de defectos se determinaron entre 1.69 % y 18.16 % defectuosos por muestra.

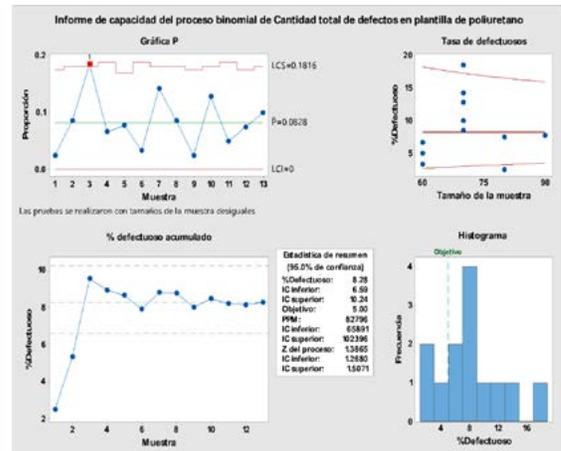


Figura 6. Análisis de capacidad del proceso binomial.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6, se muestran los resultados obtenidos del análisis de la capacidad del proceso binomial. El gráfico se subdivide en 4 gráficos y una tabla de valores para los índices de capacidad y las métricas de seis sigma. El primer cuadrante contiene la misma gráfica de control de la Figura 5, el segundo cuadrante muestra el gráfico de tasa de defectuosos en el cual se observa que el tamaño muestral afecta levemente a la tasa de defectuosos, ya que se observa una tendencia a reducir a medida que aumentó el tamaño muestral. El tercer cuadrante muestra el gráfico de % defectuoso acumulado, se observa que a partir de la muestra 3 las tasas de defectuosos acumuladas se estabilizan dentro de los valores para los intervalos de confianza del 95 % [6.59 %, 10.24 %] de defectuosos, a partir de la muestra 5 las tasas de defectuosos fluctúan alrededor del porcentaje promedio de defectuosos en el proceso que es del 8.28 %. El cuarto cuadrante muestra un histograma de las tasas de defectuosos y su distribución, en comparación con el valor objetivo determinado del 5% se observa que varios lotes exceden el objetivo de calidad deseado inicial.

A partir del valor objetivo inicial del 5% de defectos, se estima que actualmente se produce a un nivel de calidad de 82,796 partes por millón de defectuosos (PPM) con un intervalo de confianza del 95 % de [65891, 102396] PPM, lo cual representa un nivel Z del proceso de 1.3865 con un intervalo de confianza del 95% de [1.2680, 1.5071] Z, el valor promedio del nivel sigma de corto plazo es de 2.8865, el cual representa una métrica de partida para evaluar la calidad del proceso.

Una vez obtenida la información a partir del estudio de estandarización del trabajo y control estadístico se procedió a la creación del modelo de simulación. Los datos se cargaron a las locaciones, entidades y recursos, agregando los path networks necesarios y distancias de traslados. La velocidad de traslado de las plantillas en la banda se determinó que en base al comportamiento real y se agregó un inspector de calidad en el modelo integrando el porcentaje de defectuosos estimado en el estudio de control estadístico. Se ajustaron también los tiempos de las corridas a los horarios de trabajo reales del turno y se integró un calendario a la simulación. El modelo creado en el software Promodel se muestra en la Figura 7.

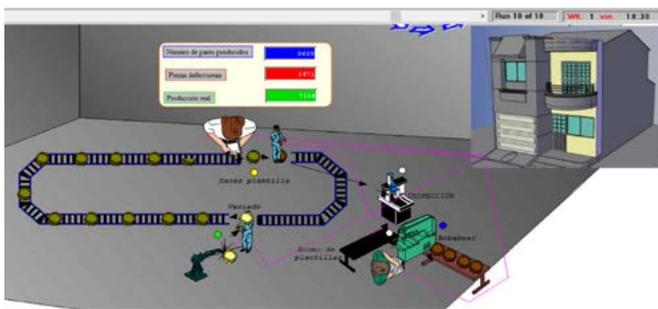


Figura 7. Modelo de simulación del proceso.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8, se muestran los resultados del simulador en una semana de producción, la línea azul muestra los pares producidos, la línea verde muestra los pares defectuosos producidos por día y la línea amarilla muestra la producción real, las cuales se van acumulando según pasan los días de la semana. Se considera que el modelo puede replicar de forma adecuada el comportamiento real del proceso. A partir del modelo se pueden generar los escenarios pertinentes por parte del analista con el uso de herramientas de reducción de desperdicios de Lean Manufacturing, así como herramientas para la reducción de la variación y mejora en el proceso (ejemplo: seis sigma), para su posterior implementación en el proceso y el seguimiento necesario en un marco

de mejora continua.

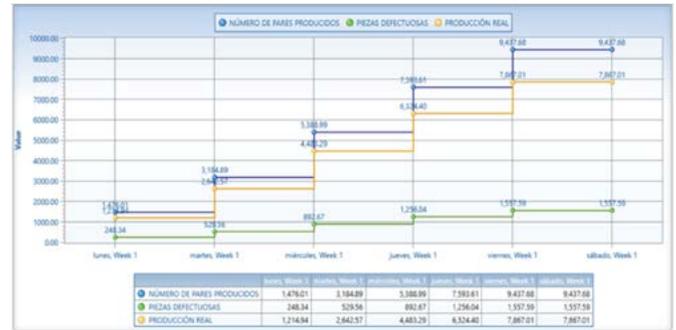


Figura 8. Modelo de simulación del proceso.

Conclusión

La metodología presentada integra tres herramientas de la ingeniería industrial que permiten determinar las métricas necesarias para evaluar la capacidad del sistema de producción, medir la calidad obtenida en el proceso y su representación en un modelo de simulación. En procesos en los cuales no se han implementado previamente herramientas de ingeniería, se presenta un reto importante para el analista con el fin de determinar un punto de partida para el inicio de un proceso de mejora continua en la calidad y en el proceso.

Las técnicas de estandarización del trabajo dentro de la metodología Lean son un conjunto de herramientas relacionadas con la ingeniería de métodos que permiten ordenar y estructurar adecuadamente el trabajo. Su importancia radica en la selección de las mejores prácticas que los operarios deben seguir, por lo que se busca que todos los operarios trabajen de la misma manera en un mismo proceso de producción. Con esta metodología se plantea una base para encontrar nuevas mejoras, las cuales se incorporan a la metodología y se puede mejorar continuamente.

El control estadístico de procesos permite evaluar las causas de variación comunes y especiales en un proceso. Mediante el uso de gráficos de control e índices de capacidad es posible el análisis y control de las causas con la finalidad de mantener o mejorar el nivel de calidad de nuestro proceso.

La simulación de eventos discretos es una técnica que permite integrar herramientas y análisis de procesos y calidad en un modelo que intenta reproducir el comportamiento de un sistema real a través de un modelo computacional permitiendo evaluar escenarios de mejora en forma eficiente.

Bibliografía

- + Bocanegra, C. C. y Orejuela, J. P. (2017). *Cellular Manufacturing System Selection with Multi-lean Criteria, Optimization and Simulation*. *Ingeniería y Universidad*, 21(1), pp. 7-26.
- + Detty, R. B. y Yingling, J. C. (2000). *Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study*. *International Journal of Production Research*, 38(1), pp. 429-445. <https://doi.org/10.1080/002075400189509>
- + Diaz-Elsayed, N.; Jondral, A.; Greinacher, S.; Dornfeld, D. y Lanza, G. (2013). *Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments*.
- + Dunna, E. G.; Barrón, L. E. C. y Reyes, H. G. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. Pearson Educación.
- + Elbadawi, I.; McWilliams, D. L. y Tetteh, E. G. (2010). *Enhancing lean manufacturing learning experience through hands-on simulation*. *Simulation and Gaming*, 41(4), pp. 537-552. <https://doi.org/10.1177/1046878109334333>
- + Emiliani, M. L. (2008). *Standardized work for executive leadership*. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), pp. 24-46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- + Fireman, M. C. T.; Saurin, T. A. y Formoso, C. T. (2018). 'The role of slack in standardized work in construction: An exploratory study'. In: *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai, India, 18-20 Jul 2018, pp. 1313-1322. <https://doi.org/10.24928/2018/0213>

- + Gurumurthy, A. y Kodali, R. (2011). Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 22(4), pp. 444-473. <https://doi.org/10.1108/17410381111126409>
- + Helal, M.; Seleem, S. N. y Ellassal, A. (2014). Using Computer simulation in Lean Manufacturing Implementation.
- + Jiménez, M.; Romero, L.; Fernández, J.; Espinosa, M. del M. y Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S methodology to 6S with an additional layer to ensure occupational safety and health levels. *Sustainability*, 11(1). 3827. <https://doi.org/10.3390/su11143827>
- + Johansson, P. E. C.; Lezama, T.; Malmköld, L.; Sjögren, B. y Ahlström, L. M. (2013). Current state of standardized work in automotive industry in Sweden. *Procedia CIRP*, 7(1), pp. 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.026>
- + Kulkarni, P. (2014). Productivity Improvement Through Lean Deployment & Work Study Methods. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 3(2), pp. 429-434.
- + Laney, D. B. (2002). Improved control charts for attributes. *Quality Engineering*, 14(4), pp. 531-537. <https://doi.org/10.1081/QEN-120003555>
- + Lian, Y. H. y Van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, 45(13), pp. 3037-3058. <https://doi.org/10.1080/00207540600791590>
- + Lucherini, F. y Rapaccini, M. (2017). Exploring the impact of Lean manufacturing on flexibility in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(5), pp. 919-945. <https://doi.org/10.3926/jiem.2119>
- + Montgomery, D. y Runger, G. (2014). *Applied statistics and probability for engineers*. Wiley.
- + Österman, C. y Fundin, A. (2014). Exploring Approaches How to Measure a Lean Process. *Organizacija*, 47(3), pp. 132-142. <https://doi.org/10.2478/orga-2014-0012>
- + Oudhuis, M. y Tengblad, S. (2013). Experiences from Implementation of Lean Production: Standardization versus Self-management: A Swedish Case Study. *Nordic Journal of Working Life Studies*, 3(1), pp. 31-48. <https://doi.org/10.19154/njwls.v3i1.2519>
- + Pereira, A.; Abreu, M. F.; Silva, D.; Alves, A. C.; Oliveira, J. A.; Lopes, I. y Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52(1), pp. 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- + Rajadell, M. y Sánchez, M.L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Diaz de Santos, Madrid.
- + Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. American Society for Quality Control.
- + Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a Paso*. ICG Marge, SL.
- + Urquía, A. y Martín, C. (2013). *Modelado y Simulación de Eventos Discretos*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid.

PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR HACIA EL NUEVO ETIQUETADO DE ALIMENTOS EN MÉXICO

Artículo arbitrado 05

Edición 16

Francia G. López Cárdenas¹, Claudia G. Parra Torres², Fernando Hernández Figueroa³, Jesús A. Bueno-Rojas⁴ y Sonia G. Sayago-Ayerdi⁵

^{1,2,3,4,5} Tecnológico Nacional de México.
Instituto Tecnológico de Tepic
Posgrado en Ciencias en Alimentos
Tepic, Nayarit, México,
C.P. 63175.

✉
ssayago@ittec.edu.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo, 18, 2021.

Aceptado: Julio 8, 2021.

■ **Resumen:** El presente escrito busca brindar un panorama actual respecto a la información y percepción que el consumidor promedio tiene hacia el nuevo etiquetado de alimentos. Durante el mes de octubre del 2020, en México se publicó la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, en la cual, se agregaron nuevas definiciones y se implementó el uso de sellos en los empaques de aquellos productos que superan los límites permitidos para los macronutrientes de los productos y bebidas empaquetadas, entre otras modificaciones. Estas modificaciones han sido interpretadas de diferentes maneras por parte de los consumidores, por esta razón, se realizó una encuesta a consumidores promedios, donde el 96.5% confirma haber escuchado sobre las nuevas modificaciones realizadas a la norma. Sin embargo, un 62.4% afirmó que no suele revisar los ingredientes de los productos que consume. En otros países de América Latina, como Chile, se ha implementado este tipo de normas, obteniendo resultados favorables.

✚ **Palabras clave:** Norma oficial mexicana, consumidor, productos empaquetados.

■ **Abstract:** This paper seeks to provide a current overview of the information and perception that the average consumer has towards the new food labeling. During the month of October 2020, Mexico pu-

blished the “Modification to the Mexican Official NOM-051-SCFI/SSA1-2010, which added new definitions and also implemented the use of seals on the packaging of those products that exceed the allowable limits for macronutrients in packaged products and beverages, among other modifications. These modifications have been interpreted in different ways by consumers; for this reason, a survey of average consumers was carried out, in which 96.5% confirmed that they had heard about the new modifications made to the standard; however, 62.4% stated that they do not usually check the ingredients of the products they consume. In other Latin American countries, such as Chile, the Labeling Law has already been implemented, with favorable results.

✦ **Keywords:** Norma oficial mexicana, consumer, packaged products

Introducción

En los últimos años, Chile desarrolló un sistema de etiquetado fácil de comprender que ha mostrado muy buenos resultados en las primeras evaluaciones (Kanter, Reyes, Corvalan, 2017). Este etiquetado es conocido como etiquetado de advertencia de acuerdo al congreso nacional de Chile en el 2015, debido a que de una forma simple informa al consumidor sobre el contenido excesivo de energía, nutrientes e ingredientes en los alimentos cuyo consumo excesivo se asocia con varias enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), por lo que el nuevo etiquetado es considerado un medio para ayudar a los consumidores a tomar decisiones más saludables al momento de la compra y, al mismo tiempo, promueve la reformulación de los productos alimentarios con mejor calidad nutricional por parte de la industria alimentaria (Aschemann-Witzel et al., 2013; Andrews et al., 2014; Mhurchu et al., 2017). En este sentido, en México, a partir de 2014, se publicaron los lineamientos que establecen la información que deben colocar en el área frontal los productores de alimentos y bebidas no alcohólicas de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación (2014), y un manual con los valores de referencia por nutriente y energía con el objetivo de informar al consumidor el contenido nutricional y aporte energético de los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios, 2014).

Por lo que, el objetivo del presente trabajo es documentar sobre el nuevo etiquetado en México para la toma de decisiones en la población para una alimentación saludable.

Claves del nuevo etiquetado en México

En el año 2020, entró en vigor la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 que establece la información comercial y sanitaria que debe contener el etiquetado de productos procesados y bebidas no alcohólicas. Así como establecer un sistema de etiquetado frontal, el cual debe advertir de forma clara y veraz sobre el alto contenido de azúcares simples, grasas saturadas o trans, exceso de sodio, la presencia de cafeína, edulcorantes y exceso de calorías, que representan riesgos a la salud en un consumo excesivo (Secretaría de Economía, 2020). Según la nueva ley, los fabricantes de alimentos y bebidas deben incluir etiquetas de advertencia en forma de octágonos

negros (Figura 1).



Figura 1. Sellos de advertencia sobre el contenido de nutrientes críticos aprobados en México.

Fuente: NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

Los productos cuya superficie principal de exhibición sea ≤ 40 cm² sólo deben incluir un sello con el número que corresponda a la cantidad de nutrientes críticos que contenga el producto. Los productos llevan la etiqueta “Exceso azúcares” y “Exceso grasas saturadas” si el contenido de azúcares libres o grasa saturada del producto es el 10% o más de las calorías totales. Se utiliza la etiqueta “Exceso de grasas trans” si el contenido de grasas trans es del 1% o más. Para la etiqueta “Exceso sodio”, los criterios incluyen 1 mg o más de sodio por caloría o 300 mg o más de sodio en bebidas y alimentos envasados; y para bebidas no calóricas, 45 mg o más de sodio. Por último, se aplicará la etiqueta “Exceso calorías” a los alimentos con 275 calorías o más por 100 g del alimento, y en bebidas, aquellas con 70 calorías o más en 100 ml o se consideran los azúcares libres que aporten desde 8 calorías en 100 ml.

La Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 también estableció una disposición única para advertir al consumidor si un producto contiene cafeína o edulcorantes no calóricos, junto con la declaración “evitar en los niños” (Figura 1). El campo de aplicación de dicha Norma es aplicable a todos los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados de fabricación nacional y extranjera destinados al consumidor en territorio nacional (Figura 2).

Cada uno de los sellos de advertencia en el etiquetado hacen referencia a los siguientes riesgos para la salud (Tovar-Ramírez et al., 2020):

- a. **Exceso de calorías:** indica el exceso de energía que contiene el alimento y que puede ser no necesaria para nuestro organismo ya que ésta puede transformarse en grasa, estos sellos están presentes principalmente en productos como refresco, frituras, galletas, bebidas azucaradas, etc.
- b. **Exceso de azúcares:** un exceso de azúcares añadidos promueve el desarrollo de enfermedades como diabetes, hígado graso, dislipidemias, enfermedades cardiovasculares, entre otras. Algunos alimentos en donde se puede observar este tipo de etiqueta son las galletas saladas, barras de cereales, jugos procesados, cereales, chocolate, yogures, etc.
- c. **Grasas saturadas:** el consumo excesivo está relacionado con el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, estos sellos los podemos observar en productos de panadería, bollería, y alimentos fritos empaquetados, entre otros.
- d. **Grasas trans:** son grasas muy difíciles de eliminar por nuestro cuerpo y su consumo está relacionado al desarrollo de enfermedades como síndrome metabólico, enfermedad coronaria y

diabetes. Algunos alimentos relacionados con dichas grasas son las galletas, pastelería industrial, cereales, productos de bollería industrial, productos precocinados, etc.

- e. **Exceso de sodio:** su consumo excesivo está relacionado al desarrollo de hipertensión que a su vez es un factor de riesgo para enfermedades cardíacas y derrames cerebrales, puede encontrarse en botanas empaquetadas, embutidos, salsas y aderezos, por mencionar algunos ejemplos.
- f. **Edulcorantes y cafeína:** son sustancias que pueden provocar problemas al dormir e hiperactividad, en donde mayoritariamente se encuentran en bebidas como refrescos y bebidas energéticas.



Figura 2. Alimentos comercializados en México con el nuevo etiquetado. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes tomadas a productos.

El nuevo etiquetado es una herramienta para la toma de una decisión informada, pero no es una solución al gran problema de sobrepeso y obesidad que existe en el país, así como las enfermedades crónicas no transmisibles existentes. La implementación de esta Norma puede tener un mayor impacto si se acompaña de políticas públicas en salud acordes a los diferentes grupos poblacionales, se intensifican las campañas de prevención, se incentiva la educación alimentaria desde la infancia y se promueve la actividad física y los estilos de vida más saludables.

Percepción general a partir del sondeo realizado

En esta búsqueda de información, se realizó un sondeo digital a un grupo de 300 personas considerando como población de estudio a personas de ambos géneros, con un intervalo de edad de 24 a 60 años y que así mismo, contarán con un nivel académico mínimo de licenciatura, todos los participantes se identificaron en su gran mayoría como habitantes del estado de Nayarit, con nacionalidad mexicana.

Los participantes respondieron diversas preguntas de opción múltiple relacionadas con los principales aspectos del nuevo etiquetado con sellos de advertencia para alimentos y bebidas no alcohólicas en México desde la perspectiva del consumidor. Del total de participantes, 37.6% fueron hombres y un 62.4% mujeres, de los cuales el sector predominante fueron los consumidores de 20-30 años, conformando un 43.6% de los participantes. De acuerdo con las respuestas de los participantes, un 96.5% de los participantes ha escuchado sobre las modificaciones en el nuevo etiquetado de productos alimenticios, con sello como “Exceso de azúcares” o “Exceso de sodio”, sin embargo, a pesar que un 59.5% el cual representa más de la mitad de la población encuestada asevera comprender lo que implica la presencia de uno o más sellos en los productos, solo el 31.8% comprende qué cantidad del alimento puede inge-

rir si el producto de su preferencia contiene un sello o más (Figura 3).

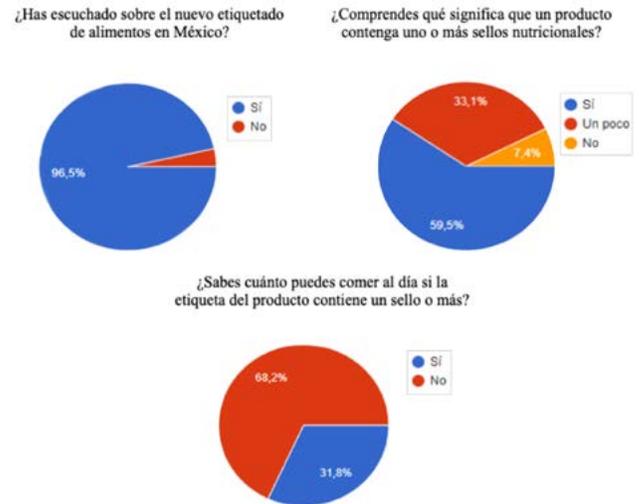


Figura 3. Conocimiento del consumidor sobre la modificación en el nuevo etiquetado.

Fuente: Elaboración propia.

El 50% de los encuestados aseveró que en algunas ocasiones el nuevo etiquetado le ha ayudado a mejorar la comprensión sobre los alimentos que adquiere, pero solo a un 32.8% la presencia de sellos en los productos ha influido sobre sus hábitos de compras, así mismo, se cuestionó si estas nuevas modificaciones han influenciado en la toma de decisiones al momento de comprar algún producto, el 29.6% asegura que no y un 39.5% respondió que solo en algunas ocasiones, puesto que el 20.4% comenta que esta nueva propuesta no les ha proporcionado una mayor claridad en la comprensión nutrimental de los alimentos que consumen en comparación a la versión anterior de la Norma. Respecto a la frecuencia de consumo de productos con la presencia de uno o más sellos, las opiniones de los encuestados se encuentran divididas, pues una tercera parte concluye haber modificado frecuencia de consumo de este tipo de alimentos, mientras que el porcentaje restante se encuentra dividido entre cambiar su consumo únicamente en algunas ocasiones o nunca haber sido influenciados por esta nueva presentación (Figura 4).

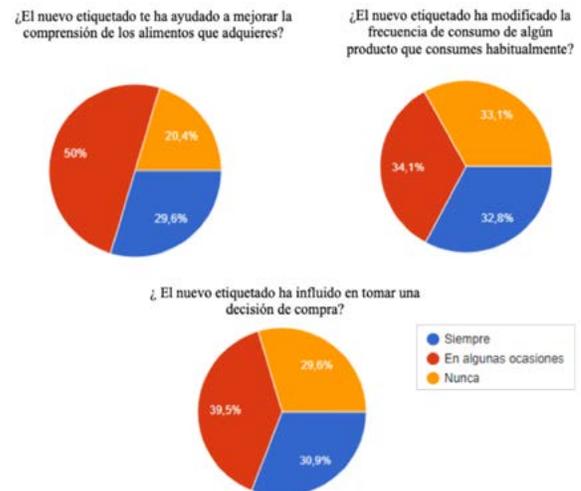


Figura 4. Influencia del nuevo etiquetado en el consumo de productos.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se consideró un punto importante en la salud en México, la obesidad, en la cual el 40.8% no está ni de acuerdo ni en desacuerdo con respecto a las opiniones en relación a que la modificación a la Norma ayudará a disminuir los índices de obesidad en México, pues el 58.3% de los encuestados considera que para lograr disminuir los porcentajes de sobrepeso y obesidad infantil se requieren inculcar hábitos saludables desde una edad temprana, e incluir una asignatura de hábitos alimenticios en la educación básica. Por otro lado, el 22.9% considera como mejor opción establecer comedores escolares para poder brindar un desayuno y comida balanceada a los escolares y el porcentaje restante propone la divulgación y apoyo por parte del gobierno para la realización de campañas de divulgación nutricional (Figura 5).

¿Consideras que los nuevos sellos de advertencias nutricionales, ayudan a disminuir los índices de obesidad en México?



Figura 5. Opinión de los consumidores sobre alternativas para mejora en los índices de obesidad en México.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las percepciones y actitudes de los consumidores evaluados en Chile por Alaniz-Salinas y Castillo-Montes (2020), comparados con los obtenidos en este sondeo, parecen ir en dos líneas divergentes, pues los datos presentados, a partir de una encuesta realizada en Chile, reflejan una evaluación principalmente positiva respecto de los cambios en el empaquetado y distribución de alimentos envasados, principalmente respecto de la inclusión del nuevo sello de advertencia. De los sujetos encuestados en Chile, el 98.7% reconoce los sellos de advertencia en el empaquetado de los alimentos, esto ha influido en el comportamiento de compra del 91.3% de las personas encuestadas, reflejándose en el comportamiento de compra de los consumidores, puesto que los individuos declaran que, a menos sellos de advertencia, mejor calidad nutricional ofrece el producto, lo cual se observa como una actitud positiva y abierta a la incorporación de nuevos factores que aporten a realizar una decisión de compra más informada.

Este sondeo mostró que existe un alto porcentaje que apoya los aspectos esenciales del proyecto de etiquetado que ha sido elaborado y respaldado por la Secretaría de Salud y diversas organizaciones gubernamentales y sociedades civiles. Sin embargo, aún deben seguir los esfuerzos por concientizar y divulgar información clara para todos los sectores de la población y poder lograr resultados favorables, ya que, de acuerdo con los resultados obtenidos, si bien la divulgación sobre este nuevo etiquetado ha llegado a la mayoría de la población, solo ha sido de manera superficial, ya que la mayoría desconoce el impacto que puede llegar a tener a la salud del individuo el ingerir constantemente productos con excesos de ciertos macronutrientes, así mismo, hace falta profundizar en la educación nutricional de la población para entender

perfectamente qué implicaciones tiene una dieta desequilibrada en la salud del consumidor.

Situación nacional del porcentaje de la población de pobreza, condición de obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles.

La obesidad y enfermedades relacionadas como problemas de Salud Pública en México son analizados por su magnitud y distribución en el contexto de algunos de sus determinantes sociales como: alimentación, sedentarismo y distribución de ingresos. Así mismo, de acuerdo al Sistema de Información en Enfermedades Crónicas (SIC) en México se registraron hasta el mes de noviembre de 2020 un total de 1 millón 11 mil 944 personas con diabetes; 1 millón 110 mil 252 personas con hipertensión; 629 mil 518 personas con obesidad y 491 mil 515 personas con dislipidemias, en donde el 71.6% pertenece a la población femenina y el 28.4% a la población masculina.

Del mismo modo, de acuerdo con lo reportado por Stevens et al., (2012), la prevalencia de sobrepeso es mayor en los países de ingresos medios altos, pero también se detectan niveles muy elevados en algunos países de ingresos medios bajos. De acuerdo con la última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición realizada en México (ENSANUT) (2018), reportaron que cuatro de cada diez hogares mexicanos de menor nivel socioeconómico y que habitan en localidades de menos de 100, 000 habitantes se encuentran en inseguridad alimentaria (IA) moderada o severa, misma que puede ser provocada por gran diversidad de factores como: falta de disponibilidad de alimentos, carencia de poder adquisitivo, uso inadecuado de los alimentos y pobreza. No obstante, en México como en otros países, los niños son más proclives a recibir una nutrición insuficiente y al mismo tiempo están expuestos a alimentos hipercalóricos ricos en grasa, azúcar y sal y pobres en vitaminas y minerales y otros micronutrientes, que suelen ser poco costosos y con efectos negativos para la salud, según lo reportado con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, (2012).

Conclusiones y recomendaciones

Durante las últimas décadas, las tasas de obesidad en el mundo se han elevado, por hábitos no saludables como el sedentarismo y una mala alimentación, elevándose el consumo de grasas saturadas y calorías. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2015), el 39% de las personas adultas tenían sobrepeso y el 13% eran obesas. Con ello, la prevalencia en América Latina es del 50%, es decir, que los adultos sufren de obesidad o sobrepeso. Esta situación aumenta el factor de riesgo de padecer enfermedades no transmisibles, como patologías cardiovasculares, diabetes, hipertensión, trastornos del aparato locomotor y algunos tipos de cáncer. Por tal motivo, en Latinoamérica se ha tomado como ejemplo a Chile, el cual establece una Ley (No. 20.606) en 2016, sobre la Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad.

En México, la Norma que rige las especificaciones generales de eti-

quetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasadas, se publicó el 5 de abril de 2010 en el Diario Oficial de la Federación y se realizaron modificaciones a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, para establecer el nuevo etiquetado de alimentos y bebidas.



Figura 6. Anuncios publicitarios y manuales de campaña de promoción de la campaña Alianza por salud alimentaria en México.

Fuente en línea: www.alianzasalud.org.mx

Por tanto, una buena estrategia de difusión de esta nueva Norma de Etiquetado en Alimentos y Bebidas “NOM-051-SCFI/SSA1-2010”, es realizar una campaña publicitaria con anuncios y videos (Figura 6), para posicionar el sello de advertencia “ALTO EN”, que proporciona la información necesaria para seleccionar y facilitar la compra de alimentos más saludables; la campaña también tiene por objeto difundir la medida de prohibir la venta de productos perjudiciales en los establecimientos de educación, donde en su mayoría se consumen alimentos que no benefician en la salud.

Bibliografía

- + Alaniz-Salinas, N. y Castillo-Montes, M. (2020). Evaluación del etiquetado frontal de advertencia de la Ley de Alimentos en adultos responsables de escolares de las comunas de La Serena y Coquimbo. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 738-749.
- + Andrews JC, Chung-Tung JL, Levy AS, Lo S. Consumer research needs from the food and drug administration on front-of-package nutritional labeling. *J Public Policy Mark*. 2014;33(1):10-6. <https://doi.org/10.1509/jppm.33.1.10>
» <https://doi.org/10.1509/jppm.33.1.10>
- + Aschemann-Witzel J, Grunert KG, Van Trijp HC, Bialkova S, Raats MM, Hodgkins C, et al Effects of nutrition label format and product assortment on the healthfulness of food choice. *Appetite*. 2013;71:6374. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.07.004>
» <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.07.004>
- + Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. *Manual de etiquetado frontal nutrimental* [internet]. Ciudad de México: COFEPRIS, 2014.
- + Congreso Nacional de Chile. *Modifica Decreto Supremo No. 977, de 1996, Reglamento Sanitario de los Alimentos*. Chile: Congreso Nacional de Chile, 2015.
- + Diario Oficial de la Federación. *Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010. Se adicionan los incisos 3.2; 3.5; 3.17; 3.18; 3.21; 3.40; 4.2.9 con sus subincisos y se ajusta la numeración subsecuente; 4.5 con sus subincisos y el Apéndice Normativo A. Se modifica el capítulo 2 Referencias, así como el literal b) del inciso 3.11; 3.15; 4.2.8.1. Se ajusta numeración del capítulo 3 Definiciones, símbolos y abreviaturas*. México: DOF, 25 de julio de 2014.
- + Encuesta Nacional de Salud y Nutrición; resultados nacionales 2012. Instituto Nacional de Salud Pública/Secretaría de Salud. México, 2012.
- + Encuesta Nacional de Salud y Nutrición; resultados nacionales 2018. Instituto Nacional de Salud Pública/Secretaría de Salud. México, 2018.
- + Kanter R, Reyes M, Corvalan C. Implementation of the advertising and labelling law in Chile: early results of impact on food reformulation. *Ann Nutr Metab*. 2017;71(supl 2):223.
- + Ley sobre composición nutricional de los alimentos y su publicidad. Ley 20.606. Disponible en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1041570>
- + Mhurchu CN, Eyles H, Choi YH. Effects of a voluntary front-of-pack nutrition labelling system on packaged food reformulation: the health star rating system in New Zealand. *Nutrients*. 2017;9(8). <https://doi.org/10.3390/nu9080918>
» <https://doi.org/10.3390/nu9080918>
- + Ministerio de Salud (2018). *Informe de Evaluación de la Implementación de la Ley sobre Composición Nutricional de los Alimentos y su Publicidad*. Disponible en: <http://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/05/Informe-Implementación-Ley-20606-febrero-18-1.pdf>
- + Organización Mundial de la Salud (2015). *Alimentos y bebidas ultra procesados en América Latina: tendencia, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas*. Disponible en: http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/7698/9789275318645_esp.pdf
- + Secretaría de economía (2020). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1- 2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria*.
- + Sistema de Información de Enfermedades Crónicas (SIC). Secretaría de Salud. *Dislipidemias*. Disponible en: <http://www.tablecronicas.info/DirApp/tableros/OSICCompDlp.aspx>. Noviembre, 2020.
- + Stevens, G.A., Singh, G.M., Lu, Y. (2012). National, regional, and global trends in adult overweight and obesity prevalences. *Popul Health Metr*; 10: 22.
- + Tovar-Ramírez, A., Ríos, B., Barbosa, I., Medina-Arellano, M., Gutiérrez-Rivas, R., Serrano- Guzmán, S. y Cabrera, O. A. (2020). *Etiquetado frontal de advertencia en productos comestibles*. *Global Center for Legal Innovation on Food Environments*. Georgetown University e Instituto de Investigaciones Jurídicas - Universidad Nacional Autónoma de México: Washington, DC y Ciudad de México.
- + White, M. y Barquera, S. (2020). Mexico Adopts Food Warning Labels, Why Now?. *Health Systems & Reform*, 6(1). DOI: 10.1080/23288604.2020.1752063.

RECURSOS EDUCATIVOS TECNOLÓGICOS Y HABILIDADES PARA LA ENSEÑANZA EN ENFERMERÍA: ANÁLISIS DOCUMENTAL

Artículo arbitrado 06

Edición 16

Guillermo César Vázquez González¹, Iván Uliánov Jiménez Macías I.², Edith Bracamontes Ceballos³ y Guillermo Silva Magaña⁴

^{1,2,3,4} Universidad de Colima
Universidad #333, Colonia Las Víboras
Colima, Colima, México
C.P. 28040



cvazquez@ucol.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Abril 20, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: El propósito de esta investigación es presentar un análisis conceptual de recursos educativos tecnológicos y habilidades para la enseñanza en profesores de enfermería, en el contexto de la era digital y en el marco de la contingencia sanitaria por el COVID-19. Se realizó una búsqueda documental en revistas especializadas en educación, tecnología y enfermería y se identificaron necesidades de habilitación en competencias pedagógicas para el uso e implementación de recursos educativos tecnológicos que favorecen la enseñanza en enfermería y el logro de los objetivos académicos.

+ Palabras clave: Recursos educativos, tecnología, habilidades para la enseñanza, enfermería, docente.

Abstract: The purpose of this research is to present a conceptual analysis of the educational resources and the nursing professors' teaching skills in the context of the digital era and the frame of the pandemic for the COVID-19. The documentary research was performed in educational specialized magazines, technology, and nursery. Enabling needs in pedagogical competencies were identified for the use and implementation of technological educational resources of favor nursing teaching and the achievement of academic objectives.

+ **Keywords:** *Educational resources, technology, teaching skills, nurses, teachers.*

Introducción

La declaración mundial de la pandemia por la COVID-19 aceleró un tipo de transición de actividades, procesos y prácticas sociales, políticas, culturales, económicas, educativas y de salud. Al respecto, un sector numeroso de la población asumió su quehacer a distancia con el uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para evitar el riesgo de contagio Martín-Noguera (2020), especialmente los trabajadores de la salud quienes están a cargo de la atención a la ciudadanía, deben protegerse de la exposición al virus y al mismo tiempo reinventarse para aprender, enseñar, inspirar e investigar, en un contexto de alto riesgo.

Por su cercanía con el usuario, los profesionales de la enfermería han comenzado a emplear las TIC con el objetivo de mejorar la cobertura y continuidad de cuidados, así como los procesos de comunicación (Arandojo y Martín, 2017). Por tanto, la enfermería en el siglo XXI deberá adquirir y desarrollar nuevos conocimientos en su formación académica inicial y continua, así como habilidades para realizar su labor profesional incorporando las TIC para la promoción de la salud, la prevención de enfermedades, la atención y cuidados a personas y pacientes (Arandojo, 2016).

La transición ha sido vertiginosa y abrupta, interrumpió la modalidad presencial en el ciclo escolar 2020 para dar paso a la virtualidad como entorno de interacción, enseñanza y aprendizaje en todos los niveles y sistemas educativos del mundo, lo que provocó que directivos, docentes y estudiantes afronten de manera áspera una forma distinta de transmitir y asimilar el conocimiento (De Vencenzi, 2020). Si bien la mediación tecnológica se ha llevado a cabo de manera aceptable de acuerdo con la emergencia, está la deuda de una planificación con bases metodológicas y acorde con los accesos y las posibilidades de los recursos tecnológicos, así como de los cambios y las competencias en la era digital (Gracia-Peñalvo, Correl, Abella-García y Grande, 2020).

En el campo educativo, la crisis sanitaria por la COVID-19, deja en evidencia la importancia de la mejora de la atención, la práctica avanzada y el ejercicio profesional de la enfermería; el reto recae en el trabajo docente, quien, en medio de la adversidad debe promover una formación continua y profesional adecuada para el desempeño de la enfermería en un contexto completamente atípico y en donde cada vez es más notable el rol crucial y la exigencia de la sociedad para la prestación de servicios de salud (Cassiani, Munar, Umpiérrez, Peduzzi y Leija, 2020).

La función docente —como mediadora del encuentro entre el proyecto educativo de la escuela y el estudiantado—, enfrenta una serie de complicaciones y retos que se debaten en las dinámicas de la relación docente-estudiante, y en las que muchas veces, las tensiones oscilan en una forma muy estructurada de transmitir el conocimiento, hacia otra donde los intercambios son caóticos y desestructurados (Jiménez, Vázquez y Bracamontes, 2020). No todos los actores educativos han

recibido con buen ánimo el trabajo remedial a través de la mediación tecnológica. La aceptación y adaptación al cambio fue forzada y sobre todo basada en la resignación, esto con base en la duda de la eficacia y calidad del aprendizaje (UNESCO, 2020).

Puntualmente, las escuelas de enfermería han transitado de la enseñanza teórica y práctica presencial al formato de mediación tecnológica, sin embargo, los docentes familiarizados con la enseñanza convencional cuestionan la efectividad de las metodologías alternas y de los recursos educativos tecnológicos en la enseñanza y el aprendizaje de la enfermería, así como en la atención médica (Marques, 2020).

Diversos autores como Costa, et al. (2020); Arandojo y Martín (2017); Viñals y Cuenca (2016); Lárazo-Cantabrana y Silva-Quizoz (2019); (Arandojo, 2016); Cabero y Marín, (2017); Vialart, Medina y Gavilondo (2018); García (2019); Gutiérrez-Castillo, Cabero-Almenara y Estada-Vidal (2017), señalan la importancia de indagar sobre el efecto de las tecnologías en la educación y repensar el proceso educativo para adecuarlo al contexto de la sociedad digital; especialmente de las habilidades que deberá desarrollar el docente para trabajar de manera distinta y convertirse en gestor del conocimiento siendo una guía en los procesos de búsqueda y análisis de información a través de las tecnologías emergentes que favorezcan la alfabetización digital y por ende, la labor del especialista en enfermería.

En relación a los recursos educativos digitales, Hernández, Arias, Visiers y Peña, (2018); Vialart (2015); Vialart y Medina, (2018); Agama-Sarabia, et al, (2017); Castañon y Diaz, (2017); Garay (2020); Cortes, (2020); Salinas (2018); Cabero, Barros, Puentes y Cruz, (2018); Lorenzo, Gutiérrez y Berríos (2019); Rodríguez, Aquino y Fleites, (2018), destacan como principales logros del uso de las tecnologías en el desarrollo del proceso de enseñanza, la adquisición de habilidades del pensamiento crítico y la mejora en situaciones actitudinales y comportamentales en la relación docente - alumno.

En este sentido, se vuelve relevante mostrar un análisis documental con los antecedentes y estado actual del manejo de recursos educativos tecnológicos utilizados en la enseñanza de la enfermería que permitirán al docente desarrollar nuevas habilidades en el contexto de la era digital y en el marco de la emergencia sanitaria por el COVID-19.

El presente estudio se concentra en las siguientes metas: describir los cambios en la enseñanza de enfermería en el contexto de la era digital y la pandemia; así como identificar las habilidades profesionales y docentes del profesional en enfermería y presentar diversos recursos tecnológicos para la enseñanza y el aprendizaje en enfermería.

Metodología

Se realizó un estudio de tipo cualitativo mediante el análisis documental acerca de pedagogías emergentes y los recursos educativos-tecnológicos para la enseñanza y el aprendizaje de enfermería. El análisis documental constituye un proceso centrado en el estudio y síntesis para organizar y representar el conocimiento registrado en textos, cuya fi-

nalidad es facilitar la aproximación cognitiva a los contenidos (Peña y Pirela, 2007). El análisis documental es una forma de investigación que trata rigurosamente de la recuperación, revisión y selección de información presentada en documentos, ya sean libros, revistas, artículos científicos u otros; se caracteriza por ser un proceso analítico, sistemático y sintético respecto al tema de investigación, es un documento interpretativo de trabajo que contiene los conocimientos que se han generado previamente (Dulzaides y Molina, 2004; Denzin y Lincoln, 2012; Gómez, 2012; Ibáñez, 2015).

El análisis documental se guió mediante categorías apriorísticas (Cisterna, 2005) en la revisión de artículos científicos relacionados con las habilidades para la enseñanza, las metodologías, estrategias y los recursos educativos tecnológicos actuales para el trabajo en línea con mediación tecnológica en enfermería. Teniendo como marco la enfermería en la era digital y la contingencia por COVID-19.

Resultados

Era digital, emergencia sanitaria y cambios en la enseñanza en enfermería

Los cambios sociales son producidos en la medida en que cada sociedad adquiere nuevos conocimientos y evoluciona su tecnología, de esa manera determina su propio avance que actúa sobre el comportamiento humano y las formas de relación (Arandojo, 2016). Una sociedad que se transforma digitalmente avanza hacia los servicios en red, las relaciones pasan a un formato digital, el teletrabajo se expande debido al uso de dispositivos interconectados, las redes sociales digitales representan muchas de las actividades humanas, personales, de negocio, de trabajo y de educación, la cual se desarrolla de forma virtual (Polo, 2020, Viñals y Cuenca, 2016), rompiendo con todo ello, las formas habituales de hacer, de aprender y de vivir (García, 2019).

Estos cambios impactan el ámbito educativo que transita de un enfoque centrado en el conocimiento fijo necesario para procesos del sector industrial, a otro basado en la información y el conocimiento donde la tendencia es la globalización, el uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la transformación de las percepciones de espacio, tiempo, amplitud y rapidez con que se genera y se dispone de la información dando cabida a procesos de aprendizaje autónomo a lo largo de la vida (Cabero y Marín, 2017).

La educación enfrenta también premisas como la transformación de las concepciones de aprendizaje, los entornos altamente tecnificados, la articulación del aprendizaje a las modalidades síncronas y asíncronas, las nuevas estructuras organizativas, la conformación de redes de formación, la movilidad virtual y los nuevos roles del profesor y de los estudiantes preparados en nuevas competencias y formas fundamentadas en que se realiza el aprendizaje como por ejemplo, el conectivismo, el aprendizaje ubicuo, el aprendizaje rizomático y el aprendizaje autorregulado (Cabero y Marín, 2017).

La idea central de estas formas de aprendizaje radica en la transición

de la unidireccionalidad del conocimiento al intercambio horizontal de información abundante, heterogénea y desestructurada, por lo que los docentes enfrentan el reto de desarrollar competencias para aprender a aprender y manejar información (Viñals y Cuenca, 2016), así como habilidades para el uso de recursos educativos tecnológicos que favorezcan la enseñanza.

Por ello, es necesario repensar el rol docente y adecuarlo al contexto de la sociedad digital y al momento socio histórico donde el aprendizaje es diverso y lejos del enfoque tradicional caracterizado por la transmisión de un conocimiento perfectamente empaquetado y organizado (Viñals y Cuenca, 2016).

En la era digital se reconoce el rol docente con varias denominaciones: organizador, guía, generador, acompañante, gestor de aprendizaje, orientador, facilitador, tutor, dinamizador, asesor, entre otras; donde la función radica en gestionar del conocimiento al detectar lo realmente importante, guiar de los procesos de búsqueda, analizar información recabada, seleccionar lo necesario, interpretar datos, sintetizar contenido y difundirlo (Viñals y Cuenca, 2016).

Puntualmente, el rol emergente del profesional de enfermería implica cambios en su funciones sustantivas, por ejemplo: en la enseñanza, el profesional del área habrá de utilizar los recursos digitales necesarios para facilitar el aprendizaje de sus estudiantes y pacientes; en gestión, llevar el control de pacientes, la calidad asistencial, el consumo de material, el control de gasto y la plantilla de personal; en investigación, saber manejar recursos para indagar y adquirir nuevos conocimientos para el desarrollo, evaluación y difusión del saber de enfermería; en asistencia, manejar la historia clínica, así como otros medios tecnológicos que favorezcan su labor, ofreciendo cuidado y control a distancia (Arandojo, 2016).

En este sentido, el uso adecuado de recursos educativos digitales en el enseñanza favorecerá el desempeño del especialista en enfermería en donde se ha dado paso al término “eSalud” para referirse a la aplicación de las tecnologías en este ámbito (Arandojo, 2016) al emplear la tecnología desde la planificación sanitaria, la modernización de hospitales, la historia clínica electrónica y en la protección de datos. Por lo tanto, el uso de las TIC en la enseñanza, cambia la perspectiva del docente de transmisor de conocimientos a guía del aprendizaje y del proceso de construcción del saber (Lárazo-Cantabrana y Silva-Quizoz, 2019).

No obstante, si bien desde hace tiempo las instituciones educativas han realizado esfuerzos para integrar las tecnologías al currículo y promover el desarrollo de habilidades docentes digitales, las circunstancias actuales de la Enseñanza Remota Emergente (ERE) provocada por la declaración mundial de la pandemia por la COVID-19 (Martín-Nogueira, 2020), han acelerado un tipo de transición educativa que los docentes enfrentan de forma áspera, ahora deben acompañar al estudiantado y transmitir o guiar la asimilación de la información y la aplicación del conocimiento (De Vincenzi, 2020), con enfoques, métodos y herramientas que no usan con frecuencia, además, deben hacerlo en poco tiempo, sin una formación previa (Sillas y Vázquez, 2020).

En los apartados siguientes, se presentan las habilidades documentadas de profesionales, docentes y estudiantes de enfermería, así como

diversos recursos educativos digitales utilizados para la enseñanza en esta área del conocimiento.

Habilidades profesionales y docentes en enfermería

La sociedad digital y las circunstancias actuales por la COVID-19 representan retos y oportunidades para el profesional de enfermería en su intervención, en la administración, la investigación y en la docencia, no solo por la generación y renovación constante del conocimiento sino también por los cambios científicos y tecnológicos que le exigen actualizar la cultura de su profesión de forma permanente (Vialart, Medina y Gavilondo, 2018) y contar con una formación a lo largo de la vida sin acotarla a un periodo universitario, por lo que vale la pena explorar estrategias innovadoras de formación (Arandojo y Martín, 2017).

Al respecto, las TIC proporcionan una visión nueva de la formación e impactan en las funciones que desempeñan las instituciones y los involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por ejemplo: cambios espacios-temporales, procesos abiertos y flexibles y acceso a la información, que pueden resultar beneficiosos para el personal enfermero al compaginar sus turnos laborales con actividades de formación e investigación (Arandojo y Martín, 2017).

Para Viliart, Medina y Gavilondo (2018), la cultura docente es la integración de procesos de mejora de los conocimientos, habilidades y actitudes por parte del profesorado, en relación con la instrucción educativa. En este sentido, el docente de enfermería forma personas inculcando valores éticos, y les prepara para los retos de las condiciones sociales en que se desarrollen, mediante una enseñanza innovadora y transformadora a la vez.

Por ello, como dice García (2019), los docentes tendrán que trabajar de forma distinta, con otros métodos, con nuevas habilidades y recursos que les permitan ofrecer alternativas de enseñanza, aprendizaje, pensamiento y actitudes, por ejemplo: a) aprendizaje abierto, activo y colaborativo para un pensamiento crítico; b) aprendizaje flexible, innovador, creativo, conectado y motivador que incentive el aprender a aprender; c) aprendizaje a través de canales y soportes diferenciados, en modalidades presencial y en línea; d) aprendizaje enfocado a la resolución de problemas complejos, al descubrimiento, la argumentación y el debate colaborativo; e) aprendizaje permanente para la readaptación continua y la cultura digital, y; f) aprendizaje para la inteligencia emocional y los valores para una sociedad más justa y equitativa.

Además, para desarrollar las funciones de docencia, investigación y gestión, el docente enfermero deberá poseer conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos (Lázaro-Cantabrana y Silva-Quiroz, 2018); fortalecer su capacidad crítica para incorporar novedades tecnológicas y mejorar su competencia digital, entendida como una competencia transversal, fundamental para desarrollar capacidades, habilidades y técnicas vinculadas a la profesión (Lázaro-Cantabrana y Silva-Quiroz, 2018), en función del contexto en que se encuentre (Viñals y Cuenca, 2016).

Cabero y Marín (2017), identifican tres grandes funciones del rol docente en la era digital: a) diseñador de entornos de aprendizaje mediado por las tecnologías; b) diseñador de medios, materiales y recursos adaptados a las características de los estudiantes, y; c) creador de contenidos y seleccionador de TIC. Por su parte, Viñals y Cuenca (2016) especifican cinco dimensiones de la competencia digital: a) identificar, localizar, recuperar, almacenar, organizar y analizar información (gestionar información); b) comunicar en entornos digitales, comparar recursos a través de herramientas en línea, conectar y colaborar con otras, interactuar y participar en comunidades y redes (gestionar la comunicación); c) creación de contenidos; (crear y gestionar contenidos); d) protección personal, de datos, de identidad digital (gestionar la identidad digital), y; e) resolver problemas, es decir, identificar necesidades, tomar decisiones, resolver problemas conceptuales y técnicos, hacer uso creativo de la tecnología y actualizar la competencia propia.

El docente, en su práctica, puede incorporar la tecnología desde tres enfoques o perspectivas distintas: a) Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC), como recursos facilitadores y transmisores de información; b) Tecnologías para el aprendizaje y el Conocimiento (TAC), como instrumentos facilitadores de aprendizaje y de difusión del conocimiento, y; c) Tecnologías para el Empoderamiento y la Participación (TEP), como recursos para la participación y la colaboración de docentes y discentes para el aprendizaje en comunidad (Cabero y Marín, 2017).

Un modelo para desarrollar la competencia digital consiste en la interacción de las dimensiones técnica, cognitiva y socioemocional donde, la primera se refiere a poseer habilidades técnicas y operativas para emplear las TIC; la segunda se asocia con la capacidad de pensamiento crítico en la búsqueda, tratamiento y evaluación de la información, y; la tercera, la utilización de las tecnologías de forma responsable para la expresión, comunicación, relación, socialización e interacción de manera correcta y segura en un ambiente digital (Gutiérrez-Castillo, Cabero-Almenara y Estada-Vidal, 2017).

Se puede inferir que un profesional ha desarrollado su habilidad digital cuando: a) demuestra pensamiento creativo, construyen conocimiento y desarrolla productos, b) aplica herramientas digitales para obtener, evaluar y usar información, c) utiliza medios y entornos digitales para comunicarse y trabajar de forma colaborativa, d) usa sus habilidades de pensamiento para planificar y conducir investigaciones, administrar proyectos, resolver problemas y tomar decisiones informadas, e) comprende asuntos humanos, culturales y sociales relacionados con las TIC y practican conductas legales y éticas, y f) demuestran tener una comprensión adecuada de los conceptos, sistemas y funcionamiento de las TIC (Gutiérrez-Castillo, Cabero-Almenara y Estada-Vidal, 2017).

Recursos digitales para la enseñanza en enfermería

En la actualidad la tendencia mundial en la educación superior es la

integración tecnológica como herramientas auxiliares dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje, por lo que los recursos digitales diseñados con una intencionalidad educativa y que apunten al logro de un objetivo de aprendizaje, resultan un medio innovador para el trabajo colaborativo entre docentes y estudiantes.

Para la enseñanza de la enfermería y en especial en este tiempo de pandemia, es necesario promover el uso de recursos educativos digitales en los estudiantes y en los profesores por medio de estrategias didácticas innovadoras que permitan una nueva forma de pensar encaminada hacia una cultura tecnológica. Luego de un análisis documental, se presentan algunos autores, estudios y resultados de investigaciones realizadas a partir de la utilización de recursos educativos tecnológicos en la enseñanza de la enfermería.

Los foros de discusión, contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico del estudiante a partir del diálogo, el debate y la colaboración grupal. De acuerdo con Hernández, Arias, Visiers y Peña (2018), los principales resultados de utilizar esta herramienta en prácticas tuteladas del grado en enfermería en el Centro Universitario de Ciencias de la Salud San Rafael-Nebrija son la adquisición de habilidades de redacción, reflexión y pensamiento crítico que genera una atención más segura y competente del enfermero; ayuda a mejorar la precisión del diagnóstico y la toma de decisiones produciendo resultados favorables en los pacientes. En el ámbito educativo, fomenta el autoaprendizaje y promueve la profundización del uso de las intervenciones enfermeras basadas en evidencia científica.

Los recursos educativos abiertos (REA), son materiales de enseñanza, aprendizaje o investigación de dominio público. Según, Vialart (2015), en la Escuela Nacional de Salud Pública en La Habana, Cuba han permitido al estudiante en enfermería una mejor preparación y contrastación de puntos de vista y conocimientos. Se utilizan como referentes de consulta bibliográfica y de intercambio de criterios, para compartir, discutir, analizar criterios científicos, generar, registrar y organizar contenidos, gestionar su propio aprendizaje y desarrollar comunidades de aprendizaje para el intercambio científico y entrenamiento en el área.

Luego de una revisión de la literatura, Agama-Sarabia, et al., (2017), presenta 7 estudios experimentales y cuasi-experimentales donde se observa el impacto de los recursos audiovisuales en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje en enfermería. Aunque estos recursos no superan a las estrategias situadas como la simulación, práctica tutorizada y actividades interactivas, el uso del video reveló una mejora en situaciones actitudinales y comportamentales del estudiante al desarrollar la empatía, la comunicación, el lenguaje corporal, la conducción de una situación problema además de favorecer el análisis de la realidad y la comprensión de la información, aspectos fundamentales en esta área.

Castañón y Díaz (2017) proponen la utilización de Objetos de Aprendizaje (OA) como recurso educativo en la enseñanza para apoyar la actualización de las técnicas y procedimientos y el desempeño práctico de la actuación del profesional de enfermería en la cirugía de mínimo acceso (CMA). Los OA resultan una herramienta didáctica útil para desarrollar habilidades cognitivas, recrean escenarios de la práctica real y mejoran el desempeño del profesional de Enfermería a partir de un proceso dinámico, activo, flexible y centrado en el estudiante.

Por su parte, Garay (2020), a partir de un estudio fenomenológico en estudiantes universitarios de enfermería, retoma la importancia de la utilización de las aplicaciones de dispositivos móviles como estrategia de aprendizaje. El resultado muestra el posicionamiento y uso constante de las aplicaciones móviles para explorar información actualizada en cualquier horario y lugar de conexión a internet, desde el aula, en la simulación clínica, en las prácticas comunitarias y en hospitales, teniendo como centro de actuación a la familia.

La utilización de las apps e-Health en las aulas permite un aprendizaje interactivo y colaborativo, desarrolla habilidades digitales, brinda acceso a información actualizada en distintos formatos, en cualquier lugar, conecta el aprendizaje con el entorno real, apoyando soluciones a situaciones de cuidado mediante la metodología de estudio de casos para la realización de prácticas innovadoras dentro y fuera del ambiente formativo. Para caracterizar el uso de las apps e-Health y su impacto en los procesos de enseñanza - aprendizaje en enfermería; Cortes (2020), realiza un estudio de tipo descriptivo transversal con 35 artículos que cumplieron con los criterios de búsqueda de acuerdo con las categorías creadas en donde identifica 29 apps usadas en enfermería para consulta técnica, teórica, procedimental y de asistencia médica.

Los laboratorios virtuales representan una potente estrategia pedagógica donde los estudiantes pueden desarrollar conocimientos, hábitos y habilidades de manera autónoma sin incurrir en grandes gastos económicos. El estudio que presenta Salinas (2018) sobre el uso de laboratorios virtuales para la enseñanza de la histoembriología humana en la carrera de Enfermería de la Universidad de las Américas, concluye que el uso de esta herramienta contribuye al proceso de aprendizaje de los estudiantes quienes presentaron un aumento en su rendimiento académico y calificaron el proceso como útil, atrayente y educativo. Los laboratorios virtuales les permite simular actividades prácticas de laboratorios presenciales y reales, aumenta su motivación, refuerza los contenidos del curso, integra y relaciona la teoría con la práctica, mejora la comprensión pero también requiere una instancia de acompañamiento del docente y aclaración de dudas al momento de realizar la actividad.

La Realidad Aumentada (RA) provee información significativa, enriquece la información de la realidad para hacerla más comprensible, presenta un objeto desde distintos puntos de vista y potencia el aprendizaje ubicuo. Es un escenario seguro para los estudiantes, laboratorios y simuladores. Permite la visualización de un fenómeno desde diferentes perspectivas, la exposición de fenómenos temporales y en particular heterogéneos. Aplicado al área de la salud y de acuerdo a Cabero, Barroso, Puente y Cruz (2018) al realizar una investigación con 50 estudiantes de medicina, el uso de la RA despertó un elevado nivel de satisfacción en la enseñanza y un elevado grado de motivación en los estudiantes de medicina cuando estos objetos se incorporan a su práctica y los estudiantes logran interactuar con ellos.

Lorenzo, Gutiérrez y Berríos (2019), presentan una investigación de campo cuasi-experimental, con posprueba y un solo grupo de 25 estudiantes y 6 docentes de enfermería sobre el uso del video digital como estrategia de enseñanza para promover la calidad del aprendizaje. Los resultados evidenciaron el logro de habilidades técnicas, cognitivas,

prácticas e interpersonales en los estudiantes de licenciatura ante el uso del video digital, recurso que fomenta la observación, la expresión y el autoaprendizaje.

Las ilustraciones como estrategia de enseñanza son un medio efectivo para estimular la creatividad y el interés del estudiantado, la motivación por aprender y para educar en ellos un pensamiento científico y reflexivo. De acuerdo con Rodríguez, Aquino y Fleites (2018), el uso de ilustraciones como recurso docente permite la explicación del tema en términos visuales, favorece la retención de la información, integra en un todo la información fragmentada, clarifica y organiza la información y promueve el interés y la motivación, aspectos que ayudaron en la mejora de la independencia cognitiva en estudiantes de ciencias médicas en 2017.

Finalmente, Vialart y Medina (2018), analizaron a través de métodos teóricos y empíricos las insuficiencias que poseen los docentes de enfermería para la utilización de los Entornos Virtuales de Enseñanza - Aprendizaje (EVEA) en los cursos por encuentro de la carrera de enfermería. El estudio permitió identificar los factores que influyen en el docente para recurrir a los EVEA entre ellos la falta de capacitación para su manejo adecuado, la escasa utilización de las TIC como medios de comunicación en el proceso docente educativo e investigativo de enfermería, el poco uso de la plataforma Moodle como entorno de aprendizaje, la dificultad en la adquisición de conocimientos por parte de los docentes de enfermería relacionadas con las potencialidades que los EVEA proporcionan tanto a su desempeño profesional como a la formación de especialistas médicos.

Discusión

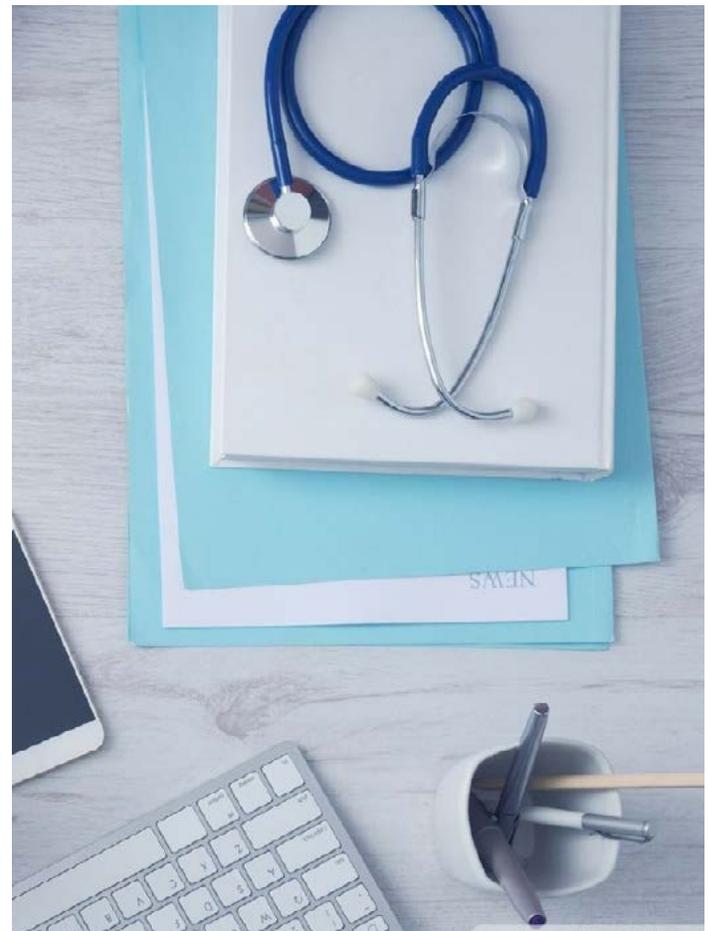
En investigaciones sobre la enseñanza en enfermería se encuentran recursos educativos tecnológicos como los foros de discusión, objetos de aprendizaje, recursos audiovisuales, recursos educativos abiertos, las aplicaciones para teléfonos inteligentes, apps e-Health, los laboratorios virtuales, realidad aumentada, video digital, las ilustraciones y los entornos virtuales de enseñanza - aprendizaje.

Con base en los estudios presentados se puede corroborar que existe diversidad de medios y recursos académicos, digitales y tecnológicos que favorecen el aprendizaje y el logro de objetivos educativos. Las características, funciones y enfoque teórico – práctico de los recursos digitales permiten, además de la adquisición de conocimientos y de habilidades para la intervención, la mejora de capacidades técnicas y de procesos, así como promover el interés y la motivación en el estudiante; sin embargo, una de las preguntas principales de los formadores de profesionales de la enfermería son: ¿cómo enseñar al cuidador sin la vivencia directa del cuidado?, ¿es posible la adquisición de competencias para la atención en enfermería con medios y recursos educativos tecnológicos?, haciendo alusión a las actitudes y valores que son base importante de la calidad de la atención en enfermería. En ese sentido y partir del análisis documental se identifican retos y necesidades de formación del docente en enfermería, que posibiliten una adecuada utilización de recursos educativos digitales, como la realidad aumentada y simuladores que permitan recrear escenarios y situaciones críticas con-

cretas como sucede en hospitales, instituciones de salud y otras áreas de intervención.

Se reconoce que un reto importante es la concientización, sensibilización y apropiación de estas herramientas como parte fundamental de la adquisición de competencias en los estudiantes, por lo que se propone generar estrategias, programas, modelos de formación para profesores y estudiantes de enfermería a nivel multidisciplinario, interinstitucionales, virtual-digital que permitan compartir conocimientos, experiencias y recursos como sustento, para poder fortalecer y dar seguridad a lo que se enseña y cómo se enseña, especialmente en esta época de pandemia, donde el principal desafío es el desarrollo de competencias en el estudiantado mediante un escenario virtual.

Se sugiere realizar estudios que documenten el seguimiento de la formación de los profesores de enfermería en herramientas y recursos para la era digital. Asimismo, investigaciones sobre los estudiantes y su práctica en campo; dar seguimiento a los egresados y su actuar enfermero, con la finalidad de contar con información acerca del impacto del uso y aplicación de las tecnologías en su desempeño profesional. Dicha información es imprescindible para la toma de decisiones sobre los perfiles y formación docente en las carreras de enfermería y los propios perfiles profesionales de enfermería, para el logro de objetivos académicos y profesionales desde un enfoque centrado en las personas, sea en situaciones sociales normales o en contextos emergentes como el de la pandemia por la COVID-19.



Bibliografía

- + Agama-Sarabia, Aiel, Tejo-Niño, Gabriela, De-la-Peña-León, Belinda., Islas-Ortega, Mariana, Crespo-Knopfler, Silvia, Martínez-Felipe, Lizette y González-Velázquez, María Susana (2017). Recursos audiovisuales en la educación en enfermería: revisión de la literatura. *Enfermería*, vol. 16, núm. 47, agosto, 2020. <https://bit.ly/3kHJS5i>
- + Arandojo Morales, María Isabel y Martí Conty José Luis (2017). Las TIC en la enfermería docente. *Ene*, vol. 11, núm. 2, agosto, 2020. <https://bit.ly/3c5AnZA>
- + Arandojo Morales, María Isabel (2016). Nuevas tecnologías y nuevos retos para el profesional de enfermería. *Index de Enfermería*, vol. 25, núm. 1-2, agosto, 2020. Pp. 38-41. <http://www.index-f.com/index-enfermeria/v25n1-2/10155r.php>
- + Cabero Almenara, Julio y Marín Díaz, Verónica. (2017). La educación formal de los formadores de la era digital – los educadores del siglo XXI. *Notandum* 29-42 <https://bit.ly/3qfrvWr>
- + Cabero Almenara, Julio, Barroso Osuna, Julio, Puente Puente Ángel y Cruz Pichardo, Ivanovna (2018). Realidad Aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la Medicina. *Educación Médica Superior*, vol. 32, núm. 4, agosto, 2020. Pp. 56-69. <https://bit.ly/3rjHLqG>
- + Cassiani De Bortoli, Silvia Helena, Munar Jimenez, Edgar Fernando, Umpiérrez Ferreira, Augusto, Peduzzi, Marina y Leija Hernández, Claudia (2020). La situación de la enfermería en el mundo y la Región de las Américas en tiempos de la pandemia de COVID-19. *Rev Panam Salud Publica*, vol. 44, febrero, 2021. Pp. 1-2. doi: <https://doi.org/26633/RPSP.2020.64>
- + Castañón Pompa, Delvis y Díaz Hermoso, Liana (2017). Propuesta de objetos de aprendizaje como recurso educativo en la enseñanza de la CMA en enfermería. *Edumed 2017. V Jornada Virtual de Educación Médica*, agosto, 2020. Pp. 1-10. <https://bit.ly/38dzeyd>
- + Cisterna, Francisco (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, vol. 14, núm. 1, agosto, 2020. Pp. 61-71. <http://www.ubiobio.cl/theoria/vv14/a6.pdf>
- + Cortes Restrepo, Nina Vanesa (2020). Apps e-health en los procesos de enseñanza aprendizaje en enfermería. *REDISS / Revista de Investigación e Innovación en Salud*, vol.3, núm. 3, agosto, 2020. Pp. 101-111. <https://bit.ly/30g69hb>
- + Costa, Roberta, Motta Lino, Monica, Jatobá, Ana, Lorenzini, Elisiane, Manfrini, Gisele, Cavalcanti, Laura, De Olivera, Mara, Honório, Melissa y Gonçalves, Nathália (2020). Enseñanza de enfermería en tiempos de COVID-19: ¿Cómo reinventarla en este contexto?. *Texto & Contexto – Enfermagem*, vol. 29. <https://doi.org/10.1590/1980-265x-tce-2020-0002-0002>
- + De Vencenzi, Ariana (2020). Del aula presencial al aula virtual universitaria en contexto de pandemia de COVID-19. *Avances de una experiencia universitaria en carreras presenciales adaptadas a la modalidad virtual. Debate Universitario*, vol. 8, núm.16, agosto, 2020. Pp. 67-71. <https://bit.ly/3em1Edl>
- + Denzin, N.K. y Lincoln, Y.S. *Manual de investigación cualitativa [en línea]*. Barcelona, España, Gedisa, 2012. Enero, 2020. <https://goo.gl/CHAzHS>
- + Dulzaides, M.E. y Molina, A.M. *Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED [en línea]*.12 (2), 2004. Enero, 2020. <https://bit.ly/3sWLeft>
- + Garay Nuñez, Jesús Roberto (2020). Aplicaciones de dispositivos móviles como estrategia de aprendizaje en estudiantes universitarios de enfermería. *Una mirada desde la fenomenología crítica. RIDE*, vol. 10, núm. 20, agosto, 2020. Pp.1-18. <https://bit.ly/3uPRvxf>
- + García Aretio, Lorenzo (2019). Necesidad de una educación digital en un mundo digital. *RIED*, vol. 22, núm. 2. Pp. 09-22. <https://bit.ly/2Pomheb>
- + García-Peñalvo, José Francisco, Corell, Alfredo, Abella-García, Víctor y Grande, Mario (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempo de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, vol. 21, núm. 12, agosto, 2020. <https://bit.ly/2O5xLTz>
- + Gómez, S. *Metodología de la investigación [en línea]*, México, Estado de México, Red Tercer Milenio, 2012. Enero, 2020. <https://goo.gl/NtNVi5>

- + Gutiérrez-Castillo, Juan Jesús, Cabero-Almenara, Julio y Estada-Vidal, Ligia (2017). Diseño y validación de un instrumento de evaluación de la competencia digital del estudiante universitario. *Espacios*, vol. 38, núm.10, agosto, 2020. Pp. 1-27. <https://bit.ly/2P-qrJgC>
- + Hernández Natalia, Arias, Cristina, Visiers, Laura y Peña, David (2018). El foro de discusión como herramienta docente en prácticas tuteladas del grado de enfermería. *Revista de Enfermagem Referência*, vol. 4, núm. 17, agosto, 2020. Pp. 1-12. <https://bit.ly/3bgcnnk>
- + Ibáñez, J. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación criminológica, segunda edición, Madrid, España, Dykinson, S.L., 2017, pp. 624.
- + Jiménez Macías, Iván Uliánov, Vázquez González, Guillermo César y Bracamontes Ceballos, Edith (2020). ¿Qué quieren los estudiantes universitarios? Perspectivas de las generaciones actuales. *Interpretextos*, vol. 13, núm. 23, agosto, 2020. <https://bit.ly/2OnSD8i>
- + Lázaro-Cantabrana, José Luis, Gisbert-Cevera, Mercè y Silva-Quiroz, Juan Eusebio (2019). Una rúbrica para evaluar la competencia digital del profesor universitario en el contexto latinoamericano. *EDUTEC*, vol. 63. Pp. 1-14. <https://bit.ly/3kMxyAw>
- + Lorenzo Gómez, María Laura, Gutiérrez Berríos, Daviana y Berríos Rivas, Ana Teresa (2019). Video Digital como Estrategia de Enseñanza para Promover la Calidad del Aprendizaje. *Conecta Libertad*, vol. 3, núm. 2, agosto, 2020. Pp. 55-65. <https://bit.ly/3r-hbTmx>
- + Marques, Paulo (2020). Uso de lecciones sincrónicas y asincrónicas para la educación de enfermería durante la pandemia de Covid-19. *Revista Cubana de Enfermería*, vol. 36. Pp. 1-3. <https://bit.ly/3qkUfNw>
- + Martí-Noguera, Juan José (2020). Sociedad digital: gestión organizacional tras el COVID-19. *RVG*, vol. 25, núm. 90, agosto, 2020. Pp. 394-401. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i90.32383>
- + Peña, Tania y Pirela, Johann (2007). La complejidad del análisis documental. *Información, Cultura y Sociedad*, vol. 16. Pp. 55-81. Agosto, 2020. <https://goo.gl/Dex7KB>
- + Polo Roca, Andoni (2020). Sociedad de la Información, Sociedad Digital, Sociedad del Control. *INGURUAK*, vol. 68. Pp. 50-77. Agosto, 2020. <https://bit.ly/2O1Ykco>
- + Rodríguez, Yoanys, Aquino Perez, Lilian. y Fleites Suarezes, Lisbe (2018). Ilustraciones como estrategias de enseñanza, a la independencia cognoscitiva en estudiantes de ciencias médicas 2017. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. Agosto, 2020. <https://bit.ly/3eaDzpG>
- + Salinas Muñoz, Marcela (2018). Uso de laboratorios virtuales para la enseñanza de la histoembriología humana en la carrera de Enfermería de la Universidad de las Américas. *Educación las Américas*, vol. 7, agosto, 2020. Pp. 56-72. <https://bit.ly/3qiEXsL>
- + Sillas Casillas, Juan Carlos y Vázquez Rodríguez Sylvia (2020). El docente universitario frente a las tensiones que le plantea la pandemia. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. 50, núm. ESPECIAL. Pp. 89-120. Agosto, 2020. <https://bit.ly/38al-T8O>
- + UNESCO (2020). ¿Qué ayuda pueden proporcionar las tecnologías inteligentes durante la pandemia?. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Julio, 2020. <https://n9.cl/qp30>
- + Vialart Medina, María Niuka y Medina Gonzalez, Inarvis (2018). Empleo de los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje por los docentes en los cursos por encuentro de la carrera de enfermería. *Educación Médica Superior*, vol. 32, núm. 3, agosto, 2020. <https://bit.ly/38cTHDj>
- + Vialart Vidal, Maria Niurka (2015). Recursos educativos abiertos para la comunidad virtual de enfermería. *Educación Médica Superior*, vol. 29, núm. 3, agosto, 2020. <https://bit.ly/2MMXkbz>
- + Vialart, Niurka, Medina, Inarvis y Gavilondo, Xaily (2018). La cultura profesional del docente de enfermería: preparación ante las tecnologías informáticas. *Revista Cubana de Enfermería*, vol.34, núm. 2, agosto, 2020. Pp. 433-441. <https://bit.ly/3qefdxv>
- + Viñals, Blanco Alma y Cuenca Amigo, Jaime (2016). El rol del docente en la era digital. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 30, núm. 2, agosto, 2020. Pp. 103-114. <https://bit.ly/2OkEtoA>

DISEÑO, AUTOMATIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA DE TERMOFORMADO

Artículo arbitrado 07

Edición 16

Israel Atzin Rosales Gallegos¹, Juan Manuel Zapata Herrera²

^{1,2}Universidad Tecnológica de San Luis
Potosí
Av. Dr. Arturo Nava Jaimes
No. 100, Rancho Nuevo
Soledad de Graciano Sanchez, S. L. P.,
México
C.P. 78430



irosales@utslp.edu.mx,
jzapata@utslp.edu.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 7, 2021.

Aceptado: Julio 10, 2021.

Resumen: En este trabajo se presenta el análisis, automatización y simulación de un sistema de termoformado para el laboratorio de plásticos de la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, con el objetivo de contar con un equipo especializado para la capacitación práctica de alumnos, profesores y técnicos en el procesado de plásticos. Se diseñó mediante software de dibujo cada una de las partes de la máquina, así como los elementos de control y periféricos. Se simularon los procesos de control, eléctricos y neumáticos. Por último, se presentan los resultados de la simulación y el tiempo ciclo del proceso.

+ Palabras clave: Termoformado, plásticos, automatización, simulación

Abstract: This paper presents the analysis, automation and simulation of a thermoforming system for the plastics laboratory of the Technological University of San Luis Potosí, with the aim of having specialized equipment for the practical training of students, teachers and technicians in the plastics processing. Each part of the machine was designed using drawing software, as well as the control elements and peripherals. Control, electrical and pneumatic processes were simulated. Finally, the results of the simulation and the cycle time of the process are presented.

+ **Keywords:** *Thermoforming, plastics, automation, simulation.*

Introducción

El termoformado es un proceso que consiste en dar forma a una lámina plástica por medio de calor y vacío utilizando un molde. En México, como en el mundo, la industria de transformación del plástico ha tenido un crecimiento vertiginoso en las últimas décadas y se prevé que este crecimiento se mantenga en los próximos años. En el estado de San Luis Potosí están instaladas más de cien empresas dedicadas a la transformación y manufactura de productos plásticos en sus diferentes modalidades. Entre los diferentes tipos, la industria del termoformado se ha caracterizado por su importante influencia sobre el mercado, debido a que produce una gran cantidad de productos que son fundamentales para todo ser humano. Estas empresas nacionales y transnacionales demandan cada día especialistas mejor capacitados, con conocimientos teóricos y prácticos de tales procesos.

Se presenta este proyecto de desarrollo tecnológico con el objetivo de diseñar y automatizar un sistema de termoformado con características industriales, semiautomatizada y robusta para la Universidad Tecnológica de San Luis Potosí (UTSLP), que permita la capacitación práctica y especializada de estudiantes y técnicos en el área de plásticos. El sistema permitirá termoformar diferentes tipos de plásticos, bajo parámetros estandarizados, priorizando la seguridad del operador y la maquinaria.

Materiales y Métodos

La selección de materiales es un punto vital en el proceso del diseño de una máquina, ya que de esto dependerá la durabilidad, resistencia y funcionalidad. La estructura de la máquina de termoformado consistirá en un ensamble de lámina de acero inoxidable AISI 304 de 2.5 mm de espesor, formando un prisma rectangular de 50 cm de alto, 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad, que estará colocado sobre una mesa de acero inoxidable, superficie sobre la que también se colocará un cuadro de control, cuya función será albergar todos los componentes eléctricos y de control. Este conjunto serviría de soporte de todos los elementos mecánicos, neumáticos y eléctricos, que hacen parte integral de la termoformadora. De acuerdo con las características descritas para cada sistema, como material seleccionado y la forma en que va a operar cada uno de ellos, se realizó el diseño usando el software de dibujo Solidworks, con el fin de visualizar mejor el dispositivo que se pretende simular y verificar a escala, sus partes y principales sistemas, las medidas, su apariencia, ventajas y desventajas que pueda tener dicho diseño.

Diseño de la estructura

El diseño de la máquina de termoformado se dividió en tres etapas: estación de calor, estación de sujeción y estación de vacío. La Figura 1, muestra el esquema de la estación de calor donde se observan los diferentes componentes y materiales que lo conforman.

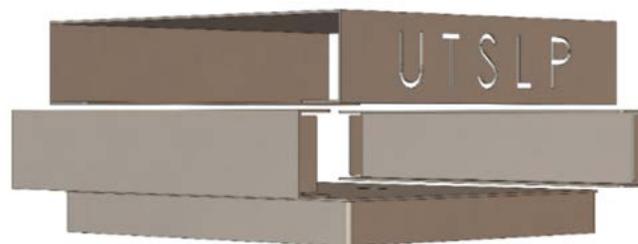


Figura 1. Estación de calor.

Fuente: *Elaboración propia.*

La estación de sujeción consta de 2 chapas separables, unidas mediante una bisagra. A estas chapas se les integraron discos magnéticos intermedios, cuya función es sostener la película plástica. Así también cuenta con un empaque inferior que tiene la función de sellar al hacer contacto con la estación de vacío. Esta estación se trasladará entre la estación de calor y la estación de vacío (arriba y abajo) a través de baleros lineales y accionada por un cilindro neumático de doble acción controlado de forma semiautomática. El grosor máximo de la película a utilizar será de 2 mm, ya que basado en estudios realizados (Erchiqui, 2020) se ha demostrado que espesores superiores pueden afectar las propiedades finales del producto termoformado.

La placa superior de la estación de vacío contiene perforaciones para transmitir el vacío generado a través de una bomba de vacío (Figura 2). Sobre esta placa se colocará el molde para generar la forma deseada mediante termoformado.

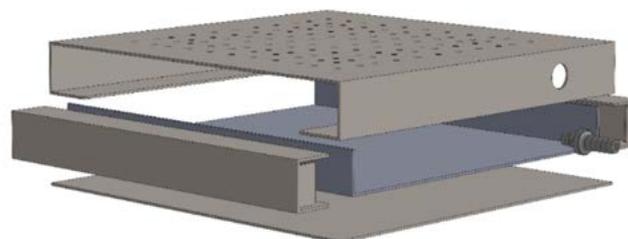


Figura 2. Estación de vacío.

Fuente: *Elaboración propia.*

Diseño del sistema de calentamiento: En el proceso de termoformado, el control de la temperatura tiene gran influencia en la calidad de la formación del plástico. Si la temperatura de la lámina de plástico no es precisa, habrá más defectos en el producto final (Dua, 2011). Se determinó el uso de lámparas de radiación infrarroja como método de calentamiento, ya que es una tecnología que reduce el tiempo de proceso, hasta diez veces en comparación con otras tecnologías (Erchiqui, 2020) y las condiciones deseadas se pueden obtener de una forma eficiente, aun así, se debe tener precaución en el calor y la energía calorífica que absorbe la lámina, evitando que se presente un sobrecalentamiento de esta. La tecnología de calentamiento por infrarrojos es de bajo costo, tiene una vida útil duradera y es de fácil montaje (Belmonte, 2012). Dichas lámparas estarán ubicadas en la parte superior de la máquina, encerradas en un aislamiento debidamente calculado con el fin de proteger los componentes que se encuentran cerca.

Se tiene en cuenta un área útil aprovechable de 784 cm² (121.5

pulg²), y la relación de potencia-área que debe manejar este tipo de procesos con calentamiento por radiación infrarroja, cuyo valor es de 10W/pulg², se tiene:

$$121.5 \text{ pulg}^2 * \frac{10W}{\text{pulg}^2} = 1250 W \quad (1)$$

Con el cálculo anterior, se determina el uso de dos lámparas de radiación infrarroja de 600W cada una, con capacidad de irradiar cerca del 96% de energía infrarroja en el rango de 2 a 10 micras, y con terminales cerámicos, las cuales se muestra en la Figura 3. Con la relación de potencia respecto al voltaje y a la corriente, se obtiene:

$$P = v * I \quad (2)$$

$$I = \frac{P}{v} = \frac{1200W}{220v} = 5.45 A \quad (3)$$

Las lámparas se conectan en paralelo, esto permite sumar la corriente que fluye a través de cada una o de la misma manera permite sumar la potencia de ambas. Entonces, para este diseño se obtiene que las lámparas entregan en total una potencia de 1200W a una tensión de 220v.

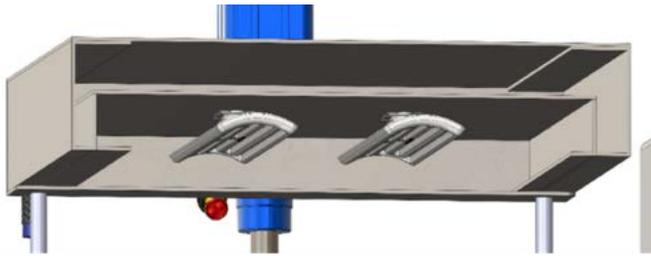


Figura 3. Lámparas de radiación infrarroja de 500W cada una. Fuente: Elaboración propia.

El encendido del sistema de calentamiento se controlará mediante el PLC y la temperatura, a través de un controlador PID, en este se programará la temperatura dependiendo del material a termoformar y del espesor de la película plástica. En la primera etapa se estandarizarán los parámetros para termoformar materiales termoplásticos como el poliestireno, polipropileno y PET (Drobney, 2007). La medición de temperatura se realizará por un termopar tipo K, colocado en la zona de calentamiento. La configuración de control y potencia se presenta en la Figura 4

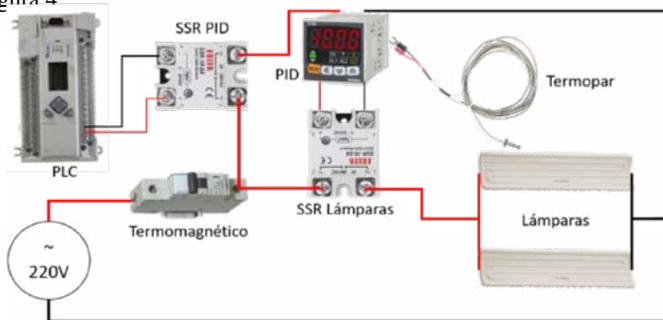


Figura 4. Esquema eléctrico para las lámparas de radiación infrarroja. Fuente: Elaboración propia.

Diseño del sistema de formado

Por versatilidad, economía y eficiencia se plantea usar un sistema de vacío para formar la lámina de plástico, usando un motor de paletas rotativas, sujeto a una caja herméticamente sellada (Forero, 2018). Las dimensiones máximas del molde a considerar serán de 18x18x7 cm.

El volumen al interior del molde (Vm) es de

$$Vm = (0.18m)(0.18m)(0.07m) = 2.268 \times 10^{-3} m^3 \quad (4)$$

así como el volumen de la tolva de vacío (Vt) es de

$$Vt = (0.393m)(0.36m)(0.04m) = 5.659 \times 10^{-3} m^3 \quad (5)$$

por lo tanto, el volumen máximo a desplazar Vd será de

$$Vd = Vm + Vt = 2.268 \times 10^{-3} m^3 + 5.659 \times 10^{-3} m^3 = 7.927 \times 10^{-3} m^3 \quad (6)$$

Teniendo un tiempo de vacío (t) de 6 segundos y un factor de seguridad (N) de 2, tenemos:

Flujo volumétrico requerido (f):

$$f = \frac{Vd}{t} * N \quad (7)$$

$$f = \frac{7.927 \times 10^{-3} m^3}{6s} * 2 = 2.642 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} \quad (8)$$

El flujo volumétrico requerido se suministrará con una bomba de paletas rotativas de 5 CFM (pies cúbicos por minuto) conectada a 220V y controlada mediante el PLC y un relevador.

Diseño del sistema motriz

Es el encargado de transportar la lámina para cada una de las etapas del proceso de termoformado. Lo conforman la estación de sujeción, los 4 ejes, las chapas de sujeción inferior y superior y el mecanismo de bisagra. Todo este conjunto tiene un peso promedio de 35N, aunado a esto, tomando en consideración la carrera necesaria para el cilindro (30 cm) y los cilindros disponibles comercialmente, se decidió utilizar un cilindro neumático de doble efecto con un diámetro del pistón de 63 mm y una carrera de 300 mm.

Diseño del sistema de control

Este sistema será el encargado de alimentar y comunicar todos los elementos de la máquina para que pueda cumplir su función principal. Nuestro objetivo es contar con un sistema que opere de forma semiautomática, por esta razón se contemplan algunos dispositivos de control electrónico como los son un PLC Allen Bradley Micrologix 1400 como fuente de control principal, así como botones, indicadores y sensores. Dichos elementos estarán ubicados en la parte lateral de la máquina, junto con otros elementos de maniobra, conformando así todo el control eléctrico del dispositivo. A continuación, se presenta la programación en lenguaje escalera (ladder) que se realizó al PLC utilizando el software RSLogix 500, esto permite realizar en secuencia todas las instrucciones programadas.

Resultados

Con el objetivo de obtener resultados de la simulación de los diferentes componentes del sistema de termoformado, cada uno de los elementos se introdujeron al software Automation Studio. Este software permite generar una interacción simulada entre los elementos de entrada (botones y sensores), el PLC y los elementos de salida (indicadores, relés y electroválvulas). En la Figura 7, se presenta la simulación de las entradas físicas del PLC, que van conectadas a botones de paro (STOP), precalentamiento (PRECAL), arranque (START) y un sensor inductivo (S1), dispositivo que detectará la posición del cilindro neumático. Así también se muestran las conexiones de la tarjeta de salidas del PLC, que incluyen salidas a relé y a electroválvulas para el control de los diferentes elementos.

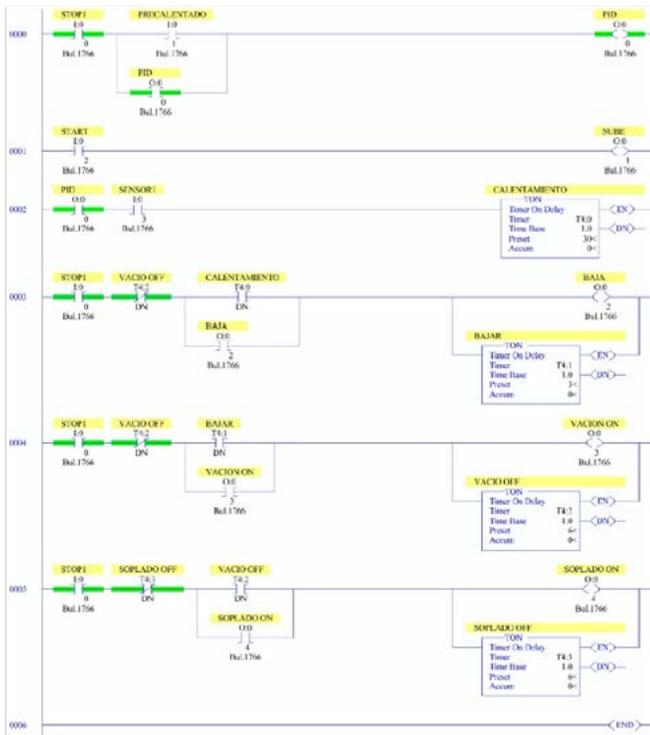


Figura 5. Programación en lenguaje escalera del PLC.
Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de simular el funcionamiento, se realizó un diagrama en el software Fluidsim (Figura 5), mediante el cual es posible simular las posiciones básicas de colocar la lámina plástica, calentarla, llevarla hasta el molde y finalmente sacarla con la forma deseada. Debido a las limitaciones propias del software algunos de las componentes y sus características se sustituyeron por elementos similares que contiene el programa, aun así, el comportamiento general de la máquina se logra simular muy apegado a la realidad.

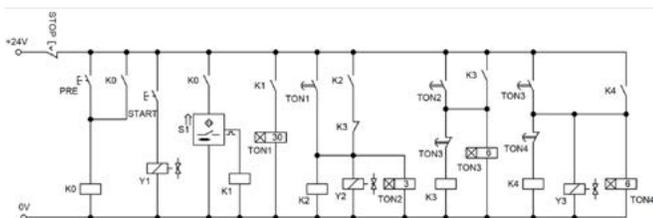


Figura 6. Diagrama del sistema de control.
Fuente: Elaboración propia.

Los elementos de control, eléctricos y neumáticos se seleccionaron según catálogos de productos que se consiguen en el mercado, en marcas reconocidas y con las especificaciones técnicas que cumplen con los requerimientos.

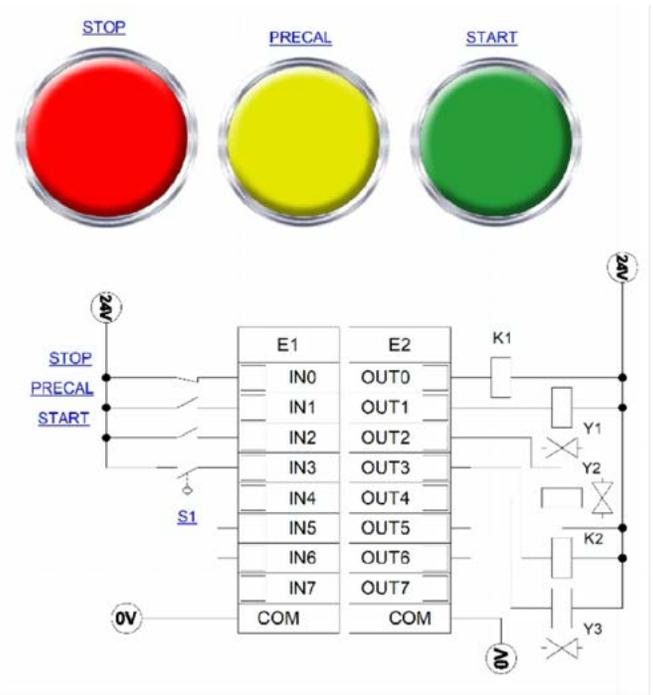


Figura 7. Conexiones de entrada y salida del PLC.
Fuente: Elaboración propia.

El proceso de funcionamiento se explica a continuación. Al momento que el operador se prepara para comenzar el proceso oprime el botón de precalentamiento (PRECAL), acción que enciende el controlador de temperatura (OUT0/K1) e inicia el calentamiento de las lámparas (Figura 4), durante el tiempo de precalentamiento, el operador coloca y asegura la película en la estación de sujeción, después oprime el botón de arranque (START) y el proceso transcurre de forma automática, elevando la película hasta la zona de calentamiento a través de la electroválvula 5/2 (OUT1/Y1) y el cilindro neumático, operación que será detectada por un sensor inductivo (S1) que iniciará el temporizador de

calentamiento. Una vez que el proceso de calentamiento haya finalizado, el cilindro descenderá (OUT2/Y2), colocando a la película sobre la estación de vacío y a su vez arrancando la bomba de vacío (OUT3/K2). Por último, se apaga la bomba de vacío y se activa una electroválvula (OUT4/Y3) que tiene la función de enviar un flujo de aire comprimido sobre el plástico termoformado para enfriarlo. Una vez que el operador finalice el uso de la máquina o necesite detener el proceso en cualquier momento, puede oprimir el botón de STOP, acción que detiene todos los procesos en funcionamiento.

Para el sistema motriz se eligieron elementos neumáticos, como un cilindro neumático de doble efecto que está controlado a través de una electroválvula de 5 conexiones y 2 posiciones (5/2), así como una electroválvula 3/2 para el enfriamiento de la pieza, al final del proceso de formado. La preparación y regulación del flujo de aire se da a través de una unidad de mantenimiento FRL (filtración, regulación y lubricación). La Figura 8, muestra el resultado de los distintos estados que se presentan en los componentes neumáticos. El primer diagrama (Figura 8a) resulta del estado donde el sistema se encuentra listo para operar, con la estación de sujeción en la parte inferior para la colocación de la película, debido a esto, el cilindro se encuentra completamente extendido. En Figura 8b, se observa como el cilindro sube la estación de sujeción a la zona de calentamiento, donde es detectado por un sensor inductivo (S1) y permanece en esta etapa por un tiempo programado. Transcurrido el tiempo prefijado, la estación de sujeción desciende hasta hacer contacto con la estación de vacío (Figura 8c), acción que permitirá el formado de la pieza. Por último, se activa la electroválvula 3/2 y se genera un flujo de aire hacia la pieza para enfriarla (Figura 8d).

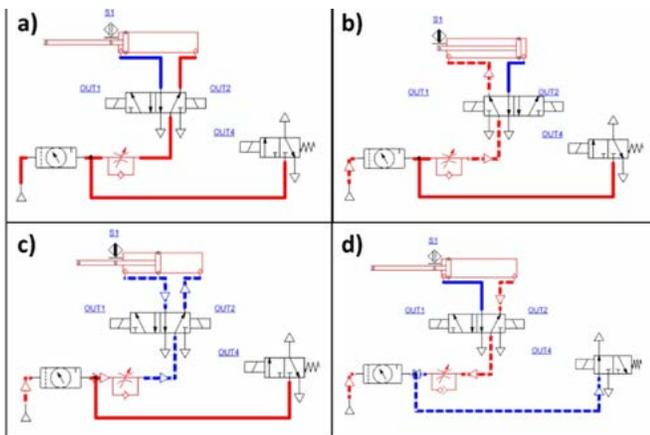


Figura 8. Etapas del proceso neumático.
Fuente: Elaboración propia.

Según Klein (2009), los equipos modernos de termoformado pretenden la reproducción fiel de los elementos a ser fabricados, bajo las premisas de homogeneidad en el producto, máxima reducción de pérdida de material y reducción costos de producción. Al llevarse a cabo la conexión de los diferentes elementos al PLC y realizar corridas de prueba simuladas, se obtiene un tiempo de proceso de 47 segundos, agregando 15 segundos que el operador le toma colocar y asegurar la película plástica y otros 15 segundos que le toma retirarla, se tiene un tiempo ciclo de 77 segundos, pudiendo reducirse 15 segundos si se op-

timiza el tiempo de calentamiento, así como la habilidad del operador. Basado en pruebas que se realizaron, el tiempo de precalentamiento es de aproximadamente 2 minutos, que es el tiempo que tardan las lámparas en alcanzar la temperatura prefijada a través del controlador de temperatura y monitoreado a través del termopar tipo k.

El diseño del sistema de termoformado se presenta en la Figura 9, la cual incluye la estructura metálica, la bomba de vacío, los elementos neumáticos y la caja que contiene los elementos de control.



Figura 9. Diseño del sistema de termoformado.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se diseñó y simuló un sistema de termoformado automatizado para la UTSLP. La máquina utiliza un sistema de radiación infrarroja de 1200W para calentar películas de hasta 2 mm de espesor de diferentes tipos de termoplásticos. Se presentó el diseño mediante el software Solidworks de cada una de las estaciones de la máquina, así como del sistema completo. Se llevó a cabo la programación del PLC mediante lenguaje escalera, para que realice todas las funciones de control, así como la simulación del circuito eléctrico y neumático en Fluidsim, con lo cual se obtuvo la secuencia de funcionamiento y prever posibles fallas durante el funcionamiento de esta. La simulación con los elementos

conectados al PLC mediante Automation Studio arrojó un tiempo ciclo de 77 segundos, esto permitiría producir 46 piezas por hora y aproximadamente 342 en un turno de 8 horas, tomando en cuenta el objetivo para el que se diseña este tipo de máquina, representa una alta eficiencia. El diseño y las capacidades de los elementos de control permitirán que en un futuro se incorporen elementos que aumenten el grado de automatización del sistema y con esto aumentar su eficiencia. Cabe aclarar que la máquina de termoformado se encuentra en fabricación, ya que debido a la pandemia por COVID-19 algunas de las importaciones de los equipos, sobre todo los que provienen de China, se han detenido por algunos meses, retrasando la finalización del sistema, aun así, se presentan resultados completos de diseño y simulación.

Símbolos

<i>P</i>	Potencia eléctrica (W)
<i>v</i>	Voltaje (V)
<i>I</i>	Intensidad de corriente (A)
<i>f</i>	Flujo volumétrico (m ³ /svv)

Bibliografía

+ Belmonte, Carlos (septiembre de 2012). *Desarrollo de sistema de bajo coste para termoconformado por vacío de láminas plásticas. Tesis para obtener el grado de Maestría. Valencia: Universidad Tecnológica de Valencia.*

+ Drobney, J. G. (2007). *Handbook of thermoplastic elastomers. New York: William Andrew Inc., pp. 216-217.*

+ Dua, C., Chenb, S. and Lianga, X. (2011). *Application of Fuzzy theory in temperature control system of thermoforming machine. Advanced in Control Engineering and Information Science, 15(1), pp. 639-643.*

+ Erchiqui F, Kaddami H, Dituba-Ngoma G, Slaoui-Hasnaoui F. (2020). *Comparative study of the use of infrared and microwave heating modes for the thermoforming of wood-plastic composite sheets. International Journal of Heat and Mass Transfer, 158, 119996, ISSN 0017-9310.*

+ Forero, Daniel, et al. *Diseño de máquina termoformadora didáctica para el laboratorio de materiales de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Bogotá D.C. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas (2018).*

+ Klein, Peter (2009). *Fundamentals of Plastics Thermoforming. Synthesis Lectures on Materials Engineering. 1. 1-97. 10.2200/S00184ED1V01Y200904MRE001.*

UN FENÓMENO LLAMADO PANDEMIA

Artículo arbitrado 08

Edición 16

Joaquín Godoy Mendoza¹, Alfonso Ochoa Meza², Brenda Leticia Chávez García³ y Rene Saucedo Silva⁴

^{1,2,3} Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez
Ave. Universidad Tecnológica No.3051, Col.
Lote Bravo II
Cd, Juárez Chihuahua, México
C. P. 32695

⁴ Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.
Av. Tecnológico 1340, Fracc. El Crucero
Cd Juárez, Chihuahua, México
C.P. 32500

✉
joaquin_godoy@utcj.edu.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

■ **Resumen:** El siglo XXI a diferencia de otros siglos no será tipificado por un evento representativo, la interrelación multicultural y los avances multidisciplinarios hará de este siglo, “el siglo de la evolución”, evolución en todos los orbes y sentidos como son: educativo, social, cultural, informático, científico y tecnológico. Estos cambios y ajustes a las nuevas condiciones universales no solo estarán presentes en el quehacer humano asimismo en el caso de las mutaciones virales. Este efecto evolutivo al igual que el calentamiento global y el sistema wifi de comunicación, han tomado tiempo para llegar a donde se encuentran, sin embargo, en el mismo orden de ideas la mutación del coronavirus SARS-CoV-2 que ha desencadenado el fenómeno llamado COVID-19 convirtiéndose en un flagelo mundial de la salud, la economía y la estabilidad social. Por estas razones es importante conocer su comportamiento matemático como una breve aportación a la esperanza de combatirlo.

✚ **Palabras clave:** Ecuación SARS-CoV-2, modelo matemático SARS-CoV-2, SARS-CoV-2 en Juárez

■ **Abstract:** The 21st century, unlike other centuries, will not be typified by a representative event, the multicultural interrelation and multidisciplinary advances will make this century, “the century of evo-

lution”, evolution in all orbs and senses such as educational, social, cultural, computer, scientific and technological. These changes and adjustments to the new universal conditions will not only be present in human life, but also in the case of viral mutations. This evolutionary effect, as well as global warming and the Wi-Fi communication system, have taken time to get to where they are, however, in the same order of ideas the mutation of the SARS-CoV-2 coronavirus that has triggered the phenomenon called COVID-19 becoming a global scourge of health, economy and social stability. For these reasons, we believe it is important to know their mathematical behavior as a brief contribution in the hope of combating it.

+ *Keywords: SARS-CoV-2 equation, SARS-CoV-2 mathematical model, SARS-CoV-2 in Juárez.*

Introducción

En la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, se ha abordado el tema de plantear la ecuación matemática que muestre el desarrollo de la epidemia COVID-19 en la comunidad, para lo cual se dió a la tarea de hacer una investigación de un modelo matemático utilizando los datos oficiales publicados mediante la página del gobierno del estado de Chihuahua, convencidos que al conocer la ecuación que determina el comportamiento será posible predecir el grado de devastación que ocasionará a la comunidad y así será posible predecir cuándo se recuperará el *modus vivendi*. El periodo elegido para obtener la ecuación representativa del fenómeno epidémico que se presenta en Ciudad Juárez fue de enero del 2020 a febrero del 2021, partiendo del registro de un primer caso en marzo del 2020 y el impacto que género este fenómeno en una población de 1 millón 428 mil 509 habitantes. Como variables se estratificó los datos en trimestre a partir de enero del 2020. Es importante reconocer el efecto ocasionado por un solo caso importado de Europa y confirmado por el secretario de Salud del Gobierno del Estado de Chihuahua el 12 de marzo del 2020, según el comunicado, un joven de 29 años oriundo de Nuevo Casas Grandes procedente de Italia con escala en Los Ángeles Estados Unidos concluyó su viaje en nuestra ciudad y a casi un año se registran 54 mil 543 casos de contagio en el estado de Chihuahua, México, además de mil 526 sospechosos de portar el virus, 45 mil 280 enfermos recuperados de este mal y la lamentable cantidad de 5 mil 256 defunciones.

Pregunta de investigación

Se plantea la siguiente pregunta de investigación a contestar:

¿Podrá ser definida la ecuación de SARS-CoV-2 para determinar el impacto de la pandemia en Ciudad Juárez?

Historia del arte

Históricamente la humanidad ha sufrido epidemias que rebasan sus capacidades tanto de prevención como de recuperación, estas, son un efecto colateral de los asentamientos que tuvo la necesidad de desarrollar para formar comunidades, en su calidad de nómada, las condiciones y restricciones propias de los cazadores lo obligaban a formar parte de

grupos pequeños y mantener una calidad de vida sana y activa con una baja probabilidad de contraer las enfermedades epidémicas que se desarrollan por el hacinamiento, la insalubridad y el roce continuo con otros individuos.

La aparición continua de los fenómenos epidemiológicos a lo largo de la historia, hacen pensar en una posible estrategia recursiva de la naturaleza para mantener el equilibrio de las especies, las cuales han dejado una huella en el recuerdo colectivo de la humanidad. Desde tiempos inmemoriales las comunidades humanas han sufrido epidemias surgidas por la aparición de bacterias y virus o mutaciones que encontraron un campo fértil de desarrollo ante la imposibilidad de combatirlos o a la falta de mecanismos de defensa ante ellos, estos eventos, sin duda fueron atribuidos a la ira de los dioses o a los poderes malignos de brujas y hechiceras o extranjeros provenientes de tierras lejanas con oscuros propósitos, la verdad que es que ante un enemigo que no podemos ver seguimos utilizando las mismas prácticas de defensa rituales, pócimas mágicas y ostracismo. La civilización tiene memoria de eventos de esta naturaleza guardados como estigmas en la piel, la epidemia de los Hititas en el 1320 a. C., las plagas en Egipto reflejadas en la biblia, la plaga de Atenas que cobro la vida de Pericles (495 a.C. al 429 a.C.) en el mundo griego de la cual Tucides hace una descripción muy detallada de los síntomas atribuyéndola como un castigo del dios Apolo, la llamada peste de Azoth o Ashdod también conocida como la peste de los Filisteos, las epidemias en Cartago en los siglos V y IV a.C., la de los Antoninos en el siglo II d.C., la de Cipriano en tercer siglo después de Cristo en Roma. A mediados el siglo VI d. C. el imperio Bizantino fue azotado por la Peste Bubónica, esta epidemia cobro la vida del 40% de la población, se dice que el mismo emperador estuvo a punto de morir debido al contagio que sufrió, con su salud mermada y un reciente intento por derrocar a Justiniano, su salud precaria vino a debilitar su posición de poder y prácticamente socavo el poder de Roma en el mundo para dar paso a la Edad Media. La Europa del siglo XIV fue diezmada por la peste Bubónica o Peste Negra ocasionada por la bacteria *Yersinia Pestis* transmitida mediante las pulgas de rata y las condiciones insalubres de las grandes concentraciones del medioevo.

El siglo XVI fue devastador para el nuevo mundo azotado por epidemias de viruela y sarampión, además hay que agregar que la mano de obra barata de la esclavitud negra también trajo como consecuencia la exterminaron de entre un 85 y un 90% de la población indígena al ser portadores de enfermedades desconocidas para las cuales la población nativa no tenía anticuerpos que los ayudaran ante estos nuevos estragos, sin saber los negros también se convirtieron en un arma para los conquistadores españoles, Angelica Mandujano (2003): “Ciertos padecimientos que eran tolerados por los blancos y los negros fueron fatales para el indio. Este factor por sí solo pudo haber sido importante en el éxito o el fracaso de la conquista; en otras palabras, el desafortunado africano llegó a América no sólo como esclavo del blanco, sino también como una de sus armas mortíferas”. Los antecedentes de grandes pérdidas humanas por enfermedades en la época prehispánica fueron ocasionados principalmente por desastres naturales como inundaciones, heladas y sequías, las cuales trajeron como consecuencia hambruna y enfermedades. Existen registros de estos sucesos antes de la llegada de los españoles en las cartas de fray Juan de Torquemada y los códices Duran y Chimalpopoca, citan que en el año 10-conejo4 (1450) las condiciones del clima ocasionaron la pérdida de las cosechas y el desarrollo de una epidemia de enfermedades respiratorias como un “catarro pestilencial”,

Tabla 1. Víctimas fatales en el mundo a causa del coronavirus SARS-CoV-2

Víctimas Fatales en el Mundo	
Región	Víctimas Fatales
América	1'196,316
Europa	830,948
Asia	354,364
África	101,474
Oceanía	1,216
Total, a la fecha	2'484,318

Fuente: Elaboración propia.

la falta de alimentos por lo que los gobernantes de la triple alianza Tenochtitlan, Texcoco y Tlacopan, repartieron sus reservas de granos y alimentos pero no pudieron mantener a toda la población durante los 5 o 6 años que duro la sequía por lo que gran parte de la población tuvo que emigrar para conseguir sustento pero Alva Ixtlilxóchitl expresa que un gran porcentaje de ese éxodo dejo sembrados los caminos de cuerpos y huesos de aquellos que murieron por enfermedad, cansancio y hambre. En los registros históricos de los naturales del nuevo mundo a la epidemia o “pestilencia” le son atribuidas la desaparición o tragedias de comunidades enteras: en el año 7-tochtli el fin de Tula, en el 3-pedernal Chalco, en el 4-tecatl Xochtlan y Amaxtlan, 5-calli Tecuantepec, también le es atribuida la desaparición de los mayas a las epidemias unos cincuenta años antes de la llegada de los europeos a México.

Antes de alcanzar una quinta parte del siglo XXI la comunidad se vió inmersa un evento por demás extraordinario, el efecto mariposa ante una epidemia mundial que solo se había visto en películas de ficción de directores ambientalistas-fatalistas donde una rata, un escarabajo o un meteorito viene a poner de bruces a toda la humanidad recordándole que solo es un inquilino más del planeta al que considera suyo por derecho propio. La región de Wuhan de la provincia de Hubei en China ha sido catalogada como el lugar donde se registró el primer brote de un nuevo tipo de pulmonía al que popularmente se le ha bautizado como COVID-19 y hoy a miles de kilómetros de ese lugar, estamos resintiendo sus consecuencias.

Actualmente a diferencia de la creencia popular las epidemias en seres humanos no son tan insólitas, en febrero de 1957 (Gonzalbes, 2013) en la provincia de Guizou, China aparece la llamada Gripe Asiática causada por el virus A-H2N2, esta se esparció a las grandes ciudades como Hunan y Hong Kong y rápidamente se propago al resto del mundo, se estima que ocasiono un millón de víctimas. En julio de 1968 (Gonzalbes, 2013) surge en el interior de China una cepa del virus H3N2 que ocasionó la llamada Gripe de Hong Kong, para septiembre de ese mismo año había llegado al continente americano, se estima que las víctimas rebasaron el millón de personas, nueve años de pues, también en Hong Kong se detecta por primera vez la Gripe Aviar en humanos consecuencia del virus A-H5N1 con un saldo de 6 víctimas, reapareciendo en el 2003 en esta ocasión registro 450 víctimas y en marzo del 2013 apareció una nueva cepa H7N9 de este virus ocasionando el fallecimiento de 200 personas. El SRAS (Síndrome Respiratorio Agudo Severo) ocasionado por un coronavirus aparece en noviembre del 2002 en Wuhan, China con 812 víctimas en 30 países (Gonzalbes, 2013), en un nuevo registro de pandemia el COVID-19 provocada por el coronavirus SARS-CoV-2 un virus zoonótico registra el primer caso en diciembre del 2019 en la región de Wuhan, capital de la provincia de Hubei en la República Popular China en la que un grupo de personas reportaban un tipo desconocido de neumonía, pasaran tres meses para que la OMS reconozca a esta nueva enfermedad como pandemia ya que a la fecha se han registrado más de 115 millones de casos en el mundo el cual, según algunas fuentes, solo representa 15% del total de los casos a nivel mundial, con un saldo rojo a la fecha, mayor a los 2 millones 560 mil de víctimas fallecidas. La Tabla 1, representa las víctimas fatales por cada una de las regiones continentales del mundo al 1ero. de marzo del 2021, (Statista de España, marzo del 2021).

Sin embargo, no es el impacto de víctimas fatales en nuestro contexto el tema para analizar, son los casos de contagio registrados para desarrollar la ecuación que representa este comportamiento

Desarrollo

La Tabla 2, muestra el registro trimestral de la población infectada en Ciudad. Juárez con el coronavirus SARS-CoV-2, a partir de enero del 2020 a febrero del 2021, este registro publicado diariamente por el sector salud del gobierno del estado de Chihuahua aporta los datos para la construcción de la ecuación que nos permite conocer el desarrollo del fenómeno epidémico en nuestra región.

Tabla 2. Casos de contagio a causa del coronavirus SARS-CoV-2 en Ciudad. Juárez.

Casos de Contagio Registrados en Cd. Juárez	
Periodo 2020-2021	Casos Registrados
Enero-marzo	1
Abril-junio	2052
Julio-septiembre	6991
Octubre-diciembre	26017
Enero-febrero	28814

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del polinomio que se apegue a los resultados registrados de manera general tendrá la forma:

$$P(x) = aL_1(x) + bL_2(x) + cL_3(x) + dL_4(x) + eL_5(x) \quad (1)$$

Desarrollado por el método de regresión de La Grange.

$$L_1 = \frac{(x-182)(x-274)(x-366)(x-456)}{(1-182)(1-274)(1-366)(1-456)} \quad (2)$$

$$L_1 = \frac{x^4 - 1278x^3 + 591596x^2 - 486020358x + 83.23(10)^7}{8206263975} \quad (3)$$

$$L_2 = \frac{(x-1)(x-274)(x-366)(x-456)}{(182-1)(182-274)(182-366)(182-456)} \quad (4)$$

$$L_2 = -\frac{x^4 - 1097x^3 + 393220x^2 - 46121628x + 4.573(10)^7}{839527232} \quad (5)$$

$$L_3 = \frac{(x-1)(x-182)(x-366)(x-456)}{(274-1)(274-182)(274-366)(274-456)} \quad (6)$$

$$L_3 = \frac{x^4 - 1005x^3 + 317504x^2 - 30691572x + 3.038(10)^7}{420542304} \quad (7)$$

$$L_4 = \frac{(x-1)(x-182)(x-274)(x-456)}{(366-1)(366-182)(366-274)(366-456)} \quad (8)$$

$$L_4 = -\frac{x^4 - 913x^3 + 258718x^2 - 22997612x + 2.274(10)^7}{556084800} \quad (9)$$

$$L_5 = \frac{(x-1)(x-182)(x-274)(x-366)}{(456-1)(456-182)(456-274)(456-366)} \quad (10)$$

$$L_5 = \frac{x^4 - 823x^3 + 217586x^2 - 18468452x + 1.825(10)^7}{2042094600} \quad (11)$$

Así, sustituyendo en la ecuación (1) los valores de las ecuaciones: (3), (5), (7), (9) y (11).

$$P_x = \frac{.4(10)^{36}L_1 - 3.92(10)^{36}L_2 + 7.82(10)^{36}L_3 - 5.91(10)^{36}L_4 + 1.61(10)^{36}L_5}{3.29(10)^{45}} \quad (12)$$

$$P_x = \frac{-511.2(10)^{36}L_1 + 4300.2(10)^{36}L_2 - 7859.1(10)^{36}L_3 + 5395.8(10)^{36}L_4 - 1325.03(10)^{36}L_5}{3.29(10)^{45}} \quad (13)$$

$$P_x = x^4(4 - 3.92 + 7.82 - 5.92 + 1.61) \quad (14)$$

$$P_x = x^3(-511.2 + 4300.24 - 7859.1 + 5404.96 - 1325.03) \quad (15)$$

$$P_x = x^2(236638.4 - 1244615.68 + 2482881.28 - 1531610.56 + 350313.46) \quad (16)$$

$$P_x = x(-194408143.2 + 180796781.8 - 179841325.8 + 136145863 - 29734207.72) \quad (17)$$

$$P_x = 33.292 - 17.926 + 23.757 - 13.462 + 2.938 \quad (18)$$

$$P_x = \frac{-1(10)^{34}x^4 + 9.87(10)^{36}x^3 + 293606.9(10)^{36}x^2 - 687041031.9(10)^{36}x + 28.6(10)^{43}}{3.29(10)^{45}} \quad (19)$$

El polinomio que representa el comportamiento epidémico en la comunidad de Ciudad Juárez Chihuahua, México es:

$$P_x = \left(\frac{1}{3.3(10)^9}\right)[-x^4 + 10(10)^2x^3 + 3(10)^7x^2 - 7(10)^{10}x + 3(10)^{10}] \quad (20)$$

El comportamiento discreto de los datos determina la excentricidad gráfica de la ecuación como se muestra en la Figura 1, en la cual se aprecia cierta simetría en los primeros trimestres registrados para dispersarse después de manera exponencial. Es importante reconocer que la inferencia de este comportamiento se sujeta a las estrategias actuales en las que se está llevando el combate al fenómeno de contagio, es decir, que otras variables de sesgo que pueden determinar cambios significativos en uno o en otro sentido y determinarán de igual manera cambios en la ecuación, esta, fue desarrollada en base a los casos registrados por el gobierno estatal de aquellas personas que contrajeron el virus, no en el algoritmo del crecimiento exponencial de la epidemia, por esta razón no es una ecuación predictiva del decaimiento del impacto viral de esta pandemia.

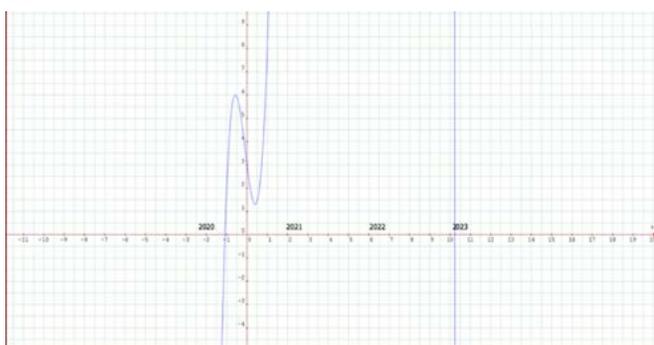


Figura 1. Casos de contagio a causa del coronavirus SARS-CoV-2 en Ciudad Juárez.

Según la ecuación obtenida la predicción más acertada, analizando la Figura 1, donde cada 4 unidades corresponden a un año, el próximo mínimo de la curva se presentaría para octubre del 2022, lo que no necesariamente significa que el coronavirus SARS-CoV-2 haya sido erradicado en esas fechas o para esas fechas, como lo declara el director de emergencias sanitarias de la OMS quien “creo prematuro afirmar el fin del COVID-19 para el 2022”, debido a que la epidemia se ha expandido sujeta a una gran cantidad de variables atribuibles, a la falta de programas de previsión, a la falta de conciencia del ciudadano común y a la carencia de recursos para mantener una vida sana en un ambiente pleno de auto retiro, estas y muchas otras causas han generado que los factores de contagio no sigan patrones controlados como lo muestra la tabla en la Tabla 3.

Tabla 3. Casos de contagio a causa del coronavirus SARS-CoV-2 en Ciudad Juárez.

Casos y Factor de contagio ⁵		
Periodo	Casos	Factor de Contagio
Enero-marzo	1	0
Abril-junio	2,052	2.542190069
Julio-septiembre	6,991	1.475396481
Octubre-diciembre	26,017	1.129611717
Enero-febrero	28,814	.0856254259

Fuente: Elaboración propia.

En el mismo orden de ideas, la Figura 2 muestra el comportamiento que ha tenido el factor de contagio en el periodo enero 2020-febrero 2021 en la comunidad juarensa según el padrón estatal. El eje de las abscisas muestra los trimestres que forman parte del análisis, mientras que las ordenadas representan los casos registrados en Ciudad Juárez Chihuahua, México en una escala de 103 casos registrados, a manera de observación, aunque los datos muestran una disminución del último trimestre a la fecha el riesgo no tiende a desaparecer en un corto plazo, estos factores de contagio se han obtenido mediante la expresión:

$$P = e^{\lambda t + c} \quad (21)$$

Que no forma parte del polinomio obtenido, por lo que el polinomio no predice específicamente como se desarrollará la epidemia en nuestra comunidad, solo como se ha comportado en el periodo establecido para su desarrollo. Existen algunas publicaciones como el American Journal de Salud Pública⁷ que propone un factor de reproducción básica del virus como el Numero R0 para determinar la velocidad de propagación, para lo cual sería necesario determinar un factor similar para el SARS-CoV-2, como una investigación propia de esta epidemia.

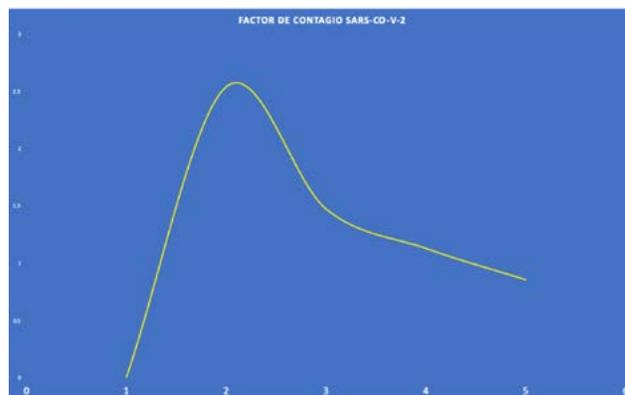


Figura 2. Comportamiento del Factor de Contagio del coronavirus SARS-CoV-2 en Ciudad Juárez.

Conclusiones

En conclusión, se cita una publicación que hizo la BBC de Londres (BBC News, Mundo. UK. 2021), “La pandemia de COVID-19 provocada por el virus SARS-CoV-2 detectado por primera vez a finales de 2019 en China ha superado los dos millones de víctimas a nivel mundial, según el conteo de la Universidad Johns Hopkins”, además que el 28 de septiembre se había registrado la víctima un millón, encabezada por América Latina y el Caribe, pero la cifra fue duplicada en 3 meses y medio repuntando en regiones en las cuales ya había sido controlada la epidemia, ahora Europa es la región que más fallecimientos acumula”. La ecuación obtenida en sí no determina el decaimiento epidémico, como se menciona, el algoritmo fue desarrollado en base a los casos registrados de personas que contrajeron el virus a sabiendas que en las posibles mutaciones del virus SARS-CoV-2 un modelo matemático del comportamiento de la epidemia necesitaría ajustes casi en la misma medida como su comportamiento diario, por lo que se hace necesaria mayor investigación matemática, para definir el impacto total de la pandemia en la comunidad.

Simbología

- $P(x)$ Polinomio del Fenómeno de Contagio de Coronavirus SARS-COV-2 en Ciudad Juárez, Chihuahua México. Para el modelo de regresión lineal mediante un polinomio de cuarto grado por el método de ajuste de La Grange.
- L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 Términos iterativos para la regresión por el método de La Grange en correspondencia con los datos el grado del polinomio de ajuste.

Bibliografía

- + AM J Public Health. El Numero reproductivo básico R0 consideraciones para su aplicación en salud pública. Volume 38. Pág. 167. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6291769/>
- + BBC news, mundo. UK. 2021. Recuperado de https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019?gclid=C-jwKCAjw1uiEBhBzEiwAO9B_HUyYlrrwgVA--wiJCysrvMV3s9yrv-34jHuk4WKWqk9QhtK7_cBlyBBoC9UgQAvD_BwE
- + Burden, Richard. Análisis Numérico. 7ma. Edición. México. Thompson Learning Editores. 2009. Págs. 529-537.
- + Chapra, Steven. Métodos numéricos para ingenieros. 5ta. Edición. México. Mc Graw Hill. 2006. Págs. 170-174, 516-519.
- + Gobierno del Estado de Chihuahua, México 2021. <https://transparencia.chihuahua.gob.mx/covid-19/>
- + Gozalbes Craviofo, Enrique y García García, Inmaculada, Una aproximación a las pestes y epidemias en la antigüedad, Espacio, Tiempo y Forma Serie II Historia Antigua. Diciembre 2014.
- + Researchgate (2021). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273097213_Una_aproximacion_a_las_pestes_y_epidemias_en_la_antigüedad_An_approach_to_the_plagues_and_epidemics_in_Ancient_World
- + El Español (2021). Recuperado de https://www.elespanol.com/cultura/historia/20200319/enfermedades-propagaron-espanoles-conquista-america-masacraron-indios/475453051_0.html
- + Mandujano, Angélica. UAM. Historia de las epidemias en el México antiguo, algunos aspectos biológicos y sociales. Tiempo. Colección Laberinto. Casa51. 2003. Págs. 9-21. <http://www.uam.mx/difusion/revista/abr2003/mandujano.pdf>
- + Statista de España referencia al Iro. De marzo del 2021. <https://es.statista.com/map/europa/espana/>
- + Steward, James. Cálculo Multivariable. 4ta. Edición. México. Thompson Learning Editores. 2002. Págs. 951-958.
- + Zill, Dennis G. Ecuaciones Diferenciales con problemas de valores en la frontera. 5ta. Edición. México. Thompson Learning. 2002. Págs. 22-35.
- + Zill, Dennis G. Ecuaciones Diferenciales con aplicaciones de modelado. México. 9na. Edición. Thompson Learning Editores. 2009. Págs. 94-105.

GESTION EN LA CADENA DE SUMINISTRO UN ENFOQUE DESDE LA PERSPECTIVA DE LA CALIDAD

Artículo arbitrado 09

Edición 16

Giovanny Alexander Baquero Villamil¹, Andres Ignacio Zamudio Castro² y Carmelina Rosario Cadenas Anaya³

^{1,2,3} Ingeniería Industrial Institución
Universitaria Politécnico Gran Colombiano.
Bogotá, Colombia.



gbaquero@poligran.edu.co
azamudioc@poligran.edu.co
ccadenas@poligran.edu.co

Recibido: Marzo 10, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 6, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: El objetivo de esta investigación, es hacer una revisión de cada uno de los componentes de la cadena de abastecimiento dentro de una empresa y la forma en la que estos interactúan entre sí desde la perspectiva de la calidad. La metodología utilizada es una revisión del estado del arte de los tres macroprocesos de la cadena de abastecimiento, los actores que se relacionan dentro de ella y la forma en la que integran sus elementos son piezas claves del éxito que pueda tener una organización en el momento de dar cobertura a la demanda de uno o varios productos en un mercado específico. Como conclusiones se obtienen los factores principales que tienen mayor importancia en la cadena de abastecimiento a partir del resultado de investigaciones internacionales, nacionales y locales.

+ Palabras clave: Logística, cadena de suministro, planeación, integración.

Abstract: The objective of this research is to understand each of the components of the supply chain within a company and the way in which they interact with each other from a quality perspective. The methodology used is a review of the state of the art of the three macroprocesses of the supply chain, the actors that are related within it and the way in

which they integrate its elements are key pieces of the success that an organization can have in when to cover the demand for one or more products in a specific market. As conclusions, the main factors that are most important in the supply chain are obtained from the results of international, national and local research.

✚ **Keywords:** *Logistics, supply chain, planning, integration.*

Introducción

La cadena de abastecimiento es conocida dentro de las ciencias administrativas la relevancia que tiene, pues es gracias a los procesos realizados en la misma que una materia prima llega hasta el consumidor convertida en un producto terminado, generando valor para todos los actores involucrados. Sin embargo, el funcionamiento ineficiente, la baja capacidad de respuesta y la ausencia de valor agregado pueden causar que, partiendo de sus necesidades, el cliente migre hacia otra compañía proveedora y/o competencia de esta. La gestión de la cadena de suministro o abastecimiento (SCM) es la gestión de una red de organizaciones interconectadas involucradas en la provisión de productos y servicios para finalizar con la entrega a clientes (Harland, 2005).

La cadena de abastecimiento está integrada por cuatro actores que se entrelazan entre sí; proveedores, fabricantes o productores, distribuidores y clientes. Cada uno de estos actores tienen una función definida que requiere de la adecuada ejecución de sus procesos para obtener como resultado el producto terminado, que es el objetivo final de la cadena de abastecimiento. Además, los últimos años se ha visto un aumento de interés por conocer como las organizaciones abordan la sostenibilidad en sus cadenas de suministro, ya que las organizaciones enfrentan barreras y facilitadores para la sostenibilidad SCM (Suring, S. y Müller, M., 2008).

En esta investigación, se realizó una amplia investigación del estado del arte tiene incidencia en el impacto de diversos factores que componen la cadena de abastecimiento en el ámbito internacional, nacional y local, con la finalidad de comprender cómo es que la integración de estos puede significar calidad en los productos terminados.

Análisis del estado del arte de la cadena de suministro

El análisis del estado del arte que aquí se realiza se agrupa en dos tipos: la primera es sobre la importancia de la logística en la cadena productiva o cadena de suministro y algunos casos aplicativos y la segunda sobre las investigaciones que se han realizado considerando diferentes variables del problema.

Así mismo, se debe destacar que para el desarrollo del estado del arte se utilizaron como criterios i) la pertinencia y la calidad de la bibliografía utilizada ii) la clasificación en componentes clave de la gestión de las cadenas de abastecimiento. La pertinencia y la calidad se mide en términos de dos aspectos, como son la fecha de publicación de la investigación, así como la relevancia del documento en el área de la logística y cadena de suministro, el cual debe ser publicado en revistas o eventos de reconocimiento por parte de la comunidad académica. Con respecto

a los componentes clave de gestión en Cadena de suministro, autores como Simchi-Levi y Kaminsky (Simchi-Levi y Kaminsky, 2004) y Mejía, Palacio y Adarme (2013), indican que para la administración completa e integral de una cadena de suministro, desde un enfoque estratégico está articulada a unos componentes los cuales son la flexibilidad y sostenibilidad de los procesos logísticos, la definición de proveedores, la infraestructura tecnológica (TI) y los procesos de almacenamiento y distribución.

Investigaciones Internacionales

La integración de la CS se considera uno de los aspectos más importantes en la administración de la cadena de suministros (Pearcy y Giunipero, 2008) y se define como la formación de una red en la cual, miembros externos administran en colaboración con procesos intra e interorganizacionales, con la finalidad de obtener resultados mutuamente aceptables (Talamantes y otros, 2016).

Los conceptos, enfoques y técnicas que los directivos utilizan para gestionar el área productiva de la empresa (aprovisionamientos, producción, distribución física...), han tenido una evolución a lo largo del tiempo en función de diversos factores, y, correspondientemente, seguirán cambiando en el futuro (Castro, 2014).

Ahora, las empresas focales, consideradas que poseen el lugar de poder y toma de decisiones en la cadena de suministro (SC), son responsables del desempeño sostenible de toda la SC (Ahí y Searcy, 2013). Las oportunidades que presenta este motor del cambio económico, ambiental y social son trascendentales, pero deben ser atemperadas por expectativas realistas de lo que el sector privado puede y está dispuesto a hacer.

La evidencia científica informa que las personas están bajo los mayores niveles de estrés en relación con el cambio climático, la degradación del medio ambiente, la pobreza, los problemas energéticos y la escasez de recursos (Mc Loughlin, Hines y Nudurupati, 2015). Por lo tanto, el negocio no es sostenible, por lo que corresponde a las empresas tener en cuenta sus repercusiones no sólo en sus partes interesadas, sino también en la sociedad en su conjunto.

La gestión sostenible de la cadena de suministro se ha convertido en un tema cada vez más importante, y recibe un interés creciente en el área de sostenibilidad y gestión de la cadena de suministro. Hasta ahora, el campo está dominado por investigaciones basadas en casos o encuestas. Se han hecho pocos intentos para tener una visión más amplia de los problemas generales, que forman temas centrales de la gestión sostenible de la cadena de suministro.

De acuerdo a lo anterior, el alcance de las operaciones y la gestión de la cadena de suministro se ha ampliado en los últimos años. Un impacto particular deriva de las demandas generales para aumentar la transparencia de las actividades corporativas, capturadas en términos relacionados, como la gestión de la sostenibilidad, la responsabilidad social corporativa o el gobierno corporativo. Esto ha llevado incrementos en la investigación en el campo. Con esta investigación se presentan hallazgos de un estudio de Delphi en el que se identifican cuatro temas principales que pueden usarse para estructurar el debate general sobre

las cadenas de abastecimiento sostenibles: (1) presiones e incentivos, (2) medición de impactos, (3) gestión de proveedores (particularmente abordando problemas en la interfaz proveedor-comprador) y (4) gestión de la cadena de suministro (que trata los problemas en todas las empresas involucradas en la cadena de suministro). La investigación presentada contribuye a sustanciar y consolidar el campo de la gestión sostenible de la cadena de suministro (Suring y Müller, 2008).

Las cadenas de abastecimiento se conectan a través de un conjunto de actividades funcionales que garanticen la entrega del bien y/o servicio en el tiempo establecido, con las características deseadas y en el tiempo pactado, mediante la gestión de los flujos de materiales e información entre los diferentes actores de la cadena, de manera dinámica y en ambas direcciones (Bustillos, Arizmendi y Carballo, 2019).

Además, en las definiciones realizadas por autores e instituciones tales como: Ballou, (1991); Coyle, (1993) y el Centro Español de Logística, (1993), se destaca el carácter integrador y sistémico del término de modo general, se reconoce a la logística como una función asociada al servicio al cliente, en la que se integra el flujo de materiales y de información con todos los eslabones de la cadena de valor, que va desde proveedores a clientes.

Para estudiar la estructura de la Cadena de Suministros, resulta conveniente partir de su conceptualización analizada desde el punto de vista de diferentes autores.

Algunos de estos conceptos son:

- Conjunto de tres o más compañías independientes que pasan materiales hacia delante (La Londe, 1994).
- Alineación de firmas que traen de firmas que llevan producción y servicios al mercado (Lambert, 1996).
- Red de organizaciones asociadas a través de lazos hacia arriba (distribución) y hacia abajo (aprovisionamiento) en procesos que producen valor en forma de productos y servicios al cliente (Christopher, 2000),

Partiendo de estos conceptos, la estructura general de una Cadena de Suministros de tipo Directa se presenta como un proceso que empieza con los proveedores (aprovisionamiento), luego la empresa (producción) y finalmente al cliente (distribución) entre estas existe la coordinación de transporte e inventario para cada una. Estas actividades antes descritas y su conformación en los subsistemas de aprovisionamiento, producción, distribución y residual, según la complejidad de la Cadena de Suministros se puede clasificar como se indica a continuación:

- Cadena de Suministro Directa: contiene los suministradores, la empresa y los clientes, donde el vínculo entre estos eslabones es predominantemente de índole material.
- Cadena de Suministros Extendida: contiene suministradores de suministradores a la empresa en diferentes grados y clientes de sus clientes, pero en las relaciones sigue predominando el flujo material.
- Cadena de Suministro Compleja: cadena de suministro extendida,

pero con vínculos más allá del flujo material, tales como diseño, finanzas y otros.

También se tiene la cadena de suministro flexible, capaz de adaptarse a los constantes cambios en el entorno, los cuales van, desde las nuevas necesidades y expectativas de los clientes, hasta los cambios ambientales, económicos, políticos, legales, normativos, sociales, entre otros factores que puedan afectar en algún punto la logística de la cadena del suministro (Baquero, Bernal, Bohorquez y Triana 2018).

El problema de la distribución ha cobrado una gran importancia, reconociéndose cada vez más su influencia sobre la rentabilidad empresarial. Por ello, es imprescindible realizar un análisis detallado de cómo se encuentra la distribución del producto, ya que su influencia en el nivel de servicio al cliente, permite asumirla como una de las áreas de la cual se puede obtener una ventaja competitiva considerable. Así mismo, en la estructura de las relaciones que se establecen en el canal logístico de distribución, los vínculos entre sus miembros se fundamentan en tres componentes básicos: las actividades, los recursos y los propios participantes en el intercambio, de forma tal que permitan que dicho intercambio pueda llevarse a cabo.

Para lograr una armónica relación proveedor-cliente, es necesario dotar a la logística de distribución con un enfoque en sistema, lo que permite identificar la existencia de cuatro subsistemas claves: Gestión de inventarios, Gestión de almacenaje, Gestión de pedidos y Gestión de transporte.

Estos cuatro subsistemas deberán estar representados dentro de la jerarquía directiva, de manera que se posibilite la definición de la política general de distribución, elemento esté relacionado con los niveles táctico y estratégico de la jerarquía de las decisiones y a partir de la cual, se ejecutará un proceso a nivel operativo que involucra a los subsistemas antes mencionados y que culminará con la entrega del producto al cliente (Castro, 2014).

Ahora, el desarrollo de proveedores es una actividad que enriquece la gestión de la cadena de suministro, dotándola de mayor valor a través del aporte mutuo entre empresas clientes y subcontratistas. Los proveedores externos suelen ser una fuente de nuevas tecnologías para las empresas y se destaca la importancia del papel de los proveedores en la transferencia de tecnología, dado que suelen contar con un conocimiento técnico del que la empresa carece. Estos autores recomiendan consultar con regularidad a los proveedores para resolver problemas con los nuevos diseños (Yacuzzi, E, 2012) de tal manera la historia del desarrollo de proveedores y transferencia de tecnología que se sintetizará en este trabajo abarca desde 1964 (Quilici, D., 2008). la cual se viene trabajando desde entonces y dándole una gran importancia a empresas internacionales para la solución de sus problemas.

El aumento en la competencia global ha forzado a las organizaciones a comprender que tienen que administrar mejor sus Cadenas de Suministro para poder sobrevivir (Baquero, G, y otros, 2018). Adicional las vistas recientes de SCM incluyen una dimensión digital, lo que significa

que la integración de los procesos comerciales se implementa a través de la Tecnología de la Información (TI) en la plataforma de Internet (Marinagi, Trivellas y Sakas, 2014). La principal diferencia entre el SCM digitalmente habilitado y el SCM tradicional es que “los socios de la cadena de suministro se integran a través de los flujos de información en lugar de la propiedad” (Dong, Xu y Zhu, 2009).

El intercambio de información puede implementarse utilizando técnicas modernas de TI para permitir la coordinación de procesos entre socios comerciales, facilitando las interacciones proveedor-cliente y minimizando los costos de transacción. Las aplicaciones de TI eficientes y fáciles de usar pueden mejorar el intercambio de información (Yang y Maxwell, 2011). Sin embargo, el costo y la complejidad de las soluciones tecnológicas se encuentran entre las principales barreras que desalientan el intercambio extendido de información dentro de las cadenas de suministro (Fawcett, Osterhaus, Magnan, Brau y McCarter, 2007). Si bien la información se recopila, difunde y comparte a lo largo de la cadena de suministro mediante Intranets y Extranets, la calidad de la información también debe reservarse. (Naumann, 2001) ha señalado el importante papel de la calidad de la información en una nueva era digital a través del axioma: “La calidad de la información es el tiempo de respuesta de la Era web”.

Con relación a esto Swafford, Ghosh y Murthy (2008), mencionan que otro aspecto importante en la CS es la flexibilidad de esta, ya que representa los trabajos internos de una compañía, tales como desarrollo, compras, manufactura y distribución, así como la reducción del tiempo de desarrollo de producto, asegurar la capacidad de producción y proveer diferentes productos y al mismo tiempo cumplir con las expectativas de los clientes. Según Xu, Zuo y Liu (2015), afortunadamente la flexibilidad de la CS ha sido ampliamente estudiada desde el punto de vista académico y, por ejemplo, se encuentran estudios que la relacionan con la incertidumbre en la demanda y los procesos de producción, con los beneficios operativos surgidos de la adecuada planeación e incluso se han propuesto metodologías para que sea evaluada (Schütz y Tomasgard, 2011), aunque también se han reportado las barreras y restricciones que puede enfrentar la flexibilidad en un proceso de producción (Bertrand, 2003).

Por otro lado, el estudio desarrollado por Fawcett (2008), sobre los diez beneficios, barreras y puentes para lograr el éxito de la SCM, concluye que los principales obstáculos se encuentran en los aspectos estructurales o fuertes (tecnología, información y sistemas de medición, entre otros), mientras que los problemas relacionados con las personas (como la ausencia de confianza, la aversión al cambio, la falta de compromiso, culturas incompatibles y las malas prácticas de HR) son más difíciles de solventar. Sin embargo, las personas podrían ser la clave para el éxito de la SCM y deben ser tomadas en cuenta con el mismo énfasis con el que son atendidas las principales barreras. Por otra parte y a pesar de años de avances de procesos y soluciones tecnológicas, una adaptación ágil de la cadena de suministro sigue siendo un obje-

tivo difícil de alcanzar, y quizá sean las personas quienes dificultan el funcionamiento de la SC. Muchas empresas se han centrado en mejoras e inversiones tecnológicas y de infraestructura, pero el siguiente paso debería ser enfocarse en las personas que gestionan y operan la SC. Este es el reto para alcanzar el éxito de la SC: la gestión de las personas en la cadena de suministros.

Uno de los miles de problemas de las grandes industrias, que se presentan cada año, son los sistemas de almacenamiento. La necesidad de contar con espacio horizontal y vertical se limita con el crecimiento de la producción y las diversidades de productos que se almacenan y manipulan. Por ello, los especialistas en ingeniería de almacenamiento desarrollan nuevos sistemas en donde el tiempo de almacenar y recuperación son valiosos y el espacio aéreo cada vez es más accesible con los sistemas de almacenamiento automatizado (Calsina, Campos, y Raez, 2009), de tal manera uno de los objetivos de este es optimizar costos de la gestión de inventarios, como lo son los modelos de inventario tradicionales generalmente trataban el caso de la optimización de los inventarios para una organización individual (Díaz y Pérez, 2012).

Los costos de inventario constituyen uno de los más importantes costos logísticos de muchas empresas, representando una parte significativa de su costo total. Tradicionalmente, la modelación y optimización de los inventarios en una empresa contemplaba solo los costos internos de la misma, sin tomar en consideración la relación con sus suministradores. El objetivo de mejorar costos de la gestión de inventarios tradicionales generalmente trataba el caso de la optimización de los inventarios para una organización individual. En los últimos tiempos se ha comenzado a imponerse en la gestión empresarial el concepto de “cadena de suministro”, que consiste en un grupo de entidades independientes que han establecido relaciones de colaboración entre ellas dada la necesidad de satisfacer la demanda de determinados productos o servicios que tienen sus clientes (Díaz y Pérez, 2012). Para realizar el cumplimiento de los factores se realizan las investigaciones frente a las necesidades de los clientes finales, requiriendo esto de una optimización de los inventarios conjuntos de suministros y compradores.

Como muestra de esto los autores Blanco, García, Avelar, Maldonado y Valdivieso (2013), realizan un estudio en donde se pudo observar y reportar que México por su cercanía con los Estados Unidos de América, muchas empresas manufactureras se han establecido en sus inmediaciones, a las cuales se les llama comúnmente maquiladoras y así muchas de estas empresas manufactureras se han establecido en sus inmediaciones, a las cuales se les llama comúnmente maquiladoras. Estas empresas importan materia prima y casi siempre fabrican el producto en México y lo exportan a diferentes países, por lo que la logística con un enfoque internacional y el abastecimiento son factores clave del éxito para las mismas.

Investigaciones Nacionales

La logística empresarial y, por extensión, la gestión de cadenas de abastecimiento (SCM por su sigla en inglés) se destaca como unos de los objetos de estudio que revisten gran importancia para la administración moderna. El creciente interés por el estudio de la gestión de las cadenas de abastecimiento se ha dado de manera paralela con las tendencias del comercio en el mundo. Hoy, las empresas de éxito internacional se abastecen en el lugar del mundo que les ofrezca mejores ventajas comparativas, fabrican sus productos en países en los cuales puedan lograr bajos costos de operación y venden en múltiples mercados en busca de maximizar sus ingresos (Sarache, Castrillón y Ortiz, 2009). Por otro lado Restrepo De O., Estrada Mejía y Ballesteros (2010), realizan una investigación donde su objetivo está basado en darle valor agregado a ésta y el valor está ligado a la rentabilidad, por lo tanto, es el superávit que se genera entre los ingresos del cliente y los costos totales de la cadena de suministros.

Peña Orozco, Bolaños Carranza y Salcedo Peláez (2016), según su publicación para la correcta recolección de los PFU, se debe diseñar una cadena de abastecimiento inversa que sea capaz de administrar o gestionar adecuadamente la recolección de estos productos, a un costo logístico menor. Dentro del diseño de la cadena de abastecimiento se tendrán en cuenta todos los componentes necesarios para la recolección del papel, tales como la localización del centro de recuperación para lo cual es necesario contar con la información de tres plantas manufactureras de papel y de centros de reciclajes ubicados en la zona centro del Valle del Cauca.

De igual manera en La industria de la madera en la Región Caribe, en general, se encuentra conformada por una diversidad de empresas dedicadas a la explotación, transformación y procesamiento de la madera, en diferentes modalidades. Además, también existen empresas cuyo objeto social radica en la elaboración de muebles para oficinas, para el hogar, cocinas integrales y construcción, entre otros (Salas, 2011).

Investigadores y empresarios se han percatado de la importancia de ver a las organizaciones como elementos constitutivos del sistema conocido como cadena de suministro, y gracias a la experiencia, han logrado advertir la fuerte relación existente entre una correcta gestión de las interrelaciones entre agentes de cadena, y la capacidad que tiene cada uno de ellos para cumplir con las metas trazadas orientadas a dar solución a las expectativas de sus clientes en términos de calidad y cumplimiento (Adarme, 2011).

En la estructura de la industria de la confección está cambiando en el mundo: la distribución y comercialización se realiza a través de grandes cadenas de comercialización, compañías multinacionales con marcas propias e hipermercados, que utilizan la subcontratación para satisfacer las demandas de los clientes finales en cuanto a precio, diseño, velocidad de entrega y calidad. Este cambio ha afectado al sector de fabri-

cación textil en Colombia, que debe estar preparado para identificar y consolidar empresas líderes y aumentar su competitividad. Este artículo busca definir los criterios para la selección y el desarrollo del outsourcing, considerando que hay dos tipos básicos: la industria maquiladora y el paquete completo (Medina, 2016).

Frente a la gestión de proveedores, la norma ISO 9001 establece que: La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse criterios para la selección, evaluación y reevaluación. Precisamente, estos criterios generan cierta complejidad al proceso, puesto que su carácter en la mayoría de los casos es eminentemente subjetivo, de ahí que se produzcan diferencias significativas en la calificación de un proveedor, lo cual depende de quien esté realizando la evaluación (Herrera y Osorio, 2006).

En la actualidad, el 99% de las empresas en Colombia se denominan Pymes (Revista Dinero, 2015), las cuales aportan aproximadamente un 38% en el producto interno bruto (PIB) del país, denominados en impuestos y demás contribuciones que exige la ley, dicho porcentaje es relativamente bajo a comparación de países europeos en los cuales se alcanza hasta un 60% de ingresos que generan este tipo de organizaciones al estado. La competitividad se puede generar de múltiples maneras, como por ejemplo una eficiencia y efectiva gestión de proveedores; como bien se sabe los proveedores no gestionan solamente materias primas, estos también gestionan tecnologías para las organizaciones con el objetivo de agilizar procesos y evitar cuellos de botella, estos de igual manera gestionan información y conocimiento como es el caso de los mercadólogos, los cuales identifican tendencias de la sociedad, sus gustos y necesidades de compra (Hernández, Correa y Jiménez, 2017).

Investigaciones Locales

Lemus, Garzón y Tarazona citaron a S. Chopra, y P. Meind (2016) afirman que la cadena de suministro se define como un grupo formado por todos los procesos coordinados de manera eficiente que han estado involucrados directa o indirectamente en el proceso de satisfacer las necesidades del cliente, estructurados en diferentes niveles que agregan valor al producto o servicio. Luego hacen mención en su artículo que la convergencia tecnológica favorecida por la llamada Revolución Digital constituye un grupo de avances cuyas aplicaciones abren un amplio espectro de posibilidades. La tecnología establece un nuevo modelo económico, productivo y social que implica la llegada de industrias, perfiles profesionales y modelos económicos hasta ahora desconocidos para muchos. Además, citan al profesor Javier Zamora, del IESE, en su artículo “El ascenso de la (s) persona (s): Más allá de la consumerización”, afirma que el cambio tecnológico del cual las personas tienen un mayor conocimiento sobre el uso y los beneficios de las herramientas y servicios de las TIC está creando un cambio social. Este cambio social tiene un impacto directo en cómo se organizan las empresas y cómo se

relacionan con sus clientes.

Según este estudio, en Bogotá la mayoría de las empresas encuestadas pertenecen al área de Servicio (54%), seguidas de las de la cadena petroquímica y de otro tipo de cadenas productivas (14% cada una). De las empresas estudiadas, el 18.4% no posee ningún tipo de tecnología en el área de logística, lo que expone el hecho de que, a pesar de que las TIC son actualmente más accesibles para todas las empresas, aún carecen del tipo de conocimiento de ventaja sobre la importancia que el uso de estas herramientas les brinda la eficiencia de los procesos competitivos de la empresa. Es por esto por lo que es importante tener en cuenta alternativas orientadas a capacitar a la empresa en la implementación de estas tecnologías. Concluyeron el estudio exponiendo que el presente trabajo fue capaz de vislumbrar la importancia que la información ha adquirido con respecto a las empresas, lo que muestra la relevancia y la importancia que esta gestión debería tener para ellas. Para hacerlo, el uso de las tecnologías debe tener como herramienta principal las operaciones de Big Data e incorporar herramientas de análisis social y de datos, lo que permitirá un uso más eficiente de estas herramientas en comparación con las que se usan normalmente (Lemus, Garzón y Tarazona, 2016).

Adicionalmente, Mejía, Palacio y Adarme (2013), relacionan a Campuzano Bolarin, quien asevera que una CdS deberá estar integrada, sincronizada y coordinada (es decir optimizada), para que los procesos conjuntos de mejora continua se vean reflejados en: i) Reducción en las necesidades de inventario; ii) Ahorros en costos de manutención, transporte y otros gastos de distribución; y iii) Disminución en los tiempos de respuesta. Por lo cual Campuzano Bolarin y Ros McDonnell congenian con que la logística es la herramienta de la competitividad con la cual los actores miembros de una CdS, en particular; diseñan fórmulas empresariales, tales como: Mejorar el uso del cubo de almacenamiento; y Negociar la Unidad de Carga Eficiente (UCE) de forma efectiva; con las cuales la CdS como un todo, busca racionalizar sus costos logísticos, situación que se ve obstaculizada por el denominado Efecto Látigo, como consecuencia de que este fenómeno administrativo transmite incertidumbre al interior de los procesos de gestión relacionados con el área de operaciones. Las soluciones adoptadas por los agentes logísticos abarcan desde el uso intensivo de sistemas de información basados en Eventos Virtuales de Trabajo Colaborativo.

Con respecto a la forma de actuar de los actores logísticos, Mejía, Palacio y Adarme (2013), comparten la reseña de Helbing y Mason-Jone en su artículo, haciendo referencia a las causales más comunes que las originan, dentro de las cuales se encuentran las siguientes: a. las provocadas por las ineficiencias en la gestión operacional de la CdS), b. las relacionadas con situaciones exógenas a los procesos de planificación conjunta de la CdS.

En términos generales, todo proceso colaborativo es de naturaleza compleja, motivo por el cual, la presencia de oscilaciones es inherente al propio sistema. También Según el investigador Hau Lee, considera

que las causas que dan origen a las perturbaciones que pueden experimentar una CdS son: la utilización indiscriminada de los métodos de predicción por parte de sus agentes, tamaño de las órdenes cursadas no gestionadas de forma conjunta por la dupla comprador-vendedor, alteraciones no planificadas de los precios de mercado El uso de esquemas de negociación especulativos y/o de sobre protección de la UCE.

Por otro lado, el sector transportador de carga comprende hoy en día uno de los pilares fundamentales de la economía del país por tal razón, en la presente investigación se observa la red logística de transporte de carga, caso (Bogotá-Buenaventura), en el cual se puede identificar el flujo de mercancía desde el punto de origen (Bogotá) hasta el cliente final (Cualquiera que sea su destino dentro de la ruta establecida). Para que este transporte se lleve a cabo existen diferentes variables, actores, factores, indicadores, que interactúan entre sí, estableciendo diferentes problemáticas del sector, como lo pueden ser los sobre costos, la distancia, el tiempo de entrega que se ve reflejado en el nivel de servicio para con el cliente, entre otros. De acuerdo con la problemática planteada se visualiza el modelado del sistema empleando dinámica de sistemas (DS), teniendo como objetivo explicar la escasa rentabilidad que se presenta al transportar mercancía en dicha ruta (Chavarro y García, 2013).

Existe una marcada importancia en definir una estrategia dentro de la cadena de suministro como característica fundamental para entrar en el mundo competitivo. Sin embargo, no se debe olvidar el papel que debe jugar la organización interna y los socios externos: proveedores y consumidores, como factores críticos de éxito; los cuales en niveles avanzados empiezan a moverse bajo unos intereses comunes, enmarcado por objetivos compartidos (Nova, 2010).

Finalmente Otolora expone la importancia de la planeación logística en el transporte terrestre por carretera de material petrolero, a partir del análisis de diferentes estudios acerca de la relevancia del transporte como factor de desarrollo y competitividad y su implementación en el sector de los prestadores de servicios petroleros como transporte especializado En Colombia, el transporte por carretera moviliza el 97,4% de la carga terrestre (Ministerio de Transporte, 2013), carbón e hidrocarburos y se transportan cerca de 207 millones de toneladas de carga anuales con diversidad de especializaciones (Otolora, 2014).

Resumen de Resultados

En la Tabla 1, se presenta de manera resumida el estado del arte realizado sobre los principales aspectos asociados a la Cadena de Suministro y sus componentes, la calidad de los procesos, así como de los productos y/o servicios y la articulación entre las estrategias de Supply para cumplir con estos elementos:

Tabla 1. Resumen Estado del Arte.

Bloque	Autor(es)	Año	Artículo/Documento	Resultados
Conceptual - CS	Pearcy D, and Giunipero, L.	2008	Using e-procurement applications to achieve integration: what role does firm size play?	Los documentos presentan una definición y conceptualización exhaustiva de las Cadenas de Suministro, sus principales componentes como son las instalaciones, el inventario, el transporte, la información, los proveedores y la competitividad. Así mismo, dichas investigaciones presentan las características que deben tener en contextos exitosos y, al mismo tiempo, como la articulación estratégica (Concepto conocido como ajuste estratégico) juega un papel fundamental para alcanzar el éxito en procesos logísticos, definiendo de manera clara los conceptos de estrategias en Cadenas de suministro y la forma en la que deben ser concebidas, planificadas y diseñadas de acuerdo con las actividades organizacionales. Esto se da desde un enfoque teórico-conceptual, así como por la aplicación de técnicas cuantitativas en entornos determinísticos y estocásticos.
	Xu, H, Zuo, X. and Liu, Z.	2015	Configuration of flexibility strategies under supply uncertainty	
	Bertrand, J.	2003	Supply Chain Design: Flexibility Considerations	
	Fawcett, S., Magnan, G. and McCarter, M.	2008	Benefits, barriers, and bridges to effective supply chain management	
	Harland, C.	2005	Supply Chain Management: Relationships, Chains and Networks	
	Otalora, F.	2014	La Investigación en Gestión de la Cadena de Suministro a Nivel Mundial	
	Simchi-Levi, D. and Kaminsky, P.	2004	Managing the supply chain : the definitive guide for the business professional	
	Peña, D., Orozco, D. and Salcedo, P.	2016	Diseño de cadena de abastecimiento bajo el concepto de logística inversa para el sector manufacturero de papel en la zona centro del Valle del Cauca	
	Salas, K.	2011	Análisis de la Cadena de Abastecimiento del Sector Madera y Muebles de la ciudad de Barranquilla	
	Restrepo, L., Estrada, S. and Ballesteros, P.	2010	Planeación estratégica logística para un holding empresarial	
	Adarme, J.	2011	Desarrollo Metodológico para la Optimización de la Cadena de Suministro Esbelta con m Proveedores y n Demandantes Bajo Condiciones de Incertidumbre. Caso Aplicado a empresas Navieras Colombianas	

Bloque	Autor(es)	Año	Artículo/Documento	Resultados
Flexibilidad y Sostenibilidad en CS	Talamantes, C., Padilla, D., García, A., Maldonado, M. and García, P.	2016	Impacto de la Integración y la Flexibilidad en el Desempeño de la Cadena de Suministros.	Los documentos presentan de manera detallada los conceptos de flexibilidad y sostenibilidad de Cadenas de Suministro. Así mismo se realiza un análisis exhaustivos de los aspectos relevante a gestionar en las operaciones de Cadenas de Suministro, y presenta los aspectos que tienen un impacto a largo plazo en las operaciones organizacionales, como lo son factores políticos, económicos, culturales y sociales, así como la forma en la que deben ser cuantificados dichos elementos en los análisis estratégicos de la organización y en la definición de las estrategias de cadenas de suministro.
	Mc Loughlin, K., Hines, T., and S. Nudurupati	2015	Sustainable Supply Chain: Exploring What Makes Supply Chains	
	Suring, S. and Müller, M.	2008	From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management	
	Bustillos, L., Anzamedi and Carballo, B.	2019	Integración de la Cadena de Suministro: Una Revisión de Literatura	
	Baquero, G., Bernal, L. Bohorquez, M. & Triana L	2018	La efectividad de una cadena de suministro flexible: clave para ser altamente competitivo	
	Schütz, P. and Tomsgard, A.	2011	The impact of flexibility on operational supply chain planning	
	Ahi, P. and Searcy, C.	2013	A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management	
	Blanco, J. García, L., Avelar, A. Maldonado, M. and Canales, V.	2013	La logística internacional y su impacto en la eficiencia de la cadena de suministro en maquiladoras de Ciudad Juárez	
Selección y Evaluación de Proveedores	Yacuzzi, E.	2012	Conceptos Fundamentales del Desarrollo de Proveedores	Los documentos presentan las características fundamentales que se debe garantizar para lograr procesos de acuerdos estratégicos con proveedores, presentar metodologías para la evaluación y selección de proveedores y un análisis de literatura asociada.
	Quilici, D.	2008	Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina Visión desde las Centrales Nucleares	
	Sarache, W., Castrillón, O. and Ortiz, L.	2009	Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte	
	Hernández, C., Correa C. y Jiménez, J.	2017	Gestión de Proveedores, Herramienta para la Competitividad en las Pymes del Municipio de Florencia – Caquetá, Colombia	
	Medina, J.	2016	El cambio en la estructura de la industria de confección en Colombia, la subcontratación y el desarrollo de proveedores	
	Herrera, F. y Osorio, J.	2008	Modelo para la Gestión de Proveedores Utilizando AHP Difuso	

Bloque	Autor(es)	Año	Artículo/Documento	Resultados
Tecnologías y Sistemas de Información - IT	Marinagi, C., Trivellas, P. and Sakas, D.	2014	The impact of Information Technology on the development of Supply Chain Competitive Advantage	Los artículos y Documentos presentan la importancia que tienen los procesos IT y las tecnologías aplicadas a los procesos logísticos y las cadenas de suministro, los cuales soportan los procesos logísticos, la comunicación con el cliente interno, externo y los diversos actores y/o eslabones que configuran las cadenas de suministro. Al mismo tiempo, muestra como la importancia de este elemento se considera un factores clave de calidad y flexibilidad de las actividades Organizacionales.
	Dong, S., Xu, S., and Zhu, K.	2009	Information Technology in Supply Chains: The Value of IT-Enabled Resources Under Competition	
	Fawcett, S., Osterhaus, F., Magnan, F., Brau, J. & McCarter, M.	2007	Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness	
	Swafford, S. Ghosh, and Murthy, N.	2018	Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility	
	Lemus, A., Garzón, C. and Tarazona, G.	2016	TIC en gestión de la cadena de suministro Bogotá	
	Yang, T., Maxwell, T.,	2011	Information-sharing in public organizations: A literature review of interpersonal, intra-organizational and inter-organizational success factors	
	Naumann, F.	2001	From Database to Information Systems - Information Quality Makes the Difference	

Bloque	Autor(es)	Año	Artículo/Documento	Resultados
Inventarios y Transporte	Calsina, W., Campos, C. and Ruez, L.	2009	Sistemas de almacenamiento logísticos modernos	Los documentos presentan un análisis exhaustivo de las características de los sistemas logísticos y las Cadenas de Suministro en las áreas de almacenamiento y distribución. Dicho estudio se realiza desde un componente teórico y conceptual, así como un componente de aplicación de técnicas cuantitativas que van desde los modelos de Optimización Mono-objetivo, Multi-objetivo y la aplicación de paradigmas de simulación.
	Chavarro, I. and García, E.,	2013	Modelo logístico de transporte de carga con asignaciones mono-fuente a multi-destino empleando dinámica de sistemas sector transportador de carga: caso (Bogotá-Buenaventura)	
	Díaz, J. and Pérez, D.	2012	Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro	
	Mejía, J. Palacio, O. y Adarme, W.	2013	Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control	

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Indudablemente, una cadena de abastecimiento que se integra bien y en la que sus actores interactúan apropiadamente, dará como resultado una compañía que no solamente será reconocida por su calidad, sino también por la buena relación que sostiene con sus clientes. Autores como Simchi-Levi y Kaminsky (2004), mencionan que además del impacto a largo plazo en la organización que tienen este tipo de articulaciones y configuraciones, requieren de análisis estratégicos que se articulen con los procesos logísticos organizacionales, ya que dicha integración tendrá un impacto directo en el flujo de material en a través de la red logística, en el margen de ganancia empresarial, en los indicadores de desempeño organizacionales y en la reputación de la compañía en general, lo cual es uno de los objetivos del artículo.

Dicho concepto de reputación se puede asociar a la idea de la calidad de los procesos organizacionales, operativos y logísticos, donde Mejía, Palacio y Adarme (2013), afirman que dicha integración de los procesos logísticos, la sincronización y coordinación de las actividades y etapas en las CdS se traduce en un aumento en la capacidad de respuesta de las

organizaciones frente a los requerimientos de productos y/o servicios por parte de los clientes, lo que contribuye al cumplimiento de las estrategias organizacionales.

Otro aspecto relevante asociado con la calidad en los procesos logísticos y CdS se articula bajo la idea del ajuste estratégico entre los diversos actores y componentes, sobre los cuales la comunicación y la coordinación entre los actores de los procesos logísticos (productor, el proveedor, el cliente y el distribuidor) juega un papel fundamental en la calidad del proceso (Yang y Maxwell, 2011), permitiendo del desarrollo de las actividades, así como la administración y control de los flujos desde una perspectiva de alta calidad, la cual es capaz de ajustarse a las necesidades del mercado, generando preferencia ante la competencia. Al mismo tiempo, dichos procesos de integración permiten el desarrollo de alianzas estratégicas, los cuales permiten soportar efectos e impactos en los procesos logísticos, mejorando el desempeño y la calidad de las cadenas de abastecimiento.

Bibliografía

- + Adarme, J. (2011). "Desarrollo Metodológico para la Optimización de la Cadena de Suministro Esbelta con m Proveedores y n Demandantes Bajo Condiciones de Incertidumbre. Caso Aplicado a empresas Navieras Colombianas.", Medellín, Colombia. Disponible: http://bdigital.unal.edu.co/5514/1/91068411.2011_1.pdf
- + Ahí, P. and Searcy, C. (2013). "A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management", *Journal of Cleaner Production*, vol. 52, pp. 329-341. Disponible: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84878383688&doi=10.1016%2fj.jclepro.2013.02.018&partnerID=40&md5=6ea7e33eeb205513d940a11015dcf8ee>
- + Baquero, G., Bernal, L. Bohorquez, M. & Triana L. (2018). "La efectividad de una cadena de suministro flexible: clave para ser altamente competitivo," *AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA*, Vol 15 (1), pp103-111, Junio(2018)
- + Blanco, J. García, L., Avelar, A. Maldonado, M. and Canales, V. (2013). "La logística internacional y su impacto en la eficiencia de la cadena de suministro en maquiladoras de Ciudad Juárez", *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, no. 10, 49, pp. 26-41., Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7059417>
- + Bertrand, J. (2003). "Supply Chain Design: Flexibility Considerations", *Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*, vol. 11, pp. 133-198. Available: 10.1016/s0927-0507(03)11004-3
- + Bustillos, L., Arizmendi and Carballo, B. (2019), "Integración de la Cadena de Suministro: Una Revisión de Literatura". *Sonora Institute of Technology (ITSON)*, Obregón, México, pp. 247-269.
- + Calsina, W., Campos, C. and Ruez, L.(2009). "Sistemas de almacenamiento logísticos modernos", *Industrial Data*, no. 12(1), pp. 37-40.
- + Castro, C. (2014) , *Administración de la cadena de suministros*, 1st ed. Santa Clara, Cuba: LogiCuba, 2014, p. 232.
- + Castro A. (2010). "Modelo de internacionalización para la empresa colombiana", *Revista Universidad y Empresa*, Vol 12(9), pp. 168-193.
- + Chavarro, I. and García, E. (2013). "Modelo logístico de transporte de carga con asignaciones mono-fuente a multi-destino empleando dinámica de sistemas sector transportador de carga: caso (Bogotá-Buenaventura)", *Universidad Libre*. Bogotá, Colombia, p. Facultad de Ingeniería.
- + Díaz, J. and Pérez, D. (2012). "Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro", *Ingeniería Industrial*. Scielo, La Habana, Cuba, pp. 126-132.
- + Dong, S., Xu, S., and Zhu, K. (2009). "Research Note—Information Technology in Supply Chains: The Value of IT-Enabled Resources Under Competition", *Information Systems Research*, vol. 20(1), pp. 18-32. Disponible: 10.1287/isre.1080.0195.
- + Fawcett, S., Osterhaus, F., Magnan, F., Brau, J. & McCarter, M. (2007). "Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness". *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 12(5), pp-358–368, Doi: <https://doi.org/10.1108/13598540710776935>
- + Fawcett, S., Magnan, G. and McCarter, M. (2008) "Benefits, barriers, and bridges to effective supply chain management", *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 13(1), pp. 35-48. Disponible: 10.1108/13598540810850300
- + Harland, C. (2005). "Supply Chain Management: Relationships, Chains and Networks", *British Journal of Management*, vol. 7, no. 1, pp. S63-S80. Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-8551.1996.tb00148.x>.
- + Hernández, C., Correa C. y Jiménez, J. (2017). "Gestión de Proveedores, Herramienta para la Competitividad en las Pymes del Municipio de Florencia – Caquetá, Colombia", *Universidad ICESI, Estudios Gerenciales*. Scielo, Colombia, Vol. 11, pp. 75-85.
- + Herrera, F. y Osorio, J. (2006), "Modelo para la Gestión de Proveedores Utilizando AHP Difuso", *Universidad ICESI, Estudios Gerenciales*. Scielo, Cali, Colombia, pp. 69-88.
- + Lemus, A., Garzón, C. and Tarazona, G. (2016). "TIC en gestión de la cadena de suministro Bogotana", *Visión Electrónica*, algo más que un estado sólido, Vol 10(2), pp. 195-202.
- + Marinagi, C., Trivellas, P. and Sakas, D. (2014). "The impact of Information Technology on the development of Supply Chain Competitive Advantage". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 147, pp. 586–591, Doi: 10.1016/j.sbspro.2014.07.161. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814040804>

- + Mc Loughlin, K., Hines, T., and S. Nudurupati (2015). "Sustainable Supply Chain: Exploring What Makes Supply Chains", in *British Academy of Management Conference, University of Portsmouth, UK.*
- + Medina, J. (2016). "El cambio en la estructura de la industria de confección en Colombia, la subcontratación y el desarrollo de proveedores", *Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*. Scielo, Bogotá, Colombia, pp. 137-144.
- + Mejía, J. Palacio, O. y Adarme, W. (2013) "Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control", *Cien. Ing. Neogranadina*, vol. 23(2), pp. 37-54.
- + Naumann, F. (2001). "From Database to Information Systems - Information Quality Makes the Difference", *CiteSeer: IBM Almaden Research Center, San Jose, CA*, p. 18.
- + Nova, L. (2010). "La Investigación en Gestión de la Cadena de Suministro a Nivel Mundial", *Sotavento*, no. 15, pp. 40-52
- + Otalora, F. (2014). "La Investigación en Gestión de la Cadena de Suministro a Nivel Mundial", *Universidad Sergio Arboleda*, no. 5, p.10.
- + Percy D, and Giunipero, L. (2008), "Using e-procurement applications to achieve integration: what role does firm size play?", *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 13 (1), pp. 26-34, 2008. Disponible: 10.1108/13598540810850292.
- + Peña, D., Orozco, D. and Salcedo, P. (2016). "Diseño de cadena de abastecimiento bajo el concepto de logística inversa para el sector manufacturero de papel en la zona centro del Valle del Cauca", *Scientia et Technica Año XVI. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*, pp. 328-335.
- + Simchi-Levi, D. and Kaminsky, P.(2004). *Managing the supply chain : the definitive guide for the business professional*. McGraw-Hill.
- + Suring, S. and Müller, M. (2008). "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management", *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, no. 15, pp. 1699-1710. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965260800111X>.
- + Quilici, D. (2008). "Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina Visión desde las Centrales Nucleares", *H-i*, 2(2), p. 1-24, Disponible: <http://ojs.econ.uba.ar/ojs/index.php/H-i>
- + Restrepo, L., Estrada, S. and Ballesteros, P. (2010), "Planeación estratégica logística para un holding empresarial", *Scientia et Technica Año XVI. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*, pp. 90-94.
- + Salas, K. (2011). "Análisis de la Cadena de Abastecimiento del Sector Madera y Muebles de la ciudad de Barranquilla", *Scientia et Technica Año XVI. Corporación Universitaria de la Costa - CUC, Barranquilla, Colombia*, pp. 229-328
- + Sarache, W., Castrillón, O. and Ortiz, L.(2009). "Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte", *Institución ejecutora: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia*, pp. 145-167.
- + Schütz, P. and Tomsgard, A. (2011). "The impact of flexibility on operational supply chain planning", *International Journal of Production Economics*, vol. 134, no. 2, pp. 300-311. Disponible: 10.1016/j.ijpe.2009.11.004.
- + Swafford, S. Ghosh, and Murthy, N. (20018). "Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility", *International Journal of Production Economics*, vol. 116(2), pp. 288-297. Disponible: 10.1016/j.ijpe.2008.09.002
- + Talamantes, C., Padilla, D., García, A., Maldonado, M. and García, P. (2016) , "Impacto de la Integración y la Flexibilidad en el Desempeño de la Cadena de Suministros", in *Congreso Internacional de Investigación Academia Journal Juárez 2016 At: Ciudad Juárez, Chihuahua, México, Vol: 2016, Juárez, México, 2016*, p. 7
- + Xu, H, Zuo, X. and Liu, Z. (2015) "Configuration of flexibility strategies under supply uncertainty", *Omega*, vol. 51, pp. 71-82. Disponible: 10.1016/j.omega.2014.09.001.
- + Yacuzzi, E. (2012) "Conceptos Fundamentales del Desarrollo de Proveedores", *Serie Documentos de Trabajo, No. 486. Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires, Argentina*, p. 55.
- + Yang, T, Maxwell, T. (2011). "Information-sharing in public organizations: A literature review of interpersonal, intra-organizational and inter-organizational success factors", *Government Information Quarterly*, vol. 20(2). pp. 164-175. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2010.06.008>. Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X10001322>

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE ESTIMACIÓN DE LA FRECUENCIA FUNDAMENTAL EN UNA RED ELÉCTRICA DE BAJA TENSION EN UN AMBIENTE IOT

Artículo arbitrado 10

Edición 16

Jorge Enrique Topete Beas¹, Víctor Ramón Rodríguez Orenday², Marco Antonio Pérez González³, Ramón Octavio Jiménez Betancourt⁴, Juan Miguel González López⁵ y Efraín Villalvazo Laureano⁶

^{1,2,3,4,5,6}Universidad de Colima
Campus Naranja de la
Universidad de Colima
Km. 20 Carretera Manzanillo – Cihuatlán
Manzanillo, Colima, México,
C.P. 28860



marcoperez@ucol.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: Esta investigación da a conocer la implementación de un prototipo que permite realizar la estimación de la frecuencia fundamental a partir del monitoreo de voltaje y corriente en una red eléctrica de baja tensión. La visualización del monitoreo y estimación de los parámetros eléctricos mencionados se hace utilizando tecnología de Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés). El dispositivo es una placa de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés) la cual contiene sensores de bajo costo, una tarjeta de desarrollo Particle Argon® y un circuito para calibrar los sensores de acuerdo con la naturaleza de las mediciones efectuadas. La transmisión de los datos se hace a través de la tecnología wifi. El artefacto presentado cumple con las medidas de seguridad para su aplicación en una instalación eléctrica común. La información recopilada se procesa en un algoritmo de estructura abierta, el cual calcula la frecuencia fundamental y estos resultados se muestran en una aplicación de la plataforma Ubidots a la que se accede a través de una dirección IP. La finalidad principal de esta investigación es aportar una implementación simple de tecnología IoT a nivel licenciatura, de bajo costo y replicable para propósitos de docencia e investigación.

+ Palabras clave: Internet de las cosas, sensores de bajo costo, frecuencia fundamental, monitoreo, tarjeta de desarrollo, placa de circuito impreso.

Abstract: This research development of a prototype that estimates the fundamental frequency from low voltage measurements is proposed. Both measured and estimated data are displayed by using Internet of Things (IoT) technology. The device is a printed circuit board (PCB) that contains low-cost sensors, a Particle Argon® development board and a required tuning circuit due to the nature of the measured data. Data is transmitted by Wi-Fi. The proposed device meets security measures to be used in a typical electrical installation. The collected information is processed in an open structure algorithm which calculates the fundamental frequency, and these results are displayed in an application of the Ubidots platform that is accessed through an IP address. The main purpose of this research is to provide a simple and low-cost implementation of IoT technology at the undergraduate level that can be replicated for teaching and research purposes.

Keywords: *Internet of things, low-cost sensors, fundamental frequency, measurements, development board, printed circuit board.*

Introducción

Monitorear adecuadamente las variables eléctricas es el fundamento para la operación y control de una red eléctrica. Tener acceso en tiempo real a esta información es algo que estaba destinado para ambientes especializados, pero que ahora con la aparición de nuevas Tecnologías de la Información (TIC's) permite que el usuario final de los servicios de energía eléctrica pueda conocer a detalle el consumo energético en su hogar, por ejemplo.

La tecnología de medición de estos parámetros está bien documentada, por ejemplo, a nivel transmisión Phadke (2006), se hace una revisión de como se han venido desarrollando diferentes enfoques y como la aparición de las unidades de medición fasorial marcó un parteaguas en la primera década de este siglo. A partir de entonces su uso en el monitoreo y control de área amplia en sistemas eléctricos de potencia ha sido extensivo como lo refiere (Wang, 2012). Incluso en Dae-Young (2017) y Li (2019), se describen contribuciones de este concepto en un ambiente de redes inteligentes e IoT.

Muchas de estas aplicaciones se pueden agrupar convenientemente de la siguiente manera:

- Supervisión de sistemas de distribución de energía
- Protección avanzada de redes
- Esquemas de control avanzado

El avance en la capacidad de procesamiento y velocidad de transmisión de datos ha permitido el surgimiento de nuevos métodos que integran estas tecnologías emergentes y que permiten realizar mediciones y mostrarlas en tiempo real, esto es muy útil porque independientemente del entorno del que se hable, el conocimiento del estado actual de todas las variables de un sistema permite realizar tareas posteriores más complejas, como el control del sistema, por ejemplo. En particular esta idea es fundamental en un sistema eléctrico de potencia del cual depende la energía eléctrica que se consume en grandes poblaciones o extensiones territoriales. En un entorno mucho más cercano, el conocer el estado de

los diferentes parámetros de una red eléctrica también representaría un asunto de importancia para el usuario común que está buscando implementar ahorros en su economía familiar al detectar patrones de consumo de energía eléctrica que lo afectan sus finanzas.

En años recientes, empieza a ser común la disponibilidad de diferentes herramientas – tanto físicas como aplicaciones digitales – que permiten a un usuario típico estar enterado, por ejemplo: de su consumo energético (Al-Ali, 2017), del estado integral de variables ambientales (Méndez, 2016) o de la gestión operativa de los diferentes electrodomésticos en una casa habitación (Solís, 2020).

El IoT es una innovación tecnológica que permite transformar todos nuestros objetos en “objetos inteligentes”. En un futuro es previsible que todas las cosas que nos rodean estarán conectadas transmitiendo y recibiendo información para facilitarnos la vida y volverla más eficiente, ya sea en consumos energéticos, en administración de finanzas e incluso en la utilización de nuestro tiempo.

Suresh (2014), hace una revisión de cómo ha ido penetrando esta tecnología, definiendo el ecosistema IoT y las principales áreas de aplicación que incluyen conceptos de hogar, ciudad y transporte inteligentes entre otros.

La irrupción acelerada de esta tecnología en el día a día de cada ser humano es ya una realidad y en el caso de la ingeniería eléctrica es un nicho que tiene mucho que ofrecer. En este sentido el presente trabajo pretende contribuir con un diseño de bajo costo, de aplicación inmediata y de uso intuitivo que permita al estudiante desarrollar habilidades de programación al tiempo que interactúa en el ecosistema IoT.

Consideraciones generales para el desarrollo del prototipo

En esta investigación, el principal uso de los sistemas IoT es montar una interconectividad digitalizada y automatizada de las mediciones de voltaje y corriente, crear nexos que permitan una continua relación entre el estado de la red eléctrica y el usuario a través de sensores, software y sistemas computarizados.

Tres aspectos de esta propuesta que se destacan son:

- El uso de sensores que pueden implementarse en una amplia gama de situaciones y eventos.
- Obtención, procesamiento matemático y envío de datos.
- Interconectividad entre la tarjeta de adquisición de datos y la nube.

Entre los factores que se deben analizar detenidamente para la implementación exitosa de estos esquemas de monitoreo son:

- Capacidad de procesamiento y la velocidad de transmisión de datos. Ya que dependiendo de esto algunos métodos que requieran un procesamiento intensivo se verán afectados.
- La plataforma de comunicación debe seleccionarse en virtud de su la accesibilidad y las garantías de privacidad de los datos ma-

nipulados.

- La selección adecuada de los algoritmos impacta directamente en la calidad de la estimación de parámetros, como en este caso la frecuencia fundamental.
- Por último, la correcta construcción e instalación de los componentes para el sistema de medición debe ser concisa y precisa para no tener interferencias o mediciones erróneas.

Arquitectura de la herramienta desarrollada

El sistema consta de sensores de voltaje y corriente de bajo costo, que concentran sus mediciones en una tarjeta de adquisición de datos particle Argon® en donde se procesan los datos para estimar la frecuencia fundamental y cuya visualización se hace en la plataforma ubidots previa comunicación con la nube a la cual se accede a través de una dirección IP. La Figura 1, muestra la concepción general del sistema:

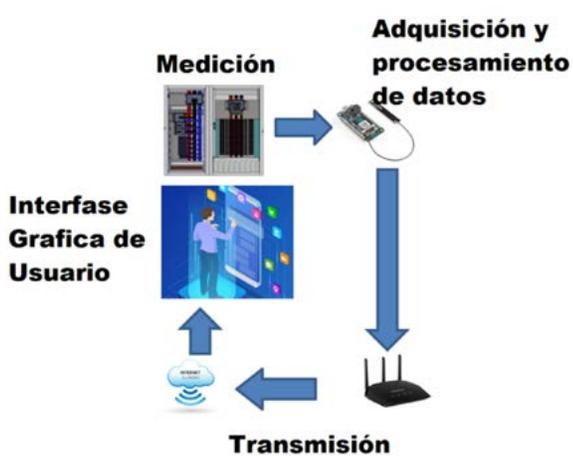


Figura 1. Diseño general del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Sensor de voltaje no invasivo de bajo costo ZMPT101B

Este es un módulo transformador de voltaje no invasivo mostrado en las Figuras 2a y 2b, tiene una salida monofásica activa. Además, contiene un circuito con amplificador operacional para compensar el offset de la salida analógica. Puede medir voltaje de baja tensión y la salida analógica es ajustable con el potenciómetro en la placa. Es un módulo ideal para aplicaciones de monitoreo de energía, muy común en aplicaciones de domótica. Debido a la naturaleza de los transformadores solo puede medir voltaje CA.



Figura 2a. Sensor de voltaje ZMPT101B. Fuente: Elaboración propia.

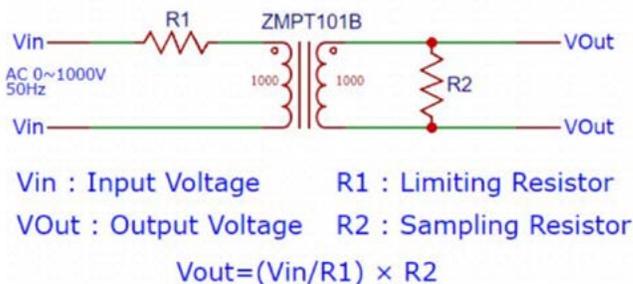
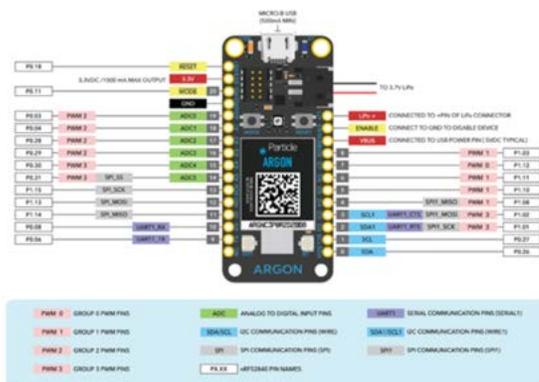
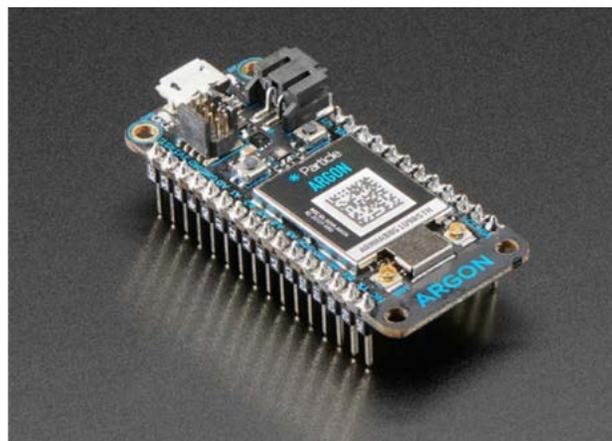


Figura 2b. Circuito equivalente del sensor ZMPT101B. Fuente: Elaboración propia.

Tarjeta de adquisición de datos Particle Argon®

El modelo Argon de particle® es una tarjeta de adquisición y procesamiento de datos utilizada en aplicaciones de desarrollo e investigación. Está habilitada para Wi-Fi, de este modo puede actuar como un punto final de Wi-Fi independiente o como una puerta de enlace habilitada para Wi-Fi para redes Particle Mesh. Combina dos procesadores que le permiten manipular hasta 20 señales diferentes. Esta tarjeta está siendo usada principalmente para conectar proyectos existentes a la nube de dispositivos de particle o como una puerta de entrada a conectar un grupo completo de puntos finales locales, según el propio fabricante (Particle, 2021).

La Figura 3, muestra el dispositivo y sus diferentes funciones y capacidades.



v1.0

Figura 3. Estructura de Particle Argon. Fuente: Elaboración propia.

Visualización gráfica de las variables monitoreadas y estimadas

Es una herramienta de recopilación, análisis y visualización de datos en la nube. Esta plataforma posee ventajas que la destacan de las demás, en la figura 3 se presentan. Las características de escalamiento (hasta mil dispositivos), el diseño de sus interfaces gráficas que permiten su uso intuitivo y su costo reducido con versiones gratuitas lo hacen una herramienta versátil y con muchas posibilidades de aplicación. Permite desarrollar de diferentes maneras la visualización de los datos todos los días hasta por dos años de retención en la fuente de los datos, lo cual la sitúa como una herramienta que puede usarse en un sin número de procesos como el mantenimiento predictivo, aplicaciones específicas de pronóstico y modelado de demanda eléctrica o del manejo de variables ambientales en aplicaciones de domótica.

Resumen de la integración del prototipo integrado al ecosistema IoT

La medición de la variable fundamental el voltaje AC se hace con ayuda del sensor de voltaje ZMPT101B mediante un circuito de seguridad (no mostrado) para facilitar la lectura de estas variables a valores nominales. Los datos son concentrados y procesados en la tarjeta de adquisición de datos particle Argon®. Estos elementos se integran en una placa PCB como se muestra en las Figuras 4 y 5.

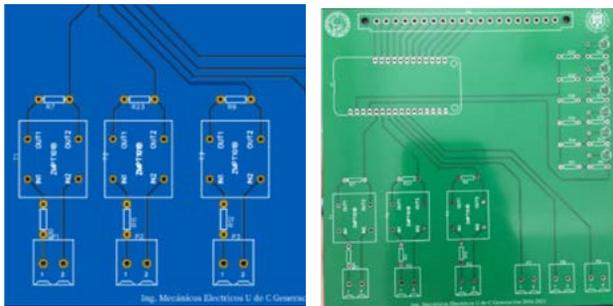


Figura 4. Diseño de la PCB en EasyEDA.com (arriba) y en físico (abajo). Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Placa PCB con los componentes montados. Fuente: Elaboración propia.

Después estos datos procesados, son enviados a la nube a través de un punto de acceso inalámbrico y mediante el uso de wifi, finalmente el usuario puede visualizar el comportamiento en tiempo real de voltaje y frecuencia en las interfaces desarrolladas accediendo a una dirección IP, mediante una computadora o cualquier otro dispositivo con acceso a internet.

Fundamento teórico para la estimación de la frecuencia sinusoidal real en el dominio del tiempo

Turner (2008), propone una metodología para la estimación de la frecuencia fundamental utilizando métodos no basados en el concepto de armónicos (Análisis de Fourier) a partir de la suposición de que la señal contiene poco ruido. Estos métodos tienen la ventaja de ser directos y por lo tanto requieren poco esfuerzo computacional, esta característica los hace candidatos ideales para ser implementados en una tarjeta de desarrollo como la de particle Argon® que dada su arquitectura (y en consecuencia bajo costo) presenta limitaciones en cuanto a su capacidad y velocidad de procesamiento de datos.

En Lyons (2017), se compilan los diferentes métodos desarrollados por Turner, en un entorno de procesamiento digital de señales. Lyons, desarrolla la idea como sigue:

En la Figura 6 se asume una secuencia real en el dominio del tiempo, como por ejemplo una señal de voltaje digitalizada.

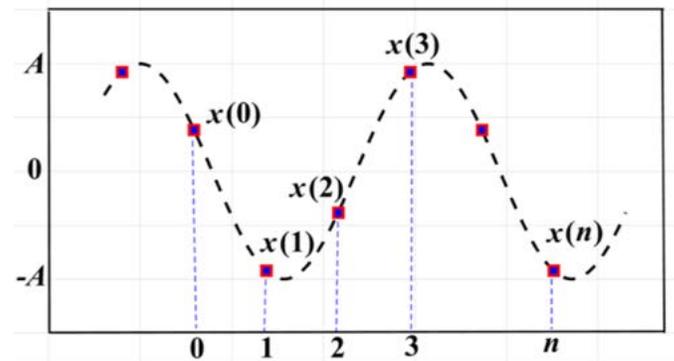


Figura 6. Muestras consecutivas periódicamente espaciadas $x(n)$ de una secuencia sinusoidal de valor real. Fuente: Elaboración propia.

Esta secuencia está representada por la Ecuación 1.

$$x(n) = A \sin\left(\frac{2\pi n f}{f_s} + \phi\right) \quad (1)$$

En la expresión anterior representa es una muestra de voltaje en el dominio de tiempo entero, la frecuencia sinusoidal y la frecuencia de muestreo que ambas se miden en Hz.

Algoritmo para la estimación de la frecuencia real de 3 muestras

Lyons (2017), muestra la aplicación del método práctico propuesto en (Turner, 2008) para estimar la frecuencia sinusoidal real a partir de 3 muestras de entrada en el dominio del tiempo. El algoritmo se resume en la Ecuación 2.

$$f = \frac{fs}{2\pi} \cos^{-1} \left(\frac{x(0) + x(2)}{2x(1)} \right) \quad (2)$$

Se supone la secuencia de entrada de 3 muestras tiene que satisfacer las siguientes restricciones:

- Son muestras de valor real y libre de ruido.
- Se cumple el criterio de muestreo de Nyquist.
- La amplitud máxima de es constante
- La muestra nunca es cero.

Código de Arquitectura Abierta para el algoritmo de estimación con 3 muestras de entrada

Antes de codificar el algoritmo de estimación es necesario hacer un preprocesamiento de los voltajes censados, con el objeto de sincronizar y escalar apropiadamente las variables leídas y previamente escaladas por los sensores de voltaje.

La variable *Va* es el arreglo en donde se almacenarán estas tres muestras modificadas a partir de las lecturas obtenidas para ser sustituidos.

Se determinó usar una frecuencia de muestreo de 180 Hz (considerando una frecuencia fundamental de 60 Hz).

Dado el escalamiento interno que modifican los datos censados por los sensores ZMPT101B cada dato obtenido por la lectura "A0" de la tarjeta Particle Argon®, se modifica para asegurar que la primera muestra empiece en cero, que se ajuste al voltaje nominal de 127 V y que no contenga el offset inducido por la alimentación del sensor. Esto se muestra en la línea de código 11.

Entre las líneas 15 y 20 se actualizan las tres muestras de voltaje y se publican en un visor del tipo digital.

Entre las líneas 22 a 24 se calcula el valor estimado de la frecuencia, se asigna a la variable correspondiente y se visualiza en una gráfica del mismo tipo que las anteriores.

La herramienta está diseñada para actualizarse cada dos segundos.

```
#include "math.h"
#include "stdio.h"

void setup() {
}
float Va[3]={}; float F; float fs=180; float pi=3.141592;

void loop() {
for(int i=0; i<=2; i++){ //Se toman 3 muestras 0,1,2...
float sensorVa = (analogRead(A0)); //Leyendo entrada A0 Voltaje
sensorVa=(sensorVa/4096)*3.3-1.65)*791.95; // Calibración del
Sensor de Voltaje
```

```
Va[i]=sensorVa;
delay(5.555);
}
String Voltage0= String(Va[0]);
String Voltage1= String(Va[1]);
String Voltage2= String(Va[2]);
Particle.publish("Voltage0", Voltage0, PRIVATE);
Particle.publish("Voltage1", Voltage1, PRIVATE);
Particle.publish("Voltage2", Voltage2, PRIVATE);
//Estimación de Frecuencia 3 Muestras
F=(fs/(2*pi))*acos((Va[0]+Va[2])/(2*Va[1]));
String Frequency=String(F);
Particle.publish("Frecuencia", Frequency);
delay(1000); // Wait for 2 seconds
}
```

Análisis de resultados

La Figura 6, muestra una de las interfaces desarrolladas en Ubidots. En esta se muestra en formato digital los voltajes de fase censados, así como la estimación correspondiente de la frecuencia. Se muestra además la fecha y la hora.



Figura 7. Interface plataforma Ubidots. Fuente: Elaboración propia.

Las Figuras 8 a 10, muestran las lecturas de las magnitudes de voltaje. La característica más notable es el ruido numérico observado al existir fluctuaciones de alrededor del 6.5% promedio con respecto al valor nominal (135 V vs 127 V) y en particular el sensor de la fase B, que llega a mostrar variaciones ligeramente mayores.

Finalmente la Figura 11, muestra el valor estimado de la frecuencia. Bajo la suposición de una frecuencia fundamental de 60 Hz, los valores estimados son aceptables.



Figura 8. Voltaje Fase A. Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Voltaje Fase B. Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Voltaje Fase C. Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Frecuencia estimada. Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

En el sistema de educación pública, como el de México en donde los recursos económicos siempre son un factor importante, el tener la capacidad de desarrollar herramientas que combinan conocimientos prácticos de la ingeniería eléctrica con tecnologías emergentes y a bajo costo son una práctica deseable y algo que podría explorarse como una dimensión adicional en el currículo de los programas educativos de ingeniería eléctrica y mecánica eléctrica, por ejemplo.

La ventaja adicional de desarrollar prototipos con componentes de fácil acceso, con la consecuente exactitud moderada, cuyo diseño, construcción e implementación son posibles desarrollar de manera remota son una ventaja que incluso se hace más evidente en escenarios de aislamiento social debido a la emergencia sanitaria como la que el mundo ha experimentado durante el último año y genera una reflexión interesante sobre futuros desarrollos en la academia y la investigación científica.

Los algoritmos implementados tienen la ventaja de no requerir una formulación matemática compleja, en ese sentido son parte de métodos de formulación asequible para introducir a los estudiantes de pregrado en la investigación científica.

En presencia de ruido el algoritmo de 3 muestras suele producir resultados sesgados (es decir, la media de frecuencia múltiple suele ser mayor que la frecuencia de la señal de entrada real) por lo tanto, promediar los resultados de las estimaciones de frecuencia múltiple no garantiza que mejoren el rendimiento de estos.

Cuando la frecuencia de la señal de entrada es inferior a Hz, el algoritmo de 3 muestras proporcionan resultados incorrectos.

Bibliografía

- + Al-Ali, A. R., Zualkernan, I. A., Rashid, M., Gupta, R., Alikarar, M. (2017). A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach, in *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 63, no. 4, pp. 426-434, November 2017, doi: 10.1109/TCE.2017.015014.
- + Dae-Young, Kim, Seokhoon, Kim, Hassan, Housine, Park, Jong Hyu (2017). Adaptive data rate control in low power wide area networks for long range IoT services, *Journal of Computational Science*, Volume 22, 2017, Pages 171-178, ISSN 1877-7503, <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.04.014>.
- + Li, X., Tian, Y., Ledwich, G., Mishra, Y., Han, X., Zhou, C. (2019). Constrained Optimization of Multicast Routing for Wide Area Control of Smart Grid, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, no. 4, pp. 3801-3808, July 2019, doi: 10.1109/TSG.2018.2835487.
- + Lyons, R. (2017). Sinusoidal Frequency Estimation Based on Time Domain Samples, obtenido de <https://www.dsprelated.com/showarticle/1045.php>
- + Méndez, D. C. (2016). Diseño e implementación de modelo a escala de una Smart Home con una red local doméstica (HAN) para monitorear tres variables ambientales y transmitir las mediciones a un usuario remoto empleando protocolo IP, Tesis de Licenciatura, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4742>.
- + Particle (2021). Particle Argon board datasheet, obtenido de <https://docs.particle.io/datasheets/wi-fi/argon-datasheet/>
- + Phadke, A. G., Thorp, J. S. (2006). History and Applications of Phasor Measurements, 2006 IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, Atlanta, GA, USA, 2006, pp. 331-335, doi: 10.1109/PSCE.2006.296328.
- + Solís, E. A. (2020). Soluciones tecnológicas smart home, que permiten ingresar, controlar y monitorear de manera de manera inalámbrica los dispositivos eléctricos instalados en el inmueble, Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica del Perú, Perú, <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/3408>
- + Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., Aswathy, R. H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment, "2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR), Chennai, India, 2014, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICSEMR.2014.7043637.
- + Turner, C. (2008). Derivation of the 3 point frequency formula, obtenido de <http://www.clayturner.com/dsp/3pointfrequency.pdf>
- + Wang, S., Meng, X., Chen, T. (2012). Wide-Area Control of Power Systems Through Delayed Network Communication, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 495-503, March 2012, doi: 10.1109/TCST.2011.2116022.

DISPOSITIVO ELIMINADOR DE LARVAS DE MOSQUITO EN CONTENEDORES ESTACIONARIOS POR MEDIO DE ALTAS FRECUENCIAS

Artículo arbitrado 11

Edición 16

Adrián Manuel López Almejo¹, Jesús Ezequiel Molinar Solís² y Joel Salome Baylon³

^{1,2,3}Tecnológico Nacional De México,
Campus Ciudad Guzmán, Jalisco.
Avenida Tecnológico #100
Ciudad Guzmán, Jalisco, México,
C.P. 49000.



a.almejo95@gmail.com.

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 24, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: En este estudio, se evalúa un dispositivo acústico de bajo costo para controlar etapas tempranas del mosquito *Aedes aegypti* en diversos ambientes de agua dulce. En condiciones de campo, se investigó el efecto del tiempo de exposición y la distancia del transductor sobre la mortalidad de las larvas y pupas de *Ae. aegypti*. Los resultados mostraron que las larvas fueron eliminadas con mayor porcentaje de efectividad para tiempos superiores a los 20 minutos de exposición, debido a que, al ser un dispositivo de menor potencia a los que actualmente se encuentran en el mercado, este requiere de más cercanía a las larvas, así como un mayor tiempo de exposición. Las ondas ultrasónicas aplicadas durante 1200s a una frecuencia de 40kHz causaron una mortalidad larvaria de alrededor del 85% a una distancia de 15 cm del transductor. La exposición a las ondas sonoras producidas por el dispositivo larvicida acústico a diferentes distancias dañó efectivamente *Ae. aegypti* mediante la destrucción del dorsal tronco traqueal, tórax y abdomen. En general, los resultados indicaron que el dispositivo probado puede proporcionar una herramienta alternativa para reducir las poblaciones de instar jóvenes de *Ae. Aegypti*.

✚ **Palabras clave:** Larvicida acústico, larva, ultrasonido, transductor.

■ **Abstract:** This study evaluates a low-cost, acoustic device; to control the early stages of the *Aedes aegypti* mosquito in various freshwater

environments. Under field conditions, the effect of exposure time and transducer distance on larval mortality and pupae of *Ae. aegypti* is investigated. The results showed that the larvae were eliminated with a higher percentage of effectiveness for times greater than 20 minutes of exposure, because being a device of lower power than those currently on the market, it requires closer proximity to larvae, as well as a longer exposure time. Ultrasonic waves applied for 1200s at a frequency of 40kHz caused larval mortality of around 85% at 15 cm from the transducer. Exposure to the sound waves produced by the acoustic larvicidal device at a different distance effectively damaged *Ae. aegypti* by destroying the dorsal larvae, tracheal trunk, thorax, and abdomen. Overall, the results indicated that the tested device might provide an alternative tool to reduce the population of young *Ae. Aegypti*.

✦ **Keywords:** *Acoustic larvicide, larvae, ultrasound, transducer.*

Introducción

El control de vectores de mosquitos tiene el potencial de reducir el impacto de varias enfermedades transmitidas por estos. En el presente estudio, se adopta una tecnología que emplea ondas acústicas generadas por un transductor de bajo costo para controlar las etapas de desarrollo del mosquito vector *Ae. Aegypti*. Los experimentos se realizaron en condiciones de campo. En primer lugar, se evaluaron los tiempos de exposición del dispositivo propuesto, así como la distancia de la fuente de ultrasonido puede afectar diferencialmente la mortalidad de las larvas de *Ae. aegypti*. Además, se investiga el modo de acción de la tecnología basada en ultrasonidos, se proporciona información sobre los daños causados por la frecuencia de ultrasonido de 40kHz seleccionada, en las larvas de los mosquitos expuestos al tratamiento en comparación con los vectores del control (Kalimuthu, 2018). Con respecto al manejo de mosquitos en instancias jóvenes, las frecuencias más bajas (20-50 kHz) son generalmente más eficaces para matar las larvas de mosquitos que las frecuencias más altas (> 100 kHz), aunque este último produce de manera más eficiente reactivos libres (Nyberg, 2020).

Diversos, aunque no numerosos estudios se han realizado con relación al control de poblaciones de mosquitos, en los cuales se destaca recientemente Arias-Castro (2020), en el que se destacan las estrategias de control de mosquitos convencionales, así como diseñar y analizar diferentes medidas a corto plazo para la supresión de las poblaciones locales de mosquitos basadas en varias combinaciones de las acciones tradicionales de control químico. De manera simultánea se han creado y adaptado dispositivos que tienen como principal fin la eliminación de las larvas de mosquitos por medio de ultrasonidos (Tawatsin, 2019), en los cuales se hace uso de transductores cerámicos, lo que significa un considerable aumento en el precio del producto, sin embargo, se han tenido resultados alentadores, ya que se tienen altos grados de efectividad en cuanto a la mortandad de las larvas. Aunado a los estudios anteriores, se han realizado experimentos Kalimuthu (2018), que han permitido caracterizar el rango de frecuencias que resulta mortal para las larvas de mosquito, así como el tiempo y la distancia con respecto del transductor a la cual se deben encontrar para obtener mayor eficacia en el uso de larvicidas acústicos. De esta forma se determinó que las frecuencias comprendidas entre los 20 y 40KHz resultan mortales para las larvas sin afectar a especies que se encuentren expuestas al ultrasonido. En la actualidad, dispositivos tales como el Larvasonic han sido capaces de eliminar larvas utilizando la tecnología de larvicidas acústicos (Kalimu-

thu, 2018), sin embargo, debido a su alto precio resultan para los potenciales usuarios difícil su adquisición, por lo que este estudio pretende, como principal objeto, el resultado de un dispositivo de similar grado de eficacia, pero de bajo costo, con el fin de crear un sistema asequible para su uso doméstico que se adapte a las necesidades económicas de la región de la población de estudio.

Marco teórico

Los insecticidas químicos se utilizan en gran medida para la gestión de poblaciones de mosquitos, pero pueden ser tóxicos para los seres humanos y los organismos no objetivo, así como para el medio ambiente (Naqqash, 2016). También llevaron al rápido desarrollo de la resistencia a los insecticidas. Esta situación exige agentes de control de mosquitos nuevos y seguros para reducir las preocupaciones ambientales y de salud humana (Benelli, 2015).

La cavitación es la rápida formación y colapso de pequeñas burbujas llenas de vapor o gas en una solución que es irradiada con ultrasonido. El repetido colapso de las burbujas produce pequeños choques de ondas que limpian la contaminación en la superficie de las piezas. Una variedad de soluciones de limpieza puede ser usada, incluida el agua, los detergentes y solventes orgánicos. La limpieza ultrasónica puede resultar altamente eficiente donde se requieren casos extremos de limpieza y también resulta deseable para la limpieza de partes que tienen tallados o figuras bastante complejas. Para caso específico de este estudio y tomando en cuenta el fenómeno que ocurre para la limpieza, se aplica entonces el ultrasonido para la eliminación de larvas de mosquitos (Tito, 2017).

La aplicación de larvicidas acústicos (AL) se produce al exponer las larvas de mosquitos a energía acústica que rompe sus troncos traqueales dorsales (DTT) por la expulsión de burbujas de gas al interior del cuerpo. Al estudiar esta técnica, por casualidad se han identificado características respiratorias anatómicas y fisiológicas no descritas con anterioridad. La teoría clásica de la respiración es que el sifón y los DTT desempeñan papeles obligatorios en la respiración. Se ha identificado una oclusión traqueal no descrita (TO) en las extremidades posteriores de los DTT. Los TO parecen necesarios para la ruptura acústica de TDT; Esta constricción evita el escape de gas energizado del sifón y permite presurizar el sistema traqueal (Figura 1). Con un sistema traqueal aislado presurizado, el intercambio de gases metabólicos directamente con la atmósfera es poco probable y podría ocurrir principalmente quitina y setas (Nyberg, 2020).

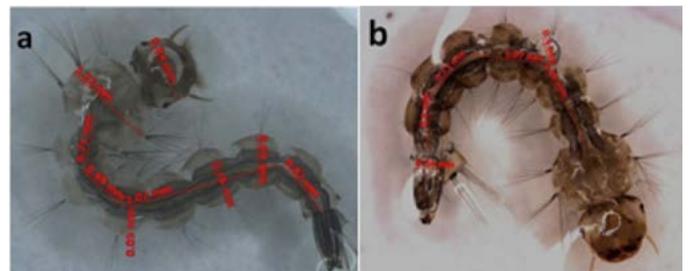


Figura 1. Larvas de mosquito con señalamiento en los troncos traqueales dorsales (Nyberg, 2020).

Con respecto al manejo de mosquitos en instancias jóvenes, las frecuencias de 20 a 50 kHz son generalmente más eficaces para matar las larvas de mosquitos que las frecuencias más altas (> 100 kHz), aunque este último produce de manera más eficiente radicales reactivos libres (Kalimuthu, 2018). La tecnología implementada, utiliza ondas acústicas generadas por un transductor para controlar las etapas de desarrollo del mosquito vector *Ae. aegypti*. En primer lugar, se debe evaluar los tiempos de exposición del dispositivo, así como la distancia de la fuente de ultrasonido puede afectar diferencialmente la mortalidad de los estados jóvenes de *Ae. aegypti*.

Materiales y métodos

Mediante la implementación de LabVIEW y su herramienta de LINX, es posible dar lugar a un sistema capaz de generar una señal de ultrasonido de 40KHz por medio del sensor JSN-SR04T y la tarjeta Arduino mega 2560. En este sistema se implementa comunicación por medio de un puerto COM, en el cual, con el cual se adquieren los datos externos por medio de la tarjeta de Arduino. El diagrama a bloques implementado en el sistema se puede observar en la Figura 2.

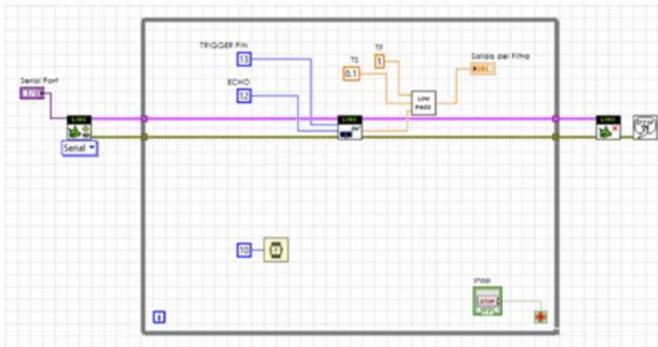


Figura 2. Diagrama a bloques del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el asistente de VISA, es posible llevar a cabo la comunicación serial mediante el sensor y el sistema, así, por medio de la implementación del sistema mostrado en la figura. Es utilizado un filtro, pasa bajas para eliminar el ruido de la señal que se muestra en el indicador del panel frontal, del cual, su diagrama a bloques se muestra en la Figura 3.

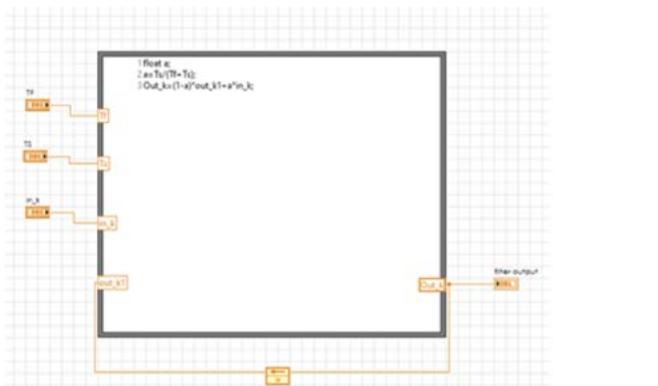


Figura 3. Diagrama a bloques del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Para el panel frontal se implementó el mostrado en la Figura 4, anexa, en la cual se puede observar un control que funge como selector para elegir el puerto COM al cual está conectada la tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560. Así como un indicador para observar el tiempo de oscilación del transductor. En cuanto al cableado, se llevó a cabo el mostrado en la Figura 4, el cual comprende una sencilla conexión entre la tarjeta y el módulo del sensor JSN-SR04T, por medio de la alimentación del mismo, atendiendo al voltaje requerido para el funcionamiento del sensor, así como su conexión al pin de disparo, a una frecuencia de 40KHz, en la terminal 13, configurado como salida, y el pin 12 configurado como entrada o “echo”, esto último con la única finalidad de propiciar las condiciones necesarias para producir la señal de 40KHz a la salida del sensor. La señal de 40KHz es inducida al medio, por el sensor cada 10 milisegundos.

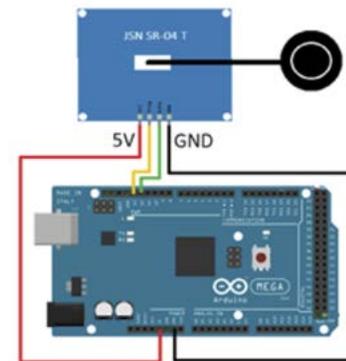


Figura 4. Diagrama eléctrico del sistema con Arduino Mega 2560.

Los experimentos se llevaron a cabo en un cultivo larvario, producido en un pastizal aledaño a zonas habitacionales de Ciudad Guzmán Jalisco. Las dimensiones del contenedor son de 15x15x25 cm. Se realizaron pruebas para diferentes tiempos de exposición a una frecuencia constante de 40KHz.

Sensor ultrasónico JSN-SR04T.

El sensor ultrasónico JSN-SR04T (Figura 5), es un dispositivo que mide distancia que por medio de ultrasonido (sonar) en un rango de 25 a 450 cm; es ideal por su tamaño pequeño, bajo consumo energético, buena precisión y especialmente por su resistencia al agua. Es útil en aplicaciones donde el sensor estará expuesto a la intemperie compatible con una gran variedad de microcontroladores posee una protección contra agua para poder tener usos rudos o acuáticos. Debido a su bajo costo y consumo este transductor resulta una opción muy viable para su experimentación con larvas de mosquito.



Figura 5. Sensor ultrasónico JSN-SR04T.

La primera de las plataformas de pruebas (Figura 6), se llevó a cabo mediante la implementación de la herramienta de LabVIEW: Lynx. Se realizaron pruebas para tiempos de exposición en incrementos de 60 segundos desde los 60 primeros segundos hasta los próximos 1200 segundos, con lo cual se comprobó la eficacia de un sistema de pruebas que cuenta con un único transductor.



Figura 6. Sistema de prueba. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Después de 1200 segundos de exposición, se tuvo una efectividad de $\approx 85\%$ de efectividad de eliminación en la población, transcurrido este tiempo precisó mover el sensor de posición, para así lograr que la onda sonora estuviera enfocada en la población de estudio que hasta ese momento se mantenía con vida. Como se observa en la Figura 7, la cantidad de larvas inicial (izquierda) se ve significativamente reducida para tiempos de exposición a la frecuencia de 40KHz para tiempos superiores a los 1000 segundos. Así, de una población de 86 larvas, 13 se mantienen con signos de vida hasta el momento mencionado.



Figura 7. Larvas en el contenedor. Fuente: Elaboración propia.

Distintas larvas fueron analizadas después del experimento (Figura 8), con el fin de comprobar la ruptura de los troncos traqueales dorsales (DTT), con lo cual se comprobó el principio expuesto en estudios anteriores (Kalimuthu, 2018).

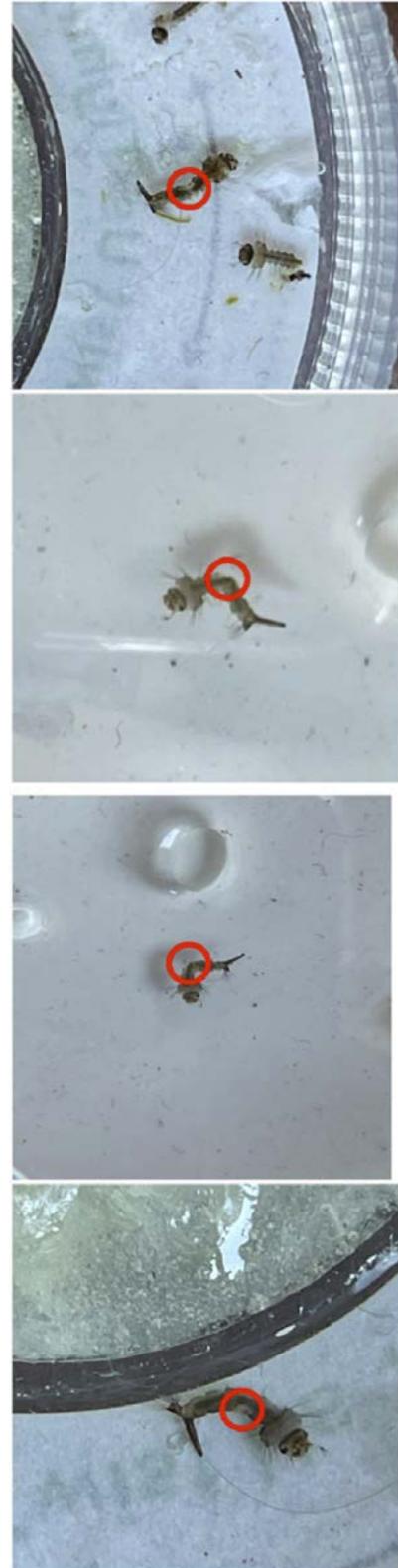


Figura 8. Daño en DTT de las larvas. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Este estudio proporcionó tres resultados principales logrados a través del empleo del dispositivo contra *Ae. aegypti* en estados jóvenes: (i) tanto la distancia desde la fuente de ondas acústicas como el tiempo de exposición afectó significativamente la mortalidad de las larvas de mosquitos; (ii) la eficacia del dispositivo es media, en comparación con otros dispositivos en mercado; y (iii) el tiempo de exposición se vuelve mayor y la distancia a la que se deben encontrar las larvas debe ser menor. La aplicación de este método es particularmente adecuada para pequeños cuerpos de agua urbanos y periurbanos donde los estados jóvenes de larvas de *Ae. aegypti* pueden desarrollarse en altas densidades. Por lo tanto, el tamaño de la configuración experimental se puede aumentar en futuras aplicaciones e investigaciones para evaluar la eficacia de esta herramienta en escenarios del mundo real a gran escala. Los estudios sugieren que una tecnología basada en ultrasonidos tiene un buen potencial para futuras aplicaciones para control de larvas de mosquitos. Por lo tanto, se puede considerar entre las herramientas integradas de manejo de vectores para manejar las enfermedades transmitidas por mosquitos de forma ecológica.

Con la principal finalidad de minimizar costos en el desarrollo de la plataforma, así como optimizar los recursos en ella, es preciso sustituir la tarjeta Arduino Mega 2560 como el controlador del sensor ultrasónico JSN-SR04T por un arreglo con el circuito integrado LM555 (Figura 9), en modo astable, para activar el transductor, tal y como se muestra en la figura anexa. En él es posible excitar al transductor y producir señales en el rango de 0 a 50 KHz.

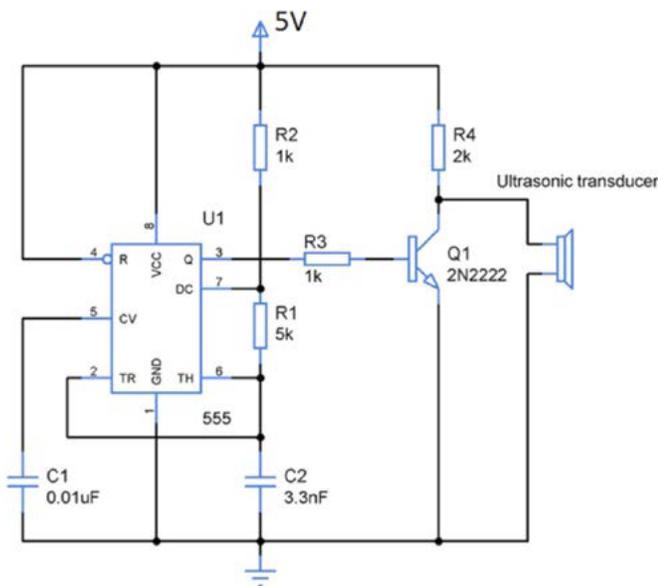


Figura 9. Sistema con LM555.

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo es viable la creación de una red matricial de transductores dispuestos a lo largo y ancho del contenedor, esto, con el fin de incrementar la efectividad de eliminación de larvas en comparación con el presente experimento.



Bibliografía

- [1] Arias-Castro, J. H., Martínez-Romero, H. J. y Vasilieva, O. (2020). *Biological and Chemical Control of Mosquito Population by Optimal Control Approach*. *Games*, 11(4), 62.
- [2] Benelli, G. (2015). *Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review*. *Parasitology research*, 114(9), 3201-3212.
- [3] Guzmán Cancino, Adriana (2014). "Relación clima-dengue en México". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [4] Kalimuthu, K., Tseng, L. C., Murugan, K., Panneerselvam, C., Aziz, A. T., Benelli, G. y Hwang, J. S. (2020). *Ultrasonic Technology Applied against Mosquito Larvae*. *Applied Sciences*, 10(10), 3546.
- [5] Naqqash, M. N., Gökçe, A., Bakhsh, A. y Salim, M. (2016). *Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests*. *Parasitology research*, 115(4), 1363-1373.
- [6] Nyberg, H. J. y Muto, K. (2020). *Acoustic tracheal rupture provides insights into larval mosquito respiration*. *Scientific reports*, 10(1), 1-9.
- [7] Tawatsin, A., Thavara, U., Siriyasatien, P., & Permpoonburana, S. (2019). *Development of A Novel Ultrasonic Sound-Generated Device: The Physical Tool for Controlling Immature Stages of Mosquitoes Transmitting Dengue Haemorrhagic Fever (Aedes aegypti) and Filariasis (Culex quinquefasciatus)*. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 19(3), 14308-14314.
- [8] Tito, S. I. (2017, November). *Utilization of ultrasonic waves (Acheta domesticus) as a biocontrol of mosquito in Malang Agricultural Institute*. In *AIP Conference Proceedings (Vol. 1908, No. 1, p. 050006)*. AIP Publishing LLC.
- [9] Torres, J. R. y Castro, J. (2007). *The health and economic impact of dengue in Latin America*. *Cadernos de saúde pública*, 23, S23-S31.
- [10] Wilder-Smith, A., Tissera, H., Ooi, E. E., Coloma, J., Scott, T. W. y Gubler, D. J. (2020). *Preventing dengue epidemics during the COVID-19 pandemic*. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 103(2), 570-571.

ELECTRODOS DE CARBONO MODIFICADOS CON AGNPS/NTCPM/CHIT: PERSPECTIVAS DE SENSOR ELECTROQUÍMICO PARA COMPUESTO CLORADOS EN MEDIO ACUOSO

Artículo arbitrado 12

Edición 16

Joaquín Chavez Lara¹ y Mónica Galicia García²

^{1,2} Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Av. Benjamín Franklin 4650,
Zona Pronaf Condominio La Plata
Ciudad Juárez, Chihuahua, México,
C.P. 32300.



al194594@alumnos.uacj.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: En esta investigación, se modificó un electrodo de grafito vidriado (*EGV*) con nanopartículas de plata (*AgNP*) mediante electrodeposición sobre a) electrodo pulido y b) electrodo modificado con nanotubos de carbono de capa múltiple (*NTCMC*) dispersos en solución de quitosano (*Chit*). Mediante experimentos de voltamperometría cíclica se detectó la plata electrodepositada. Utilizando espectroscopía de impedancia electroquímica (*EIS*), en el diagrama de Nyquist se exhibe una disminución en la resistencia a la transferencia de carga, *R_{ct}*, en el arreglo tridimensional *EGV/NTCMC/NpAg* lo que implica que será factible mayor detección de procesos redox. Los resultados de microscopía electrónica de barrido confirmaron las *AgNP* electrodepositadas exhibiendo un agrupamiento esférico, presentando un diámetro aproximado de *50nm* sobre *EGV* y *26nm* en *NTCMC/Chit/AgNp* realizado en solución de *HCl 0.1M*. Además, este último arreglo presentó un incremento de la corriente pico evidenciando acoplamiento con los iones *Cl⁻*, siendo perspectiva para la detección de compuestos clorados en medio acuoso.

+ Palabras clave: Electrodo modificado, grafito vidriado, nanopartículas de plata, electrodeposición, voltamperometría cíclica

Abstract: In this research, a surface of glassy carbon electrode (*GCE*) was modified with silver nanoparticles (*AgNp*) by electrode-

position on a) polished surface, and b) glassy carbon electrode with a scaffold assembly of multiwalled carbon nanotubes (*MWCNT*) and chitosan (*chit*). Silver nanoparticles onto these electrode surfaces were detected by cyclic voltammetry experiments. Electrochemical Impedance Spectroscopy by Nyquist diagrams evidenced a decrease in charge transfer resistance *R_{ct}*, when *GCE/MWCNT-Chit/AgNp*, which implies the feasibility of a better detection for redox processes. Scanning electronic microscopy images confirmed *AgNp* electrodeposition exhibiting a spherical accumulation with *50nm* diameter on *GCE* and *26nm* diameter on *GCE/MWCNT-Chit/AgNp* performed in *0.1M HCl*. In addition, this nanostructured scaffold showed an increment in peak current denoting coupling with *Cl⁻* ions, which suggest in turn, the possibility of chlorine compounds detection.

+ *Keywords: Modified electrodes, glassy carbon, silver nanoparticles, electrodeposition, cyclic voltammetry.*

Introducción

La detección de iones de cloro es importante debido a que éstos pueden reaccionar con compuestos orgánicos, quienes se han vinculado con problemas respiratorios y otros efectos adversos para la salud, incluso cáncer. En este sentido, se han utilizado distintos métodos para la detección de iones cloro como la cromatografía iónica, espectrometría infrarrojo cercano, espectroscopia, dispersión de luz y métodos basados en flujo [1]. Sin embargo, aunque son las técnicas utilizadas por excelencia, presentan el inconveniente de que son costosas, consumen mucho tiempo, requieren grandes volúmenes de muestra, así como una gran cantidad de disolvente orgánico con procedimiento de separación y extracción, además de requerir ser analizados por un técnico especializado en un laboratorio especializado [2].

Por lo tanto, en décadas recientes, las técnicas electroquímicas han tenido un avance considerable en la detección y la cuantificación de aniones de cloro a través de procesos de modificación de electrodo que permiten diseñar y fabricar sensores electroquímicos especializados. De esta forma, el arreglo electroquímico del sensor y técnicas electroquímicas avanzadas constituye además, una infraestructura relativamente sencilla de utilizar, que no requiere de grandes volúmenes de muestra, son de rápido análisis, y se caracterizan por disponer de alta selectividad y sensibilidad. Esto es posible en gran medida, como se mencionó, por la implementación de superficies de electrodo modificadas, en particular con nanomateriales, tales como los nanotubos de carbono, ya sea de capa simple o capa múltiple, y también con la combinación o uso exclusivo de nanopartículas metálicas. Esta modificación superficial requiere una combinación tal que, estos elementos no participen en la reacción oxidación/reducción y que faciliten, aceleren o influyan el intercambio de electrones con moléculas [3].

Estas modificaciones se han denominado, modificaciones estructurales y más recientemente, modificaciones nanoestructurales puesto que el ensamble sobre la superficie del electrodo considera la inclusión de nanomateriales y se diseña con la perspectiva de crear una arquitectura 3D que permita mayor razón área/volumen y un mejor desempeño electrocatalítico del nuevo material [4] [6].

En nanoescala, la materia exhibe algunas propiedades que pueden ser diferentes de las propiedades a nivel macroscópico, todo ello de-

rivado de la gran energía superficial y el mayor número de átomos superficial [7].

En este sentido, las nanopartículas metálicas se han utilizado en una amplia gama de aplicaciones en múltiples campos, específicamente por sus formas, tamaño y composiciones, y están significativamente relacionadas con sus propiedades físicas, químicas y ópticas. En particular, las nanopartículas de plata (*AgNPs*) se han investigado ampliamente debido a sus características debidas principalmente a su estructura, tamaño, forma, composición, cristalinidad [8].

El comportamiento catalítico de la plata se mejora y el área superficial se vuelve excepcionalmente grande cuando ésta es utilizada como nanopartícula, ya que de esta forma tienen la capacidad de una alta selectividad y sensibilidad para la detección de diversos iones metálicos. Además, tiene una afinidad por los iones de *Cl⁻* por lo tanto, los electrodos modificados con *AgNPs* se han utilizado para la detección de cloro libre en agua. En este sentido se pretende resaltar la capacidad de interactuar con los iones *Cl⁻* implementando un nuevo sensor electroquímico [9]. Un ejemplo de ello se puede ilustrar en la Tabla 1.

Tabla 1. Utilización de nanopartículas de plata en sensores electroquímicos.

Ion de metal pesado detectado	Técnica electroquímica	Superficie de electrodo	Límite de detección (LOD)	Referencias
Ni ²⁺ Cr ³⁺ Cu ²⁺	Voltametría diferencial de pulsos (DPV)	AgNp AgNp AgNp	0.3 ppm	(10)
Ni ²⁺	Voltametría diferencial de pulsos (DPV)	AgNp	entre 0,1 y 1,0 ppm	(11)
Cl	Voltametría	AgNp		(12)

Fuente: Elaboración propia.

Metodología

Instrumentación

Se utilizó un potenciostato/galvanostato *VSP-300* (Bio-Logic Science Instruments®) así como el software *EC-Lab® V.10.32* a temperatura ambiente (*25°C ± 2 °C*).

Preparación electroquímica de electrodo modificado con *AgNPs*

En una celda electroquímica con compartimiento para tres electrodos, se realizaron 5 barridos sucesivos a *500mVs-1*, utilizando la técnica de voltamperometría cíclica. Lo anterior sobre el electrodo de grafito vidriado (*EGV*) pulido con la siguiente secuencia en primera instancia con una lija de tamaño de grano de 800, luego 1200 y finalmente 2000. Posteriormente, el electrodo se pulió en un disco sinterizado para eliminar el rayado del pulido y al final, se pulió en un disco de paño de lana con alúmina para obtener acabo espejo sobre la superficie del grafito.

Resultados y Discusión

Caracterización electroquímica de electrodo modificado con AgNPs y NTCPM

En la Figura 2, se observa que, cuando el electrodo de grafito vidriado (EGV) se encuentra en contacto con una solución de $HCl\ 0.1\ M$ no se observan picos de oxidación o reducción, mientras que, cuando la superficie de grafito vidriado se encuentra modificada con nanopartículas de plata ($AgNPs/EGV$) se observa la presencia de un pico de oxidación, E_p a $+0.12\ V$ vs. ECS , lo cual se atribuye a la presencia de partículas de plata metálica en la superficie del electrodo, debido a que este potencial es característico de la oxidación de la plata en medio acuoso sobre electrodos de carbono [13]. Por otro lado, cuando la superficie de grafito vidriado ha sido modificada con $NTCPM$, quitosano y, además, las nanopartículas de plata ($AgNPs/NTCPM/chit/EGV$), la intensidad de la corriente I_p , en la posición de potencial que se observó previamente a $+0.12\ V$ vs. ECS , atribuible a la oxidación de la plata metálica, se incrementa a un valor de $0.1352\ \mu A$. Esto sugiere, que es mayor la cantidad de partículas de plata presentes sobre la superficie de este electrodo modificado. Por lo tanto, esto pudiera sugerir que hay una mayor cantidad de nanopartículas de plata en la superficie del electrodo de grafito vidriado modificado con $NTCPM$ y quitosano, y con ello, la interacción con los aniones cloro en la solución es mayor.

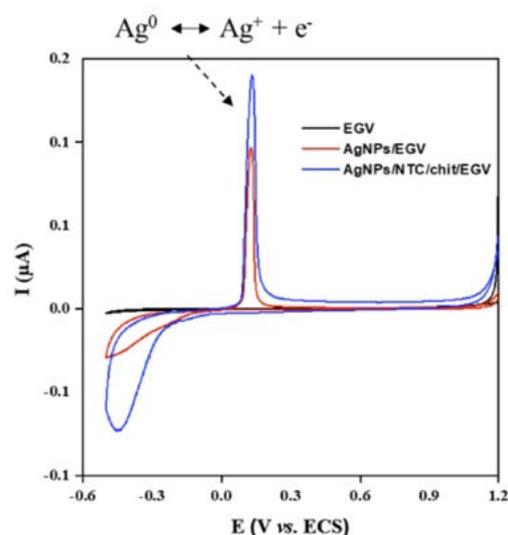


Figura 2. Voltamperometría cíclica sobre EGV pulido (línea negra), EGV modificado con nano-partículas de plata (línea roja) y EGV modificado con $NTCPM/Chit/NpAg$ en solución de $HCl\ 0.1M$ a $0.05\ Vs^{-1}$

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2, se muestra la corriente pico de la oxidación de plata en el EGV sin modificar y modificado, se observa un aumento de la corriente cuando el EGV es modificado con $NTCPM/chit$ con respecto al que sólo está modificado con $AgNPs$, esto aún sugiere lo observado en la Figura 1.

Posteriormente el electrodo recién pulido se introduce en una solución de nitrato de plata $1mM$ disuelta en nitrato de potasio (KNO_3) a $0.1M$, para llevar a cabo la electrodeposición de micropartículas o nanopartículas de plata sobre la superficie de este electrodo. La técnica utilizada fue cronoamperometría, se realizó un barrido a potencial de $-0.33\ V$ durante 5 minutos con respecto del electrodo de referencia de calomel saturado (ECS).

Preparación de electrodo con nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM)/quitosano (chit)/AgNPs

A la superficie del EGV recién pulido se agregaron $10\ \mu L$ de una solución de $NTCPM$ y quitosano, cuyo procedimiento ha sido descrito previamente [3] [4]. Posteriormente, el electrodo se deja secar, y a continuación, se procedió a electrodepositar las $AgNPs$ con la metodología descrita en la sección anterior.

Caracterización electroquímica del electrodo modificado con AgNPs

Caracterización Electroquímica

Con el propósito de evidenciar el anclaje de nanopartículas de plata sobre la superficie EGV, primeramente, se realizó una voltamperometría cíclica con un EGV recién pulido y sin modificar en el intervalo de potencial de $1.0V$ a $-0.6V$ vs. ECS , en una solución de $HCl\ 0.1M$. Esta voltamperometría se considera como el sistema control, sin modificar superficialmente.

Posteriormente, el electrodo modificado con $AgNPs$, se introduce en la celda electroquímica, conteniendo la misma solución de $HCl\ 0.1M$ y se realizó la voltamperometría cíclica en el intervalo de potencial mencionado anteriormente.

Finalmente, este mismo procedimiento experimental se realizó para el EGV modificado con $NTCPM$, $chit$ y $AgNPs$.

Caracterización Morfológica

Por otro lado, en las condiciones de la electrodeposición de las $AgNPs$ sobre las dos superficies de electrodo, se observaron mediante análisis en microscopio electrónico de barrido (SEM, modelo JEOL JSM-7000F®) y análisis por espectroscopía dispersiva de Rayos X (EDS).

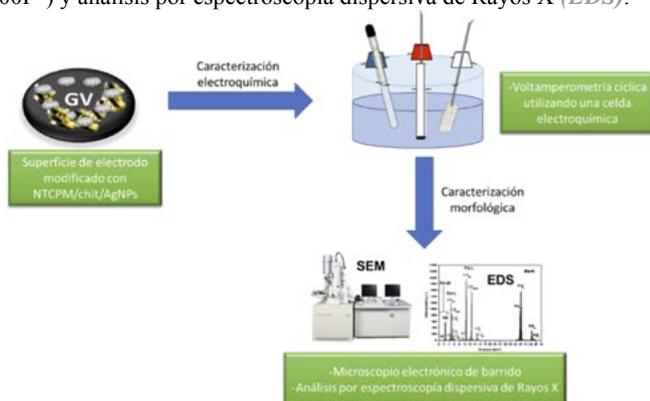


Figura 1. Mapa conceptual para realizar caracterización electroquímica y morfológica de la superficie de electrodo modificado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Incremento en el valor de corriente I_p , para cada superficie de electrodo.

Superficie de electrodo	I_p (μA)
EGV	0.0000
EGV/AgNp	0.0978
EGV/NTCMP/Chit/AgNp	0.1352

Caracterización morfológica de electrodo de grafito vidriado modificado con AgNPs

Las imágenes de SEM ilustran, en todas las superficies de EGV, la presencia de AgNPs sobre el electrodo. La Figura 3a, ilustra la forma de esfera de estas nanopartículas que se agrupan en un conglomerado cristalino de tipo cúbico. Finalmente, la Figura 3b, permite identificar el diámetro aproximado de las esferas que constituyen estas nanopartículas del orden de $40nm$ [12].

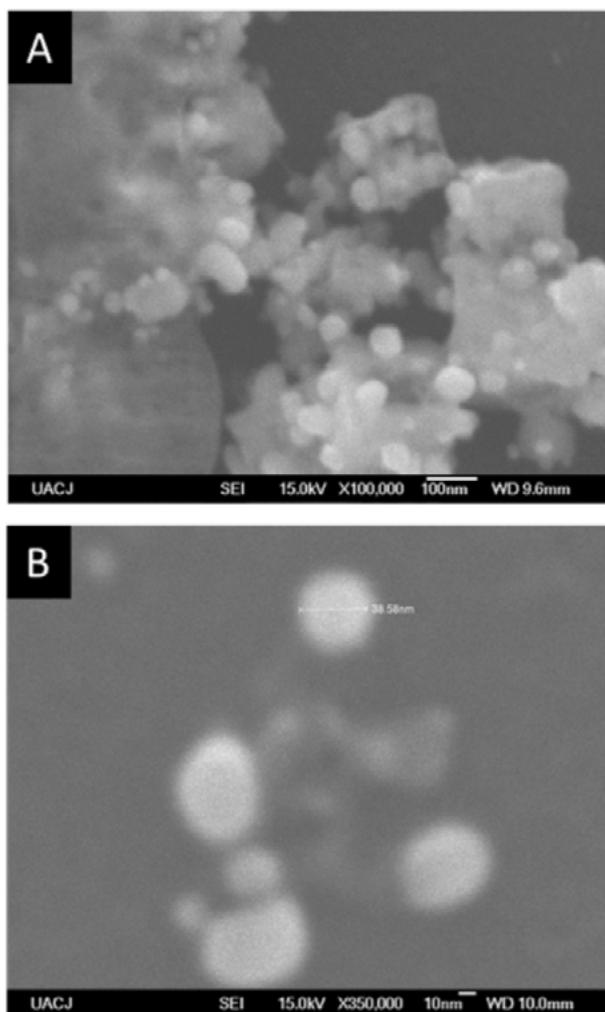


Figura 3. Imágenes de SEM de la superficie de electrodo EGV, modificada con AgNp: a) 100,000X, y b) 350,000X.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterización morfológica de electrodo de grafito vidriado modificado con CNT/chit/AgNPs

La morfología resultante del EGV modificado con AgNPs/CNT/chit se muestra en las imágenes de SEM las cuales se ilustran en la Figura 4. La Figura 4a, se observa que después de la electrodeposición de plata en EGV modificado con CNT/chit las partículas de plata se encuentran distribuidas en la mayor parte de la superficie, se observa como las partículas de plata se acomodan en la superficie de polímero que tiene NTCPM, mientras que en la Figura 4b, se logra observar que el diámetro de la nanopartícula de plata cuando está en presencia de NTCPM y chit es aproximadamente de $26 nm$, lo cual confirma el aumento en la cantidad de área superficial debido al tamaño, por lo tanto confirma que hay una mayor cantidad de AgNPs depositadas en el EGV modificado con NTCPM/chit, esto indica que hay mayor cantidad de plata interaccionando con los aniones de cloro por lo cual se logra observar un aumento en la corriente [12].

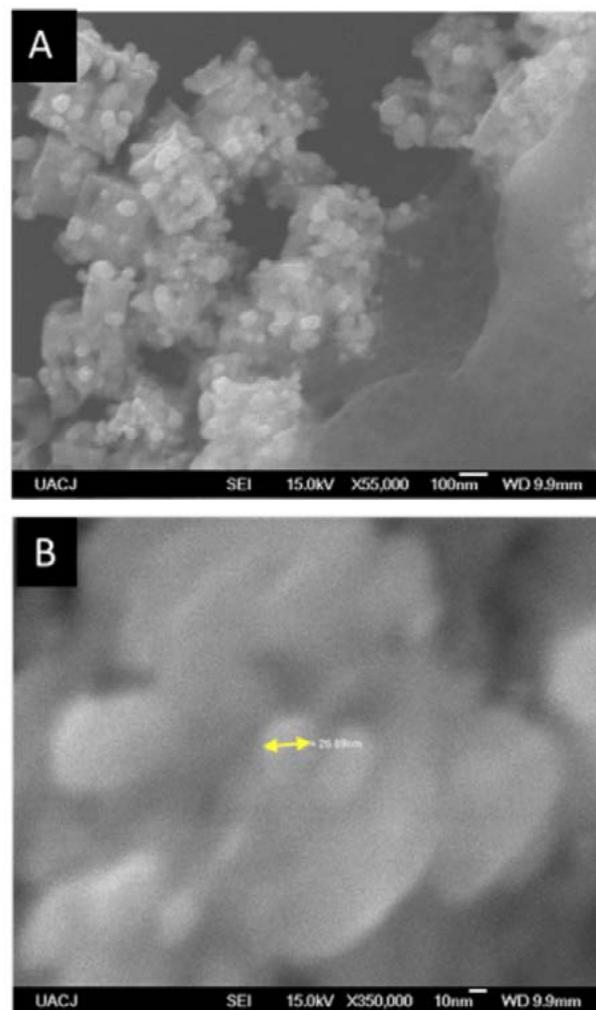


Figura 4. Imágenes de SEM de la superficie de electrodo EGV/NTCPM/Chit/ con AgNp: a) 55,000X SEI y b) 350,000X.

Fuente: Elaboración propia.

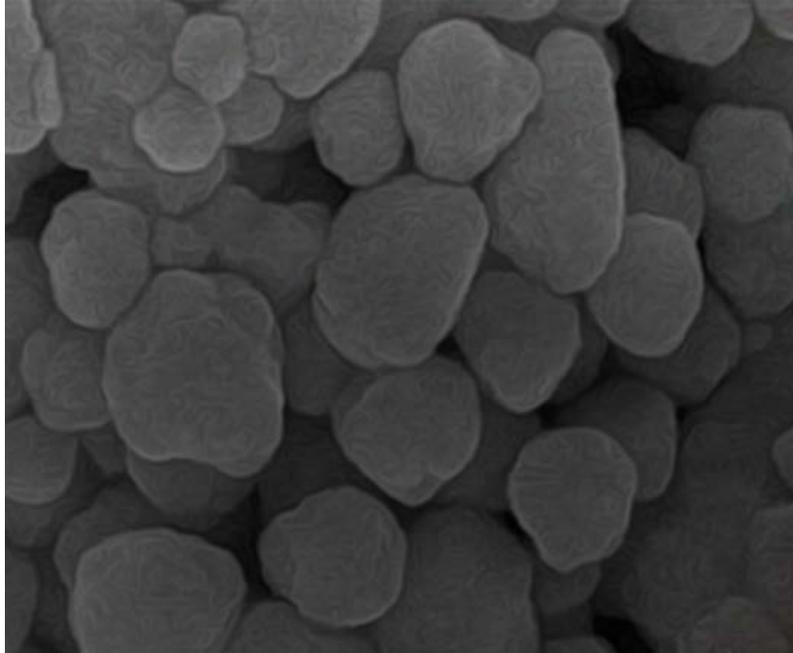
Conclusión

Se demostró que cuando el *EGV* modificado con *NTCPM/chit* se modifica con *AgNPs* las partículas tienen un menor diámetro que el *EGV* solo modificado con *AgNPs*. Debido a lo anterior, es posible disponer de mayor área superficial del electrodo. Esto se confirmó con el incremento del valor de corriente y que implica interacción del catión Ag(I) con aniones de cloro debido a que hay mayor cantidad de plata en la superficie de *EGV* modificado con *AgNPs/NTCPM/chit* que el *EGV* modificado solo con *AgNPs*.

Estos hallazgos permiten establecer que la propuesta de electrodos modificados del tipo *AgNPs/NTCPM/chit*, constituye una perspectiva prometedora para fabricar un sensor electroquímico que detecte y cuantifique residuos contaminantes clorados en medio acuoso, -tan nocivos para el medio ambiente y los seres vivos-, con la sensibilidad, exactitud, y precisión que, de otra forma se obtiene por técnicas espectrométricas, pero a muy alto costo económico. Además, las ventajas que se obtendrían de este sensor electroquímico es la posibilidad de miniaturización y portabilidad.

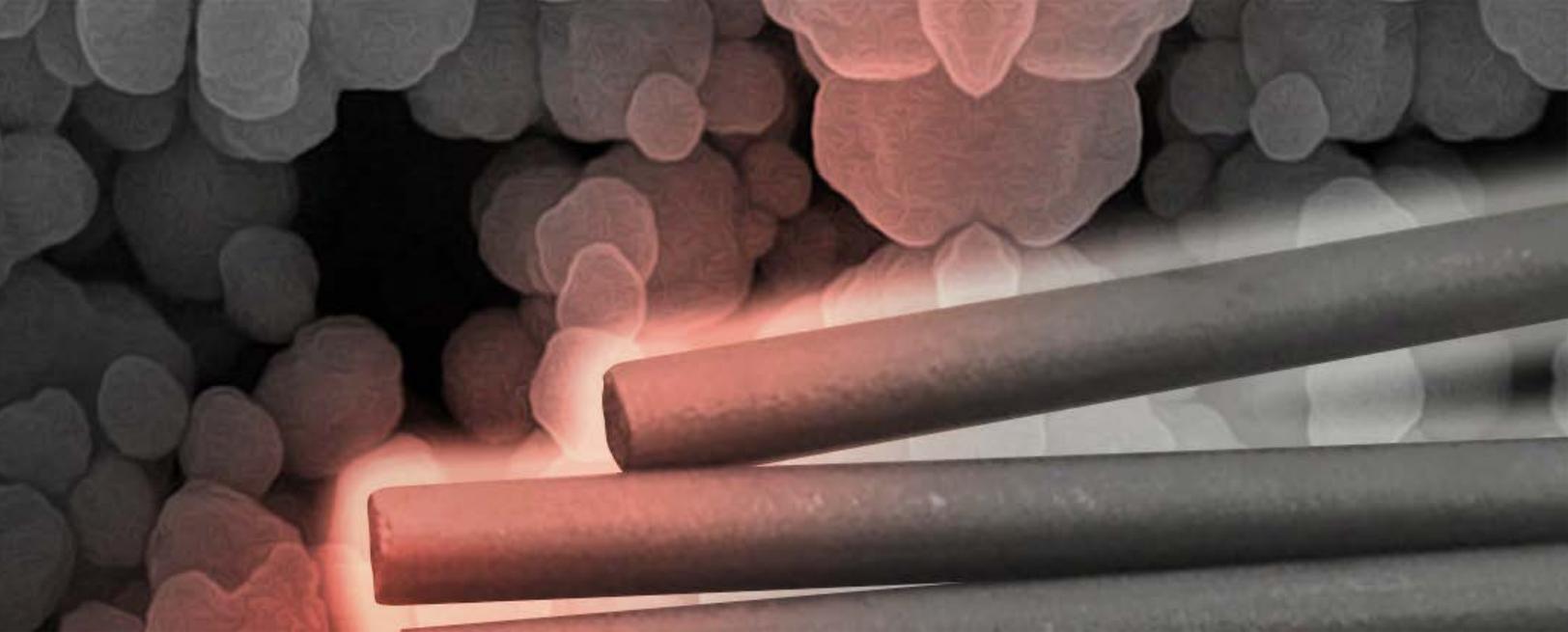
Agradecimientos

Se agradece la toma de imágenes del SEM del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología Aplicada, CICTA, IIT-UACJ y a Iván Salcido por la toma de imágenes.



Bibliografía

- [1]. Bujes-Garrido, J. y Arcos-Martínez, M. J. (2016). Disposable sensor for electrochemical determination of chloride ions. *Talanta*, 155, 153–157. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.038>.
- [2]. Chu, L. y Zhang, X. (2012). Electrochemical detection of chloride at the multilayer nano-silver modified indium-tin oxide thin electrodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 665, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2011.11.012>
- [3]. Xiao, F., Zhao, F., Zhang, Y., Guo, G. y Zeng, B. (2009). Ultrasonic electrodeposition of gold - platinum alloy nanoparticles on ionic liquid - chitosan composite film and their application in fabricating nonenzyme hydrogen peroxide sensors. *Journal of Physical Chemistry C*, 113(3), 849–855. <https://doi.org/10.1021/jp808162g>
- [4] Galicia, M., Li, X. y Castaneda, H. (2014). Interfacial Characterization of Single- and Multi-Walled CNT-Doped Chitosan Scaffolds under Two Flow Conditions. *Journal of The Electrochemical Society*, 161(12), H751–H761. <https://doi.org/10.1149/2.0611412jes>



[5]. Solís, J. C. y Galicia, M. (2020). High performance of MWCNTs-Chitosan modified glassy carbon electrode for voltammetric trace analysis of Cd(II). *International Journal of Electrochemical Science*, 15, 6815–6828. <https://doi.org/10.20964/2020.07.56>

[6]. Welch, C. M., Banks, C. E., Simm, A. O. y Compton, R. G. (2005). Silver nanoparticle assemblies supported on glassy-carbon electrodes for the electro-analytical detection of hydrogen peroxide. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382(1), 12–21. <https://doi.org/10.1007/s00216-005-3205-5>

[7]. Lee, S. H. y Jun, B. H. (2019). Silver nanoparticles: Synthesis and application for nanomedicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/ijms20040865>

[8]. Gómez Villarraga, F. (2016). Nanopartículas Metálicas Y Sus Aplicaciones. *Portal Innovación y Ciencia*, 1(July), 1–11. https://innovacionyciencia.com/documentos/nanopartículas_metalicas_y_sus_aplicaciones.pdf

[9]. Baig, N., Sajid, M. y Saleh, T. A. (2019). Recent trends in nanomaterial-modified electrodes for electroanalytical applications. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 111, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.044>

[10]. Silva De Hoyos, L. E. (2018). Nanopartículas biogénicas de Au, Ag y compositos de celulosa/Au y celulosa/Ag para su evaluación como sensores selectivos de iones metálicos contaminantes. Tesis Doctorado en ciencias ambientales, UAEM. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94919>.

[11]. Lee, S. H. y Jun, B. H. (2019). Silver nanoparticles: synthesis and application for nanomedicine. *International journal of molecular sciences*, 20(4), 865.

[12]. Baez, M. R. (2017). Integración de sensores electroquímicos basados en nanomateriales funcionales para la detección de contaminantes en aguas. 1–180.

[13]. Ding, Y. F., Jin, G. P., y Yin, J. G. (2007). Electrodeposition of silver nanoparticles on MWCNT film electrodes for hydrogen peroxide sensing. *Chinese Journal of Chemistry*, 25(8), 1094–1098. <https://doi.org/10.1002/cjoc.200790204>

CUMPLIMIENTO DE LA NOM-251-SSA1-2009 EN LA AGROINDUSTRIA QUESERA ARTESANAL: UN ESTUDIO COMPARATIVO

Artículo arbitrado 13

Edición 16

Elia Trejo Trejo¹, Natalia Trejo Trejo², Gema Patricia Alamilla Castañeda³ y Laura Lizeth López Islas⁴

^{1,2,3,4} Universidad Tecnológica del Valle del
Mezquital
Carretera Ixmiquilpan-Capula Km. 4, Nith,
Ixmiquilpan, Hgo. Hidalgo, México.
C.P. 42300



elitret@gmail.com

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 31, 2021.

Aceptado: Junio 1, 2021.

Resumen: El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia del cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009 sobre la inocuidad en la agroindustria quesera artesanal, ubicada en Ixmiquilpan, Hidalgo. Para ello se realizó un estudio de caso con dos queserías (Q1 y Q2). Se exponen a grosso modo las características de las queserías desde el punto de vista organizacional, de producción y comercialización; posteriormente se analiza el nivel de cumplimiento de la norma y se establecen propuestas de mejora. Se encontró que las queserías procesan diariamente entre 1500 y 3500 litros de leche, transformándose en queso oaxaca, panela, manchego y rancharo. El queso de mayor demanda es el oaxaca (mayor de 50%) y es colocado en el mercado local y regional, ya sea por venta directa al mayoreo o menudeo. La Q1 tiene un cumplimiento de la norma de 79.49% mientras Q2 de 37.77%, se comprueba la diferencia estadística con $p < 0.05$. Para subsanar la brecha se establecen propuestas de mejora encaminadas principalmente a las buenas prácticas de higiene y de manufactura. En atención con los criterios de la norma se concluye que las dos queserías bajo estudio tienen diferente implementación de la norma lo que se asocia con el tipo de mercado, volumen de leche procesado y desconocimiento de la misma norma.

✦ **Palabras clave:** Quesería, artesanal, NOM-251

Abstract: The objective of this research was to determine the influence of compliance with the Official Mexican Standard NOM-251-SSA1-2009 on safety in the artisan cheese agribusiness, located in Ixmiquilpan, Hidalgo. For this, a case study was carried out with two cheese factories (Q1 and Q2). The characteristics of the cheese factories are roughly exposed from the organizational, production and marketing point of view; subsequently, the level of compliance with the standard is analyzed and proposals for improvement are established. It was found that the cheese factories process between 1,500 and 3,500 liters of milk daily, transforming it into *oaxaca*, *panela*, *manchego* and *ranchero* cheese. The cheese with the highest demand is *oaxaca* (greater than 50%) and it is placed in the local and regional market, either by direct wholesale or retail sale. Q1 has a compliance with the norm of 79.49% while Q2 of 37.77%, the statistic difference is verified with $p < 0.05$. To bridge the gap, proposals for improvement are established, mainly aimed at good hygiene and manufacturing practices. In keeping with the criteria of the standard, it is concluded that the two cheese factories under study have different implementation of the standard, which is associated with the type of market, volume of processed milk and ignorance of the same standard.

+ **Keywords:** *Cheese factory, artisan, NOM-251.*

Introducción

Es innegable la necesidad del ser humano de comer alimentos para sobrevivir. Aún cuando estos son esenciales para la vida, también pueden ser peligrosos para la salud de los consumidores, sobre todo cuando no son procesados y manejados con altos estándares de inocuidad. Caso particular, es la producción de quesos frescos artesanales, donde las prácticas de manufactura constituyen un factor preponderante para garantizar el manejo higiénico de la leche y productos derivados. Para ello es importante el cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.

Al respecto, Villegas y Cervantes (2012), refiere que, debido a las características particulares de producción de quesos frescos artesanales, en las microempresas es difícil el cumplimiento cabal de la normatividad oficial vigente; a pesar de ello, la agroindustria quesera artesanal constituye desde el punto de vista económico, un factor de crecimiento y desarrollo local (Espejel, 2018). Castro, Díaz y Torres (2007), aseveran se puede mejorar la calidad higiénico-sanitaria de los quesos al controlar factores como el empleo de la leche pasteurizada, en su defecto el uso de leche cruda proveniente de animales sanos y de calidad, las condiciones sanitarias en que son elaborados, almacenados y comercializados, la maduración y el tiempo transcurrido para ser consumido. Si se descuida alguno de estos factores, es probable que los productos se contaminen con microorganismos alterantes, dañando su estabilidad o con microorganismos patógenos, resultando un riesgo inminente para la salud de los consumidores.

En atención con lo anterior y con la intención de contribuir a la mejora en la inocuidad de la agroindustria quesera artesanal, se establece la investigación cuyo objetivo fue realizar un estudio comparativo del nivel de cumplimiento de los criterios establecidos en la NOM-251-SSA1-2009 en dos queserías artesanales ubicadas en Ixmiquilpan, Hidalgo a fin de establecer propuestas de mejora. Para lograr lo anterior,

se trabaja bajo un estudio de caso donde en primera instancia se realiza una descripción general de las queserías y, posteriormente se muestran los resultados del diagnóstico del estado de cumplimiento de la NOM-25-SSA1-2009 para finalmente establecer propuestas de mejora.

Sobre la agroindustria quesera artesanal

Para Villegas, Santos, y Cervantes (2016), la agroindustria de la producción de queso en México, en específico la del tipo artesanal, posee gran relevancia por constituir una fuente de empleo rural para diversos agentes que colaboran en la cadena agroalimentaria, con productos típicos, originales con calidad sensorial. Dada la importancia de este sector, diversos investigadores se han ocupado del estudio de los quesos artesanales entre ellos, Camacho et al. (2019), Montiel et al. (2014), Cervantes y Villegas (2012), Domínguez, Villanueva, Arriaga y Espinoza (2010), coinciden en establecer que los quesos artesanales son producto de la fermentación de la leche cruda de bovinos, se producen a baja escala, hacen uso intensivo de mano de obra familiar en el proceso, tienen poca intensidad en el uso de maquinaria y equipos, reducida velocidad en el cambio tecnológico y, cuyo proceso no está completamente controlado, sino que está definido por costumbres, gustos o circunstancias ambientales de la región.

Por otro lado, Cervantes, Villegas y Cesin (2016), Grass y Cesin (2014) Domínguez et al. (2010), aseveran que este tipo de quesos son producidos en México en las zonas rurales donde se busca aprovechar los excedentes de leche, pero sobre todo la falta de canales de comercialización y los bajos precios. De igual manera Villegas et al. (2016), a través de sus diversas investigaciones sostiene que la agroindustria impulsa el desarrollo rural de México, coadyuvando con la Seguridad Alimentaria del país.

La importancia de estos quesos frescos artesanales, elaborados por la agroindustria local, desde el punto de vista socioeconómico pueden constituir una buena estrategia para generar empleo en las zonas marginadas, aumentando los niveles de ingresos de los agricultores y criadores de ganado y por consecuencia se impulsa el desarrollo local y regional.

Sobre las buenas prácticas de higiene

La inocuidad de los alimentos es un aspecto fundamental en salud pública. Debido a ello, es motivo de preocupación y se ha vuelto un tema de primer orden para evitar problemas de salud, por lo que muchos países han puesto acciones para atender y garantizar el que los alimentos producidos no sean una fuente de enfermedades (Cha y Borchgrevink, 2019).

Para disminuir los riesgos por Enfermedades de Transmisión Alimentaria (ETA), existen diversas normas, lineamientos y certificaciones, variantes en cada país, que dictan límites permisibles en alimentos y el manejo adecuado durante su preparación para venta al público. En México se tiene la NOM-251-SSA1-2009, denominada prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, entró en vigor oficial a partir de septiembre de 2010 y es de carácter obligatorio para todo el sector dedicado a la producción y/o elaboración de alimentos.

Esta norma tiene como objetivo el establecer los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene que deben observarse en la elaboración de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios y sus materias primas, con el fin de evitar su contaminación a lo largo de su proceso. Entre las buenas prácticas de manufactura contenidas en la NOM-251-SSA1-2009 se encuentran disposiciones sobre instalaciones y áreas, equipos y utensilios, servicios, almacenamiento, control de operaciones y de materias primas. También se refiere a las buenas prácticas de salud e higiene del personal, transporte, control de la manipulación de los alimentos, capacitación de los trabajadores, documentación y registros, y retiro de producto cuando éste represente un peligro para la salud (Figura 1).

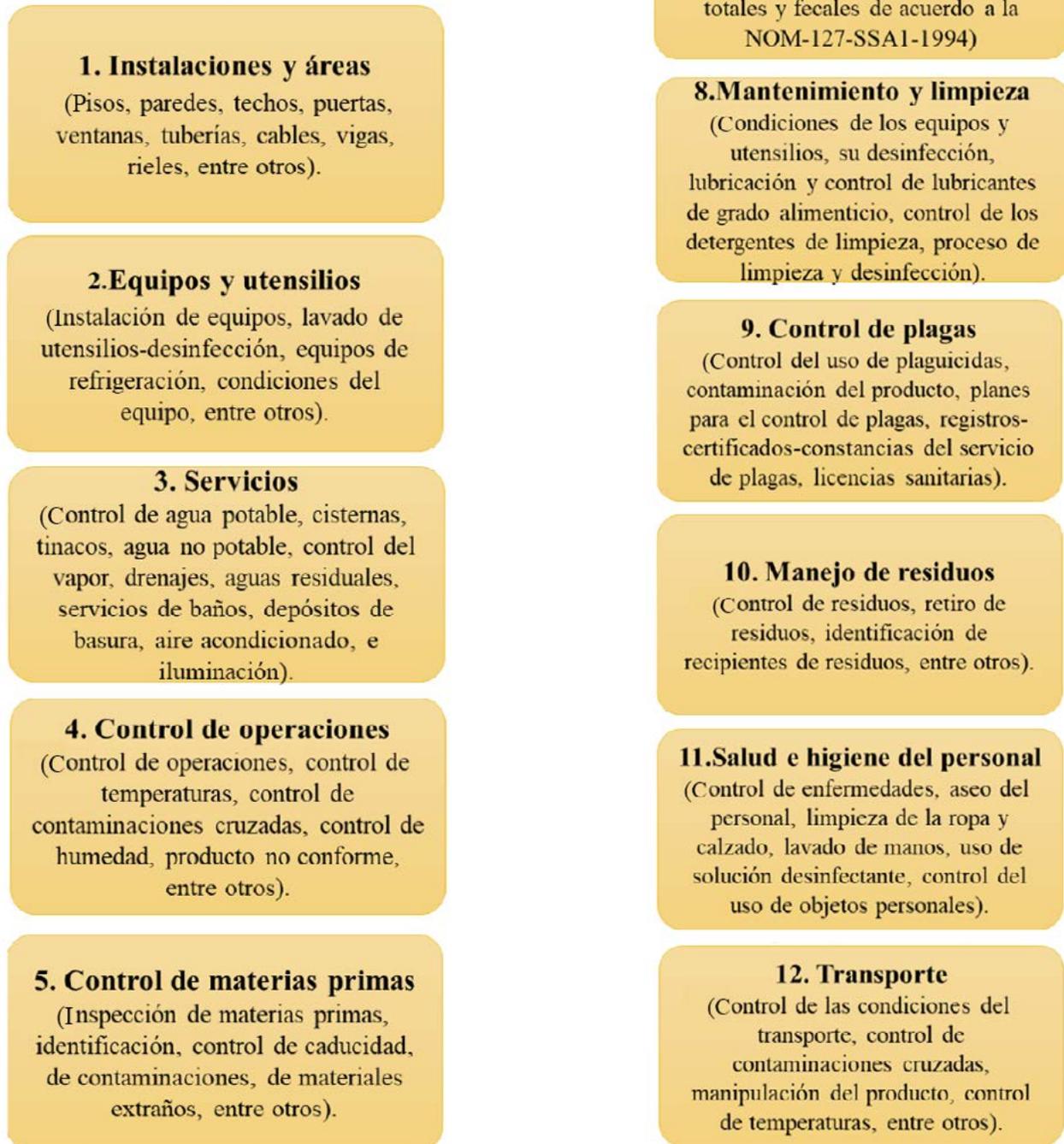


Figura 1. Puntos generales de la NOM-251-SSA1-2009.
Fuente: Adaptado de la NOM-251-SSA1-2009.

Esta norma es de observancia obligatoria para las personas físicas o morales que se dedican al proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, destinados a los consumidores en territorio nacional.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en dos agroindustrias rurales (Q1 y Q2) dedicadas a la elaboración de queso fresco artesanal, ubicadas en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. Los productos ofertados son queso oaxaca, panela, manchego, ranchero, botanero, enchilado, crema natural, mantequilla y yogurt en diferentes sabores. Los datos se recopilaron a manera de caso de estudio, seleccionando las queserías con base a su mayor propensión a colaborar y a la diversidad de tamaño de este tipo de microempresas. Dado que los resultados se presentan de forma descriptiva y mediante un análisis estadístico el estudio fue del tipo mixto. Durante la investigación se partió de la premisa que las queserías bajo observación no difieren en cuanto al nivel de cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009.

Para la realización de la investigación se trabajó en las siguientes fases (Figura 2).

Fase 1. Aplicación de un cuestionario in situ a los dueños de las queserías con la finalidad de realizar una descripción general del funcionamiento de la organización, su forma de producción y comercialización. Los resultados se presentan de forma descriptiva.

Fase 2. Verificación del cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009. Esta fase se llevó a cabo dentro de cada una de las queserías artesanales (Q1 y Q2) mediante la observación. El instrumento utilizado fue una lista de verificación que incluyó todas las disposiciones que marca la norma (Instalaciones y áreas; equipo y utensilios; servicios; almacenamiento; operaciones; control de materias primas; control de envasado; control del agua en contacto con los alimentos; mantenimiento y limpieza; control de plagas; manejo de residuos; salud e higiene del personal; transporte y capacitación). En cada punto se registró el porcentaje de cumplimiento. De igual forma, se anotaron las observaciones pertinentes en caso de que las hubiera. Para reducir los datos obtenidos en esta etapa, se sacó un porcentaje promedio de cumplimiento de cada apartado de la norma y se realizó una gráfica descriptiva de porcentajes de cumplimiento. Para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas, entre queserías, con respecto al porcentaje de cumplimiento se realizó un ANOVA ($\alpha = 0.05$) y pruebas de Tukey.

Fase 3. A partir de los datos analizados en la fase 2 se establecen propuestas de mejora para las queserías, mismas que se detallan de forma descriptiva.



Figura 2. Proceso metodológico de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Descripción de las queserías artesanales

La quesería uno (Q1) tiene 20 años en el mercado, trabaja con mano de obra contratada la cual llega a oscilar hasta los 10 trabajadores. El dueño de la quesería tiene como actividad complementaria a la agricultura y ganadería por lo cual es proveedor de la materia utilizada en los diferentes procesos. En esta quesería se trabaja de lunes a domingo y se procesan entre $3,500 \pm 500$ litros de leche por día. Regularmente se elaboran ocho tipos de quesos, siendo el principal el queso oaxaca (48% del total de la producción), seguido por el panela, manchego, ranchero, botanero, enchilado y ocasionalmente se produce yogurt de diferentes sabores (Fresa, nuez, mango, durazno, frutos rojos, ciruela pasa). Las pruebas que se realizan a la leche que entra a proceso, son sensoriales para verificar que cumpla con el olor, sabor, color y textura característicos, además, de la prueba de densidad para evitar adulteración por adición de agua. Durante el proceso no se realiza pasteurización de la leche, es decir los quesos frescos artesanales, se elaboran con leche bronca tal como lo sugiere Villegas et al (2012). Para la realización del proceso se cuenta con una malaxadora, tinas para calentamiento, descremadora, mesas industriales siendo todas de acero inoxidable y una cámara de refrigeración todo esto para preservar la calidad de los productos elaborados. El producto es envasado en bolsas de polietileno y etiquetado. Los quesos son ofertados en el mercado local y regional. La venta es directa con el consumidor, puede ser al mayoreo o menudeo.

La quesería dos (Q2), tiene 21 años en el negocio. El distinguo con respecto a la quesería anterior es que la mano de obra con la que trabaja es familiar (seis trabajadores) y esta es la única actividad económica a la que se dedican. La materia prima, leche, es adquirida de los productores de leche del municipio quienes llevan directamente el lactcinio a la quesería. Se procesan entre $1,500 \pm 500$ L de leche por día, trabajando los siete días de la semana. Se elaboran seis tipos de quesos, del cual el 64% de la producción es destinada al queso Oaxaca y el resto a panela,

ranchero, enchilado, yogurt y mantequilla. Durante la recepción de la leche se realiza análisis sensorial (sabor, olor, color), prueba de densidad y ocasionalmente acidez. Al igual que la otra quesería, no se realiza pasteurización solo calentamiento de la leche (37 a 40°C). Esta quesería dispone de mesas, tinas de calentamiento, descremadora y agitadores. Todo el material es de acero inoxidable y también cuentan con cámara de refrigeración. Tienen un mercado regional y la venta la realizan directamente en sus instalaciones, en el local que tienen para dicho fin; la venta puede ser al mayoreo o menudeo.

Como se observa en la descripción realizada grosso modo, las dos queserías cuentan con aspectos de organización, producción y comercialización muy similares. Únicamente se distinguen por el volumen de leche procesado. Destaca el que ambas queserías, no realizan un proceso de pasteurización a la leche, por lo cual y de acuerdo con Villegas, Santos y Cervantes (2016), se puede comprometer la inocuidad del producto terminado.

Verificación de la NOM-251-SSA1-2009

Con respecto a la verificación de la NOM-251-SSA1-2009, se encontró que de forma general la quesería uno muestra un mayor cumplimiento (Q1 = 73.75%, mediana=80.625 y Q2 = 90.79%) con respecto a la quesería 2 (Q1 = 21.40%, mediana de 35.41% y Q2 = 57.5%) (Figura 3), lo anterior y, en términos de los dueños de las queserías se debe a que la primera quesería manipula diariamente un mayor volumen de leche, teniendo un mercado local y regional. Esto la obliga a garantizar que la leche y los productos elaborados sean manejados en las mejores condiciones de inocuidad, de tal manera que el producto no presente problemas microbiológicos, sensoriales o fisicoquímicos al ser colocados en el mercado.

Al realizarse el ANOVA para validar las diferencias encontradas, se determinó un valor menor de $p < 0.05$, lo que indica que el nivel de cumplimiento de los parámetros evaluados de la NOM-251-SSA1-2009 difieren significativamente, desde el punto de vista estadístico. Es decir, algunas de las medias de los grupos son diferentes. Lo anterior se comprueba mediante la prueba de Tukey (Tabla 1). En consecuencia, se rechaza la premisa planteada que establecía la no diferencia entre el cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009.

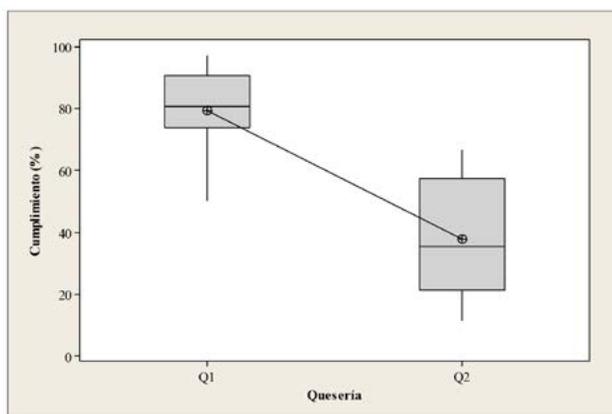


Figura 3. Cumplimiento general de la NOM-251-SSA1-2009 por las queserías bajo estudio.

Fuente: Trabajo de campo/análisis estadístico (2020).

Al realizar el análisis de cada uno de los criterios de la norma se observa que la quesería uno tiene un mayor cumplimiento en todos los puntos. Destacando la salud e higiene del personal (95.83±0.12%), control de plagas (93.18±1.12%), servicios (92.22±0.92%) y control de envasado (90.00±1.18%). Mientras que presenta un cumplimiento por debajo del 50% en el rubro de control de operaciones, asociado con registros de los procesos. La quesería dos, mostró un mayor nivel de cumplimiento en salud e higiene del personal, control de envasado y equipo y utensilios, 66.66±0.10%, 65.00±1.13% y 65.00±0.24%, respectivamente. Esta quesería habrá de poner especial atención en control de plagas, de operaciones documentación y registros.

Tabla 1. Cumplimiento de la norma por las queserías bajo estudio (5).

Criterio de la norma	Cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009 (%)	
	Q1	Q2
Instalaciones y áreas	81.25±1.12 ^a	43.75±1.45 ^b
Equipo y utensilios	85.00±0.18 ^a	65.00±0.24 ^b
Servicios	92.22±0.92 ^a	30.55±0.84 ^b
Almacenamiento	80.00±1.10 ^a	55.00±2.01 ^b
Operaciones	75.00±1.00 ^a	25.00±1.25 ^b
Control de materias primas	75.00±1.23 ^a	33.33±1.34 ^b
Control del envasado	90.00±1.18 ^a	65.00±1.13 ^b
Mantenimiento y limpieza	86.11±0.25 ^a	38.88±0.56 ^b
Control de plagas	93.18±1.12 ^a	11.36±1.24 ^b
Salud e higiene personal	95.83±0.12 ^a	66.66±0.10 ^b
Transporte	75.00±1.18 ^a	37.50±0.98 ^b
Capacitación	70.00±1.12 ^a	20.00±1.11 ^b
Control de operaciones	50.00±0.38 ^a	15.00±0.45 ^b
Documentación y registros	59.37±0.12 ^a	21.87±0.14 ^b

Nota: Letras diferentes, para cada parámetro evaluado, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Como se observa en la tabla anterior, la NOM-251-SSA1-2009 es una buena herramienta de diagnóstico de la inocuidad, ya que contiene disposiciones puntuales y medibles y abarca desde el recibo de materias primas hasta su rastreabilidad. De igual manera, es importante destacar su enfoque de prevención y fundamentos científicos tal como lo sugiere Estrada (2010).

Los resultados obtenidos de porcentaje de cumplimiento de la norma y la medición de la inocuidad permiten observar la relación entre las

prácticas de higiene que se practican dentro de las queserías y la inocuidad de los alimentos, queda pendiente para futuras investigaciones, la necesidad de cruzar dicha información con análisis microbiológicos al producto terminado.

En la Figura 4, se observa que la brecha para el cumplimiento total de la NOM-251-SSA1-2009 de la Q1 oscila entre 2 y 50%; mientras que la Q2 tiene un rango de incumplimiento promedio mayor al 50%. Debido a lo anterior, se hace necesario el realizar propuestas generales encaminadas a la mejora del cumplimiento de la norma y por ende a la mejora en la inocuidad de los procesos y los productos terminados (Tabla 2).

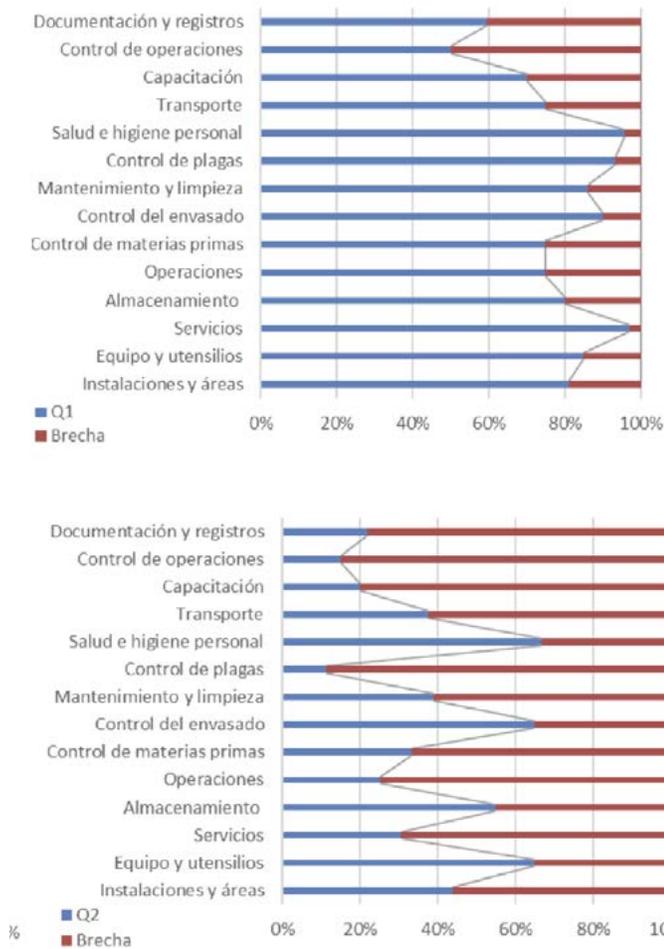


Figura 4. Cumplimiento y brecha de la NOM-251-SSA1-2009 por las queserías bajo estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora

En la Tabla 2, se observan medidas generales para mejorar la aplica-

ción de la NOM-251-SSA1-2009 la cual en definitiva está asociada en primera instancia con la sensibilización hacia la mejora de la inocuidad de los procesos, mediante el cumplimiento de dicha norma. Pero, también se asocia con el conocimiento de la norma, la disponibilidad de recursos materiales, humanos y financieros y las demandas específicas del mercado por ofertar un producto que no genere problemas de salud al consumidor, situación que hasta la fecha parece estar controlada dado que no existen registros que muestren lo contrario.

Tabla 2. Recomendaciones generales para mejorar el nivel de cumplimiento de la NOM-251-SSA1-2009.

Criterio de la NOM-251-SSA1-2009	Recomendación general
Mantenimiento y limpieza	Utilizar instrumentos (escobas, cubetas, talladores, jicaras, trapos) en buen estado. Se recomienda el cambio mínimo cada 6 meses. Utilizar jabones y desinfectantes de buena calidad. Utilizar agua potable limpia. Garantizar la desinfección y sanitización.
Control de Materia prima	Realizar todas las pruebas de plataforma obligatorias con base a la norma. Filtrar la leche con manta cielo en buenas condiciones. Utilizar medios de almacenamiento de acero inoxidable. Realizar las pruebas microbiológicas establecidas por la norma.
Equipo y utensilios	Llevar a cabo el proceso de elaboración adecuado según la norma para los diferentes productos que la empresa ofrece. Utilización de material de acero inoxidable. Utilizar los aditivos establecidos por la norma y llevar un control por medio de una bitácora. Llevar un control del proceso.
Almacenamiento	Tener control de la temperatura de la cámara de refrigeración. Evitar las corrientes de aire al abrir la cámara. Tener la protección adecuada. Tener limpia y sanitizada la cámara de refrigeración.
Transporte	El vehículo tiene que estar completamente cerrado para no contaminar el producto. Al interior del vehículo, el producto se tiene que conservar a la temperatura adecuada.
Operación	Asegurar que el producto este en refrigeradores con la temperatura adecuada. Mantener los empaques sin rupturas. Asegurar la veracidad de la fecha de caducidad.
Salud e higiene del personal	Mejorar la utilización de cofia, mandiles, cubre bocas. Utilización de protección en los oídos. Utilización del uso adecuado del calzado. Higiene adecuada. Lavado correcto de manos a cada momento. Evitar las salidas y entradas en el momento de proceso. Evitar el uso de barba, cabello largo, uñas largas. Evitar el uso de joyería, ropa con botones y detalles que puedan desprenderse. Evitar el uso de maquillaje. Evitar el uso del celular.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La NOM-251-SSA1-2009 resultó una herramienta útil para medir el porcentaje de prácticas básicas de higiene con las que contaban las queserías bajo estudio. Existen muchas limitaciones para poder cumplir con varios puntos de la norma debido a la estructura propia de las queserías, tales como el piso y paredes. Otro aspecto importante que se debe mejorar es la capacitación para los manipuladores de alimentos dado que existen algunos aspectos que los trabajadores no realizan por desconocimiento.

Dentro de las acciones inmediatas que se podrían hacer, y que sin embargo no se están realizando, son las capacitaciones frecuentes para manipuladores de alimentos y la verificación continua de que se estén cumpliendo los apartados de la norma.

Para tener evidencia contundente sobre la inocuidad de los quesos frescos artesanales, se sugieren investigaciones futuras asociadas con los análisis microbiológicos de los productos terminados.





Bibliografía

- + Camacho, V. J. H., Cervantes, E. F., Cesín V. A. y Palacios, R. M. I. (2019). Los alimentos artesanales y la modernidad alimentaria. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, (29)53, e19700, <http://dx.doi.org/10.24836/es.v29i53.700>.
- + Cervantes, E. F. y Villegas, G. A. (2012). *La leche y los quesos artesanales en México*. México: Editorial Porrúa.
- + Cha, J. M. y Borchgrevink, C. P. (2019). Customers' perceptions in value and food safety on customer satisfaction and loyalty in restaurant environments: Moderating roles of gender and restaurant types. *Journal of Quality Assurance in Hospitality and Tourism*, 20(2), 143-161. doi: <https://doi.org/10.1080/1528008X.2018.1512934>.
- + Domínguez, L. A., Villanueva, C. A., Arriaga, J. C. M. y Espinoza, O. A. (2010). Alimentos artesanales y tradicionales: el queso Oaxaca como un caso de estudio del centro de México. *Estudios sociales*, 19(38), 165-193. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572011000200007&lng=es&tlng=es.
- + Espejel, G. A. (2019). Caracterización de la agroindustria artesanal y atributos de la valoración en consumidores de queso bola de Ocosingo, Chiapas. *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social*, 20(33), 137-155. DOI: <https://doi.org/10.15331/22484914.4881>.
- + Estrada, N. C. (2010). NOM-251: Oportunidades y retos para la industria alimentaria. En *Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (1st ed.)*, Secretaría de Salud.
- + Grass, J. y Cesin, A. (2014). Situación actual y retrospectiva de los quesos genuinos de Chiuatla de Tapia México. *Agricultura, sociedad y desarrollo* 11, 201-22. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722014000200005.
- + Montel, M., Buchin S., Mallet, A., Delbes, P.C., Vuitton, D., Desmasures, N. y Berthier, F. (2013). Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *Int. J. Food. Microbiol* 177, 136-154. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019.
- + Secretaría de Salud (SS, 2009). NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>
- + Villegas, G. y Cervantes, F. (2012). *La leche y los quesos artesanales en México*. Porrúa, 264 pp.
- + Villegas, G. A., Santos, M. A. y Cervantes, E. F. (2016). *Los quesos mexicanos tradicionales*. México: Juan Pablos Editor, S.A.



DISEÑO DE UN ROVER

PARA MEDIR CONDICIONES AMBIENTALES EN INDUSTRIA 4.0

Artículo arbitrado 14

Edición 16

Jorge García-Vasquez¹, Minerva Hernández-Lozano², Ervín Sánchez-Álvarez³, Rosario Aldana-Franco⁴, Gustavo Leyva-Retureta⁵ y Fernando Aldana-Franco⁶

Universidad Veracruzana.

^{1,3,4,5,6}Facultad de Ingeniería Mecánica
Eléctrica.

²Facultad de Química Farmacéutica
Biológica.

Circuito Universitario Gonzalo
Aguirre Beltrán S/N,
Centro Xalapa, Veracruz, México,
C.P. 91000.



faldana@uv.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: La salud de las personas que trabajan en una fábrica es un componente importante que debe ser cuidado por las empresas para mantener el bienestar de su plantilla, evitar accidentes de trabajo y enfermedades, así como evitar los gastos asociados. El término industria 4.0, implica una revolución dentro de los sistemas de producción debido a la incorporación de los sistemas ciber-físicos. Lo que trae consigo un aumento en el nivel de autonomía de las fábricas. Pero estos avances en la tecnología también pueden ser usados para el monitoreo de las condiciones ambientales. Para ello se presenta un diseño de un vehículo autónomo de exploración. Se trata de un robot móvil capaz de medir cuatro variables ambientales: Temperatura, humedad, presencia de monóxido de carbono y dióxido de carbono. Se empleó el modelo de Internet de las Cosas para el intercambio de datos y almacenamiento de las mediciones. La autonomía del robot se consiguió mediante una red neuronal artificial. Se presenta una comparación de dos algoritmos para el ajuste de los pesos de la red neuronal: supervisado y no supervisado. Se encontró que un AGG on board brinda mayor libertad para la emergencia de las características y estrategias del robot. Esto permitió que el rover adquiriera la capacidad de eludir obstáculos en un entorno de prueba con obstáculos estáticos (muebles y paredes) y obstáculos dinámicos (personas).

+ **Palabras clave:** Robótica autónoma, industria 4.0, algoritmos genéti-

Abstract: The health of the people who work in a factory is an important component that must be taken care of by companies to maintain the well-being of their workforce, avoid accidents at work and illnesses, as well as avoid associated expenses. The term industry 4.0 implies a revolution within production systems due to the incorporation of cyber-physical systems. Which brings with it an increase in the level of autonomy of the factories. But these advances in technology can also be used for monitoring environmental conditions. For this, a design of an autonomous exploration vehicle is presented. It is a mobile robot capable of measuring four environmental variables: Temperature, humidity, presence of carbon monoxide and carbon dioxide. The Internet of Things model was used for data exchange and storage of measurements. The autonomy of the robot was achieved through an artificial neural network. A comparison of two algorithms for adjusting the weights of the neural network is presented: supervised and unsupervised. An AGG on board was found to provide greater freedom for the emergence of robot characteristics and strategies. This allowed the rover to acquire the ability to avoid obstacles in a test environment with static obstacles (furniture and walls) and dynamic obstacles (people).

✦ **Keywords:** *Evolutionary robotics, industry 4.0, genetic algorithm on board.*

Introducción

Los daños a la salud del personal de las industrias suele ser una consecuencia de las malas condiciones ambientales en las que laboran. Dichas condiciones pueden producir daños a corto, mediano y largo plazo. Esto reduce la productividad de los individuos y afectan de forma negativa al proceso de producción de la industria. Pero también produce que las empresas deban destinar presupuesto para compensar los daños de su personal. Por ejemplo, una de las variables que más importantes a monitorear es la presencia de monóxido de carbono. Este gas puede producir intoxicación permanente y envenenamiento que lleve a la muerte (Miro, Nogue, Oliu, 2010). Por ello es necesario monitorear las condiciones ambientales de las industrias.

Por su parte, el término Industria 4.0, surgió en Alemania en 2015. Se trata de un cambio en el uso de la tecnología para mejorar la productividad de las empresas y aumentar los costos. Para ello la mayoría de los elementos participantes en el proceso de producción tienen una identidad física y otra en el ciberespacio (del Val Román, 2016). Con esta característica, los componentes de una industria pueden comunicarse entre ellos y coordinarse de manera autónoma o manual (Xu, Xu y Li1, 2018).

Bajo este enfoque cada componente genera una gran cantidad de datos durante un día de trabajo. Dichos datos pueden usarse para mejorar u optimizar el proceso productivo. También se pueden usar para mantenimiento preventivo y correctivo de componentes (Basco, Beliz, Coatz, y Garner, 2018).

Dentro del campo de trabajo de industria 4.0 se encuentran dos ramas de desarrollo tecnológico que pueden contribuir para medir las condiciones bajo las que se encuentran los trabajadores: Internet de las Cosas (IoT) y Robótica Autónoma. La primera es la responsable de do-

tar a los componentes de conexión a Internet.

La robótica autónoma busca aumentar la automatización en un proceso productivo. No sólo alcanza a los manipuladores, sino que se extiende a vehículos e incorpora robots móviles para tareas como la recarga de materia prima o el empaque de productos terminados. Los robots autónomos deben tener la capacidad de contender con su medio, la incorporación de la robótica autónoma a ambientes industriales es una realidad. Existen robots que buscan apoyar en las tareas de manipulación de productos, como el Robot Baxter (Viver, 2015).

Existe una clase de robots autónomos conocida como rover. Este tipo de vehículos son muy populares ya que son enviados al espacio para realizar pruebas y medir variables. Tienen características de laboratorios móviles con autonomía de exploración y capacidad de comunicación a los centros de operación en la Tierra. Pero dichos robots también operan en la tierra, por ejemplo, en los desiertos.

Tal es el caso del robot Zoë que realiza mediciones en el desierto de Atacama en Chile. Tiene la capacidad de viajar hasta 10km y realizar perforaciones en el suelo a 0.7 metros de profundidad. Incluye mecanismos de exploración y navegación tales como cámaras (Foil, Furlong, Thompson, Wettergreen, 2014). El objetivo de esta investigación fue crear un rover para medir las condiciones ambientales (Monóxido de carbono, Dióxido de carbono, Humedad relativa y temperatura) en un ambiente de Industria 4.0 empleando la arquitectura de Internet de las Cosas.

Materiales y Métodos

Se eligieron cuatro variables ambientales para medir: Monóxido de carbono, Dióxido de carbono, Humedad relativa y temperatura. El Monóxido de Carbono (CO) es un gas incoloro, insípido e inodoro. Para los seres humanos es un gas tóxico cuando sus niveles son elevados en el aire. Lo peligroso de este gas es que genera intoxicación permanente y no reversible. En el caso del dióxido de carbono (CO₂) también produce intoxicación, en niveles elevados se produce somnolencia y desmayos, incluso la muerte, la temperatura elevada repercute en la salud de las personas en procesos de deshidratación y también favorece el crecimiento de bacterias, la temperatura suele vincularse con otra variable ambiental que es la humedad. Condiciones de humedad y temperatura elevadas son perjudiciales para las personas.

Se empleó un vehículo de cuatro ruedas. Las ruedas delanteras estaban conectadas a un motor mediante un sistema mecánico que les permitió moverse a la izquierda o derecha. Mientras que las ruedas traseras se conectaron a un motor que permitió mover al vehículo al frente y atrás. Una de las características que se buscan en robots autónomos en ambientes de industria 4.0 es la capacidad para eludir obstáculos, los obstáculos pueden ser objetos estáticos y en movimiento, por ello se decidió utilizar un conjunto de cuatro sensores ultrasónicos, estos fueron ubicados al frente y en la parte trasera del robot. También se colocó un sensor en cada lado del robot, estos funcionaron en tres niveles. El nivel 0, correspondió con objetos a una distancia menor a 7cm. El nivel 1, se asoció con objetos que se encontraban entre 7cm y 12cm, el valor 2, correspondió a objetos que se encontraban a una distancia de 12cm o superior.

Para medir las variables ambientales se emplearon dos sensores. El primer sensor fue el DTH22, capaz de detectar la temperatura en el ambiente y la humedad relativa. El segundo fue el sensor MQ135 que detecta la presencia de diferentes gases, entre ellos el CO y el CO₂. Se creó un mecanismo de calibración del sensor basado en la presencia conocida del gas en cuestión. Así se creó en condiciones de laboratorio. El gas se almacena en un depósito, cuyo peso se tomó previo al almacenaje. Posteriormente se midió el peso del depósito con el gas para conocer la cantidad almacenada. Con el peso conocido se estimó la cantidad de partículas por millón (ppm) del gas y se procedió a introducir al sensor en el depósito. Se midió la diferencia de potencial producida y se ajustó de acuerdo con la curva del fabricante.

Como tarjeta para adquirir datos, procesarlos, comunicarlos mediante IoT y controlar el robot se empleó una tarjeta Arduino ADK. El sensor MQ135 se conectó mediante un canal analógico, mientras que el sensor DTH22 se conectó al canal I2C. Los sensores ultrasónicos también se conectaron a cuatro canales analógicos (Figura 1).

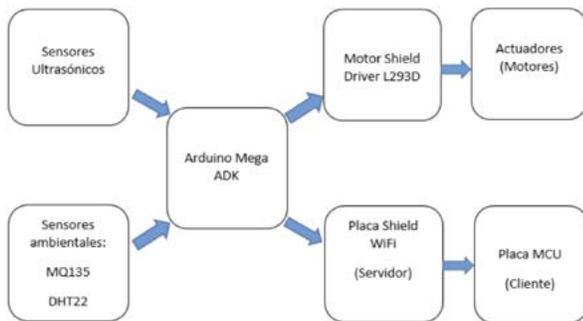


Figura 1. Esquema del sistema solución. Fuente: Elaboración propia.

El sistema se complementó con la extensión para el manejo de motores CD de Arduino. Este contiene drivers L293D, que son puentes H, para mantener la corriente necesaria para el control de estos. Se empleó el controlador en forma bidireccional para que cada motor pudiera moverse en los dos sentidos. También se utilizó la extensión de wifi de Arduino para permitir la conectividad con el exterior mediante una red de área local inalámbrica. Se empleó el modelo cliente – servidor para que un usuario remoto en forma de una placa MCU pueda conectarse para consultar las condiciones ambientales. La conectividad también permitió enviar los datos a una plataforma de Cloud Computing para almacenar los datos (Microfost Azure). Para ajustar los pesos de la red se probaron dos mecanismos, uno supervisado mediante el algoritmo BackPropagation y otro no supervisado mediante un AGG aplicado al robot físico. Este procedimiento tuvo la intención de determinar cuál de las dos técnicas disponibles obtiene mejores resultados en un ambiente de entrenamiento como el propuesto. Como elemento de control para la autonomía del robot se decidió emplear RNAs de arquitectura FeedForward. Se ajustaron los pesos de las RNAs mediante dos procedimientos: aprendizaje supervisado y aprendizaje no supervisado. Para el aprendizaje supervisado se utilizó el algoritmo BackPropagation del software Weka.

Para poder entrenar a las Redes Neuronales Artificiales (RNA) con

BackPropagation fue necesario crear una base de datos. Se emplearon cuatro atributos de entrada con tres valores, que correspondieron a los cuatro sensores ultrasónicos y sus tres niveles de detección. Para determinar la clase se empleó ingeniería de conocimiento, en donde un experto humano determina la salida más adecuada para cada una de las entradas. Se utilizó una salida con siete valores de clase que correspondieron a los siguientes movimientos: detenido, avanzar al frente, avanzar a la derecha, avanzar a la izquierda, retroceder en línea recta, retroceder a la derecha y retroceder a la izquierda. Se obtuvieron dieciséis instancias en la base de conocimiento. Debido a la baja cantidad de instancias de la base, se decidió replicar la base diez veces para aumentar a 160 instancias y que el proceso de entrenamiento fuera robusto. La red neuronal entrenada tuvo dos capas. En la capa de entrada se incluyeron diez neuronas, que recibían los valores de los sensores. Mientras que en la capa de salida se incluyeron siete. Los pesos podían variar de -1 a 1. La función de transferencia usada fue la sigmoial y todas las neuronas incluyeron un bias para el ajuste de los nodos. Fueron 127 pesos los que se ajustaron para esta red (Figura 2).

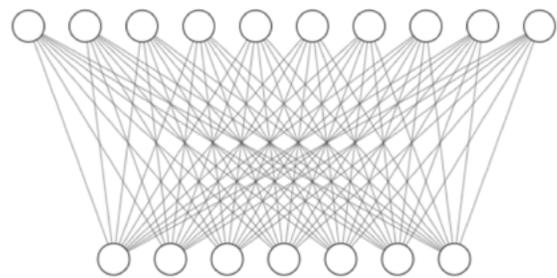


Figura 2. Red Neuronal Artificial de aprendizaje supervisado. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de entrenamiento se repitió en doce ocasiones. Se empleó como método de validación de la red la metodología cross validation a diez folds. Se cuantificó el porcentaje de aciertos en la base de conocimiento. Se probaron las doce redes neuronales entrenadas en el rover. Por otro lado, el aprendizaje no supervisado se basó en un AGG como se realiza en RE. En este caso, al no contar con un modelo del robot en un simulador, se decidió por optimizar los pesos de la red en el robot físico. Es decir, el proceso de ajustes fue on board. Para evitar que los recursos de la tarjeta de control del robot fueran insuficientes, se empleó un AGG con una población pequeña y un número de generaciones limitado.

Para el control del robot se utilizó una Red Neuronal Artificial (RNA) de tres capas. En la capa de entrada se conectaron cuatro neuronas que recibieron la conexión de los sensores ultrasónicos. En la capa media se colocaron tres neuronas. En la capa de salida se colocaron dos neuronas que controlaban a los motores. Los valores de los pesos se encontraban entre -1 y 1. Todas las neuronas emplearon el bias para mejorar el ajuste del umbral de disparo y se utilizó la función de transferencia Tangencial Sigmoial, cuya característica principal es que mapea el valor de la función neta a valores entre -1 a 1. Esto fue diseñado para que las neuronas de la capa de salida determinaran el movimiento de los motores. Con ello, la función de salida de las neuronas de la red podía ser de inhibición (-1), activación (1) o no activa (0). Con ello, la red estuvo compuesta por 27 pesos sinápticos (Figura 3).

Así, la función de salida de la primera neurona determinaba el movimiento del motor trasero. Si el valor de la función de salida era negativo, entonces el robot retrocedía. Si el valor de la función de salida era positivo, entonces el robot avanzaba.

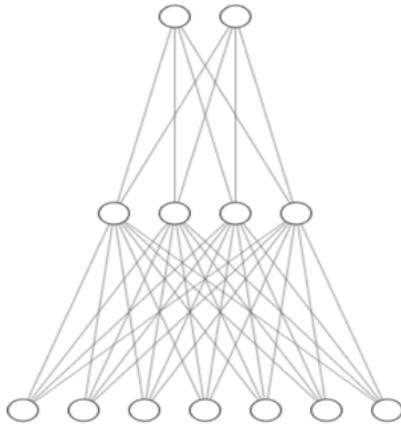


Figura 3. Red Neuronal Artificial aprendizaje no supervisado.
Fuente: Elaboración propia.

Si el valor de la función de salida era cercano a cero, entonces el robot se mantenía quieto. Esto se puede resumir mediante la definición matemática de la función:

$$salida_1 = \begin{cases} -1, & \text{retroceso} \\ 0, & \text{detenido} \\ 1, & \text{avanza} \end{cases} \quad (1)$$

Algo similar ocurrió con la segunda neurona de la capa asociada con el motor delantero. Si el valor de la función de salida era negativo, entonces el robot giraba a la izquierda. Si el valor de la función de salida era positivo, entonces el robot giraba a la derecha. Si el valor de la función de transferencia era cercano a cero, entonces el robot se mantenía centrado. Esto se puede resumir mediante la definición matemática de la función de salida:

$$salida_2 = \begin{cases} -1, & \text{izquierda} \\ 0, & \text{centro} \\ 1, & \text{derecha} \end{cases} \quad (2)$$

La configuración del AGG comenzó con una codificación binaria de los 27 pesos. Cada peso se representó por nueve bits. El bit más significativo determinó el signo del peso, mientras que los ocho restantes determinaron el valor de este. Se empleó la selección por torneo de dos padres potenciales, punto de cruce aleatorio, mutación de 2% sobre la totalidad de los individuos, sustitución de hasta el 80% de los padres y elitismo del mejor individuo de cada generación. Cada generación estaba constituida por seis individuos. Cada individuo fue probado en nuevas ventanas de tiempo o trials de 50 steps cada uno, en donde cada step tuvo una duración de 0.1S. Cada proceso evolutivo se conformó por 50 generaciones. El proceso evolutivo se repitió en doce ocasiones para robustecer los resultados. El entorno de prueba fue un cuarto con

cuatro paredes y una puerta de tamaño 4m x 4m. Dentro del cuarto se encontraban algunos obstáculos incluyendo mesas, sillas, personas y otros objetos. La función de aptitud o fitness buscaba que el robot evitara chocar con obstáculos. Por ello fue definida como:

$$fitness = \sum_{i=1}^8 (1 - Ultrasonico_i) \\ Ultrasonico = \begin{cases} 0, & \text{en ausencia de obstáculo} \\ 1, & \text{en presencia de obstáculo} \end{cases} \quad (3)$$

Para comparar el resultado de las doce redes entrenadas por el algoritmo supervisado y las doce del algoritmo no supervisado se creó un experimento dentro de un cuarto con obstáculos tales como mesas, sillas, personas y otros objetos. Cada una de las 24 redes fue probada por espacio de 10 minutos, en los que cuantificó una matriz de cualidades. En ella se cuantificó si cada repetición era capaz de eludir obstáculos estáticos (mobiliario y paredes) y dinámicos (personas). También el tipo de movimiento predominante y la estrategia de elusión de obstáculos. Estas cuatro características representaron las habilidades básicas necesarias para contender con un ambiente como el que se propone en un entorno industrial. Al final se cuantificaron los tipos de movimientos y se analizaron los datos para conocer cuál de los dos tipos de aprendizaje generaron un mejor resultado.

Resultados

El ensamblado de la solución propuesta en el rover incluyó los sensores dos sensores para medir las variables ambientales, la tarjeta Arduino ADK para el control de procesos, la extensión wifi para la comunicación, la extensión para los motores de corriente directa del robot y los cuatro sensores ultrasónicos (ver figura 4). Este rover tuvo la capacidad de medir las variables ambientales de temperatura, humedad y presencia de los gases CO y CO2, además de comunicar los resultados mediante la arquitectura IoT. También fue dotado de autonomía mediante una RNA que evita obstáculos (Figura 4).

Para monitorear las variables ambientales se construyó un sistema bajo el esquema de IoT. En la capa inicial se ubicaron los sensores MQ135 y DTH22. También la placa Arduino ADK con el módulo de conexión wifi.

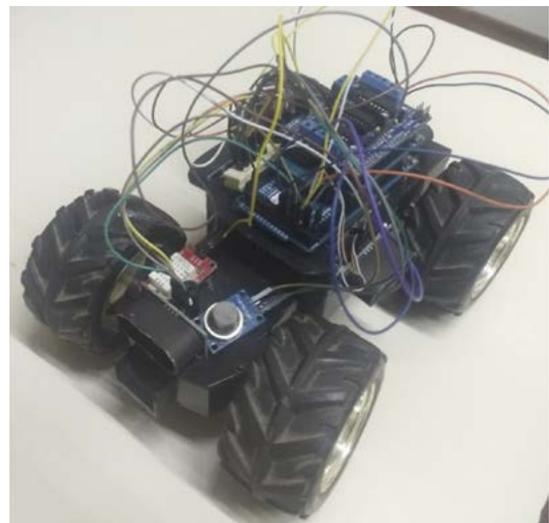


Figura 4. Vista del rover propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Como mecanismo de comunicación se optó por una red de área local inalámbrica y la conexión wifi. Se empleó el servicio de Microsoft Azure para guardar los datos obtenidos mediante la medición del rover. La capa de aplicación permitió enlazar un módulo MCU o un dispositivo móvil con el rover mediante el modelo Cliente-Servidor. En este último caso se empleó un navegador Web.

En cuanto a la autonomía del rover, se planteó un experimento con la finalidad de conocer si un algoritmo de aprendizaje no supervisado, como los empleados en robótica evolutiva, tiene mejores resultados que el aprendizaje supervisado respecto a la capacidad de elusión de obstáculos de la plataforma robótica. Para ello se registraron cuatro características de doce redes entrenadas mediante aprendizaje supervisado y doce redes entrenadas mediante un AGG.

En cuanto al movimiento, 7 de las redes producen movimiento al frente con el AGG. Mientras que el resto producen movimiento predominante atrás (Tabla 1). En cuanto a las redes entrenadas por BP, 9 produjeron movimiento al frente como predominante, mientras que en tres casos no existe movimiento. En términos de los obstáculos estáticos, el AGG permitió que 9 de las 12 redes probadas fueran capaces de eludirlos. En el caso del aprendizaje supervisado, este produjo que 7 de las redes tuviera esta capacidad. La diferencia más importante entre los dos tipos de aprendizaje se dio en el caso de los obstáculos dinámicos (personas). El AGG alcanzó 7 de las 12 redes con la capacidad deseada, mientras que el aprendizaje supervisado lo consiguió en 3 de los 12 casos. Finalmente, en cuanto al movimiento para evitar obstáculos es posible apreciar que existe mayor variedad en la solución provista por el AGG en sus redes que en el algoritmo supervisado.

Tabla 1. Resultados de la matriz de cualidades.

Evento o cualidad	Supervisado	No supervisado
Tipo de movimiento predominante.	Adelante en 9 redes y sin movimiento en 3 casos.	Adelante en 7 redes, atrás en 5 redes.
Capacidad de eludir obstáculos estáticos.	En 7 de las redes entrenadas se desarrolló la capacidad.	En 9 de las redes entrenadas se desarrolló la capacidad.
Capacidad de eludir obstáculos dinámicos.	En 3 de las redes entrenadas se desarrolló la capacidad.	En 7 de las redes entrenadas se desarrolló la capacidad.
Tipo de movimiento para evitar obstáculos.	Movimiento atrás y a la derecha.	Variedad de movimientos que incluyeron movimiento atrás y a la derecha, atrás y a la izquierda, adelante y a la derecha, adelante y a la izquierda.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Una de las ventajas principales del sistema mostrado es que permite incorporar otras mediciones. Para ello se deben agregar nuevos sensores y configurar su adquisición en la tarjeta. Lo que brinda libertad al proceso de monitoreo y ajuste a las condiciones que ocurren en una industria determinada.

El modelo de IoT brindó soporte y rigidez al sistema de monitoreo presentado. Permite realizar la interconexión de forma sencilla con otras terminales, computadoras o dispositivos móviles. Aunque es importante mejorar el nivel de seguridad de este. Este sistema de comunicación no

sólo permite enviar datos de las variables monitoreadas. También tiene la capacidad de enviar datos del movimiento del robot que pueden funcionar para el trazado de trayectorias. Esto puede ser incorporado en un futuro al sistema. El sistema de monitoreo también tiene la capacidad de mejorar la capa de aplicación, que en este caso solamente permitió visualizar los resultados. Este mecanismo podría emitir alertas en zonas contaminadas, realizar mapas de zonas con problemas ambientales, encender y apagar mecanismos de ventilación o refrigeración. Inclusive, con el análisis adecuado de los datos, predecir patrones de las variables para mejorar las condiciones del personal involucrado. En cuanto al sistema de autonomía del rover, las redes neuronales mostraron capacidad para manejar un entorno con objetos estáticos (muebles) y dinámicos

(personas). Lo que prueba que el rover tiene la capacidad de contener con ambientes dinámicos en el marco de la Industria 4.0 (Mourtzis, Fotia, Boli y Vlachou, 2019).

Entre todos los controladores existentes para un robot autónomo, las RNAs son las que mejor se pueden adaptar a los entornos. Esto se debe a su capacidad discriminatoria y no explicativa de las soluciones provistas. Que a su vez proviene de la mezcla que se realiza entre la información de entrada con la información de cada capa. La comparación realizada entre los sistemas de aprendizaje supervisado y no supervisado confirmaron algunas características ya conocidas en la robótica evolutiva. Lo fundamental es la capacidad de los AGG para combinarse con las RNAs y lograr sistemas exitosos (Coccia, 2018). También que reducen la influencia del diseñador en la solución que crea la red en el entorno (Alattas, Patel y Sobh, 2019). Es decir, en una base de datos creada a través de ingeniería del conocimiento y los mecanismos de razonamiento de una persona, la solución tiene poca libertad respecto a las características que se entrenan en la red. Pero en el caso de los algoritmos no supervisados, y principalmente en los AGG, esto no ocurre así. Al permitirle al robot interactuar con el medio, también se ponen a prueba soluciones que no formaron parte de la aproximación de solución del diseñador. Estas son características emergentes y son un mecanismo de enriquecimiento del espacio de búsqueda trascendental (Hiraga, Wei, Yasuda y Ohkura, 2018).

Conclusiones

La incorporación de tecnología en la industria 4.0 tiene la capacidad no sólo de aumentar las ganancias y la productividad. También puede ser utilizado para el cuidado del personal que labora en dichos entornos y el producto generado. Para poder realizarlo, se presentó un el diseño de un rover capaz de monitorear cuatro variables ambientales (temperatura, humedad, CO y CO₂) de forma autónoma. El sistema de monitoreo se basó en la arquitectura de IoT de cuatro capas. Lo que permitió acceder a los resultados de las mediciones y a almacenar los datos generados en una plataforma de servicios cloud. Mientras que la autonomía del robot se centró en una RNA ajustada mediante una AGG on board con individuos y generaciones limitados.

También se presentó una comparación entre el ajuste realizado por un algoritmo supervisado y uno algoritmo no supervisado para que el robot eludiera obstáculos. Los resultados confirman que un algoritmo no supervisado le permite mayor libertad de ajuste a una RNA, ya que favorece la emergencia de característica y permite que los controladores establezcan las soluciones más adecuadas según el entorno. El sistema presentado se puede escalar a una mayor cantidad de variables, inclusive permite la incorporación de sistemas adicionales de actuación para ventilar y refrigerar ciertas zonas. También tiene la capacidad de mejorar sus características de exploración, agregando módulos de navegación y generación de trayectorias. Además de poder ser escalado a un sistema de robots que permitan realizar la exploración de forma coordinada.

Bibliografía

1. Alattas, R. J.; Patel, S. y Sobh, T. M. (2019). *Evolutionary modular robotics: Survey and analysis*. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. 95(3), 815-828.
2. Basco, A. I.; Beliz, G.; Coatz, D. y Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*. Buenos Aires, Argentina. Banco Interamericano de Desarrollo.
3. Coccia, M. (2018). *General properties of the evolution of research fields: a scientometric study of human microbiome, evolutionary robotics, and astrobiology*. *Scientometrics*. 117(2), 1265-1283.
4. Del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. In Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII.
5. Foil, G.; Furlong, M.; Thompson, D. R. y Wettergreen, D. (2014). *Science Autonomy for Rover Subsurface Exploration of the Atacama Desert*. *AI Magazine*. 35(4), 47-60.
6. Hiraga, M.; Wei, Y.; Yasuda, T. y Ohkura, K. (2018). *Evolving autonomous specialization in congested path formation task of robotic swarms*. *Artificial Life and Robotics*. 23(4), 547-554.
7. Miro, O.; Nogue, S. y Oliu, G. (2010). *Intoxicación por monóxido de carbono: claves fisiopatológicas para un buen tratamiento*. *Emergencias*. 22(6), 451-459.
8. Mourtzis, D.; Fotia, S.; Boli, N. y Vlachou, E. (2019). *Modelling and quantification of industry 4.0 manufacturing complexity based on information theory: a robotics case study*. *International Journal of Production Research*. 57(22), 6908-6921.
9. Viver, J. (2015). *Human-robot interaction in the industry (Tesis de pregrado)*. Aalto University, Finlandia.
10. Xu, L. D.; Xu, E. L. y Li, L. (2018). *Industry 4.0: state of the art and future trends*. *International Journal of Production Research*. 56(8), 2941-2962.

ANÁLISIS DE DATOS

DE DEGRADACIÓN DE LA FUNCIÓN DE HERRAMIENTAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD

Artículo arbitrado 15

Edición 16

Jorge Adolfo Pinto Santos¹, Manuel Iván Rodríguez Borbón², Manuel Arnoldo Rodríguez Medina³, Manuel Piña Monárrez⁴, Luis Alberto Rodríguez Picón⁵, Rey David Molina Arredondo⁶

^{1,3,4,5,6} Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
Av. Tecnológico 1340, Fraccionamiento el
Crucero, Ciudad Juárez, Chihuahua, México,
C.P. 32500.

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/
Instituto de Ingeniería y Tecnología
Av. Del Charro S/N, Ciudad Juárez,
Chihuahua, México, C.P. 32584.



manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: Actualmente, los fabricantes se enfrentan a una mayor competencia, tanto desde el punto de vista de la rapidez en los cambios en el mercado, como de la competitividad en precios. Así, los fabricantes se ven obligados a la mejora de todos los procesos de la empresa, desde mercadotecnia, diseño, mantenimiento, producción, calidad y embarque. Este documento analiza un proceso de soldadura, donde el mantenimiento preventivo retira el electrodo cuando la resistencia de las piezas es cercana a las 2000 lb/plg². La obtención de la función de densidad de probabilidad se lleva a cabo mediante un análisis no paramétrico (Rangos Medianos) para el cálculo de los parámetros de una distribución Weibull.

+ Palabras clave: Degradación, distribución weibull, métodos no paramétricos, rangos medianos.

Abstract: Currently, manufacturers face greater competition, both from the point of view of the rapidity of changes in the market, as well as from the competitiveness in prices. Thus, manufacturers are forced to improve all processes in the company, from marketing, design, maintenance, production, quality and shipping. This document discusses a welding process, where preventive maintenance removes the electrode when the resistance of the parts is close to 2000 psi. Obtaining the probability density function is carried out by means of a non-parametric

analysis (Median Ranks) to calculate the parameters of a Weibull distribution.

+ Keywords: *Degradation, weibull distribution, non-parametric methods, median ranges.*

Introducción

Los fabricantes actuales se enfrentan a fuertes presiones para desarrollar productos nuevos y de mayor tecnología en un tiempo récord, mejorando al mismo tiempo la productividad, la confiabilidad del producto y la calidad en general (Chen y Zheng, 2005; Meeker et al., 2015), sin embargo, no es suficiente que un producto cumpla las especificaciones y criterios de calidad, sino que además, es necesario que el producto sea confiable en el sentido de que tenga un buen desempeño durante cierto tiempo (Gutiérrez y De la Vara, 2013). Los fabricantes suelen llevar a cabo pruebas de confiabilidad en los materiales y componentes cuando sus productos están siendo diseñados (Shi et al., 2009).

Un modelo de prueba de vida acelerada que se ajuste adecuadamente a los datos, permite dar una buena estimación de la distribución de vida la cual se pueden tomar decisiones acerca de la garantía del producto ya que muestra su confiabilidad. Además, es posible medir variables de degradación que permiten modelar el proceso de degradación y relacionarlo con el tiempo hasta la falla. La modelación de la degradación también nos acerca al proceso físico/químico de la falla (Escobar, Villa, y Yáñez, 2003).

Las pruebas de degradación a menudo se realizan para obtener información de confiabilidad más rápidamente aun sin que se presenten fallas en los especímenes de prueba (Escobar et al., 2003). En general, con la información de las pruebas a niveles altos de las variables aceleradoras es posible extrapolar para obtener estimaciones de las tasas de vida o de degradación en condiciones de uso normal basadas en un modelo estadístico físicamente razonable (Shi et al., 2009). Un proceso de degradación puede permitir el modelado directo del mecanismo que causa fallas, proporcionando estimaciones de confiabilidad más creíbles y precisas, con una base más rápida para la extrapolación a menudo necesaria (Meeker et al., 2015).

Los datos incluidos y analizados en este documento son el resultado de mediciones de resistencia a la tensión de un proceso de soldadura de contacto, donde el electrodo sufre un proceso de degradación, lo que genera una disminución en la resistencia a la tensión de las piezas soldadas. El proceso de análisis de la información se lleva a cabo utilizando un método no paramétrico, el cual se muestra en la sección siguiente.

Análisis mediante métodos no paramétricos

O'Connor y Keyner (2012), establecen que el trazado de probabilidad con frecuencia se basan en graficar la variable de interés contra el porcentaje de probabilidad acumulada. Los rangos medios se basan en un modelo sin distribución y son utilizados para trazar distribuciones estadísticas simétricas como la normal. El método de Rangos Medianos es el más utilizado si se conoce que los datos no se distribuyen normalmente.

Para obtener el modelo de regresión, es necesario obtener un estimador para la función acumulada de falla $F(x)$, el cual en el método utilizado se le conoce como Rango Mediano. Este es un estimador no paramétrico basado en el orden de falla, lo que implica que los datos deben organizarse en forma ascendente.

Tabla 1. Datos de la prueba de Resistencia a la Tensión (Fuerza).

4093	4257	4212	4184	4027	4051	4087	4136	4066	4180	4202	4156	4140	4042	4094
4046	4051	4068	4240	4274	4351	4187	4042	4070	4107	4037	4073	4158	3634	4076
4148	4167	4048	4130	4052	4050	4098	3973	4160	3991	3988	3624	4149	4091	4091
3891	4052	4116	3936	4106	4050	4046	3858	3567	4341	4160	4712	5115	4120	4706
4264	4746	4441	4811	4340	4270	4570	4245	4561	5072	4472	4194	5458	4187	4743
3730	3533	3860	4147	3278	4160	4132	4197	4604	4320	3860	4270	4153	4202	4289
3266	4416	4373	4076	4665	4053	4044	4124	4128	4676	3856	3507	3895	4076	4065
2636	3656	3445	4184	2949	4116	3619	5013	4630	3619	5013	3875	1759	3647	4630
1625	2356	3658	3281	3082	3641	3645	2884	4025	4040	4037	3600	4067	4030	4033
3268	3947	3518	4060	3805	4076	3388	3344	4036	3876	4036	3761	3824	3610	4052
3182	4075	4059	4132	4084	2003	3853	4055	3610	3951	4101	4131	4209	3810	4333
4361	2427	4525	3478	3533	3789	2670	3661	3973	4038	4349	4036	4570	3814	4270
3647	3752	3660	3217	3730	3650	3140	3304	4318	3392	3687	3626	3447	3684	3645
2365	2658	3254	3649	2774	3717	3076	3085	3761	3680	3839	3287	3807	2899	3373
2569	2265	1568	1252	1365	2201	3669	3414	2037	3343	3322	3057	2740	3118	3035
3625	3836	2837	3140	1106	3182	2743	3775	4031	3496	3453	2987	3939	3994	4013
3628	3967	4019	1739	3525	3251	3734	3125	3438	3058	3101	4100	3885	2480	3102
2139	2309	4863	3321	2321	2364	1252	1532	2689	3027	3062	2369	2927	3052	2830

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de Rangos Medianos

Método: Los cálculos se hicieron usando el lenguaje R versión 3.6.3

1. Introducción de los datos de falla (Tabla 1).

```
datos <- c(4093,4257,4212,...,2830)
```

2. Generación de secuencias.

$$r <- 1:270 \quad (1)$$

3. Obtención de la longitud del vector.

$$n <- \text{length}(r) \quad (2)$$

4. Cálculo de los rangos medianos (\hat{F}).

$$F <- r - 0.3/n + 0.4 \quad (3)$$

5. Cálculo del vector x.

Asumiendo que los datos de degradación siguen una distribución Weibull, se tiene:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}, \quad t \geq 0 \quad (4)$$

de donde se obtiene (O'Connor & Keyner, 2012),

$$\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta = \ln \left[\frac{1}{1-F(t)} \right] \quad (5)$$

y

$$\ln \ln \left[\frac{1}{1-F(t)} \right] = \beta \ln(t) - \beta \ln \alpha \quad (6)$$

la cual es una ecuación lineal de la forma

$$y = \beta x + b \quad (7)$$

donde

$$y = \ln \ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \quad (8)$$

$$x = \ln(t) \quad (9)$$

y

$$b = \beta \ln(\alpha) \quad (10)$$

El vector graficado en el eje de las x será

$$x < - \ln \ln \left[\frac{1}{1 - F(t)} \right] \quad (11)$$

6. Formación del cuadro de datos (Y, r, n F)

Código en el software R con datos ordenados de forma ascendente:

```
Hist(datos)
```

```
y <- datos
```

```
r <- 1:270
```

```
n <- length(r)
```

```
F <- (r-0.3)/(n+0.4)
```

```
Tabla <- data.frame(y,r,n,F)
```

Tabla 2. Muestra de los valores F calculados.

No.	y	r	n	F	No.	y	r	n	F
1	2106	1	270	0.00258876	18	2427	18	270	0.06545858
2	2106	2	270	0.00628698	19	2480	19	270	0.06915681
3	2136	3	270	0.00998521	20	2532	20	270	0.07285503
4	2137	4	270	0.01368343	21	2569	21	270	0.07655325
5	2139	5	270	0.01738166	22	2625	22	270	0.08025148
6	2168	6	270	0.02107988	23	2636	23	270	0.0839497
7	2201	7	270	0.02477811	24	2658	24	270	0.08764793
8	2206	8	270	0.02847633	25	2670	25	270	0.09134615
9	2252	9	270	0.03217456	26	2689	26	270	0.09504438
10	2265	10	270	0.03587278	27	2740	27	270	0.0987426
11	2309	11	270	0.03957101	28	2743	28	270	0.10244083
12	2319	12	270	0.04326923	29	2759	29	270	0.10613905
13	2321	13	270	0.04696746	30	2774	30	270	0.10983728
14	2356	14	270	0.05066568	31	2830	31	270	0.1135355
15	2364	15	270	0.05436391	32	2837	32	270	0.11723373
16	2365	16	270	0.05806213	33	2884	33	270	0.12093195
17	2369	17	270	0.06176036	34	2899	34	270	0.12463018

Fuente: Elaboración propia.

7. Obtención de los parámetros de la función de densidad de probabilidad.

En la Tabla 3, se puede observar los resultados del cálculo realizado mediante el software R, mediante el cual se obtiene, la línea de regresión y sus coeficientes, los cuales son utilizados para la obtención de los parámetros de forma (β) y de escala (α) de la distribución Weibull.

Tabla 3. Resultados del modelo de regresión.

Coeficientes:		Residuales				
(Intercepto)	x	Min.	IQ	Mediana	3Q	Max.
-53.685	6.471	-1.78622	-0.18879	-0.02537	0.17898	0.65484
Variable	Estimación	Error Estándar	Valor t	Pr(> t)	Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1	
(Intercepto)	53.68500	-0.64641	-83.05	<2e-16 ***		
x	6.47052	0.07873	82.19	<2e-16 ***		
Error estándar residual: 0.2474 con 268 grados de libertad.						
R^2 Múltiple: 0.9618, R^2 Ajustada: 0.9617						
Estadístico F: 6755 con 1 y 268 g.l., valor -p: <2.2e-16						

Fuente: Elaboración propia.

Código en R:

```
reg<-lm(y~x)
```

```
summary(reg)
```

```
plot(y,x,main="ajuste lineal de la distribución Weibull",xlab="lnln[1/(1-F(t))",ylab="fuerza")
```

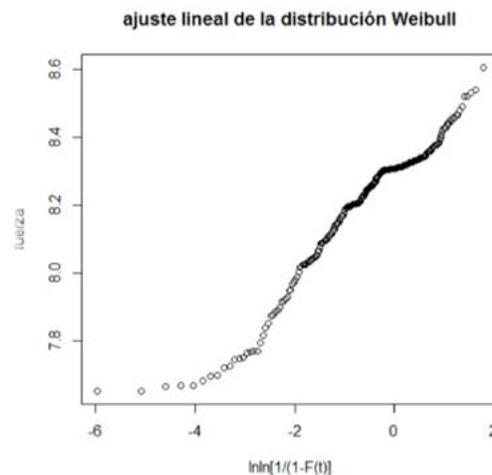


Figura 1. Ajuste lineal de la Distribución Weibull. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

De los resultados mostrados en la Tabla 3, el valor del intercepto es $b = -53.685$ y el valor de la pendiente $\beta = 6.471$. Así, de la ecuación (10) se puede obtener lo siguiente:

$$\ln \alpha = \frac{b}{\beta} = \frac{-53.685}{6.471} = -8.296$$

$$\alpha = e^{8.296} = 4007.8$$

La función de densidad de probabilidad de la distribución Weibull ecuación (4) es:

$$f(x) = 0.001615 \left(\frac{x}{4007.8} \right)^{5.471} e^{-\left(\frac{x}{4007.8} \right)^{6.471}}$$

La función de confiabilidad es:

$$R(x) = e^{-\left(\frac{x}{4007.8} \right)^{6.471}}$$

La tasa de riesgo o función de riesgo se puede ser escrita como sigue:

$$h(x) = 0.001615 \left(\frac{x}{4007.8} \right)^{5.471}$$

El valor esperado será

$$E(x) = 4007.8 \Gamma \left(1 + \frac{1}{6.471} \right) = 4007.8(0.9298) = 3726.45 N$$

La varianza estará dada aproximadamente por

$$= (4007.8)^2 \left\{ \Gamma(1.31) - (\Gamma(1.15))^2 \right\} = (4007.8)^2 \{ (0.896) - (0.9298)^2 \} = 505517.1$$

$\sigma = 711.0 N$

Conclusiones

Los departamentos de mantenimiento en la industria maquiladora de Ciudad Juárez, proporcionan mantenimiento a equipos argumentando utilizar MPT (Mantenimiento Productivo Total), el cual consiste de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo. La realidad es que la mayoría de los mantenimientos ofrecidos es mantenimiento correctivo. De alguna manera, programados en función del personal con que cuentan, proporcionan mantenimiento preventivo. El mantenimiento predictivo requiere aplicación de conceptos diferentes, ya que el enfoque básico es anticiparse a la falla. De inicio, deberá conocerse el comportamiento de los tiempos de falla, para así definir la función de densidad de probabilidad y obtener el MTTF o valor esperado y la tasa de riesgo. El objetivo principal fue determinar el tiempo de cambio de la herramienta (ANVIL) para asegurarse que las piezas soldadas cumplieran con el valor especificado, es decir, anticiparse a la falla. El concepto utilizado fue usar datos de degradación para evaluación de la confiabilidad.

La obtención de la función de densidad de probabilidad se podría obtener directamente usando un software como Minitab® o Weibull++ de Reliasoft, sin embargo se consideró utilizar un método no paramétrico, el cual utiliza una ordenación de los rangos, usado también para la generación de papel de probabilidad, en este caso Weibull.

El comportamiento de la distribución de la resistencia a la tensión muestra que la herramienta deberá ser retirada antes de las 270 piezas soldadas, sin riesgo de que aparezcan resistencias menores al límite inferior especificado de 2000 lbs/plg2. El valor esperado fue de 3726.45 N con una desviación estándar de 711 N.

Bibliografía

+ Chen, Z. y Zheng, S. (2005). *Lifetime distribution based degradation analysis*. *IEEE Transactions on Reliability*, 54(1), 3–10. <https://doi.org/10.1109/TR.2004.837519>.

+ Escobar, L. A., Meeker, W. Q., Kugler, D. L. y Kramer, L. L. (2003). *Accelerated Destructive Degradation Tests : Data , Models , and Analysis*. In *Mathematical and Statistical Methods in Reliability*: pp. 319-337 (Issue August 2009, pp. 319–337). <https://doi.org/10.1142/9789812795250>.

+ Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma (Tercera Ed)*. McGraw-Hill Education.

+ Meeker, W., Escobar, L. A. y Lu, C. J. (2015). *Accelerated Degradation Tests : Modeling and Analysis Accelerated Degradation Tests : Modeling and Analysis*. 1706(October). <https://doi.org/10.1080/00401706.1998.10485191>.

+ O'Connor, P. D. T. y Keyner, A. (2012). *Practical Reliability Engineering (5th)*. John Wiley & Sons.

+ Shi, Y., Escobar, L. A. y Meeker, W. Q. (2009). *Accelerated Destructive Degradation Test Planning*. *Technometrics*, 51(1), 1–13. <https://doi.org/10.1198/TECH.2009.0001>.

ANÁLISIS DE RELACIONES DE PARÁMETROS DE PROCESO DE SOLDADURA ULTRASÓNICA CON INFERENCIA BAYESIANA MEDIANTE R

Artículo arbitrado 16

Edición 16

Gabriel Gómez Martínez¹, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina², Eduardo Rafael Poblano Ojinaga³, Manuel Iván Rodríguez Borbón⁴

^{1,2}Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez,
Av. Tecnológico 1340, Fraccionamiento
el Crucero, C.P. 32500, Ciudad Juárez,
Chihuahua, México, .

³Tecnológico Nacional de México/
Instituto Tecnológico de la Laguna, Bv.
Revolución y Av. Instituto Tecnológico de la
Laguna S/N, Primero de Cobián Centro,
C.P. 27000, Torreón, Coahuila, México.

⁴Universidad Autónoma de Ciudad Juárez/
Instituto de Ingeniería y Tecnología, Av. Del
Charro S/N, C.P. 32584,
Ciudad Juárez, Chihuahua, México.



manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 2, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: La industria automotriz en México es una de las fuentes de divisas más importantes. La industria Juarensé está conformada en un 60% aproximadamente de procesos automotrices. El análisis correcto de los procesos dentro de la industria, influye grandemente a su mejora, reduciendo desperdicios y retrabajo. Este documento analiza las relaciones existentes entre la resistencia al jalón de las piezas de un proceso de soldadura ultrasónica en un arnés de batería automotriz y las salidas que muestra la máquina, el tiempo de soldadura y la distancia absoluta. El análisis se realiza mediante la construcción de un modelo de regresión lineal bajo una perspectiva Bayesiana describiendo algoritmos para simular desde la distribución conjunta de los parámetros de regresión, la varianza del error y la distribución predictiva de observaciones futuras.

+ Palabras clave: Arnés automotriz, modelo de regresión, inferencia bayesiana, distribución conjunta, distribución a posteriori.

Abstract: Resume. The automotive industry in Mexico is one of the most important sources of foreign exchange. The Juarensé industry is made up of approximately 60% of automotive processes. The correct analysis of the processes within the industry greatly influences its improvement, reducing waste and rework. This document discusses the relationships between the pull strength of parts in an ultrasonic wel-

ding process in an automotive battery harness and the machine outputs, weld time, and absolute distance. The analysis is carried out through the construction of a linear regression model under a Bayesian perspective, describing algorithms to simulate from the joint distribution of the regression parameters, the error variance and the predictive distribution of future observations.

+ *Keywords: Automotive harness, regression model, bayesian inference, joint distribution, posterior distribution.*

Introducción

Ciudad Juárez, Chihuahua, es considerada la capital mundial arnesera, por ser la ciudad donde más arneses automotrices se fabrican en el mundo. En la ciudad se elaboran arneses para Ford, Chrysler, General Motors, Honda, Toyota, Nissan, etc. Actualmente, en la industria maquiladora Juarense se construyen también arneses para lanchas, refrigeradores, lavadoras, entre otros.

En México, la división E-Systems tiene presencia en 9 plantas; la división de sistema eléctricos donde se lleva a cabo el presente estudio, es la segunda más importante para la compañía, fabricando arneses eléctricos, terminales y conexiones, electrónicos, alta potencia y conectividad. El proceso del arnés eléctrico consiste, básicamente en tres grandes pasos: Corte de cable, preparación de cable y ensamble de componentes. En el corte de cable son de singular importancia las operaciones de desforre y troquelado de terminal, con características de salida como altura y anchura de terminal y longitud de desforre.

En el ensamble de componentes, se considera el proceso de soldadura de terminales en arneses de batería, donde la variable de respuesta es la resistencia a la tensión de la terminal soldada. y es observable que a medida que el número de piezas soldadas se incrementa, la resistencia medida disminuye, y el interés fundamental es obtener una línea de regresión del comportamiento.

Hamada et al. (2008), ejemplifican la obtención de un modelo de regresión para datos de resistencia a la tensión de fibras, donde se asume que los datos siguen una distribución Weibull, y el análisis de inicio será la determinación de los parámetros de escala α y parámetro de forma β . La linealización de la distribución Weibull.

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

sugiere el modelo

$$\log[\alpha(x)] = \gamma_1 + \gamma_2 \log x \quad (2)$$

El modelo puede escribirse en términos del parámetro de escala y considerando el modelo de potencia inversa. Esto es

$$\alpha(x) = \exp(\gamma_1)x^{\gamma_2} \quad (3)$$

con γ_1 y γ_2 son los parámetros de regresión desconocidos. El modelo en términos del parámetro de forma será

$$\log[\beta(x)] = \gamma_3 + \gamma_4 \log x \quad (4)$$

y el modelo en términos del parámetro de forma es

$$\alpha(x) = \exp(\gamma_3)x^{\gamma_4} \quad (5)$$

El problema considerado es una resistencia a la tensión de las piezas soldadas donde se mide la resistencia a la tensión y se determinan los parámetros usando el lenguaje R.

Materiales y métodos

Determinación de la ecuación de regresión

El problema que se analiza es el de terminales desoldadas en el proceso de soldadura ultrasónica del FCA (Fiat Chrysler Automotive) aproximadamente en un 6.7% de la producción total, ocasionando una pérdida de capacidad operativa de 21%, y provocando una baja en general de los niveles de calidad.

Los métricos claves, para el análisis fueron identificados como: Número de Terminales desprendidas, la fuerza de Jalón [Pull Test] y los parámetros de salida de la máquina.

Para realizar la prueba de jalón, donde las unidades se expresan en Newtons y la especificación mínima aceptable es de 1700 N, primeramente se realizó un análisis de repetitividad y reproducibilidad (Pulido et al. 2013) (RyR) del equipo de medición. La Figura 1, muestra los resultados del RyR anidado realizado por el equipo debido a que se trata de una prueba destructiva.

Variance Components		
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	2618.3	6.47
Repeatability	2618.3	6.47
Reproducibility	0.0	0.00
Part-To-Part	37837.4	93.53
Total Variation	40455.7	100.00
Lower process tolerance limit = 1700		

Figura 1. Resultados del estudio de RyR. Fuente: Elaboración propia.

Las Figuras 1 y 2, muestran que el sistema de medición para la fuerza de jalón es confiable, demostrando que detecta aproximadamente el 93.53% de la variación de las partes.

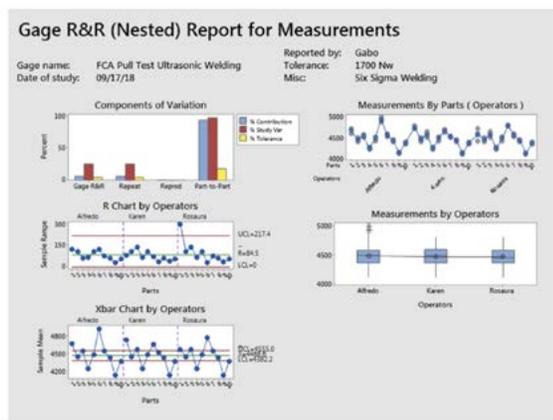


Figura 2. Graficas resultantes del R&R anidado.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1, muestra los datos de Fuerza, Soldadura (Welding) y DistAbs. La tabla es generada mediante un data.frame en el lenguaje R.
`datos<-data.frame(Fuerza,Welding,DistAbs)`
`> datos`

Tabla 1. Datos de resistencia a la tensión y parámetros de equipo.

Fuerza Welding DistAbs				Fuerza Welding DistAbs			
1	4093	69.28	82.7907	36	4050	69.73	81.7097
2	4257	69.13	80.9641	37	4098	69.57	81.8665
3	4212	69.23	79.8424	38	3973	69.55	82.7091
4	4184	69.30	80.7047	39	4160	69.52	81.1966
5	4027	69.39	81.8282	40	3991	69.61	80.2673
6	4051	69.33	81.2974	41	3988	69.51	79.8301
7	4087	69.37	81.5881	42	3624	69.52	81.1585
8	4136	69.34	80.7134	43	4149	69.46	81.4496
9	4066	69.37	82.7522	44	4091	69.49	80.5968
10	4180	69.27	81.4091	45	4091	69.47	80.5725
11	4202	69.29	81.0136	46	3891	69.53	81.8428
12	4156	69.33	80.1103	47	4052	69.50	80.1091
13	4140	69.31	81.6543	48	4116	69.49	80.1585
14	4042	69.47	80.8201	49	3936	69.45	80.6593
15	4094	69.56	81.1902	50	4106	69.47	81.3407
16	4046	69.15	81.0370	51	4050	69.53	80.7248
17	4051	69.35	81.9654	52	4046	69.50	79.8173
18	4068	69.39	81.5118	53	3858	69.51	80.2676
19	4240	69.36	81.0260	54	3567	69.53	80.8283
20	4274	69.34	80.3931	55	4341	69.61	81.1937
21	4351	69.41	80.8364	56	4160	69.63	79.9757
22	4187	69.18	80.5904	57	4712	69.40	81.7968
23	4042	69.33	80.7248	58	5115	69.59	80.4727
24	4070	69.44	82.0596	59	4120	69.50	81.5867
25	4107	69.40	81.9403	60	4706	69.45	82.7239
26	4037	69.39	82.2305	61	4264	69.40	81.6646
27	4073	69.30	80.2923	62	4746	69.45	81.0920
28	4158	69.35	81.2607	63	4441	69.50	80.6197
29	3634	69.30	81.9627	64	4811	69.42	79.6355
30	4076	69.40	82.3420	65	4340	69.43	81.3155
31	4148	69.59	81.4851	66	4270	69.56	82.5247
32	4167	69.70	80.6888	67	4570	69.53	82.2469
33	4048	69.65	82.0222	68	4245	69.34	80.1094
34	4130	69.44	81.4888	69	4561	69.36	83.5037
35	4052	69.47	80.2454	70	5072	69.45	80.1091

Fuente: Elaboración propia.

Enseguida se analiza el comportamiento de los datos, ajustándoles una curva normal y realizando una prueba de normalidad (Shapiro.Test, Shapiro-Wilk). La prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk es utilizada

porque es considerada una prueba de gran eficiencia y potencia, comparable a la prueba recomendada por la industria automotriz, la Anderson-Darling. Además, es la prueba más utilizada en el lenguaje R.

Programa R para ajuste de Curva Normal

```
z <- PlantGrowth$weight[1:270]
hist(z, freq = F, xlim = c(1000, 5100))
lines(density(z))
hist(z, freq = F, xlim = c(1000, 5100), border = "gray50")
lines(density(z), ylim = c(0, 0.8), xlim = c(1000, 5100), lwd = 2)
curve(dnorm(x, mean(z), sd(z)), lwd = 2, col = "blue", add = T)
legend("topleft", c("curva observada", "curva (normal) teórica"),
      lty = 1, lwd = 2, col = c("black", "blue"), bty = "n",
      cex = 0.8)
```

Prueba de Normalidad

```
shapiro.test(z)  Shapiro-Wilk normality test
data: z
W = 0.9079, p-value = 8.258e-12
```

El valor de probabilidad es menor a 0.05 por lo que podemos decir que nuestros datos no siguen una distribución normal.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran el comportamiento de las variables Fuerza, Distancia Absoluta y Tiempo de Soldadura.

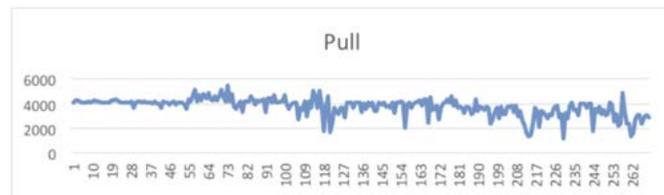


Figura 3. Comportamiento de la Fuerza (Prueba de jalón).

Fuente: Elaboración propia.

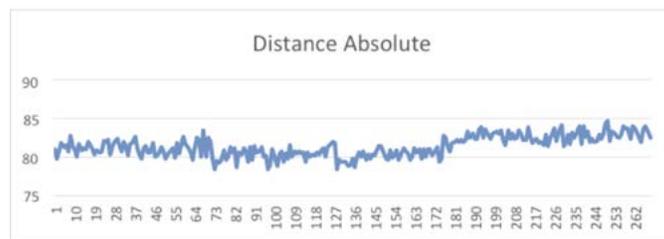


Figura 4. Gráfica del comportamiento de la Distancia Absoluta.

Fuente: Elaboración propia.

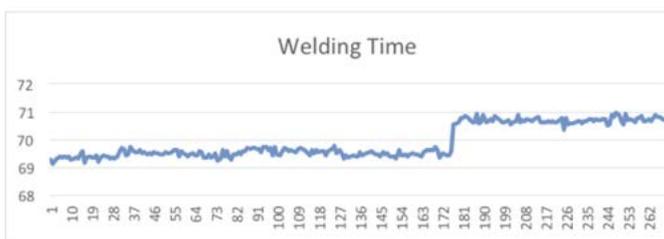


Figura 5. Gráfica del comportamiento del tiempo de soldado.

Fuente: Elaboración propia.

Construcción del Modelo de Regresión

Lo siguiente es aproximar a los datos un modelo de regresión lineal (Albert, 2009).

$$(y|\beta, \sigma^2, X) \sim N_k(X\beta, \sigma^2 I) \quad (6)$$

donde $N_n(X\beta, \sigma^2 I)$ en (6) es una distribución normal multivariada de dimensión k con vector de medias μ y matriz de varianzas y covarianzas Σ . Para la construcción del modelo de regresión Bayesiano consideramos una distribución previa no informativa para (β, σ^2) .

$$g(\beta, \sigma^2) \propto \frac{1}{\sigma^2} \quad (7)$$

Programa para la construcción del modelo de regresión

```
# Obtención del Modelo de Regresión
> fit<-lm(Fuerza~Welding+DistAbs)
> summary(fit)
Call:
lm(formula = Fuerza ~ Welding + DistAbs)
Residuals:
    Min     1Q   Median     3Q     Max
-2395.26 -213.60  70.13  333.42 1742.15
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 47993.30   4683.58  10.247 < 2e-16 ***
Welding     -599.44    93.09  -6.439 5.55e-10 ***
DistAbs     -29.31    41.01  -0.715  0.475
---Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 618.7 on 267 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.2784, Adjusted R-squared:  0.273
F-statistic: 51.5 on 2 and 267 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Resultados

Los siguientes cálculos muestran la construcción de una distribución a posteriori de los coeficientes del modelo de regresión, demostrando que la fuerza de jalón tiene una relación directa con el tiempo de soldadura más no así con la distancia absoluta. Es posible observar que los coeficientes muestran un comportamiento similar a los determinados por el modelo de regresión lineal ordinario calculado de principio.

```
# Obtención de la predicción de coeficientes de regresión
> theta.sample=blinreg(fit$y,fit$x,5000)
> S=sum(fit$residual^2)
> shape=fit$df.residual/2;rate=S/2
> sigma2=rgamma(1,shape,rate)
> MSE=sum(fit$residuals^2)/fit$df.residual
> vbeta=vcov(fit)/MSE
> beta=rnorm(1,mean=fit$coef,varcov=vbeta*sigma2)
> hist(theta.sample$beta[,2],main="Welding",xlab=expression(beta[1]))
```

```
> hist(theta.sample$beta[,3],main="DistAbs",xlab=expression(beta[2]))
```

La Figura 6, muestra el comportamiento a futuro del coeficiente del tiempo de soldadura (β_1), pudiéndose observar que está en el centro de la distribución con un valor aproximado a (-600).

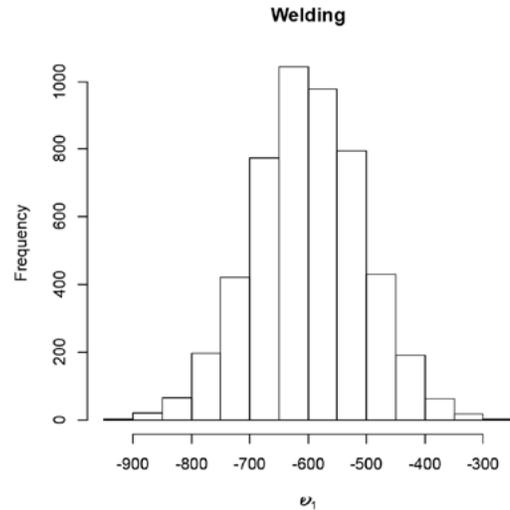


Figura 6. Predicción del comportamiento del coeficiente del tiempo de soldadura. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7, muestra el comportamiento a futuro del coeficiente (β_2) de la Distancia Absoluta, observándose un valor aproximado a (-30).

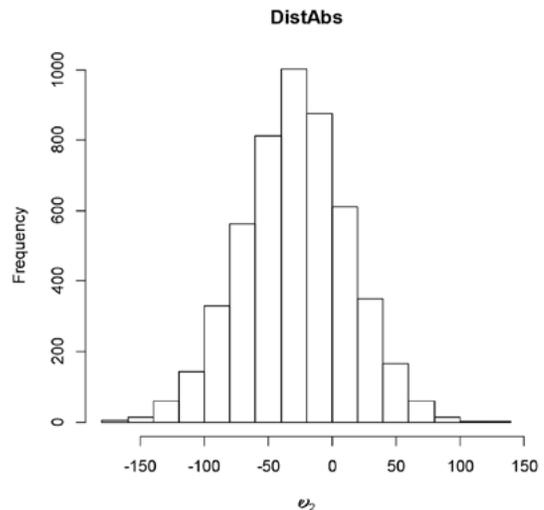


Figura 7. Predicción del comportamiento del coeficiente de la Distancia Absoluta. Fuente: Elaboración propia.

```
# Obtención del valor de predicción de la varianza del error
> hist(theta.sample$sigma,main="ERROR STD",xlab=expression(-sigma))
```

```

> apply(theta.sample$beta,2,quantile,c(0.05,0.5,0.95) )
      X(Intercept)  XWelding  XDistAbs
5%    40228.57    -755.9286   -97.02838
50%   47994.58   -600.4570   -28.53093
95%   55767.09   -446.7413    39.52061

> quantile(theta.sample$sigma,c(0.05,0.5,0.95))
      5%      50%      95%
578.9524  619.2752  666.7260

```

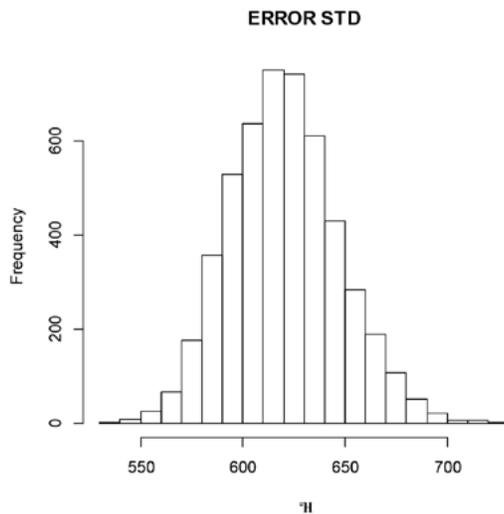


Figura 8. Comportamiento del Error Estándar.
Fuente: Elaboración propia.

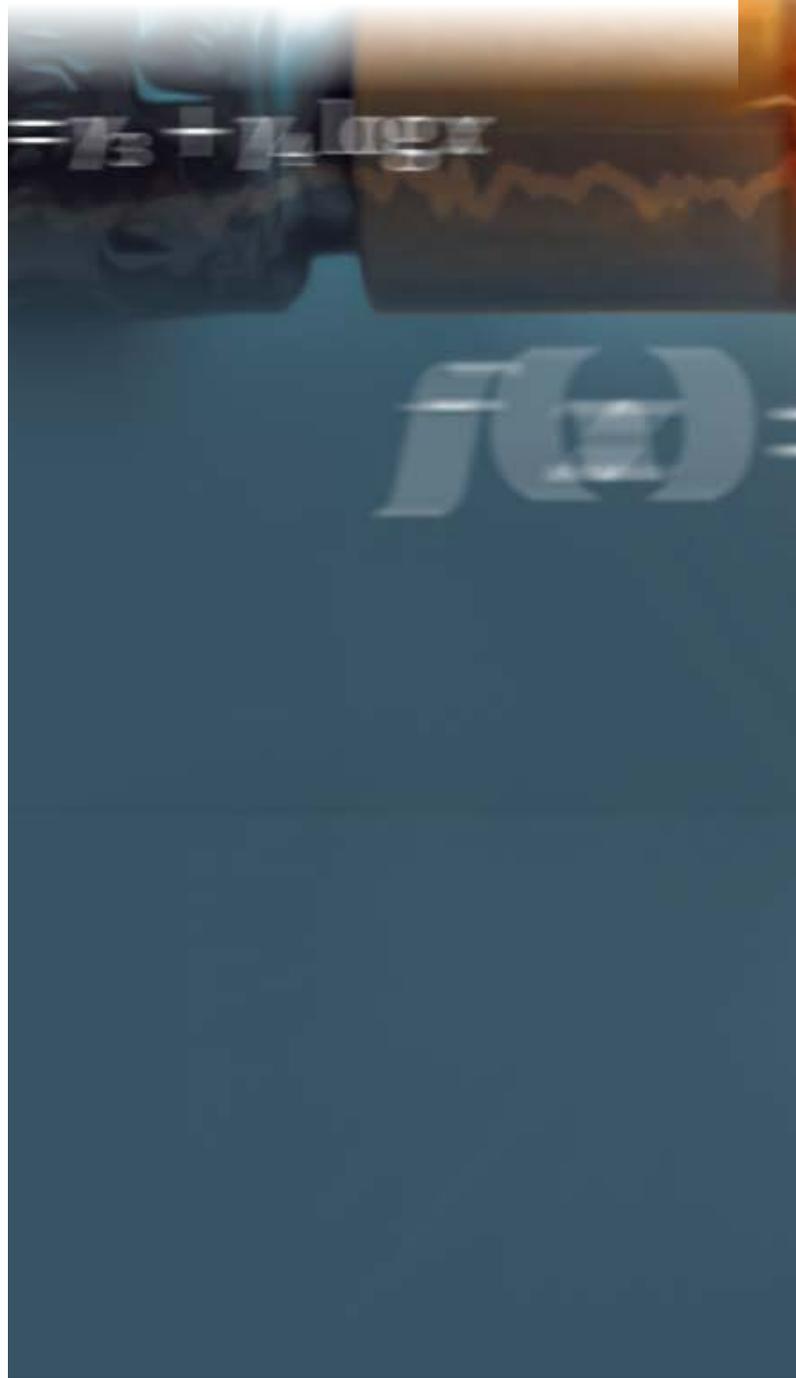
La Figura 8, muestra el comportamiento del error estándar σ , el cual presenta un valor aproximado a 620. Esto son resultados de la construcción de una distribución a posteriori.

Conclusiones

Los dos enfoques principales para obtener los coeficientes del modelo de regresión lineal son el método de los mínimos cuadrados, basado en la estadística frecuentista y la inferencia Bayesiana basada en el Teorema de Bayes. El manejo del método de los mínimos cuadrados consiste en la utilización de los datos, donde necesariamente se deberían comprobar los supuestos del modelo, enseguida determinar la significancia de los coeficientes del modelo. La inferencia Bayesiana usada en este documento, es un enfoque en el que se usa los valores de probabilidad para determinar cuantitativamente la incertidumbre de la inferencia, llevando a cabo un proceso iterativo, iniciando con una distribución de verosimilitud, una distribución a priori sobre los parámetros del modelo. El anterior proceso conlleva a la obtención de una distribución de probabilidad a posteriori, de la cual se pueden obtener inferencias y conclusiones. La función de distribución a posteriori de los coeficientes del modelo de regresión se obtiene en la Sección 3 de resultados se simulan (proceso iterativo) 5000 valores para los valores de los coeficientes β_1, β_2 y σ , cuyos valores son muy similares a los determinados en el modelo de regresión lineal ordinario.

La utilización de la estadística Bayesiana tiene ciertas ventajas ante la estadística frecuentista, ventajas que se han incrementado con la aparición de software especializado en análisis de modelos complejos, como Bugs, Jags, BayesX y R. Estos software permiten desarrollar modelos jerárquicos bayesianos usando simulaciones MCMC (Monte Carlo Cadenas de Markov) con algoritmos Metropolis-Hasting y muestreo de Gibbs.

Los métodos de Inferencia Bayesiana son actualmente, a pesar de las ventajas de la reducción de la incertidumbre y exactitud en la estimación, no son ampliamente utilizados en la industria, primero por desconocimiento y, después, por la complejidad de algunas funciones resultantes.





Bibliografía

+ Albert, Jim , *Bayesian Computation with R, Second Edition*. Springer, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009, Page 205-210.

+ Hamada, S. Michael, Wilson, A.G., Reese C. S., Martz, H. F. *Bayesian Reliability*, Springer Science+Business Media LLC. 233 Spring Street, New York, New York, 10013, USA, pp. 221-228.

+ Pulido, H. gutiérrez, y Salazar, R. de la vara. *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>, (2013)

DISEÑO DE UN HORNO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Artículo arbitrado 17

Edición 16

Efraín Villalvazo Laureano¹, Aylin Estefannya Barragán Montes², Ramón Octavio Jiménez Betancourt³, Juan Miguel González López⁴ y Marco Antonio Pérez González⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad de Colima, Facultad de
Ingeniería Electromecánica
Kilómetro 20 carretera
Manzanillo Barra de Navidad
Manzanillo, Colima, México,
C.P. 28868.



villalvazo@uocol.mx
abarragan3@uocol.mx
rjimenez@uocol.mx
jgonzalez71@uocol.mx
marcoperez@uocol.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: El presente trabajo se centra en el diseño térmico para un horno cuya función es realizar tratamientos térmicos; en el que las piezas son sometidas a una temperatura constante y controlada. Empleando los principios termodinámicos de transferencia de calor. El diseño térmico tiene como finalidad sentar los requerimientos que deberán cumplir los materiales a utilizar. También, se presentan todos los cálculos necesarios para determinar la transferencia de calor entre las paredes del horno. Asimismo, se presentan los resultados de la simulación del diseño en el software SolidWorks con los resultados del efecto de la temperatura y la conductividad térmica en las paredes en cada una de las etapas del horno. Además, se realizó el análisis de calor perdido y el calor almacenado en cada una de las capas que lo conforman.

+ Palabras clave: Horno, tratamiento térmico, termodinámica, diseño térmico, calor en paredes.

Abstract: The present work focuses on the thermal design of a furnace whose function is to carry out thermal treatments, in which the pieces are subjected to a constant and controlled temperature, using the thermodynamic principles of heat transfer. The purpose of thermal design is to establish the requirements that the materials to be used must meet. In addition, all the calculations necessary to determine the heat transfer between the furnace walls are presented. Likewise, the design

simulation results in SolidWorks software are presented with the results of the effect of temperature and thermal conductivity on the walls in each of the furnace stages. In addition, the analysis of the heat lost and the heat stored in each of the layers that compose it was carried out.

✦ **Keywords:** *Oven, heat treatment, thermodynamics, thermal design, heat in walls.*

Introducción

Los tratamientos térmicos son un proceso donde se busca optimizar las propiedades del material a manufacturar, se puede añadir maleabilidad, resistencia, dureza, ductilidad, entre otras propiedades de diversos materiales como los metales o algunos tipos de maderas para incrementar su durabilidad (Shangguan, Gong, Zhao, y Ren, 2016). La transformación del acero implica de tratamiento térmico, entre ellos el proceso de temple y el revenido del acero son fundamentales, sin embargo, se han presentado casos en donde el calentamiento del material es insuficiente, debido a las condiciones de operación que se presentan durante la producción, por eso hay la necesidad de diseñar un sistema automatizado para el control de temperatura en horno de tratamientos térmicos para aceros, que se ajuste a cualquier tipo de material estableciendo la confiabilidad en cada uno de los procesos que se realicen (Ascanio y Ariza-Quiñonez, 2018).

La naturaleza heterogénea de la microestructura de los materiales en la mayoría de las aleaciones recién fundidas ha creado propiedades únicas para un aliado antes de los tratamientos térmicos. Los tratamientos térmicos son aparentemente los responsables del aumento de la dureza en la elaboración de aluminio para uso civil y militar (Kazeem, Badaruzaman, y Bin Wan Ali, 2019).

Hay un trabajo que propone un sistema de control de horno automatizado de bajo costo para el tratamiento térmico del acero. Empleando una plataforma para la creación de prototipos electrónicos de código abierto para controlar la temperatura del horno; reduciendo así, la interacción humana durante el proceso de calor. Además, se observó un ahorro en el consumo de energía utilizando el sistema de control PID (Zambaldi, Magalhães, Barbosa, P., y Ferreira, 2016).

Las tensiones residuales a menudo se convierten en la causa de daños tempranos en equipos o maquinaria. La tensión residual generalmente aparece en los componentes como resultado de un diseño de equipo inadecuado y de procesos de fabricación inadecuados. Los procesos de trabajo en frío sobre metales pueden provocar deformaciones plásticas. Uno de los métodos para aliviar las tensiones residuales en el material es mediante un proceso de tratamiento térmico. Sin embargo, si la aplicación del proceso de tratamiento térmico no es la correcta, además de experimentar una disminución en la tensión residual, el metal también experimentará una disminución en su resistencia. De aquí la importancia del diseño de los hornos de tratamientos térmicos que se acoplen a diferentes temperaturas y curvas de acuerdo con los materiales a tratar (Ramdan, Pratiwi, Kresna y Senatama, 2020).

En un proyecto se adaptó un horno de microondas doméstico para el tratamiento térmico de algunos materiales. El sistema consiste en: (a) taladrar una abertura de 3 mm de diámetro en la parte superior de la

cavidad del horno para el paso de un termopar, (b) control de magnetrón por un controlador de temperatura externo, y, (c) adición de la celda de microondas (aparato desarrollado para este propósito) dentro de la cavidad del horno. El termopar está conectado a un controlador externo, que recibe la información de la temperatura del horno del termopar y controla la actividad del horno magnetrón (Keyson y otros, 2007).

En otro trabajo se presenta el análisis de calcinación y sinterización de cerámicas de nitrato de zinc por procesamiento de microondas. Con el fin de obtener los parámetros mínimos de procesamiento, primero se estudió el comportamiento del material para la calcinación a diferentes temperaturas en el rango de 450 a 1150 ° C, con un tiempo de duración de 10 minutos. La sinterización se realizó entre 950 y 1050 ° C. Los resultados mostraron que la estructura cristalina de las muestras calcinadas y sinterizadas se vio influenciada por la temperatura, ya que, según el aumento de temperatura, se observó la evolución de las fases cristalinas formadas y solo las fases Zn₃Nb₂O₈ y ZnNb₂O₆ prevalecieron en la microestructura final. La densificación de las cerámicas sinterizadas estuvo influenciada por el tiempo y la temperatura del tratamiento térmico, con menor porosidad residual y crecimiento de grano con el aumento de la temperatura de sinterización en el horno microondas (Mineiro, Cunha Goncalo, Okamoto y Gama Tenório, 2020).

Un artículo de simulación numérica describe los resultados de un horno eléctrico, que empleó un ventilador para el tratamiento térmico del templado del acero; el cual mejoró la mezcla del flujo y la transferencia de calor. Sin embargo, se encontró que la eficiencia térmica del horno de templado disminuyó a medida que aumentaron los valores de velocidad de rotación (Palacio-Caro, Alvarado-Torres y Cardona-Sepúlveda, 2020).

Un trabajo presenta un horno eléctrico para la aplicación en tratamiento térmico de materiales, que se ha implementado con un sistema de control eléctrico mediante un termorregulador empleando un control PID (proporcional integral derivativo) con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales (Antonescu y Alecu, 2019).

Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos son un proceso donde se busca optimizar las propiedades del material a manufacturar, se puede añadir maleabilidad, resistencia, dureza, ductilidad y otras propiedades de los metales (LDTA Hornos Industriales). En la Tabla 1, se muestran los datos de los tratamientos térmicos del aluminio y el acero.

Tabla 1. *Tratamientos térmicos del aluminio y acero.*

Aleación.	Aluminio.			Aleación.	Acero.		
	Forja	Recocido	Recocido total		Revenido	Normalizado	Recocido
1080	240°C	1095 4041	240°C	1095 4041	200°C 595°C	850 °C 870°C	800°C 790°C a 845°C
6061-T6	350°C a 500°C	420°C a 250°C	340°C				

Fuente: *Elaboración propia.*

Es necesario emplear la termodinámica para el diseño de hornos de

tratamientos térmicos. Esta teoría es una consecuencia lógica de dos axiomas físicos elementales: la ley de la conservación y la ley de la degradación de la energía (Agüera, 2011). La segunda ley de la termodinámica trata sobre la direccionalidad de los procesos espontáneos y el estado final del equilibrio. A diferencia de la primera Ley, la segunda habla de la secuencia de la energía; ya que no, toda la energía puede ser transformada en calor (Hernandez, 2018).

Una máquina térmica es un dispositivo que convierte energía térmica en otras formas útiles de energía. La máquina absorbe cierta cantidad de calor Q_C (el subíndice C se refiere a caliente) tomado de la fuente a temperatura más alta. Hace un trabajo W y libera calor Q_F (F se refiere a frío) a la fuente de temperatura más baja (Inzunza, 2007).

Donde el trabajo neto W realizado por la máquina es igual al calor neto que fluye hacia la misma:

$$W = Q_C - Q_F \quad (1)$$

La eficiencia térmica de una máquina térmica se define como la razón entre el trabajo neto realizado y el calor absorbido durante un ciclo (Inzunza, 2007), mostrado en:

$$e = \frac{W}{Q_C} = \frac{Q_C - Q_F}{Q_C} = 1 - \frac{Q_F}{Q_C} \quad (2)$$

Balance de energía

Se parte de un balance de energía en el que se establece que la cantidad de calor que entra al horno es igual a la cantidad de calor que sale más la que se acumula (Auces y Rodríguez, 2003).

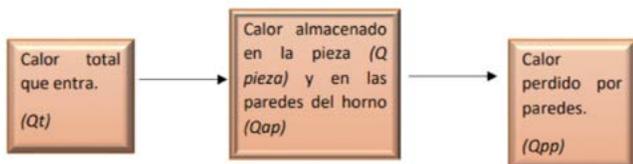


Figura 1. Balance de energía. Fuente: Elaboración propia.

El calor ganado por la pieza. Se calcula empujando la ecuación.

$$Q_{pieza} = m \sum C_{pieza} p \Delta T \quad (3)$$

Donde Q_{pieza} es el calor que gana la pieza que se somete al tratamiento (kJ), m es la masa total de la pieza (kg), $C_{pieza} p$ es el calor específico del material del que está hecha la pieza (kJ/kg °C); debido a que el calor específico del acero varía con la temperatura se calcula el calor que se va absorbiendo a intervalos adecuados de temperatura ΔT entre la temperatura a la que entra la pieza al horno y la temperatura máxima que alcanza (°C) (Auces y Rodríguez, 2003).

Por otra parte, el calor almacenado en paredes se determina en la ecuación 4:

$$Q_{ap} = m C_{p ap} \Delta T \quad (4)$$

Donde Q_{ap} es el calor almacenado en las paredes del horno (kJ), m es la masa de las paredes del horno (kg), $C_{p ap}$ es el calor específico del material del que está compuesta la pared del horno (kJ/kg °C) y ΔT es la diferencia entre las temperaturas media de las paredes y la temperatura ambiente (°C) (Auces y Rodríguez, 2003).

Así mismo, el calor perdido por paredes se expresa en la ecuación 5:

$$Q_{pp} = kS\Delta T \quad (5)$$

Donde Q_{pp} es el calor que se pierde a través de las paredes (W), k es la conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared ($W/m \cdot ^\circ C$); puesto que, ésta varía significativamente con la temperatura, S es el factor de forma tomando en cuenta las aristas, las esquinas y las paredes (m), y ΔT es la diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior del horno (°C) (Auces y Rodríguez, 2003).

La transferencia de calor consiste en la transferencia de energía de una región hacia otra como resultado de una diferencia de temperatura entre ellas. Existen por conducción, por radiación o convección (Mills, 1995). Para calcular el calor de la pared almacenado, se utiliza la ecuación 6.

$$Q_{ap} = m * T_{max} - T_{amb} \quad (6)$$

Donde Q_{ap} es el calor de la pared almacenado, m es la masa total de la pared, T_{max} es la temperatura máxima y T_{amb} es la temperatura ambiente (Mills, 1995).

Mientras que para el calor que está atravesando la pared, se realiza por medio de la Ecuación 7.

$$Q = U * \Delta T \quad (7)$$

Para calcular las temperaturas por cada espacio estacionario se debe de calcular R , por la Ecuación 8.

$$R = Q * \text{Conductancia Termica/espesor} \quad (8)$$

Por último, el calor total requerido en el horno. Se interpreta con la ecuación 9 (Auces y Rodríguez, 2003).

$$Q_t = Q_d / (\%Q_d) \quad (9)$$

Donde Q_t es el calor total requerido en el horno (kcal), Q_d es el calor disponible, es decir, la suma del calor absorbido y perdido por los elementos que componen al horno (kcal) están expresados en la ecuación 10.

$$Q_d = Q_{pieza} + Q_{ap} + Q_{pp} \quad (10)$$

Mientras que $\%Q_d$ es el porcentaje de calor disponible (Auces y Rodríguez, 2003). En la Tabla 2, se muestran los valores del calor perdido y el almacenado en las paredes que son muy importantes en el diseño

de cualquier horno.

Tabla 2. Calor perdido y almacenado en las paredes.

Calor perdido en paredes		Calor almacenado en paredes	
Conductividad térmica	0.115 W/m °C	Masa ladrillo refractario	1.25 Kg
Factor de forma	0.6973	Masa por pared	4.375 Kg
Calor perdido W	90°C = 7.217 w	Conductividad térmica	0.115 W/m °C
	920°C = 73.77 w		
		Calor almacenado	90°C = 45.28 w
			920°C = 462.87 w

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

La transferencia de calor en las paredes del horno se esquematiza en la Figura 2.

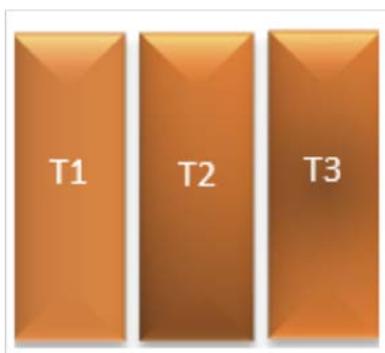


Figura 2. Transferencia de calor. Fuente: Elaboración propia.

- Capa 1: Ladrillo refractario. Con una conductancia térmica de 0.04 W/m°C y un espesor de 6 cm.
- Capa 2: Fibra cerámica. Con una conductancia térmica de 0.19 W/m°C y un espesor de 5 cm.
- Capa 3: Lámina galvanizada. Con una conductancia térmica 58 W/m°C y un espesor de 0.7 mm.

Los resultados de transferencia de calor en pared de acuerdo con el diseño del horno y basado en las ecuaciones anteriores se contienen en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la transferencia de calor en las paredes.

Calor que circula sobre la pared del horno	342.78 W/(m ² °C)
T1	228.52 °C
T2	1,302.564 °C
T3	0.00910 °C

Fuente: Elaboración propia.

Simulación

La simulación con variables de temperatura fue desarrollada en el software SolidWorks, obteniendo los resultados del efecto de la temperatura y la conductividad térmica en la pared de ladrillos y la pared de aislante, colocando los parámetros correspondientes en cada etapa de la pared. El diseño de la estructura interna del horno se presenta en la figura 3. Se empleó ladrillo refractario igual al que se emplea en las paredes

de las calderas de una central termoeléctrica.

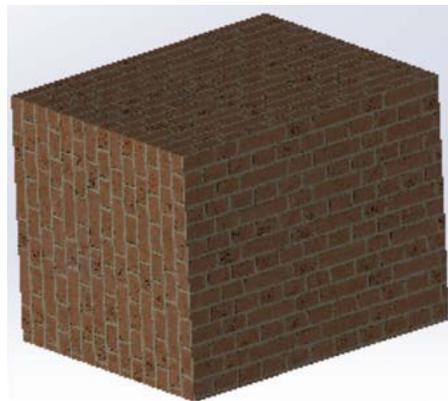


Figura 3. Estructura externa del horno. Fuente: Elaboración propia.

Al ser el primer elemento en contacto con la temperatura, la capa de ladrillos se observa que llega a la temperatura máxima que es de 950°C como se visualiza en los resultados de la simulación en la figura 4, aunque siempre se recomienda no sobrepasar los límites establecidos por el diseño; ya que podrían producirse daños en la estructura o en las paredes del horno. Así mismo, en la siguiente figura 5, se observa que los ladrillos tienen una conductividad térmica entre 2.55 a 1.27 (W/m²). En la simulación del aislante térmico, la escala de temperaturas va de 1000°C a 0°C, por la gráfica de colores se puede aproximar la temperatura del aislante a lo más inferior del código de colores, obteniendo los resultados deseados. Así mismo, la conductividad se encuentra en el rango inferior de la gráfica de colores.

Si se respetan los cálculos del diseño se asegurará una buena eficiencia en la transmisión del calor del horno de tratamientos térmicos, sobre todo se deben cuidar los límites marcados en color rojo y sería mejor trabajarlos un poco por debajo de esos valores; teniendo en consideración que la variable temperatura tiene mucha inercia y en determinado momento se podrían exceder un poco los rangos máximos, si no se cuenta con un buen control de temperatura.

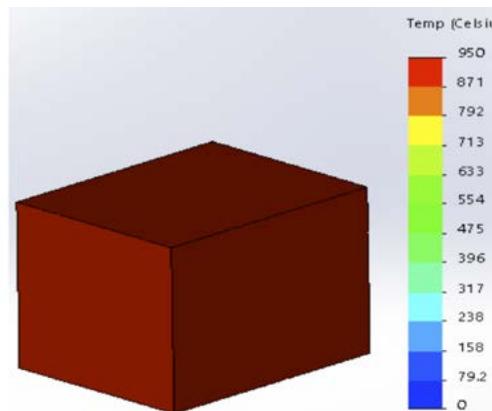


Figura 4. Simulación de temperatura capa 1. Fuente: Elaboración propia.

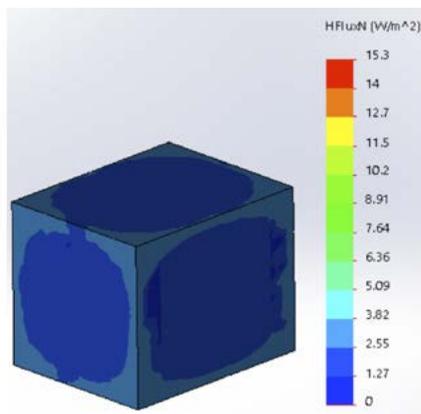


Figura 5. simulación de conductividad térmica en etapa 1.

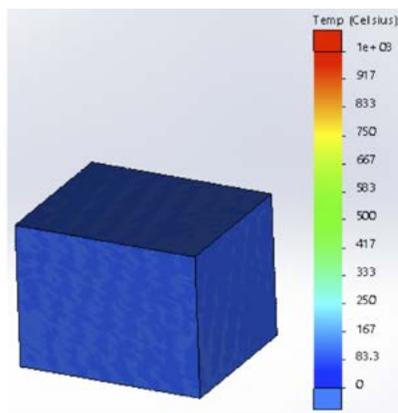


Figura 6. Simulación de temperatura capa 2.

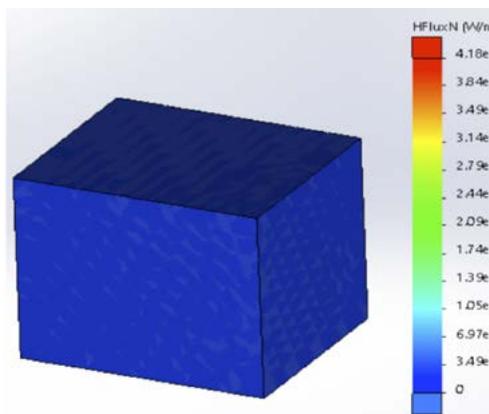


Figura 7. Simulación conductividad térmica capa 2.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

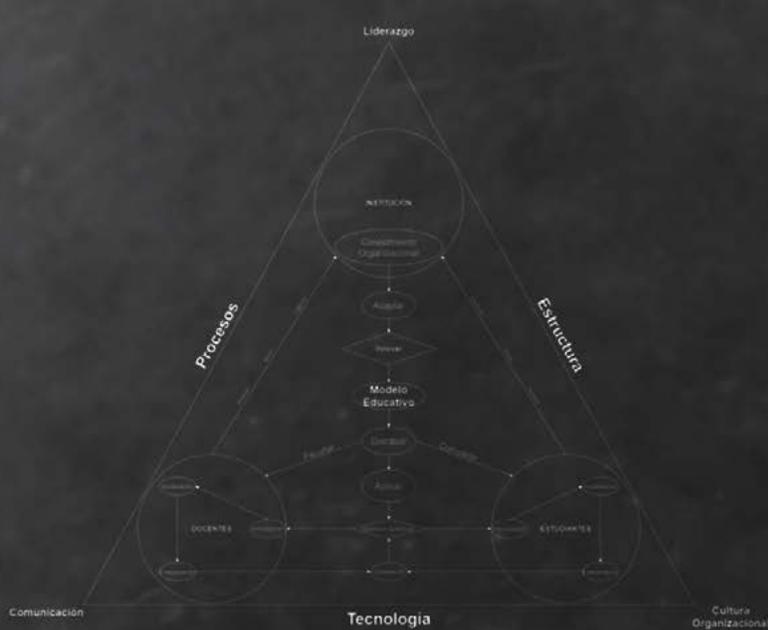
Los cálculos correspondientes a la transferencia de calor dieron resultados satisfactorios acerca de la elección de los materiales los cuales fueron escogidos para el diseño del horno. Y así como se puede observar en el cálculo de la etapa 3; que es la última capa del horno transfiera $0.00910\text{ }^{\circ}\text{C}$, que prácticamente se puede considerar 0°C al exterior.

El software de simulación arroja muy buenos resultados para poder efectuar la construcción del horno de tratamientos térmicos; con la aclaración que, en la práctica pueden variar un poco los resultados debido las características de los materiales son considerados como ideales.

También con el diseño se pueden visualizar el comportamiento de las principales variables en forma ideal y ayuda demasiado a la disminución de errores o inclusive a su eliminación total.

Bibliografía

- + Agüera, J. (2011). Obtenido de <http://www.uco.es/termodinamica/ppt/pdf/termo%201.pdf>
- + Antonescu, C. I., y Alecu, L. (2019). *Advanced systems for heat treatment controlling of electrical. Material Science and Engineering*, 1 a 6.
- + Ascanio, I. M., y Ariza-Quñónez, S. A. (2018). *Design of automated control system for Oven of. Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 28 a 34.
- + Auces, E., y Rodríguez, A. (2003). *Cálculo de las necesidades de energía en un horno. Ciencia e Ingeniería*, 1-3.
- Hernandez, J. (2018). Obtenido de <http://depa.fquim.unam.mx/jesusht/segundaley.pdf>
- + Inzunza, J. (2 de Enero de 2007). <https://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/docencia.html>. Obtenido de <http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap15.pdf>
- + Kazeem, A., Badarulzaman, N. A., y Bin Wan Ali, W. F. (2019). *Effect of Isothermal Heat Treatment on Hardness of X7475. Journal of Advanced Research in Fluid*, 233 a 239.
- + Keyson, D., Volanti, D., Cavalcante, L., Simoes, A., Souza, I., Vasconcelos, J., . . . Longo, E. (2007). *Domestic microwave oven adapted for fast heat treatment of Ba0.5Sr0.5(Ti0.8Sn0.2)O3 powders. Journal of Materials Processing Technology, Elsevier*, 316-319.
- + LDTA Hornos Industriales (s.f.). http://www.hornosindustriales.cl/info_site/Tratamientos%20Termicos%20-%20hornos%20industriales%20lda.pdf. Obtenido de LDTA Hornos industriales : <http://www.hornosindustriales.cl/>
- + Mills, A. (1995). *Transferencia de calor. España: IRWIN*.
- + Mineiro, S. L., Cunha Goncalo, D. A., Okamoto, S. y Gama Tenório, P. I. (2020). *Microstructural Analysis of Zinc Niobate Ceramics Processed by Microwave Thermal Treatment. Materials Science Forum*, (Volume 1012) 185-189.
- + Palacio-Caro, I. D., Alvarado-Torres, P. N. y Cardona-Sepúlveda, L. F. (2020). *Numerical Simulation of the Flow and Heat Transfer. Energies MDPI*, 1 a 22.
- + Ramdan, R. D., Pratiwi, I., Kresna, D. P. y Senatama, B. A. (2020). *The Effect of Thermomechanical Treatment on Residual. 4th International Conference on the Science and Engineering of Materials*, 1 a 7.
- + Shangguan, W., Gong, Y., Zhao, R. y Ren, H. (2016). *Effects of heat treatment on the properties of bamboo scrimber. Cossmark, Springer*, 383 a 391.
- + Zambaldi, E., Magalhães, R. R., Barbosa, B. H., P., S. y Ferreira, D. D. (2016). *LOWCOST AUTOMATED CONTROL FOR STEEL HEAT TREATMENTS. Applied Thermal Engineering*, 1 a 9.



DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Artículo arbitrado 18

Edición 16

José Andrés Gutiérrez Vázquez¹, Paola Isabel Rodríguez Gutiérrez², Patricia Hernández García³ y María del Pilar Pastor Pérez⁴

^{1,2,3,4}Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Contaduría y Administración, Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Sierra Leona 550, Lomas 2a Sección San Luis Potosí, San Luis Potosí, México, C.P. 78210.



andres.gutierrez@uaslp.mx
paola.rodriguez@uaslp.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: En esta investigación, se propone un modelo de gestión del conocimiento para instituciones de educación superior (IES). Este modelo se diseñó a partir de una integración tripartita, en la que se separa a la organización, profesores y estudiantes, considerando que estos pueden ser reconocidos como un agente del que se puede hacer una valoración a nivel individual e integrativo, considerando las interacciones que existen entre estos al interior de una universidad.

Este modelo se enfoca en otorgar una perspectiva alternativa a la consideración de los estudiantes como integradores del capital humano de una universidad, proponiendo que estos deben ser analizados como agentes que coexisten dentro de este espacio, pero deben ser observados a partir de una diferenciación de los docentes que integran el capital humano de una IES.

+ Palabras clave: Modelo, gestión del conocimiento, educación superior, conocimiento organizacional, innovación.

Abstract: This research propose a knowledge management model for higher education institutions. This model was designed from a tripartite integration, in which the organization, professors and students are separated. The model considers that students can be recognized as an agent which should be assessed at individual and integrative levels,

considering the interactions that exist among them at universities.

This model focuses on giving an alternative perspective to the consideration that students are integrated in university human capital, proposing that students should be analyzed as agents that coexist within this space, but must be observed in a different way since teachers are the ones who make up the university human capital.

+ Keywords: *Model, knowledge management, higher education, organizational knowledge, innovation.*

Introducción

En el reconocimiento que tiene la importancia de la gestión del conocimiento para fomentar la innovación y competitividad de las organizaciones, se presenta un área de oportunidad para la creación de propuestas que permitan representar las interacciones por las que fluye la información y por lo tanto se puede crear, compartir, almacenar y mejorar el conocimiento (Flores y Ochoa, 2016). Es a partir de esta premisa que nace la idea de crear un modelo de gestión del conocimiento enfocado en las instituciones de educación superior.

La gestión del conocimiento se puede interpretar como la acción a través de la cual se sistematiza la captura, organización y almacenamiento de las experiencias a nivel del individuo y de la organización. Scatolin (2015), rescató las principales contribuciones de Nonaka y Takeuchi (1995), describiendo que este proceso representa una mayor relevancia a través de actividades en las que se comparte el conocimiento transcurriendo de un conocimiento tácito a explícito y se almacena pasando de explícito a tácito. Así mismo, se debe entender que en la gestión del conocimiento se llevan a cabo acciones que tienen una correspondencia con la administración de la información, proceso en el que se analiza el valor de los intangibles para una organización (Sharma, Rana y Nunkoo, 2021).

La gestión del conocimiento puede facilitar la innovación, mediante la creación de soluciones que correspondan con mayor exactitud a las problemáticas que enfrenta una organización. Para el caso particular de las universidades, se debe entender que la gestión del conocimiento es indispensable, ya que, si bien el conocimiento representa el activo más importante de una organización; para una universidad los objetivos están fundamentados en torno a la creación, transmisión y mejora de conocimientos, por lo que es de vital importancia estructurar modelos y estrategias que contribuyan a mejorar la eficiencia de este proceso (Bouton, Bar-Tal y Asterhan, 2021; Petersen y Kruss, 2021).

Cuando se busca describir un proceso, el uso de modelos representa una excelente vía para hacerlo, ya que lo menciona Mankiw (2012), el uso de modelos permite representar de manera esquematizada una realidad a través del planteamiento de diferentes escenarios a en los que se simplifica un fenómeno, por lo que un modelo de gestión del conocimiento debería representar una manera gráfica la forma en que se genera, mejora y difunde el conocimiento, así como los resultados esperados al final de este proceso.

Materiales y métodos

El enfoque de investigación es cualitativo, con alcance exploratorio-descriptivo (, basado en la revisión de literatura relevante sobre generación de conocimiento, tal como Nonaka y Takeuchi (1995), Tejedor y Aguirre (1998) y Andersen (1999). Por lo que la estructuración del esquema que se presenta en este artículo se hizo a partir del análisis de los modelos de gestión del conocimiento diseñados por estos autores. Se examinó cuáles son las principales contribuciones que hacen estos autores en relación con la creación y mejora del conocimiento. Posteriormente, se analizaron las similitudes y que existen entre cada una de estas posturas para compilar una idea generalizada del cómo se forma, comparte y perfecciona el conocimiento dentro de una institución universitaria. Finalmente, se estructuró un esquema en el que se incluyó la idea de que existe una interacción tripartita entre los agentes que conviven dentro del ambiente universitario, utilizando conceptos e ideas de los modelos de gestión del conocimiento analizados.

Resultados

Estructuración del modelo

Inicialmente, se hace un análisis de la teoría de creación del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995), en la cual se considera al conocimiento como un proceso humano y dinámico. De manera simplificada en este modelo (Figura 1), se plantea que el conocimiento pasa por un proceso de socialización, externalización, combinación e internalización (SECI) a través del cual se hace una mejora del conocimiento, es por ello que se utiliza la imagen de una espiral para describir que cuando el conocimiento se comparte este sostendrá un crecimiento continuo, así mismo, en este modelo se hace una descripción de dos tipos de conocimiento:

1. Tácito: que se analiza como aquel que se encuentra en el subconsciente de cada individuo.
2. Explícito: que está estructurado, tiene forma y es sistemático. Es así como en este modelo se describe cómo a través del proceso SECI el conocimiento tácito se vuelve explícito y viceversa.



Figura 1. Modelo de gestión del conocimiento SECI
Fuente: Adaptación de Nonaka y Takeuchi (1995).

En la Figura 2, se presenta el modelo de gestión del conocimiento de Tejedor y Aguirre (1998), conocido como modelo KPMG (Klynveld

Main Goerdeler (KMG) y Peat Marwick Internacional Consulting. En este se describen los factores que pueden condicionar la capacidad de aprendizaje de una organización, los actores involucrados en el proceso de aprendizaje y los resultados esperados de este.

Es así como en este modelo se puede establecer que una organización tendrá una mayor oportunidad de aprender si la cultura, liderazgo, estructura, estrategia, gestión de personas y sistemas de información contribuyen a integrar a las personas en equipos de una organización que aprende. Una organización que aprende puede obtener resultados como cambio permanente, más calidad, desarrollo de personas y una mejor construcción del entorno.

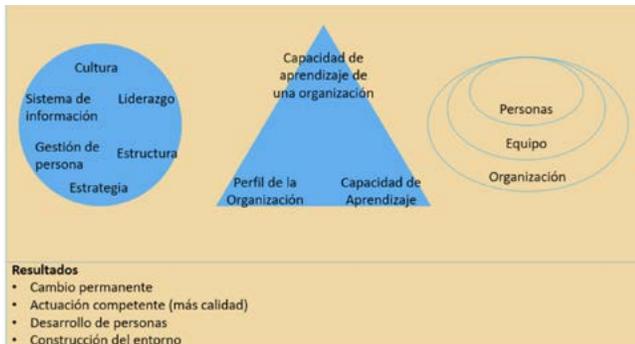


Figura 2. Modelo de gestión del conocimiento KPMG.
Fuente: Adaptado de Tejedor y Aguirre (1999).

El modelo de gestión del conocimiento que se presenta en la Figura 3, fue diseñado por Andersen (1999), en este se describe que desde la perspectiva del individuo, existe una responsabilidad para compartir y hacer explícito el conocimiento y desde la perspectiva de la organización, existe la responsabilidad de crear una infraestructura que soporte la perspectiva individual, creando los procesos, la cultura, la tecnología y los sistemas que permitan capturar, analizar, sintetizar, aplicar, valorar y distribuir el conocimiento.

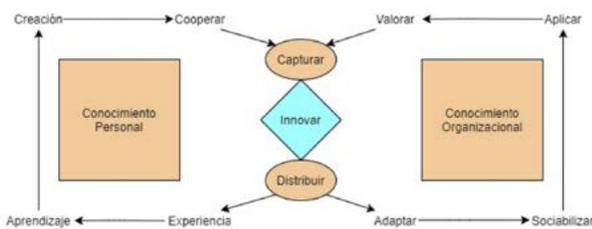


Fig. 3. Modelo de gestión del conocimiento de Arthur Andersen
Fuente: Adaptado de Andersen (1999).

Una vez que se han descrito las principales características de cada uno de estos tres modelos es posible hacer un análisis de los puntos en los que son coincidentes y/o diferentes. En la Tabla 1, se puede observar que en los tres modelos analizados se toma una postura positiva en cuanto a la relevancia que tiene la gestión del conocimiento para mejorar el desempeño de una organización, así mismo, en los tres modelos se establece la importancia de la interacción entre los distintos agentes que pueden integrarse dentro de estos modelos.

Tabla 1. Análisis de coincidencias y/o diferencias que existen entre los tres modelos planteados.

Nonaka y Takeuchi (1995).

Coincidencia		Similitudes	
Tejedor y Aguirre (1999).	Andersen (1999).	Tejedor y Aguirre (1999).	Andersen (1999).
<ul style="list-style-type: none"> - Describen la interacción que existe entre el individuo y la organización. - Se hace una mención de los resultados existentes a partir de la gestión del conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se hace un énfasis en el flujo del conocimiento a través de diferentes etapas. - Muestran una relación entre la organización y el individuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - El modelo de Tejedor y Aguirre no muestra un flujo del conocimiento. - El modelo de Tejedor y Aguirre sí describe qué elementos culturales pueden influir en los resultados de la gestión del conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - En el modelo de Andersen se agregan elementos como la valoración y la adaptación del conocimiento. - El modelo de Nonaka y Takeuchi se hace énfasis en la conversión del conocimiento entre tácito y explícito. - En el modelo de Andersen se hace énfasis en la innovación.

Andersen (1999).

<ul style="list-style-type: none"> - Se describen elementos relacionados con la cultura organizacional. - Se describe el papel que tienen tanto la organización como las personas en el proceso de gestión del conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Como se mencionó Tejedor y Aguirre no muestran un flujo, mientras que Andersen sí. - Andersen muestra como resultado fundamental de la gestión del conocimiento a la innovación, mientras que Tejedor y Aguirre mencionan otros elementos. - En el modelo de Andersen el resultado de la innovación se reintegra en un ciclo, y en Tejedor y Aguirre no existe este ciclo.
--	--

Fuente: Elaboración propia.

Como se pudo observar la principal diferencia que se puede encontrar está en el enfoque con el que se describe el proceso de gestión del conocimiento, así mismo tanto el modelo de Tejedor y Aguirre (1998) como en el de Andersen (1999) hacen una buena contribución al análisis de este proceso a través de la inclusión de los factores relacionados con la cultura organizacional.

Dentro de la Figura 4, se presenta el diseño del modelo de gestión del conocimiento, cuya fundamentación está hecha a partir de una interacción de tres actores: los estudiantes, los docentes y la institución. Como se puede observar en este esquema triangular se dejan al exterior aquellos elementos pueden influenciar los resultados del proceso de gestión del conocimiento, así mismo, se considera que estos elementos son inherentes de todas las IES, por lo que el impacto de la gestión del conocimiento puede ser mayor o menor dependiendo de qué tan fortalecidos se encuentran estos.

Al interior de este esquema se presenta el proceso a través del cual se plantea que se crea, comparte y mejora el conocimiento gracias a la interacción de los tres actores que integran dentro el modelo. Por un lado, se describe la interacción que existe entre docentes y estudiantes

cuando se lleva a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje, entendiendo que en esta fase se presentan elementos descritos en el modelo de Nonaka y Takeuchi (1998). Así mismo, se considera que la universidad como es responsable de recolectar el conocimiento que se genera a través de esta interacción, y de proporcionar herramientas adecuadas para fortalecer sus resultados. Toda la información generada a partir de estas interacciones puede ser almacenada y estructurada integrar para el conocimiento organizacional de la IES, este a su vez podrá ser utilizado en actividades como reestructuraciones del plan curricular o mejoras del modelos educativo, que a su vez serán implementadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, cumpliendo con un proceso de carácter cíclico, que puede cumplir con una estructura de espiral.

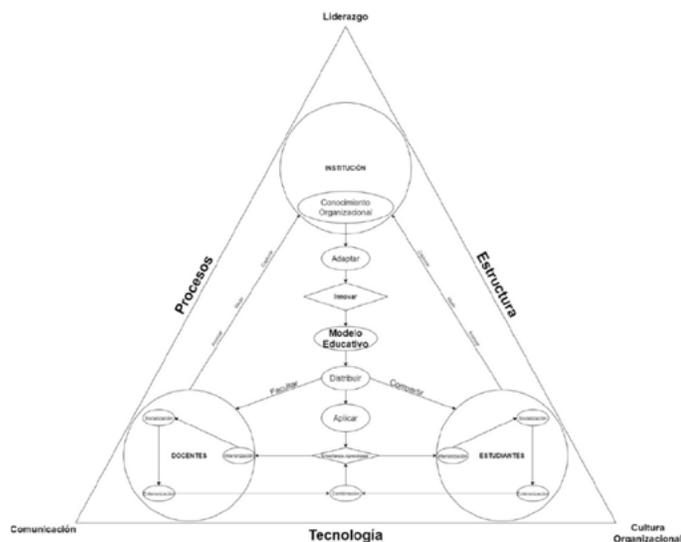


Figura 4. Propuesta de modelo de gestión del conocimiento para instituciones de educación superior. Fuente: Elaboración propia (2021).

Como se puede observar la creación de este modelo nace de la interpretación de que los estudiantes conforman un agente individual, cuyas características no permiten incorporar los dentro del capital humano de la institución. Esta perspectiva busca alinearse a la idea de que los estudiantes son la razón de ser una IES, por lo que el análisis de sus contribuciones al conocimiento organizacional debe hacerse de una forma diferente a la que se hace cuando se les describe como parte del capital humano.

Conclusiones

Al analizar los tres modelos propuestos para el diseño de esta propuesta, se puede interpretar que en la gestión del conocimiento existe un funcionamiento cíclico en el que se crea, se analiza y se mejora, y que este proceso solamente podrá ser exitoso si se condensa dentro del conocimiento organizacional y genera resultados positivos.

El diseño de este modelo de gestión del conocimiento está orientado a la representación de un nuevo escenario, que busca describir cómo es la realidad del ambiente universitario, contemplando que en el caso de las IES no es posible delimitar estas interacciones a solo dos agentes involucrados.

Considerando que las IES tienen como objetivo primordial la creación y transmisión de conocimiento, presentar una propuesta de modelo de gestión del conocimiento para este tipo de organizaciones supone un desafío importante, ya que existen interacciones múltiples que podrían ser analizadas.

Así mismo, al considerar a los estudiantes como un actor diferenciado del resto en este esquema de trabajo, es necesario implementar una serie de acciones para evaluar y validar si la propuesta presentada conlleva una pertinencia con las condiciones y retos de la actualidad, lo que representa una oportunidad para compartir opiniones que ayuden a fortalecer o corregir esta postura.

Es así como a priori se plantean tres acciones para dar continuidad a este trabajo, en primera instancia presentar este planteamiento a un panel de expertos para difundir qué elementos integran este modelo, obteniendo retroalimentación que permita contextualizar si se requiere rediseñar o corregir el esquema; como segundo paso se tendría que diseñar un plan de acción para ejecutar una prueba piloto del modelos y evaluar de manera preliminar si este modelo plantea una mejora en la forma en que se lleva a cabo la gestión del conocimiento en una IES; finalmente extender este plan de acción a otras universidades para evaluar sus resultados obtenidos.





Bibliografía

- + Andersen, A. (1999). *El management en el siglo XXI. Herramientas para los desafíos empresariales de la próxima década*. Buenos Aires: Granica.
- + Bouton, Edith; Bar-Tal, Smadar y Asterhan, Christa. (2021). *Students, Social Network Technology and Learning in Higher Education: Visions of Collaborative Knowledge Construction vs. the Reality of Knowledge Sharing. The Internet and Higher Education*, 49.
- + Flores, J. y Ochoa, S. (2016) *Los modelos de gestión del conocimiento y su relación con la cultura organizacional: Una revisión teórica*. *Ciencia administrativa*, 2, pp. 179-189.
- + Mankiw, N. (2012). *Principios de economía, sexta edición*. México: Cengage Learning.
- + Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Nueva York: Oxford University Press.
- + Petersen, I. y Kruss, G. (2021). *Universities as change agents in resource-poor local settings: An empirically grounded typology of engagement models*. *Technological Forecasting & Social Change*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120693>
- + Scatolin, H. (2015). *A gestão do conhecimento nas organizações: O legado de nonaka e takeuchi*. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, 5(2), pp. 4-13.
- + Sharma, A., Rana, N. y Nunkoo, R. (2021). *Fifty years of information management research: A conceptual structure analysis using structural topic modeling*. *International Journal of Information Management*, 58, pp. 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102316>
- + Tejedor, B. y Aguirre, A. (1998). *Proyecto LOGOS: investigación relativa a la capacidad de aprendizaje de las empresas españolas*. *Boletín de estudios económicos*, 53(164), pp. 231-249.



AFECTACIÓN DEL COVID-19

A LA INDUSTRIA MAQUILADORA Y TRANSPORTE DE CARGA EN CIUDAD JUÁREZ DURANTE 2020

Artículo arbitrado 19

Edición 16

Isabel Márquez Ochoa¹, Julio Cesar Briones Benavente² y Erandy Cárdenas Aguilera³

^{1,2,3}Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez
Av. Universidad Tecnológica #3051,
Col. Lote Bravo II
Ciudad Juárez, Chihuahua, México,
C.P. 32695.



julio_briones@utcj.edu.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: Un coronavirus no identificado fue detectado en pacientes durante un episodio respiratorio, en la ciudad de Wuhan, capital de la provincia de Hubei, China, iniciando una pandemia mundial. El primer caso de COVID-19 (SARS CoV 2) se detectó en México el 27 de febrero de 2020 y el 17 de marzo el secretario de Salud del Gobierno del Estado de Chihuahua, confirmó el primer caso de coronavirus en Ciudad Juárez, en marzo el gobierno de Chihuahua endureció las medidas sanitarias para prevenir y contener el coronavirus. Ciudad Juárez entró en toque de queda para evitar la propagación de este virus, una de las medidas adoptadas por el gobierno para evitar la propagación del COVID-19, fue que las empresas debían mantener únicamente la presencia de personal indispensable, cuidando mantener las medidas de sana distancia y privilegiar el trabajo en casa cuando sea posible, esto generó afectación a la industria maquiladora y el servicio de transporte de carga internacional.

+ **Palabras clave:** Coronavirus, maquiladora y transporte.

Abstract: An unidentified coronavirus was detected in patients during a respiratory episode, including atypical pneumonia, in December 2019 in Wuhan City, capital of Hubei Province, China.

The first case of COVID-19 (SARS Cov 2) was detected in Mexi-

co on February 27, 2020, on March 17 the Secretary of Health of the State Government confirmed the first case of coronavirus in Juárez, in March the government of Chihuahua tightened sanitary measures for to prevent and contain the coronavirus, Ciudad Juárez entered a curfew to prevent the spread of this virus. One of the measures adopted by the government of Chihuahua, to prevent the spread of COVID-19, was that companies must only maintain the presence of essential personnel, taking care to maintain healthy distance measures and privilege work at home when possible, this I have affected the maquiladora industry and the international cargo transport service.

+ **Keywords:** *Coronavirus, manufacturing and transportation.*

Introducción

La industria maquiladora es de gran importancia para el estado de Chihuahua. En total, genera 70 mil 344 empleos en la ciudad de Chihuahua y 8 mil 389 empleos en las zonas foráneas asociadas, como Cuauhtémoc, Delicias, Camargo, Ojinaga y Jiménez, dando un total de 78 mil 733 empleos.

Actualmente, con el 9.60% del total la distribución de los establecimientos con programas Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación (IMMEX); Chihuahua es la tercera entidad federativa con más unidades económicas, manufactureras o no manufactureras adscritas al esquema de la Secretaría de Economía (SE), ocupando el primer lugar nacional en personal ocupado con 367 mil 225 personas y mostrando un crecimiento del 4.10% en personal ocupado, con respecto a los resultados mostrados durante 2016.

La industria maquiladora en Chihuahua cuenta con aproximadamente 477 plantas en más de 25 parques industriales distribuidos alrededor de las principales ciudades del estado; aportando poco más del 73% del empleo formal registrado en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y participando nacionalmente con un 5.20% en la inversión extranjera directa (Francisco, 2018).

Las exportaciones del sector maquilador durante los primeros 10 meses del 2019 superaron los 219 mil 765 millones de dólares, mientras que las importaciones fueron por 170 mil 917 millones, para alcanzar un superávit de 48 mil 848 millones de dólares, de acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), difundida por la Asociación de Maquiladoras (INDEX Juárez).

La Aduana de Ciudad Juárez tiene entre sus principales sectores de importación la fabricación de autopartes, productos metálicos, otras industrias manufactureras y productos eléctricos.

Antecedentes

La industria maquiladora surgió en 1965, como una combinación de dos instrumentos gubernamentales: las tarifas arancelarias 806.30 y 807.00 en Estados Unidos (después sistema armonizado HTS 9802), y el Programa de Industrialización Fronteriza en México. Para las empresas de Estados Unidos, este esquema resultó muy atractivo ya que les permitió mantener su competitividad en el mercado global, con costos de producción sustancialmente más bajos, al trasladar a México parte del proceso productivo. Tal segmentación fue posible gracias a los

avances en las comunicaciones y el transporte, que permitieron mantener una coordinación eficiente y supervisión estrecha de los procesos productivos geográficamente dispersos. Para México, el objetivo principal era atraer empresas extranjeras a la frontera, que emplearan a los trabajadores forzados a regresar al país, al concluir el Programa Bracero en Estados Unidos (Contreras y Munguía, 2007).

El 20 de mayo de 1965, se establece la Política de Fomento a la Industria Maquiladora de Exportación en el norte del país; con la instrumentación del Programa de Industrialización de la Frontera Norte, por parte del Gobierno Federal, para las empresas extranjeras, que establecieron operaciones de maquila en México, este esquema resultó muy ventajoso, ya que les permitió reducir drásticamente sus costos laborales, al instalarse en una región geográfica cercana y pagar salarios bajos.

Las empresas maquiladoras debían atender las siguientes prioridades nacionales:

- Crear fuentes de empleo.
- Fortalecer la balanza comercial del país a través de una mayor aportación neta de divisas.
- Contribuir a una mayor integración interindustrial y coadyuvar a elevar la competitividad internacional de la industria nacional.
- Elevar la capacitación de los trabajadores e impulsar el desarrollo y la transferencia de tecnología en el país.

El “modelo maquilador”, diseñado como un recurso de emergencia, se fue transformando, tanto en su normatividad como en su funcionamiento hasta convertirse en la base del desarrollo industrial en la región norte de México y en el frente más dinámico de las exportaciones del país (Contreras y Munguía, 2007).

El término “Coronavirus” aparece mencionado en un artículo de la revista Nature por primera vez en 1968, (Nature, 1968).

Un nuevo grupo de virus bajo el nombre de coronavirus ha sido reconocido por un grupo informal de virólogos que han enviado sus conclusiones a Nature, estos virus tienen bajo el microscopio electrónico una apariencia más o menos redondeada, y están rodeados por un aura característica de filamentos que asemejan a la corona solar.

Un coronavirus no identificado fue detectado en pacientes durante un episodio respiratorio, incluyendo neumonía atípica en diciembre del 2019, en la ciudad de Wuhan, capital de la provincia de Hubei, China.

El SARS-CoV-2 es un virus de la gran familia de los coronavirus, un tipo de virus que infecta a seres humanos y algunos animales (Intituto Nacional del Cáncer, 2021).

El primer caso de COVID-19 se detectó en México el 27 de febrero de 2020. El 30 de abril, después de casi dos meses del primer paciente detectado por coronavirus, el número de infectados aumentó exponencialmente, alcanzando un total de 19 mil 224 casos confirmados y mil 859 fallecidos (Suárez, Suarez Quezada, Oros Ruiz y Ronquillo De Jesús, 2020).

El 17 de marzo el secretario de Salud del Gobierno del Estado confirmó el primer caso de coronavirus en Juárez, se trata de un hombre adulto que se encontraba bajo vigilancia y aislado en su hogar, el cual evoluciona favorablemente, lo síntomas que presenta son dolor de cabeza y dolores musculares (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2020).

Planteamiento del problema

El punto fundamental de la investigación fue hacer un análisis sobre la afectación económica a la industria maquiladora, el transporte y el empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua por la pandemia causada por el COVID-19.

En Ciudad Juárez, la industria maquiladora y el transporte se vio severamente afectado por la llegada de la pandemia de COVID-19 es sin duda la peor crisis de la humanidad en tiempos modernos que causó la suspensión de labores por tiempo indefinido para detener la propagación del virus, se registraron paros técnicos, paros de líneas de producción, retrasos en entrega de pedidos, aumentos de precios en los envíos de carga aérea, falta de insumos, así como graves problemas en el transporte de mercancías.

De acuerdo a las cifras de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación (IMMEX, 2020), en Ciudad Juárez actualmente hay 223 maquiladoras, las cuales generan más de 264 mil 500 empleos y una derrama salarial mensual promedio de mil 593 millones de pesos, sin duda este sector es de suma importancia para esta ciudad fronteriza, lamentablemente el COVID-19 impactó ya a 45 de cada 100 maquiladoras esta situación provocara una disminución de las exportaciones de entre mil 500 a 2 mil millones de dólares considerando que las afectaciones iniciaron entre febrero y marzo.

Esta pandemia sin duda quebrara la economía en Ciudad Juárez se estima que a nivel nacional la recuperación total de la economía podría tardar hasta 11 años a causa del freno en la actividad productiva.

Marco teórico

Industria manufacturera, maquiladora y de servicio de exportación

Ante la voraz competencia por los mercados globales, es fundamental dotar a las empresas mexicanas, al menos, de las mismas condiciones que ofrecen nuestros principales competidores, que le permitan posicionarse con éxito sus mercancías y servicios en la arena del comercio internacional.

Con este propósito, el Gobierno Federal publicó el 1 de noviembre de 2006, el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (Decreto IMMEX), con el objetivo de fortalecer la competitividad del sector exportador mexicano, y otorgar certidumbre, transparencia y continuidad a las operaciones de las empresas, precisando los factores de cumplimiento y simplificándolos; permitiéndoles adoptar nuevas formas de operar y hacer negocios; disminuir sus costos logísticos y administrativos; modernizar, agilizar y

reducir los trámites, con el fin de elevar la capacidad de fiscalización en un entorno que aliente la atracción y retención de inversiones en el país.

Este instrumento integra los programas para el Fomento y Operación de la Industria Maquiladora de Exportación (Maquila) y el que Establece Programas de Importación Temporal para Producir Artículos de Exportación (PITEX), cuyas empresas representan en su conjunto el 85% de las exportaciones manufactureras de México.

El Programa IMMEX es un instrumento mediante el cual se permite importar temporalmente los bienes necesarios para ser utilizados en un proceso industrial o de servicio destinado a la elaboración, transformación o reparación de mercancías de procedencia extranjera importadas temporalmente para su exportación o a la prestación de servicios de exportación, sin cubrir el pago del impuesto general de importación, del impuesto al valor agregado y, en su caso, de las cuotas compensatorias (Secretaría de Economía, 2010).

En la Figura 1, se aprecia los principales estados con empresas que cuentan con programa IMMEX donde el estado de Chihuahua ocupa el tercer lugar después de Baja California y Nuevo León quienes ocupan el 1ro. y 2do. Respectivamente.



Figura 1. Empresas con programa IMMEX por estado.
Fuente: INEGI, 2020.

En la Figura 2, se puede apreciar la importancia de la industria maquiladora en la generación de empleos en ciudad Juárez, ya que representa el 65.79% según información de competitividad Laboral ciudad Juárez, con datos del INEGI (2020).

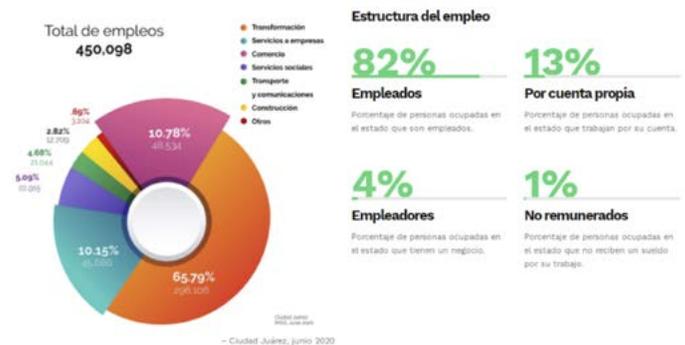


Figura 2. Empleo en Ciudad Juárez por ramas económicas.
Fuente: INEGI, 2020.

Transporte

Día con día miles de toneladas de productos se transportan a las diferentes ciudades del país y más allá de nuestras fronteras, ya sea por los distintos medios de transporte como vía terrestre, aérea o marítima.

Se estima que en México alrededor 930 millones de toneladas de mercancías y productos se movilizan al año, esto mediante diferentes medios de transporte, la que requiere de una logística de primer nivel para la entrega y repartición de la mercancía que se comercializan.

Las exportaciones del sector maquilador durante los primeros 10 meses del 2019 superaron los 219 mil 765 millones de dólares, mientras que las importaciones fueron por 170 mil 917 millones, para alcanzar un superávit de 48 mil 848 millones de dólares, de acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), difundida por la Asociación de Maquiladoras (INDEX Juárez, 2020).

La Aduana de Ciudad Juárez tiene entre sus principales sectores de importación la fabricación de autopartes, productos metálicos, otras industrias manufactureras y productos eléctricos.

En cuanto a las exportaciones, destacan por su número de operaciones: la fabricación de productos metálicos, partes para vehículos automotrices, industrias manufactureras y la fabricación de camiones y tractocamiones (Index Juárez, 2020).

En la Figura 3, se puede apreciar el acumulado enero–octubre de 2020, el autotransporte aportó 72% del intercambio entre México y Estados Unidos, en el mismo lapso de 2019 representó 70.2%, siendo el único modo con avance.

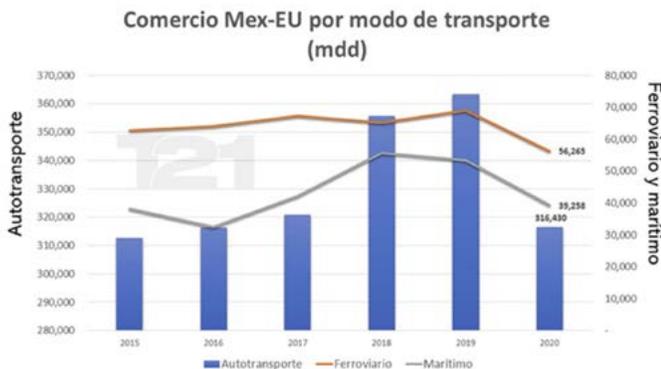


Figura 3. Comercio Juárez -El Paso. Fuente: Business Intelligence T21.

Desarrollo

Estadísticas sobre la afectación de la economía de Ciudad Juárez

Los resultados para el primer trimestre de 2020, arrojan un panorama preocupante a nivel nacional, el crecimiento de la economía formal fue de -1.7%. Además, en 25 de 32 estados se reportaron tasas negativas de crecimiento de la economía formal. Este es el inicio de año con la tasa de crecimiento de la economía formal más baja que se reporta desde 2009, año que se vivió una crisis económica a nivel global.

En el primer trimestre del año 2020 la economía del Estado de Chihuahua decayó 0.2%, se pronostica que al final de la pandemia los resultados sean catastróficos para la economía del país, incluso a nivel mundial.

A continuación, se presenta un mapa sobre el crecimiento de la economía formal (COPARMEX, 2020).



Figura 4. Crecimiento de la economía formal.

Fuente: COPARMEX, 2020.

Ciudad Juárez en el 2020 tiene el mayor número de empresas operando bajo el esquema IMMEX en el estado de Chihuahua con 327 empresas lo cual representa el 65% del estado.

A continuación, se presenta una gráfica del porcentaje de empresas IMMEX en el estado de Chihuahua, proporcionada por la página de Index Juárez.

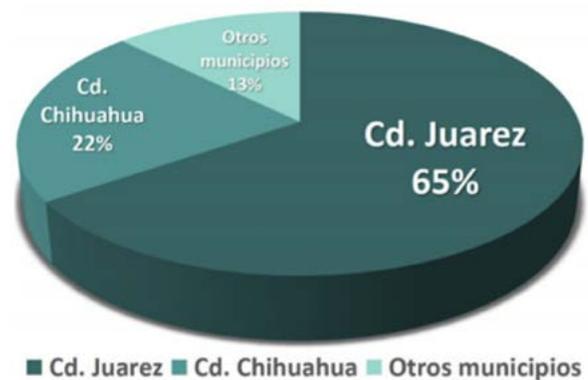


Figura 5. Porcentaje de empresas IMMEX.

Fuente Index Juárez, 2020.

Durante el 2019 las exportaciones de las empresas IMMEX a nivel nacional sumaron 276 mil 932 millones de dólares, las importaciones cerraron en 212 mil 199 millones de dólares obteniendo un superávit de 64 mil 732 millones de dólares.

En enero del 2020 las exportaciones acumularon 18 mil 033 millones de dólares a nivel nacional las importaciones sumaron 14 mil 491 millones de dólares.

millones de dólares teniendo un superávit de 3 mil 542 millones, esto refleja una reducción en el sector ya que en diciembre se acumularon 21 mil 315 millones de dólares en exportaciones y 16 mil 630 millones de dólares en importaciones (Asociación de Maquiladoras, A.C., 2020).

La paralización total de la economía en Ciudad Juárez puede representar un impacto superior a los 3 mil millones de pesos mensuales solo en lo que se refiere a salarios de quienes tienen un trabajo fijo, lo que se incrementa al considerar a quienes laboran por su cuenta, ante la incertidumbre por la crisis económica a causa del COVID-19, algunas maquiladoras analizan cesar operaciones definitivamente y liquidar a sus trabajadores para no volver a abrir.

El ingreso es el sector maquilador que ocupa a más del 69 por ciento de los trabajadores, de acuerdo con estadísticas difundidas por la Asociación de Maquiladoras (Index Juárez, 2020), solo ese sector generó el año pasado el pago de 33 mil 842 millones de pesos en salarios y 15 mil 920 millones en contribuciones a la seguridad social y prestaciones.

Del total de los capitales extranjeros que ingresaron a Chihuahua durante el primer trimestre de 2020, el 67%, es decir 182 millones de dólares, corresponden al sector manufacturero. Sin embargo, el panorama económico juarense está ligado directamente al comportamiento de la recuperación de la inversión extranjera, principalmente de Estados Unidos (Norte Digital, 2020).

Número de trabajadores de maquiladora que fueron enviados a sus casas por ser vulnerables.

El semáforo rojo de Salud de Gobierno del Estado, implementado en Ciudad Juárez, que obligaba a la mayoría de maquiladoras a trabajar a un 60 por ciento, implicaba que las empresas estarían forzadas a enviar a sus hogares aproximadamente a unos 124 mil empleados.

Durante la estadía en casa, las empresas tenían la obligación de seguir pagando sueldos, aunque en ocasiones anteriores apenas el 50 por ciento en algunos casos.

Las empresas manufactureras ligadas al sector médico, así como las que fabrican mecanismos de cálculo como computadoras, tabletas o calculadoras, podrían laborar al 100 por ciento, de acuerdo con lo expuesto por autoridades estatales.

En tanto, las empresas de manufactura no esencial, como automotriz y aeroespacial, podrían operar con el 60 por ciento del personal, la industria considerada no esencial tendría que cerrar operaciones, según la reglamentación para el semáforo rojo.

Según datos de Index Juárez (2020), sólo el 30 por ciento de las maquilas en Ciudad Juárez se dedican a la actividad automotriz, ese sector empuja a otros que fabrican partes para ellos, como los de empaques y metalmecánica, de esta manera, mantenían en operaciones un 90 por ciento de las maquilas con semáforo en rojo, mientras que el 10

por ciento restante sí se vería obligado a cerrar operaciones hasta que cambiara a naranja.

La posibilidad de que con la reactivación de empresas en el regreso a la actividad económica generaba situaciones de discriminación debido a la definición de grupos vulnerables al COVID-19, entre los que se encontraban personas con diabetes, hipertensos, obesidad y otros.

La industria maquiladora en este momento tiene el interés de regresar a la normalidad, pero de acuerdo con información que ha difundido la Asociación de Maquiladoras, podría reducir su personal en un 20%, esto significa que si esto se llega a dar, es posible que parte de la gente que se quede sin empleo sea aquella contemplada dentro de los grupos vulnerables, entre ellos se encuentran también las personas mayores de 60 años y mujeres embarazadas.

Al momento en que las maquiladoras inicien de nuevo el proceso de contratación seguramente podrían ser más estrictas en la selección de los solicitantes de empleo, incluso algunas de las empresas estableciendo como norma no ingresar a personas de grupos vulnerables.

En la Tabla 1, se muestran las personas que tuvieron que ser enviadas a sus hogares por ser vulnerables ante el virus, proporcionada por la página de www.coronavirus.gob.mx

Tabla 1, Valor de vulnerabilidad a contraer COVID-19,

Condición que pone en situación de vulnerabilidad	Valor de vulnerabilidad	Condición que pone en situación de vulnerabilidad	Valor de vulnerabilidad	
Embarazo	Tercer trimestre del embarazo	Enfermedad Cardiovascular o cerebrovascular	Diagnóstico establecido por cardiología o neurología y requiere de tratamiento continuado o ha requerido de hospitalización por patología en el último año, sin incluir hipertensión arterial	
Lactancia materna	Durante la incapacidad por maternidad		Enfermedad Renal Crónica	Trabajadores en estadio KDIGO 3b o mayor, con eventos de proteinuria en el último año o alguna otra manifestación de compromiso renal [†]
Obesidad	IMC $\geq 40 \text{ kg/m}^2$			Estados patológicos con tratamiento inmunosupresor
Mayores de 60 años sin comorbidades	Mayores de 60 años sin comorbidades	Infección por VIH		
Diabetes Mellitus descontrolada	HbA _{1c} $> 8\%$		Cáncer	
Hipertensión Arterial Sistémica (HAS) descontrolada	Hipertensión Grado 2 (Sistólica 160-179 mmHg o Diastólica 100 - 109 mmHg) o mayor	Combinaciones de comorbidades		Dos o más comorbidades que cumplen el valor de vulnerabilidad
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Diagnóstico establecido por Neumología y requiere tratamiento diario con CAT ≥ 10 *		Combinaciones de comorbidades	Dos o más comorbidades que no cumplen el valor de vulnerabilidad
Asma	Moderada (GINA) [†] Diagnóstico establecido por Neumología, tiene síntomas diarios, afectan la actividad y el sueño, requiere tratamiento de rescate diariamente			

Fuente: www.coronavirus.gob.mx

Empleos perdidos

De acuerdo con datos del IMSS en el país se encuentran laborando 2 millones 678 mil 633 trabajadores contratados por empresas IMMEX, el estado de Chihuahua representa el 17.16% del nacional. Ciudad Juárez es la mayor empleadora de trabajadores en las empresas IMMEX con 301 mil 447 (Asociación Maquiladora A.C., 2020).

Al cierre del 2019, la tasa de desempleo en el estado de Chihuahua cerró en 2.6%, la tasa nacional en 3.4%. Ciudad Juárez cerró con una tasa de 1.80%. Para enero 2020, inició con 301 mil 579 empleos en la industria manufacturera, en el mes de marzo perdió 2 mil 497 empleos, para el mes de abril cerró en 296 mil 476, una pérdida acumulada de 5 mil 103 empleos en la industria manufacturera. Esta tendencia a la baja inició en el mes de febrero, esto se debe en gran parte a la crisis sanitaria

que está viviendo a nivel mundial por la pandemia COVID-19.

A continuación, se presenta una gráfica de empleos en la Industria Manufacturera, proporcionada por el portal de Index Juárez (2020).

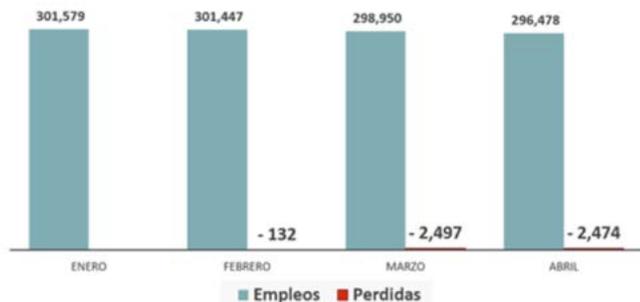


Figura 6. Empleos en la Industria Manufacturera. Fuente Index Juárez.

Tiempo que toma el transporte para poder importar y exportar la mercancía a causa de las medidas contra el COVID-19

Los gobiernos de México y Estados Unidos trataron de mitigar la afectación del cierre parcial de su frontera por la pandemia del COVID-19, el cruce de camiones con mercancías a territorio estadounidense vía terrestre cayó 26.5% en el primer trimestre del 2020, comparado con el año previo, lo que impactó negativamente el flujo de las empresas y los estados del norte de México.

Las filas de hasta cinco kilómetros se registran en el puente internacional Zaragoza, en Ciudad Juárez para el cruce de tráileres a Estados Unidos, desde abril y como resultado a la pandemia de COVID-19, las aduanas de México y Estados Unidos redujeron el horario para el cruce de embarques ya que antes de la crisis sanitaria, en el puente internacional de Córdova de las Américas las exportaciones se realizaban normalmente de 8:00 a 17:00 horas y las importaciones hasta las 21:00 horas, al decretarse la alerta sanitaria las exportaciones concluían a las 14:00 horas y las importaciones a las 18:00 horas reduciendo a gran escala el tiempo de atención y cruce.

En la aduana de San Jerónimo, el horario era de 8 de la mañana a 8 de la noche y frente a la situación sería de 6 de la mañana a 8 de la noche de lunes a viernes, por lo que habría diez horas de aduana en la semana.

En la sección aduanera de Zaragoza no hubo cambios en los horarios, funcionaba de 6:00 a 23:00 horas, todos los transportistas optaron por usar este cruce, lo que ha influyó en la saturación, aunado a que luego del cambio en el color del semáforo es rojo, las aduanas tanto de México como de Estados Unidos no volvieron a modificar sus horarios, los conductores de tráileres esperan hasta más de seis horas para cruzar a Estados Unidos.

Materiales y métodos

Para realizar el análisis del presente trabajo de investigación se basó principalmente en la recopilación de información de los principales organismos y dependencias que manejan estadísticas relacionadas afectación de la pandemia del Covid-19, así como las asociaciones de las propias industrias maquiladoras y empresas de transporte en Ciudad Juárez, durante el periodo de septiembre a diciembre del 2020.

La técnica de recopilación y acopio de datos se realizó haciendo uso de las tecnologías de la información como herramienta principal.

Resultados

La pandemia del COVID-19 provocó una crisis similar a la que generó la violencia hace diez años en Ciudad Juárez y costará cinco años o más recuperarse porque en Estados Unidos, el principal socio comercial de México, también pronostica resultados negativos.

De acuerdo al periódico el Heraldo de Juárez (2020), en los meses de la pandemia Ciudad Juárez perdió 13 mil 987 empleos y 75 empresas empleadoras tuvieron que cerrar (Mena, 2020). Según el Norte Digital los sectores más afectados fueron el de la construcción con 31 empresas cerradas, 24 establecimientos de servicios, 13 en la industria de la transformación, ocho de servicios sociales y comunales, ocho más de comercio y tres de transporte y comunicaciones (Barranco, 2020).

De acuerdo a Norte Digital en cuanto a los empleos perdidos en los meses de marzo, abril y mayo (13 mil 987), ocho mil 82 correspondieron a la industria de la transformación (maquiladoras); tres mil 683 a servicios para empresas; y mil 220 plazas laborales en el sector de la construcción.

El resto de los empleos que se perdieron se ubicaron en los sectores comercio, transporte y comunicaciones, servicios sociales y comunales, extractivo, agropecuario y eléctrico.

Según información de Norte Digital (2020) a febrero de 2020 había 458 mil 689 empleos formales en esta frontera y para mayo la cifra se redujo a 445 mil 885, lo cual representa una pérdida de 13 mil 987 plazas.

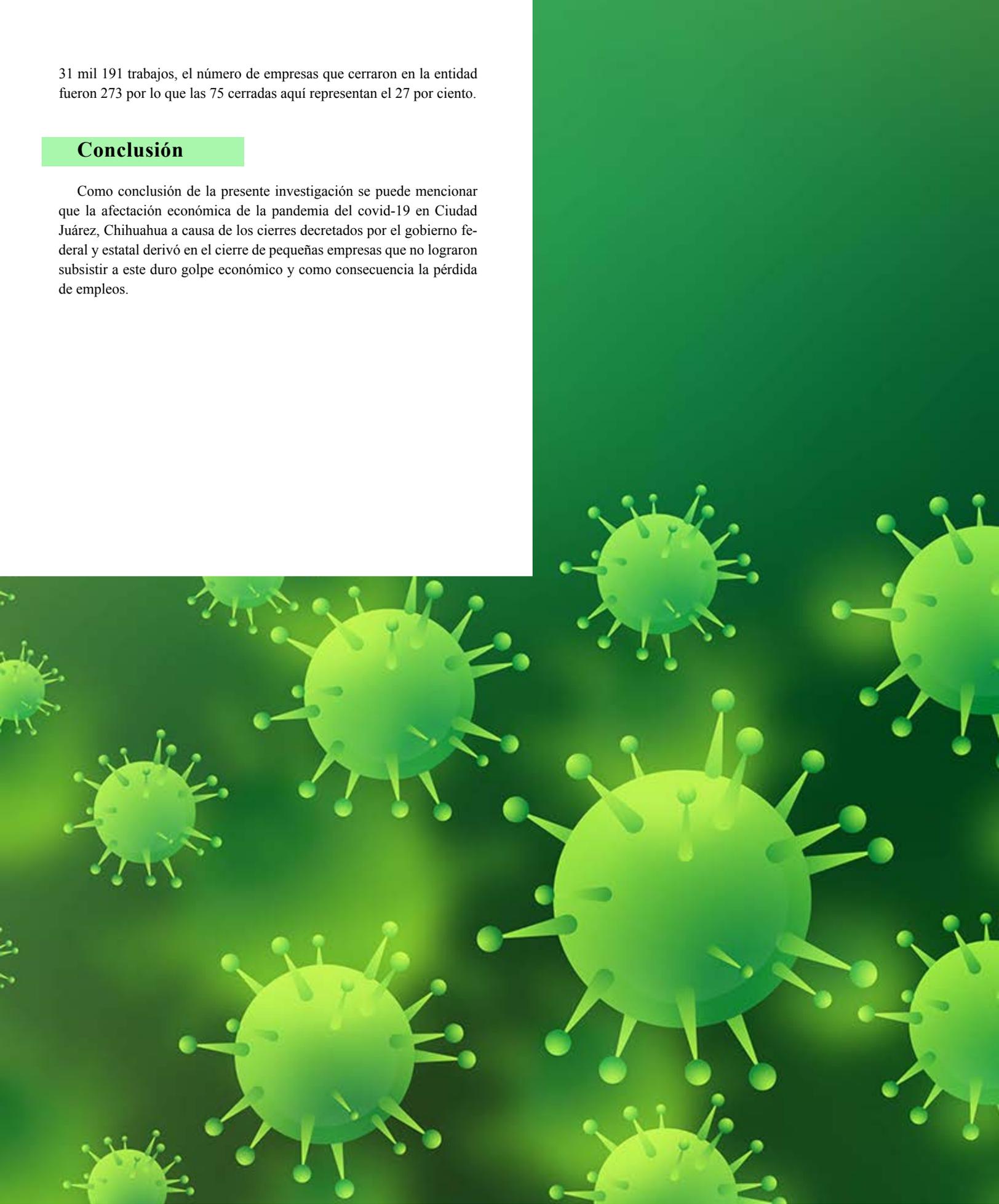
Este nuevo número ubica a Ciudad Juárez en los niveles de empleo que tenía en febrero de 2018.

Según datos de Index Juárez (2020), el sector más afectado fue la industria maquiladora, definido como industria de la transformación. La afectación laboral en esta frontera representa el cuarenta por ciento de lo que se ha perdido en todo el estado, donde el empleo formal canceló

31 mil 191 trabajos, el número de empresas que cerraron en la entidad fueron 273 por lo que las 75 cerradas aquí representan el 27 por ciento.

Conclusión

Como conclusión de la presente investigación se puede mencionar que la afectación económica de la pandemia del covid-19 en Ciudad Juárez, Chihuahua a causa de los cierres decretados por el gobierno federal y estatal derivó en el cierre de pequeñas empresas que no lograron subsistir a este duro golpe económico y como consecuencia la pérdida de empleos.



Bibliografía

+ Asociación de Maquiladoras, A.C. (3 de Julio de 2020). *Index Juárez*. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de *Información Estadística Mensual [Infograma]*: <https://indexjuarez.com/wp-content/uploads/2020/07/Julio-3.pdf>

+ Asociación de Maquiladoras, A.C. (8 de Mayo de 2020). *Información Estadística de Importaciones y Exportaciones IMMEX*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Index Juárez*: <https://indexjuarez.com/wp-content/uploads/2020/05/Mayo-8.pdf>

+ Asociación Maquiladora, A.C. (20 de Marzo de 2020). *Index Juárez*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Información Estadística*: <https://indexjuarez.com/wp-content/uploads/2020/03/Marzo-20.pdf>

+ Barranco, C. O. (18 de Junio de 2020). *Cada día cierra una empresa en Juárez*; *Canacinfra urge a la reapertura económica*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Norte Digital Hacemos Periodismo*: <https://nortedigital.mx/cada-dia-cierra-una-empresa-en-juarez-canacinfra-urge-a-la-reapertura-economica/>

+ Contreras, Ó. F., y Munguía, L. F. (2007). *Evolución de las maquiladoras en México. Política industrial y aprendizaje tecnológico*. *Region y sociedad*, 19(spe), 71-87. Recuperado el 09 de Julio de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252007000400005&lng=es&tlng=es

+ COPARMEX (2020). *COPARMEX: La economía formal del país esta decreciendo al 1.7%*. [Comunicado de Prensa]. México: Confederación Patronal de la República Mexicana. Obtenido de www.coparmex.org.mx.

+ Gobierno de México (2020). *¿Qué es el Coronavirus?* Recuperado el 9 de Julio de 2021, de coronavirus.gob.mx/covid-19: <https://coronavirus.gob.mx>

+ Gobierno del Estado de Chihuahua (17 de Marzo de 2020). Obtenido de GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA: <http://www.chihuahua.gob.mx/contenidos/esta-en-juarez-primer-caso-de-covid-19-confirmado-en-chihuahua#:~:text=El%20secretario%20de%20Salud%20del,previsto%20que%20vaya%20a%20complicarse.>

Intituto Nacional del Cáncer (2021). *NIH: Instituto Nacional de Cáncer*. Recuperado el 1 de Octubre de 2020, de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/sars-cov-2>

+ Mena, A. (19 de 06 de 2020). *El heraldo de Juárez*. *Se perdieron 13 mil 987 empleos en Juárez en 2020: IMSS*. Juárez, Chihuahua, México. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *El Heraldo de Juárez*: <https://www.elheraldodejuarez.com.mx/>

+ Nature (16 de Noviembre de 1968). *Virology: Coronaviruses*, 220. doi:<https://doi.org/10.1038/220650b0>

+ Norte Digital (30 de Julio de 2020). *Maquiladoras, motor de la economía en Ciudad Juárez*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Norte Digital Hacemos periodismo*: <https://nortedigital.mx/maquiladoras-motor-de-la-economia-en-ciudad-juarez/>

+ Óscar F. Contreras, L. F. (Enero de 2007). *Evolución de las maquiladoras en México: Política industrial y aprendizaje tecnológico*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Región y sociedad*, 19(spe): http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252007000400005

+ Ramirez, D. (21 de 01 de 2021). *Cd. Juárez-El Paso experimenta la mayor caída en el comercio México-EU*. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Contacto grupo T21*: <http://t21.com.mx/terrestre/2021/01/21/cd-juarez-paso-experimenta-mayor-caida-comercio-mexico-eu>

+ Secretaría de Economía (2010). *economía.gob.mx*. Recuperado el 07 de Agosto de 2021, de <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/instrumentos-de-comercio-exterior/immex>

+ V. Suárez, M. Suarez Quezada, S. Oros Ruiz, y E. Ronquillo De Jesús (30 de Abril de 2020). *Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020*. *Revista clínica española: publicación oficial de la Sociedad Española de Medicina Interna*, 220, 463-471. Recuperado el 9 de Julio de 2021, de *Dialnet*: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7615704>



DISEÑO DE UN INSTRUMENTO PARA LA VALORACIÓN DE PROGRAMAS EDUCATIVOS EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Artículo arbitrado 20

Edición 16

Luz María Hernández Cruz¹, Diana Concepción Mex Álvarez², José Ramón Cab Chan³, Auria del Carmen Sonda Maas⁴ y Santos Noe Huchin Maas⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Autónoma de Campeche
Campus V, Predio S/N por Avenida Ing.
Humberto Lanz Cárdenas y Fracc. Ecológico
Ambiental Siglo XXIII,
Colonia Ex Hacienda Kalá
San Francisco de Campeche, Campeche,
México, C.P. 24085.



lmhernan@uacam.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 20, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: La investigación que se presenta tiene como objetivo exhibir y divulgar el instrumento de recogida de datos para la investigación acerca los Programas Educativos en ciencias de la computación de las Instituciones de Educación Superior (IES) de la Ciudad de San Francisco de Campeche, México. Favorece al proyecto denominado “Diagnóstico de la situación actual de la Industria del Software en la ciudad de San Francisco de Campeche” financiado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente del gobierno de México. Se plantea el análisis, definición, diseño e implementación de un instrumento que permita valorar los programas educativos de nivel superior en ciencias de la computación e identificar oportunidades de mejora. La metodología se divide en dos fases, la primera, analiza las dimensiones e indicadores relevantes para el estudio y, la segunda fase, diseña e implementa el instrumento utilizando la herramienta tecnológica Google Forms. El resultado; el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

+ **Palabras clave:** Instrumento, IES, industria de software, Campeche.

Abstract: The objective of this research is to display and disseminate the data collection instrument for research on Educational Programs in computer science of Higher Education Institutions (IES) of the city of San Francisco de Campeche, Mexico. It favors the project called “Diagnosis of the current situation of the Software Industry in the city

of San Francisco de Campeche” financed by the Program for Teacher Professional Development of the Mexican government. The analysis, definition, design and implementation of an instrument that allows to assess higher level educational programs in computer science and identify opportunities for improvement is proposed. The methodology is divided into two phases, the first one analyzes the relevant dimensions and indicators for the study and the second phase designs and implements the instrument using the Google Forms technological tool. The result; the D-IES-Soft data collection instrument.

+ **Keywords:** *Instrument, IES, software industry, Campeche.*

Introducción

La industria de software se ha convertido en un mercado potencial en crecimiento, particularmente, en la Ciudad de San Francisco de Campeche existe la necesidad de impulsar nuevos sectores que contribuyan con el desarrollo económico, siendo la industria de software una oportunidad indiscutible, ya que con el avance tecnológico todas las empresas y organizaciones demandan la automatización de sus procesos para ser cada vez más productivos y generar una diferencia competitiva en el mercado.

Las instituciones de educativas superior (IES) con programas educativos (PE) en ciencias de la computación requieren fortalecer sus estrategias de promoción, la calidad educativa y el desarrollo de competencias en los estudiantes que permitan su inserción y competitividad en la vida laboral. Impulsando la industria de software como una nueva actividad económica en la Ciudad de San Francisco de Campeche. Así, surge el proyecto “Diagnóstico de la situación actual de la industria del software en la ciudad de San Francisco de Campeche”.

En la primera fase del proyecto, denominada “Estudio del diagnóstico” se requirió principalmente, el uso de técnicas de recolección de datos propias para la investigación de campo. Esto acuña la importancia del presente estudio, donde particularmente, se incluye el análisis y diseño un instrumento de recogida de datos (D-IES-Soft) que permitirá la obtención de información trascendental para evaluar los programas educativos relacionados con la industria del software que son ofertados en las IES de la Ciudad de San Francisco de Campeche.

Materiales y métodos

Fase I: Análisis y definición de las dimensiones e indicadores del Instrumento. Comprende una investigación documental de las guías de evaluación provistas por organismos acreditadores en México e instrumentos aplicados en el área de las ciencias de la computación que permitan definir las dimensiones e indicadores del instrumento D-IES-Soft.

Fase II: Diseño e implementación del Instrumento. Permite la construcción propiamente del instrumento contemplando su aplicación de forma electrónica. La Figura 1, muestra el esquema de la Metodología.

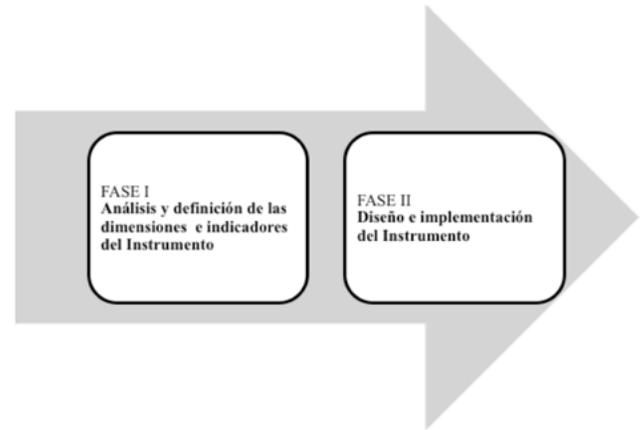


Figura 1. Metodología del estudio de investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Resultados Fase 1

La acreditación de un programa educativo (PE) de nivel superior, es el reconocimiento público que una organización acreditadora otorga, en el sentido de que éste cumple con determinados criterios y parámetros de calidad. Significa también que el programa tiene pertinencia social. Los mecanismos previstos para asegurar la calidad de la educación son la evaluación diagnóstica y la acreditación. La primera la realizan los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), y su propósito es valorar los procesos y prácticas de una institución de educación superior en su totalidad o de algún programa en específico, a partir de lo cual se les otorga un nivel. Por su parte, la acreditación se realiza por las organizaciones acreditadoras reconocidas ante el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES). Otra manera de certificar la calidad de las instituciones de educación superior en el sector privado es mediante la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES).

Primeramente, se llevó a cabo un análisis detallado de las categorías o dimensiones establecidas por CIEES, COPAES y FIMPES para evaluar programas educativos de nivel superior con la finalidad de establecer las significantes y propicias en la recolección de datos relacionados con los programas educativos en ciencias de la computación de impacto para la industria de software. Una vez definidas las dimensiones para el Instrumento D-IES-Soft se continúa con la definición de los indicadores para cada una de ellas. Estos indicadores, fueron fundamentados con diversas fuentes bibliográficas, reconociendo entre ellas, “El estudio actual de las Tecnologías de la Información y Comunicación en las Instituciones de Educación Superior en México” (ANUIES, 2020) y Higher Education in Mexico (OCDE, 2019).

La Tabla 1, muestra las Dimensiones e Indicadores propuestos para el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

Tabla 1. Dimensiones e indicadores para el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

Dimensión	Indicadores
Institución de Educación Superior (IES)	Datos Generales Infraestructura (Recursos físicos) Portafolio de Proyectos Nuevas Tecnologías
Programa Educativo (Plan de estudios)	Características Generales
Personal académico	Datos Generales del empleo Perfil académico/profesional Capacitación continua
Estudiantes	Apoyo a los estudiantes Percepción de la calidad de la educación recibida

Fuente: Elaboración propia.

Nuevas Tecnologías	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con la Realidad Aumentada (AR)
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con Realidad Virtual
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con la Nube
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con Blockchain
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con IA
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con Analítica predictiva
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con Internet de las Cosas (IoT)
	La IES ha implementado alguna iniciativa relacionada con Herramientas Web 4.0

Fuente: Elaboración propia.

En seguida, se exhibe cada dimensión del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft para la investigación del “Diagnóstico de la situación actual de la industria del software en la ciudad de San Francisco de Campeche”. La Tabla 2, muestra la primera dimensión del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft,

Tabla 2. Dimensión – Institución de Educación Superior (IES) para el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

Dimensión/ Indicador	Preguntas
Institución de Educación Superior (IES)	Nombre de la IES
<i>Datos generales</i>	La IES ubicación de la IES
	El tipo de financiamiento de la IES es
	La cantidad de Programas Educativos que oferta es de
	La cantidad de Programas Educativos en ciencias de la computación que oferta es de
<i>Infraestructura</i>	La IES cuenta con un centro de cómputo propio
	La IES cuenta con un laboratorio destinado específicamente para el desarrollo de software
	La IES cuenta con servicios de virtualización (laboratorios virtuales) para el desarrollo de prácticas
<i>Portafolio de Proyectos</i>	La IES cuenta con un portafolio de proyectos priorizado y alineados a los objetivos de la Institución
	La cantidad promedio de proyectos anualmente en la IES es de: (solo a los que respondieron “Sí” a la pregunta anterior)
	En la IES, la alta dirección (rector o secretarías) participa en la priorización de los proyectos del portafolio.
	La IES tiene implementada una metodología de administración de proyectos.
	¿Qué metodología de administración de proyectos tiene implementada? (solo a los que respondieron “Sí” a la pregunta anterior)
	La IES cuenta con un departamento, oficina o área responsable del desarrollo de Proyectos.
	La IES tiene o ha realizado proyectos de desarrollo de software en colaboración con otras IES en el año en curso.
	La IES tiene o ha realizado proyectos de desarrollo de software en colaboración con la industria del sector público en el año en curso.
	La IES tiene o ha realizado proyectos de desarrollo de software en colaboración con la industria del sector privado en el año en curso.
	La IES tiene o ha realizado proyectos de desarrollo de software con alcance internacional (por proyecto(s), convenio(s), intercambio, empresas, etc.) en el año en curso.

Como se observa, la dimensión de la IES se ha definido con datos relevantes para conocer su infraestructura disponible y su labor en el desarrollo de proyectos. De igual forma, la implementación y dominio de Nuevas Tecnologías.

La Tabla 3, muestra la Dimensión relacionada con el Programa Educativo (PE), éstos constituyen el núcleo de la operación de la IES y le permite cumplir con sus funciones sustantivas (docencia, investigación y vinculación) además de atender las necesidades de la sociedad.

Tabla 2. Dimensión – Institución de Educación Superior (IES) para el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

Dimensión/ Indicador	Preguntas
Programa Educativo (PE)	Nombre de la IES en la que se oferta el PE en ciencias de la computación:
	Nombre del PE en ciencias de la computación:
<i>Datos Generales</i>	La duración del PE es:
	El PE en ciencias de la computación ofertado se cursa en modalidad
	El Mapa curricular del PE está disponible al público en general
	El Servicio Social es un requisito de carácter obligatorio para el PE en ciencias de la computación
	Las Prácticas o Residencias Profesionales son un requisito de carácter obligatorio para el PE en ciencias de la computación
	La opción de Titulación más frecuente elegida por estudiantes del PE en ciencias de la computación es
	El PE establece con carácter obligatorio algún tipo de certificación (afin al desarrollo de software) de empresas reconocidas en el ámbito de las Tecnologías como Microsoft, Oracle, HP, Amazon, Google, etc.
	El perfil de egreso del PE en ciencias de la computación tiene una relación directa con la industria de software
	El perfil de egreso del PE en ciencias de la computación alude al desarrollo de proyectos de software y su vinculación con la industria
	El PE en ciencias de la computación incluye asignaturas relacionadas (directa o indirectamente) al desarrollo de software en un porcentaje aproximado de:
	El PE en ciencias de la computación incluye asignaturas relacionadas al dominio del idioma inglés en un porcentaje aproximado de:
	El perfil de egreso del PE en ciencias de la computación indica de forma explícita el uso de herramientas tecnológicas emergentes, innovadoras o de vanguardia en el área del desarrollo de software
	La última actualización realizada al PE en ciencias de la computación fue en un plazo
	El PE en ciencias de la computación ofrece la movilidad nacional a otras IES
	El PE en ciencias de la computación ofrece la movilidad internacional a otras IES
	El PE en ciencias de la computación está acreditado

Fuente: Elaboración propia.

Uno de los actores más importantes del proceso educativo es el docente. Por lo tanto, la selección, desarrollo y retención de un profesorado competente es de suma importancia para lograr altos estándares educativos y con ello, la efectividad del programa educativo. La Tabla 4, muestra la Dimensión Personal Académico.

Tabla 4. Dimensión – Personal Académico para el Instrumento de recolección de datos D-IES-Soft.

Dimensión/ Indicador	Preguntas
Personal académico (Docentes)	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación es
<i>Datos Generales del empleo</i>	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación con tiempo completo es
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación con medio tiempo es
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación por horas es
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que desempeñan otras actividades profesionales y/o laborales en el ámbito de la industria de software.
<i>Perfil académico/profesional</i>	El Currículo Vitae de los profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación está disponible públicamente
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación con Grado de Maestría en el área disciplinar.
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación con Grado de Doctorado en el área disciplinar.
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación con alguna Especialidad en el área disciplinar.
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que cuentan con algún reconocimiento o distinción institucional en el año en curso es de
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que cuenta con el reconocimiento del perfil PRODEP en el año en curso es de
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que cuenta con el reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) es de
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que son integrantes de un Cuerpo Académico registrado ante la Secretaría de Educación Pública de México es de
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que cuenta con una certificación, en el año en curso, de empresas reconocidas en el ámbito de las Tecnologías como Microsoft, Oracle, HP, Amazon, Google, etc.
	La cantidad de profesores activos en la IES para los PE en ciencias de la computación que cuentan con una certificación, en el año en curso, de empresas reconocidas en el ámbito de la Dirección de Proyectos.
<i>Capacitación continua</i>	La IES cuenta con un plan anual de capacitación para el personal docente, donde específicamente se establece capacitación en el área disciplinar afín al área de ciencias de la computación.
	El plan anual de capacitación para el personal docente de la IES se cumple (solo a los que respondieron "Sí" a la pregunta anterior)
	El plan anual de capacitación para el personal docente de la IES considera a los docentes de PE en ciencias de la computación en un porcentaje aproximado

Fuente: Elaboración propia.

Se hace notar, la inclinación a recoger datos relacionados con el desempeño y capacitación del personal académico que asegure sus competencias docentes y profesionales.

Por último, la Tabla 5, muestra la Dimensión Estudiantes. El estudiante es el centro de los procesos y actividades que se desarrollan a diario en las IES es, por ende, el beneficiario inmediato de la educación que se ofrece.

Tabla 5. Dimensión – Estudiantes para el Instrumento de recolección de datos D-IES-Soft.

Dimensión/ Indicador	Preguntas
Estudiantes	
Apoyo a los estudiantes	La IES cuenta con un programa institucional de Tutorías para el acompañamiento del estudiante.
	La IES cuenta con un programa institucional de Asesorías para el apoyo académico del estudiante.
	La IES cuenta con servicio de salud y/o apoyo psicológico para el estudiante.
	La IES cuenta con un programa de becas para el estudiante.
	La IES cuenta con un servicio de Bolsa de Trabajo
	La IES cuenta con una incubadora de proyectos o de emprendurismo
Percepción de la calidad de la educación recibida	Hasta este momento cómo valora el proceso de enseñanza-aprendizaje recibido
	Recomendaría a un familiar o amigo estudiar el mismo PE que está cursando
	Es el porcentaje que asigna al logro de competencias genéricas y disciplinares del PE que cursa
	El nivel de calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje es
	El uso de Herramientas Tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje corresponde a un porcentaje aproximado de
	El uso y aplicación de Nuevas Tecnologías en el el proceso de enseñanza-aprendizaje corresponde a un porcentaje aproximado

Fuente: Elaboración propia.

Resultados Fase 2

En este punto, al finalizar la Fase I del estudio, fue necesario asignar una herramienta tecnológica que permitiera crear y difundir el Instrumento de recolección de datos D-IES-Soft, con la mayor fiabilidad y asegurando la consistencia de los datos recogidos.

En la implementación del Instrumento se utilizaron las herramientas tecnológicas de trabajo colaborativo y Google Forms. La Tabla 6, muestra las Herramientas Tecnológicas y sus beneficios.

Tabla 6. Herramientas Tecnológicas utilizadas en el estudio y sus beneficios.

Nombre	Beneficios de la Herramienta Tecnológica
Herramientas colaborativas de Google	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mejorar la gestión y almacenamiento de los documentos. 2. Reducir el número de emails y reuniones para el trabajo. 3. Facilitar la interacción entre las diferentes personas que forman parte del estudio, eliminando barreras. 4. Reforzar la comunicación asertiva. 5. Aumentar el sentimiento de pertenencia, motivación, compromiso y fidelización con el estudio y el trabajo de investigación. 6. Empoderamiento de las personas en actividades asignadas. 7. Proactividad de las personas que forman parte del estudio.
Google Forms	<ol style="list-style-type: none"> 8. Es una herramienta gratis, a través de Internet, que permite recopilar información de forma fácil y eficiente. 9. La herramienta está disponible a través de una cuenta de Google, la cual es gratuita. 10. La interfaz es muy fácil de usar. Cualquier usuario con conocimiento promedio de la computadora puede crear y editar los formularios de forma rápida. 11. El asistente es simple de usar. La interfaz What-You-See-Is-What-You-Get hace que sea fácil arrastrar y soltar elementos de formulario y organizarlos en función de acciones o eventos. 12. La herramienta Google Forms permite el trabajo colaborativo para su creación y edición. 13. Los formularios se integran con las hojas de cálculo de Google lo que permite acceder a una vista de hoja de cálculo de los datos recopilados que facilita el análisis. Además, también permite su descarga. 14. La configuración general de los formularios o encuestas te permite recopilar las direcciones de correo que recibirán el formulario, limitar las respuestas, que quienes respondan puedan ver gráficos de resumen y una barra de progreso, entre otras funcionalidades importantes. 15. El tipo de datos que se pueden insertar en un campo se puede personalizar en función de expresiones regulares para usuarios avanzados. Esto te permite personalizar el formulario aún más. 16. Esta herramienta permite previsualizar el formulario antes de enviarlo a los destinatarios. 17. Podemos enviar el formulario por correo electrónico, integrarlo en nuestra página web o enviar el enlace via redes sociales o cualquier otro medio. 18. Los formularios de Google permiten preguntas y respuestas ilimitadas sin ningún costo, mientras que otras alternativa requieren un pago basado en la audiencia y la cantidad de preguntas.

Fuente: Elaboración propia.

La validez, esta definida por el grado de exactitud con la que el Test mide el constructo psicológico que se pretende medir.

La validez de contenido del instrumento se realizó usando la técnica de Juicio de Expertos, para lo cual se definió un panel de cinco expertos en el área de la educación que respondieron a los criterios de inclusión: ser docentes de nivel superior, y tener como mínimo cinco años de experiencia frente a grupo impartiendo cátedra en asignaturas del área de las ciencias de la computación.

Se compartió a cada experto, vía correo electrónico, el Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft para su retroalimentación. Se acumularon un total de cinco respuestas, que corresponde al 100% de los expertos invitados a colaborar.

La razón de validez de contenido (RVC), se obtuvo bajo dos criterios principales: forma y contenido asignando una ponderación en escala del 0 al 10 siendo cero la mínima (totalmente en desacuerdo) y diez la máxima (totalmente de acuerdo). La Figura 1, el resultado obtenido de la Técnica Delphi realizada por el grupo de expertos para evaluar los criterios de forma y contenido del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

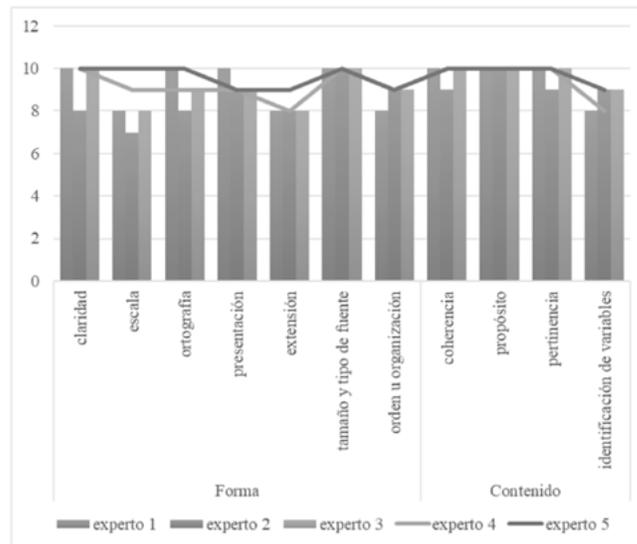


Figura 1. Validez de contenido del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft. Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

El impacto de la valoración de los Programas Educativos permite la mejora continua de sus procesos garantizando la calidad educativa. Esta investigación presentó un análisis exhaustivo que permitió diseñar un Instrumento de recogida de datos para, específicamente obtener información significativa de Programas Educativos en ciencias de la computación que impacten en la Industria de Software, esto con la finalidad de incentivar y elevar dicha actividad económica con la divulgación de la información recabada.

La investigación documental, basada en Organismos Acreditadores para Programas Educativos de Nivel Superior, tanto públicos como privados, permitió asegurar que las dimensiones e indicadores propuestos son, coherentes, precisos y consistentes para realizar la evaluación del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft.

En relación con las preguntas, estas fueron meticulosamente determinadas para poder corresponder a los indicadores previstos por cada dimensión del Instrumento. Por tal motivo, se realizó un proceso de validez utilizando un grupo de expertos y rediseñando el Instrumento con las sugerencias y comentarios resultados del mismo.

Con lo anterior, se puede concluir que Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft brinda, entre los más importantes, los beneficios que se enlistan a continuación:

- Recoger evidencia que permita identificar oportunidades de mejora
- Maximizar los beneficios de la promoción y divulgación de información oportuna de Programas Educativos en ciencias de la computación para incentivar a los estudiantes en el estudio de dichos programas.
- Reconocer los servicios de las Instituciones de Educación Superior que permitan alcanzar el perfil de egreso en Programas Educativos en ciencias de la computación.

- Concientizar a las Instituciones de Educación Superior la importancia de las acreditaciones nacionales e internacionales que brinden el reconocimiento público de los Programas Educativos.

Por último, cabe mencionar que la propuesta del Instrumento de recogida de datos D-IES-Soft continúa con un proceso de validez del constructo y la aplicación de una prueba piloto. Esto con el objetivo de asegurar su fiabilidad, consistencia y garantizar su uso en investigaciones científicas. Asimismo, dejando un camino definido en Programas Educativos del área de las ciencias de la computación.

Bibliografía

1. CIEES (marzo 2021). «COMITÉS INTERINSTITUCIONALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR». <https://www.ciees.edu.mx/>.
2. COPAES (marzo 2021). «CONSEJO PARA LA ACREDITACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR A.C.». <https://www.copaes.org/>.
3. FIMPES (marzo 2021). «FIMPES». <https://www.fimpes.org.mx/>.
4. ANUIES, *Estado actual de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en las Instituciones de Nivel Superior En México.*, Ciudad de México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior; 2020. ISBN en trámite.
5. Enríquez Ramírez, C., y Gómez Gil, P. (2012). Análisis empírico sobre la adopción de las metodologías ágiles en los equipos de desarrollo de software en empresas mexicanas. In *Congreso Internacional de Informática y Computación* (pp. 48-55). Tonantzintla, Puebla, México: Asociación Nacional de Educación en Tecnologías de la Información A.C (ANIEI). ISBN 978-607-707-563-9.
6. Fawcett J. *Analysis and evaluation of Contemporary nursing knowledge: analysis and evaluation of nursing models and theories. 2nd edition. U.S.A: Copyright by Davis Company; 2005. ISBN-10: 0803627653. ISBN-13 : 978-0803627659.*
7. IIE (2003). *MoProSoft: el nuevo modelo que impondrá una norma mexicana para la calidad en la industria del software. México. Recuperado el 15 de agosto de 2019, de: <http://www.iie.org.mx/boletin032003/ind.pdf>.*
8. *Interpretación de las normas mexicanas para la implantación de procesos de software y evaluación de la capacidad bajo un enfoque de gestión de conocimiento. Revista Facultad de Ingeniería, 71(71), 85-100. ISSN 0120-6230.*
9. L. G. Gutiérrez Torres, F. J. (- de Ene-Jun de 2016). *Personal software process y su impacto en la formación profesional.* (-, Ed.) ANFEI Digital, 2(4), 1.
10. Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (7 ed.). New York: McGraw-Hill Education. ISBN: 978-607-15-0314-5.
11. Ramos, D., Noriega, R., Láinez, J. R., & Durango, A. (2017). *Curso de Ingeniería de Software (2° ed.). IT Campus Academy.* ISBN-13: 978-1544132532. ISBN-10: 1544132530.
12. Sommerville, I. (2015). *Software Engineering (10° ed.). Pearson Education.* ISBN: 9780133943030.

FACTORES FINANCIEROS QUE AFECTAN EL CIERRE DE LA MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA DEL ESTADO DE TLAXCALA

Artículo arbitrado 21

Edición 16

Cesar Saldaña Carro¹, Edgard Rodríguez², Sergio Muñoz González³ y Julio Cesar Becerra Díaz⁴

^{1,2,3,4}Universidad Politécnica de Tlaxcala
Avenida Universidad Politécnica No.1
Tepeyanco, Tlaxcala, México,
C.P. 90180.



cesar.saldana@uptlax.edu.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 7, 2021.

Aceptado: Junio 10, 2021.

Resumen: Este trabajo de investigación presenta los resultados de un análisis sobre los factores que afectan el desempeño económico y financiero de la micro y pequeña empresa del Estado de Tlaxcala, las condiciones actuales que enfrentan la Micro y Pequeña Empresa (MYPE), es la falta de una metodología para el análisis financiero en la toma de decisiones gerenciales y combinado con las nuevas tendencias para utilizar los formatos y conceptos de acuerdo con las normas de información financieras que complica más la situación.

Por otro lado, se examinó una muestra de 577 empresas, de las cuales 100 ya no están en actividad económica (cerradas) y 477 si están en actividad económica (abiertas). Se encontró que el grado de importancia es diferente sobre factores financieros entre empresas abiertas y cerradas. Asimismo, se realizó la investigación a través de un análisis estadístico para comprobar la hipótesis de trabajo y a su vez, elaborar una propuesta de una metodología para análisis financiero de acuerdo con las normas de información financiera en la micro y pequeña empresa del Estado de Tlaxcala.

+ Palabras clave: Análisis financiero, toma de decisiones, MYPE, metodología.

Abstract: This research paper presents the results of an analysis on the factors that affect the economic and financial performance of the micro and small business of the State of Tlaxcala, the current conditions facing Micro and Small Business (MYPE), is the lack of a methodology for financial analysis in the Management decisions and combined with new trends to use formats and concepts in accordance with financial information standards that complicates the situation.

On the other hand, a sample of 577 companies was examined, of which 100 are no longer in economic activity (closed) and 477 if they are in economic activity (open). It was found that the degree of importance is different on financial factors between open and closed companies. Likewise, the investigation was carried out through a statistical analysis to verify the working hypothesis and, in turn, to elaborate a proposal of a methodology for financial analysis in accordance with the norms of financial information in the micro and small company of the State of Tlaxcala.

+ *Keywords: Financial analysis, decision making, MYPE, methodology.*

Introducción

En esta etapa de cambios, de nuevas reformas y reanimación de la economía, adquiere gran importancia para todos los sectores que intervienen en el crecimiento de la economía nacional y principalmente las MYPES. Es necesario recalcar que las micros y pequeñas empresas en México representa el 98.6% y más del 65% son familiares, a su vez emplean 88.9% de la población económicamente activa (BANCOMEXT, 2015). En relación con Tlaxcala no está exento de este escenario, Según SEDECO (2017), el tamaño de los establecimientos corresponde en un 87.9% a la microempresa, 8.3% a la pequeña y 2.4% a la mediana, a su vez emplean el 80%. Además, la micro y pequeña empresa al encontrarse un entorno cada vez más difícil y competitivo por lo que es importante tomar medidas que haga cumplir los objetivos de las industrias, al tomar medidas necesarias para la correcta toma de decisiones siendo eficientes económicamente haciendo un mejor uso de los recursos para elevar la productividad del trabajo y con esto cumplir con las expectativas como alcanzar mejores resultados con menores costos. Razón por la cual es de importancia satisfacer la necesidad del conocimiento de los principales indicadores financieros, así como su interpretación, los cuales son relevantes para el proceso de la toma de decisiones, en este caso, para la micro y pequeña empresa del Estado de Tlaxcala.

De esto surge la necesidad de analizar las principales causas que afectan a estas empresas, y es la falta de una cultura financiera, lo que ha generado la ausencia de una metodología para la captación y análisis de datos financieros que ayuden a la mejor decisión en el futuro de la industria y a su vez generar una ventaja competitiva que contribuya a crear empleo y mejorar las condiciones en la toma de decisión en las organizaciones a mediano y largo plazo. De ahí que la carencia de liderazgo que tienen los responsables de la toma de decisiones en las MYPES ha complicado más la situación de estas empresas (Peña, Agui-

lar y Posada, 2017). El objetivo de esta investigación es determinar a través del análisis estadístico (multivariado) si los factores financieros son importantes en empresas abiertas y cerradas del Estado de Tlaxcala. Por esta razón, se propone una metodología para el análisis financiero para las MYPES de la región, considerando las normas de información financiera (NIF) que se aplican en la actualidad. Asimismo, este trabajo de investigación se divide en cuatro apartados, el primero es la revisión de la literatura donde se considera los conceptos que sustentan el trabajo, el segundo se describe el método que se utilizó en la investigación, el tercero se refiere a los resultados donde se realizó la prueba de hipótesis y se propone la metodología y el último son las conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos de la investigación.

Revisión de literatura

En este apartado se analiza los conceptos básicos para realizar el análisis financiero para la mejor toma de decisiones de inversión en MYPES del Estado de Tlaxcala; se consideran las palabras de análisis financiero, planeación financiera, estados financieros e índices financieros que sustentan el trabajo de investigación.

Análisis financiero

Es importante mencionar que el análisis financiero comienza en la recopilación de los datos (antecedentes, informes descriptivos, numéricos significativos) para integrarlos, estudiarlos y evaluarlos. Es decir, se recopilan cifras económicas y financiera del pasado y presente de la empresa para analizar y evaluar su situación. Existen metodologías para el análisis de datos y son los siguientes (Ricra, 2014):

- a. Método de análisis vertical, que se utiliza para analizar y evaluar un dato, un antecedente, un informe, un estado financiero, a una fecha fija o correspondiente a un periodo determinado del pasado de la organización.
- b. Método de análisis horizontal, que se utiliza para analizar y evaluar dos datos, dos antecedentes, dos informes, dos estados financieros, a distintas fechas o periodos del pasado de la misma empresa.
- c. Método de análisis histórico, que se utiliza para examinar y evaluar una serie de datos, antecedentes, informes, estados financieros, a distintas fechas o periodos del pasado de la misma organización.

Es un proceso para la elaboración de un plan financiero integral y debe ser organizado, detallado, personalizado y que garantice el logro de las metas y objetivos financieros (plazos, costes, recursos necesarios, etc.) que se determinaron previamente (Morales y Morales, 2014). Por lo tanto, se realiza el análisis, evaluación y proyección de las cifras económicas y financieras que prevalecerán en el futuro de una organización, para utilizarlas de base en el proceso de toma de decisiones gerenciales, para el logro de metas y objetivos preestablecidos (Figura 1).



Figura 1. Proceso de Planeación Financiera.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Planeación financiera

La información financiera expresa la posición y salud financiera de una entidad, siendo fundamental para la toma de decisiones en pro de evaluar su curso, lo cual contribuye no solo a la continuidad de esta, si no a su mejoramiento en términos financieros, respondiendo así a las necesidades de los usuarios de los estados financieros que de conformidad con la edición para el año 2020 de la Norma de Información Financiera A1 Párrafo 25 (IMCP y CINIF, 2020), “Los estados financieros deben permitir al usuario general evaluar:

a. El comportamiento económico y Financiero de la entidad, su estabilidad y su vulnerabilidad; así como su efectividad y eficiencia en el cumplimiento de sus objetivos.

b. La capacidad de la entidad para mantener y optimizar sus recursos, obtener financiamientos adecuados, retribuir a sus fuentes de financiamiento y, en consecuencia, determinar la viabilidad de la entidad como negocio en marcha”.

La misma norma en su párrafo 26 establece: “Los estados financieros básicos que responden a las necesidades comunes del usuario general son: a) El estado de situación financiera, también llamado estado de posición financiera o balance general; b) El estado de resultado integral (presentado en uno o en dos estados, según lo establece la NIF particular relativa al tema), para entidades lucrativas o, en su caso, el estado de actividades, para entidades con propósitos no lucrativos; c) El estado de cambios en el capital contable, en el caso de entidades lucrativas; y d) El estado de flujos de efectivo o, en su caso, el estado de cambios en la situación financiera. Cada entidad debe emitir uno de los dos estados, atendiendo a lo establecido en NIF particulares.

Características cualitativas de los estados financieros

La información financiera contenida en los estados financieros debe reunir determinadas características cualitativas con la finalidad de ser útil para la toma de decisiones de los usuarios generales (Morales y Morales, 2014). La utilidad como característica fundamental de los estados financieros, es la cualidad de adecuarse a las necesidades comunes

del usuario general y constituye el punto de partida para derivar las características cualitativas restantes, las cuales se clasifican según Mitre (2015), en características primarias y características secundarias.

Las características cualitativas primarias de los estados financieros son:

a. La confiabilidad, a la que se encuentran asociadas como características secundarias: la veracidad, la representatividad, la objetividad, la verificabilidad y la información suficiente.

b. La relevancia, a la que se encuentran asociadas como características secundarias: la posibilidad de predicción y confirmación, así como la importancia relativa.

c. La comprensibilidad.

d. La comparabilidad.



Figura 2. NIF 4 (Versión 2020). Fuente: CINIF (2020).

Presentación y revelación en los estados financieros

La presentación de información financiera se refiere al modo de mostrar adecuadamente en los estados financieros y sus notas, los efectos derivados de las transacciones, transformaciones internas y otros eventos, que afectan económicamente a una empresa. Implica un proceso de análisis, interpretación, simplificación, abstracción y agrupación de información en los estados financieros, para que éstos sean útiles en la toma de decisiones del usuario general (Pérez, 1985)

Estado de resultado integral (normas de información financiera B-3)

Un estado financiero es dinámico, porque abarca un periodo específico y muestra los ingresos, costos y gastos con los cuales se genera una utilidad o pérdida neta, fundamental para el corte de resultados objeto de análisis para la toma de decisiones, adicionalmente incluye partidas integrales que son operaciones devengadas no realizadas para llegar al resultado integral. Con lo anterior, se puede evaluar cada rubro que lo integra y con ello tomar decisiones para la optimización de éstos. Un aspecto importante de este estado financiero es que contribuye a la comparabilidad ya que si se toman dos estados financieros que abarquen periodos distintos, se puede evaluar el comportamiento y evolución de cada rubro que lo componen, teniendo como prioridad las ganancias. También llamado estado de pérdidas y ganancias es el primero en elaborarse, como su nombre lo indica, genera el resultado del ejercicio; es decir, qué utilidad o pérdida se obtuvo y la forma como se llegó a ella. A este estado lo definen así: Estado financiero principal dinámico que

determina el resultado que obtuvo una empresa durante un periodo determinado, para su formulación se toman en cuenta únicamente cuentas de resultados y el resultado final, que puede ser utilidad o pérdida neta, se le denomina resultado del ejercicio, resultado que enlaza al Estado de Resultados con el Estado de Situación financiera, este estado debe ser elaborado de acuerdo a la normatividad de la NIFB-3, demuestra características necesarias para los usuarios emitidas por la CINIF para considerarse con las características deseables en la información financiera:

- El último ejercicio de resultado se comparará con el estado del ejercicio inmediato anterior, con el objetivo de determinar índices financieros.
- Determinará el valor de las acciones de manera contable.
- Indicará la NIF'S aplicada y vigente, con la que fue realizada el estado financiero.

Estado de situación financiera (normas de información financiera B-6)

Llamado también balance general, es un estado financiero estático que muestra la solvencia y liquidez de una entidad económica a una fecha determinada, está constituido por tres elementos que son el activo, pasivo y capital. Su análisis revela la capacidad de la empresa para administrar las fuentes de financiamiento internas (Aportaciones de socios) y externas (Financiamiento de terceros), a través del capital social, nos muestra el valor neto de la empresa, ya que es el resultado del activo menos el pasivo. El estado de situación financiera clasifica los activos a corto y largo plazo, los pasivos a corto y a largo plazo, además es una herramienta fundamental de análisis porque con su comparación con otros periodos determina la evolución y tendencias de la entidad económica, fundamental para la toma de decisiones.

Estado de flujo de efectivo (normas de información financiera B-2)

A partir de Enero del 2008, entró en vigencia el Estado de Flujo de Efectivo cuya normatividad se encuentra documentada en la Norma de información financiera NIF B-2 emitida por el Consejo Mexicano de Normas de Información Financiera, el objetivo de esta NIF es establecer las normas generales de presentación, estructura y elaboración de este estado financiero, así como sus revelaciones, es considerado un estado financiero básico y está constituidos por tres rubros fundamentales, actividades de operación, de inversión y de financiamiento (CINIF, 2014).

La importancia del flujo de efectivo radica en que permite a la entidad económica y al usuario de la información financiera conocer cómo se genera y utiliza el efectivo y sus equivalentes, es decir de dónde viene y como se está aplicando, lo cual es fundamental para tener una imagen rápida de la salud financiera de la entidad y por consiguiente su análisis es básico para la toma de decisiones, adicionalmente es considerado por muchos profesionales de las finanzas como el estado financieros más importante. Su diseño puede ser directo o indirecto, de acuerdo con el juicio profesional de quien lo realiza.

Estado de cambios del capital contable (normas de información financiera B-4)

La información contenida en el estado de cambios en el capital contable, junto con la de los otros estados financieros básicos, es útil al usuario de la información financiera para comprender los movimientos que afectaron el capital contable de una entidad en el periodo. Con dicha información, los usuarios podrán evaluar, entre otras cuestiones, los índices de rentabilidad de la entidad, los aumentos y disminuciones de capital, tanto de un periodo contable específico, cómo en forma acumulada a la fecha de los estados financieros (IMCP, 2013).

Análisis e interpretación de estados financieros

El análisis financiero es fundamental para evaluar el curso de la entidad económica, determinar tendencias estadísticas y con ello tomar decisiones que contribuyan a su continuidad y creación de valor.

Los aspectos más importantes para evaluar en este tipo de análisis y de conformidad con el apéndice C de la NIF A3 son los siguientes: a. Solvencia (entidad como la capacidad de la entidad para cumplir con sus compromisos a largo plazo y sus obligaciones inversión), b. Liquidez (referida como como la disponibilidad de efectivo y equivalentes de efectivo para cumplir con sus compromisos de efectivo en el corto plazo), c. Eficiencia operativa (es el grado de actividad con que la entidad mantiene niveles de operación, tendientes a una eficiencia) y d. Rentabilidad (se refiere a la habilidad de la empresa para generar utilidades o valor a la entidad).

El análisis financiero es requerido por todos los interesados de una u otra manera en la salud económica de empresa entre los que se encuentran: la banca, los socios o accionistas, los terceros como proveedores y acreedores, los administradores, las autoridades fiscales y otras personas que tengan intereses económicos depositados en la entidad económica. Por lo tanto, es recomendable mas no indispensable que los estados financieros que se van a analizar estén dictaminados por un tercero profesional en la materia como lo es un contador público certificado.

Indicadores financieros

Los indicadores financieros como las normas de información financiera (NIF's) son una herramienta que están orientados a medir de forma cuantitativa la situación de la organización. En estos indicadores se relacionan aspectos financieros y económicos que se manejan en las empresas. Por lo tanto, un indicador financiero es una relación de las cifras de los estados financieros en las organizaciones con el propósito de conocer y evaluar el comportamiento de la entidad; se entienden como un cálculo cuantitativo al desempeño de una organización, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se tomarán decisiones y acciones correctivas o preventivas según el caso de cada empresa (Morelos, Herrera y De la Hoz, 2012). De acuerdo, a la clasificación de estos indicadores se considera en cuatro grandes grupos y son los siguientes: Solvencia (estabilidad financiera), liquidez, eficiencia operativa (productividad) y rentabilidad.

Indicadores de solvencia (estabilidad financiera)

Se refiere al exceso de activos sobre pasivos y a su vez a las capacidades del capital contable de las entidades. Es importante mencionar que sirve al usuario para evaluar la estructura de capital contable de la empresa en términos de la mezcla de los recursos financieros y la habilidad de la empresa para enfrentar sus compromisos a largo plazo y sus obligaciones de inversión (Imaicela, Curimilma y López, 2019). Además, incluye razones financieras tales como: la capacidad de la entidad para generar utilidades o incrementos en sus activos netos. Se debe agregar que, para medir la utilidad neta o cambios de los activos netos de la empresa en relación, a sus ingresos del capital contable y sus propios activos; se utilizan las razones de apalancamiento y cobertura.

Indicadores de liquidez

Se refiere a la disponibilidad de fondos suficientes para enfrentar los compromisos financieros de una organización. Por lo cual, está asociado sobre la convertibilidad de activo en efectivo para la organización, independientemente si es factible disponerlo en el mercado. Además, le permite al usuario conocer y analizar la adecuación de los recursos de la organización para satisfacer compromisos de efectivo en el corto plazo (Cardona, Martínez, Velásquez y López, 2015). Es importante mencionar que se puede aplicar las razones de capital de trabajo (prueba de liquidez, prueba de ácido, liquidez inmediata, margen de seguridad, intervalo defensivo).

Indicadores de eficiencia operativa (productividad)

Se utiliza para conocer el grado de actividad con que la empresa mantiene niveles de operación a adecuados. Este indicador permite, evaluar los niveles de producción o rendimiento que han sido generados por los activos empleados o recursos de la misma organización (Zamorano, 2012). Asimismo, se aplican las razones de actividad operativa a corto plazo (rotación de inventarios, antigüedad promedio de inventarios, rotación de cuentas por cobrar, antigüedad de cuentas por cobrar, rotación de cuentas por pagar, antigüedad de cuentas por pagar, rotación del capital de trabajo) y razones de actividad de inversión en el largo plazo (rotación activos productivos y rotación de activos totales).

Indicadores de rentabilidad

Se utiliza para calcular y analizar la capacidad de la empresa para generar utilidades o incrementos en sus activos netos. Este indicador, permite medir la utilidad neta o cambios de los activos netos de la organización. De ahí que, el indicador está en función de los ingresos, del capital contable o patrimonio contable y los activos de la organización (Larios, 2019). Por lo tanto, incluyen las razones de retorno sobre ingresos (margen de utilidad bruta, margen de utilidad operativa, margen de utilidad antes de financiamientos e impuestos, depreciación y amortización, margen de utilidad neta, utilidad por acción, crecimiento en ventas, gastos de venta y contribución marginal) y razones de retorno sobre inversión (retorno de activos, retorno de capital contribuido y retorno de capital total).

Método

La estrategia metodológica se apoyó en los cambios y evolución que genera el proceso de la globalización en las MYPE, específicamente las del Estado de Tlaxcala considerando los elementos de inversión, ventas, valor de la empresa, financiamiento, gastos, costos de producción y ventas, riesgo de la empresa y toma de decisiones gerenciales. Por tanto, atiende la problemática de la micro y pequeña empresa a partir del análisis financiero en la toma de decisiones en las MYPES que impacta en la permanencia en el mercado, de ahí que la investigación se divide en tres ejes de investigación:

a. Análisis financiero: Se investigó en fuentes secundarias los elementos del fundamentales para un estudio financiero a través de las variables de inversión, ingresos por ventas, solvencia, liquidez, financiamiento, costos y riesgo.

b. Factores de cierre: Para determinar las causas de cierre de la MYPE el comité técnico-académico del Cuerpo Académico de Finanzas y Negocios Inteligentes (CTACAFYNI) utilizó un estudio cualitativo del que surgieron las categorías y se agruparon en cuatro elementos. Se aplica una prueba piloto del cuestionario final en la que se revisó a través de análisis factorial, que las variables teóricas coinciden con los factores encontrados. Los cuatro factores fueron tomados de la séptima parte del cuestionario (causas de cierre de la MYPE) de las preguntas 32 (factores relacionados con la empresa) y 33 (factores externos):

- Factores internos: Factores financieros (FIF), factores de toma de decisiones gerenciales (FITDG), y factores personales y de administración (FIPA).
- Factores externos (FEX).
- Factores de financiamiento (FF).
- Factores de riesgo (FR).

c. Cierre de la empresa: Se aplicaron dos cuestionarios casi idénticos a empresas cerradas y a empresas funcionando. La diferencia fundamental de los dos cuestionarios es el tiempo verbal ya que a la empresa cerrada se le preguntaba en función de su última época de operaciones y a la empresa abierta se le preguntaba en presente. Adicionalmente se preguntaba a las empresas abiertas si sentían que su empresa estaba en riesgo de cerrar. Se valoró mediante la pregunta 45 (¿Consideras que tu empresa se encuentra en riesgo de cerrar? y ¿Consideras que el cierre de tu empresa pudo haberse evitado?) de los cuestionarios.

Con base a la revisión de literatura previa y la situación actual de las MYPE en México que influye en las variables de competitividad y permanencia en los mercados, se plantearon las siguientes hipótesis de estudio:

- Hipótesis Nula (H0): La importancia dada de una metodología para el análisis financiero por el director de la MYPES que cerró es igual a la que le da el de la MYPE que está en funciones, en especial si se comparan con los directores de MYPE que no se sienten en riesgo de cerrar.
- Hipótesis Alternativa (H1): La importancia dada de una metodo-

logía para el análisis financiero por el director de la MYPES que cerró no es igual a la que da el de la MYPES que está en funciones, en especial si se compara con los directores MYPES que no se sienten en riesgo de cerrar.

Habría que decir también que se organizó de la siguiente manera la aplicación del instrumento de Investigación:

a. Equipos participantes: Investigadores del cuerpo académico CA-FYNI y alumnos de la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

b. Cuestionarios capturados: 649

- 72 eliminados por errores (con dolo 11.1%, sin dolo 88.9%).
- 577 válidos.
- Total de directores: 577 (100 empresas cerradas y 477 empresas abiertas, de las que 410 se sienten en riesgo de cerrar).
- Porcentaje de mujeres: 48.3%.
- Edad promedio del director: 41.1 años.
- Estado civil: 60.2% casados, 23.3% solteros, 8% unión libre, 2.2% divorciados, 2.7% viudos.
- Educación: 11 años promedio (ligeramente superior a la población en general).

c. Edad de la empresa abierta: Promedio de 9.5 años.

d. Duración de la empresa cerrada: Promedio de 4.6 años de duración.

e. Régimen legal: Sociedad registrada ante gobierno: 145, Otros registrados ante gobierno: 292, sin registro ante gobierno: 212.

f. Tamaño empresa:

- 2 personas: 271
- 3 a 5 personas: 258
- 6 a 10 personas: 72
- 11 a 20 personas: 23
- 21 a 30 personas: 11
- 31 a 40 personas: 8
- 41 a 50 personas: 6

Resultados

Para valorar la hipótesis nula, se usó una prueba *t* de dos muestras para determinar si hay diferencia en la importancia que se le da al análisis financiero de las empresas que aún siguen en funcionamiento y las empresas que ya cerraron, los datos usados para este análisis constaron de una calificación asignada en el análisis estadístico del apartado financiero de las empresas derivados de una encuesta aplicada, los datos se corrieron en Minitab 17, bajo la Hipótesis nula de que no existe diferencia en la importancia del análisis financiero para la toma de decisiones gerenciales de las empresas que aún sobreviven y las que ya no funcionan. Para realizar dicho análisis se tienen los siguientes supuestos:

- Muestras de la población uno (empresas en funcionamiento) 477 muestras.

- Muestras de la población dos (empresas que ya no funcionan) 100 muestras.
- Nivel de significancia para el análisis $\alpha = 0.05$

La prueba que se utilizó es la de *t* de dos muestras, esta prueba se utiliza para hacer inferencias sobre la discrepancia entre dos medias de la población (μ_A y μ_B), basándose en datos de dos muestras aleatorias independientes. Para utilizar los procedimientos *t* de dos muestras, sus muestras deben estar distribuidas normalmente. Cuando se utilizan los procedimientos *t* de dos muestras, se intenta decidir cuál entre dos hipótesis opuestas parece ser verdadera, basándose en los datos recolectados:

- H_0 (la hipótesis nula): Que la diferencia, $\mu_A - \mu_B = 0$.
- H_1 (la hipótesis alternativa): Que $\mu_A - \mu_B \neq 0$.

La prueba *t* provee dos estadísticas que se pueden utilizar para realizar una prueba de la diferencia entre medias: un valor *t* y un valor *p*. El valor *t* no ofrece mucha información por sí solo, pero se utiliza para determinar el valor *p*. El valor *p* indica exactamente qué probabilidades existen de que se acepte la hipótesis nula, es decir, si H_0 es verdadera.

De ahí que, para realizar el análisis se usó el valor *p* para rechazar o aceptar H_0 . El valor de significancia α es de 0.05. Si el valor *p* es menor que o igual a su nivel α , entonces se rechaza H_0 y se concluye que μ_A y μ_B son diferentes. Asumiendo que ambas muestras siguen una distribución normal, se realiza el análisis para validar o desechar H_0 , en la Figura 3, se muestra los resultados obtenidos de la prueba.

De acuerdo a los resultados de la corrida de datos hecha en Minitab, mediante una prueba *t* para comparación de dos poblaciones, se concluye que se rechaza la hipótesis nula H_0 , lo cual quiere decir que la importancia que le dan las empresas a los factores financieros, si es relevante para el funcionamiento de las empresas, ya que como se muestra en la gráfica de datos de las empresas que operan y no operan el promedio de calificaciones que otorgan las empresas en funcionamiento es mayor que el de las empresas que ya cerraron, con una diferencia de entre 0.2723 y .6389, con un nivel de confianza del 95%.

Prueba T e IC de dos muestras: EMPRESAS OPERANDO, EMPRESAS NO OPERANDO

T de dos muestras para EMPRESAS OPERANDO vs. EMPRESAS NO OPERANDO

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
EMPRESAS OPERANDO	477	2.361	0.921	0.042
EMPRESAS NO OPERANDO	100	1.905	0.323	0.032

Diferencia = μ (EMPRESAS OPERANDO) - μ (EMPRESAS NO OPERANDO)
 Estimación de la diferencia: 0.4556
 IC de 95% para la diferencia: (0.2723, 0.6389)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. #): Valor T = 4.88 Valor p = 0.000 GL = 575
 Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 0.8486

Figura 3. Prueba T de comparación de medias

. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Dicho de otra manera, el *p-valor* es $p = 0.000$ es menor que el valor de $\alpha = 0.05$, se rechaza H_0 , por lo que se determina que, si existe diferencia en la importancia de los indicadores financieros para la toma de decisiones gerenciales en las empresas en funcionamiento y las que ya cerraron, dado que se evaluaron calificaciones de factores financieros, se puede asegurar con un 95% de confianza que las calificaciones de las empresas en funcionamiento en términos de gestión, son superiores a

las de las empresas cerradas entre .2723 y .6389 puntos y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

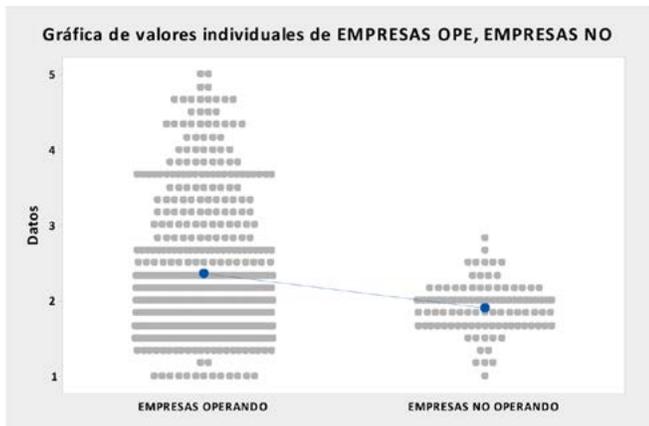


Figura 4. Gráfica de valores individuales de las empresas abiertas (operando) y empresas cerradas (no operando). Fuente: Elaboración propia, 2020.

En relación, a los resultados anteriores se desarrolló una metodología financiera, para poder ser eficiente y eficaz la toma de decisiones gerenciales de la micro y pequeña empresa, y con ello el aumentando de su capitalización e innovación. Es importante mencionar que este trabajo de investigación utilizó los conceptos y clasificación de las normas de información financiera. Asimismo, se describe de forma gráfica la metodología financiera de la micro y pequeña empresa del estado de Tlaxcala, con el propósito de mostrar los elementos de la propuesta y son los siguientes: las unidades administrativas responsables y las etapas para el diseño de la metodología para la mejor toma de decisiones gerenciales (Figura 5).

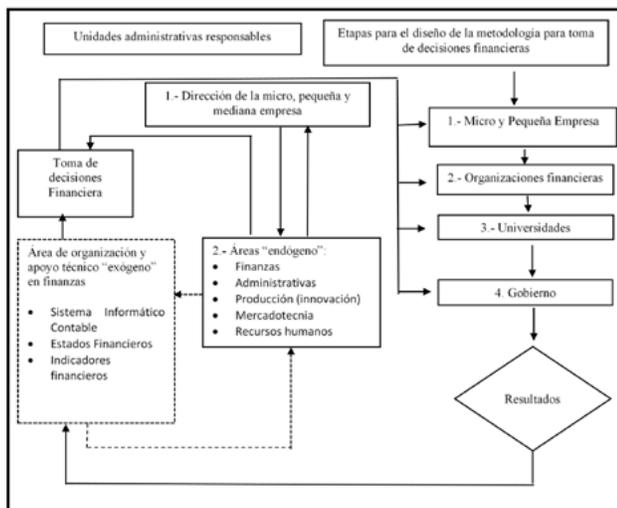


Figura 5 Propuesta de la metodología financiera. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Áreas involucradas en la toma de decisiones

a. Áreas administrativas responsables

Las unidades administrativas constituyen uno de los elementos bási-

cos de la metodología propuesta, porque es importante que los empresarios tengan conocimiento de que áreas (finanzas, producción, administrativa, mercadotecnia y recursos humanos y apoyo técnico) deben participar en la construcción de la metodología para la toma de decisiones financiera de la micro, pequeña industria, así como, el grado de responsabilidad de cada área, el vínculo que debe existir entre las mismas y cómo deben coordinarse en el desarrollo de cada una de las etapas.

b. Etapas para el diseño de la metodología para toma de decisiones financieras

Otro de los elementos de la metodología son las etapas del desarrollo, es la elaboración de este documento en la cual se requiere de capacitación en las normas de información financieras. Es de gran importancia que los micros y pequeños empresarios conozcan todo el proceso que debe seguirse para la implementación de la metodología financiera, con el propósito de concientizarlo sobre los beneficios que implica la implantación; es decir, de lo útil que será para las empresas en la toma de decisiones gerenciales en función de la situación financiera de la misma organización.

Conclusiones

De acuerdo, a la investigación realizada existen diferencias significativas entre las empresas abiertas y cerradas. De ahí que, el factor que predomina más en estas empresas son los aspectos financieros debido que los encargados o dueño de las empresas que cerraron no realizan un análisis basado en factores financiero para la toma de decisiones gerenciales, esto ha provocado la falta de liquidez, solvencia, operatividad y rentabilidad para enfrentar sus compromisos futuros. Además, la información que tienen en los estados financieros no se ajusta estrictamente a las normas de información financiera y sólo cumplen con la función de generar datos contables para cubrir con sus obligaciones fiscales, sin considerar la dinámica que éstos pueden tener para crear información útil y de esta manera reducir o prever riesgos financieros o de producción dentro de empresas analizadas.

Cabe resaltar que, debido a la falta de aplicación de las NIF en la administración financiera de las Mypes del Estado de Tlaxcala, es complicado obtener un diagnóstico veraz de la situación de las empresas en los diferentes rubros de importancia ya que la información no se considera comparable, entendible, confiable y no está a disposición pública para su análisis. Otra variable importante es su exposición constante al riesgo alto en; la diversificación de mercado, productos, creación de marca, reproductibilidad de productos y servicios, patentes, y como en la situación actual la falta de operatividad debido a la pandemia.

Todo lo anterior abre la puerta a la implementación de nuevas tecnologías, las cuales pueden ser un nicho de negocio, con la intención de fortalecer las acciones que las MYPES deben realizar para evitar el cierre de negocios, como lo son las aplicaciones o software profesional basadas en inteligencia artificial, machine learning y crowconsulting, las cuales en la actualidad están totalmente probadas, son de uso común y se puede acceder a estas desde herramientas de uso libre.

Independientemente de los esfuerzos que las instituciones públicas realizan para inyectar recursos a las empresas a través de capital semilla

o créditos, estos se muestran como paliativos a la situación que viven las MYPES, ya que en diferentes investigaciones se ha presentado el hecho que además de los recursos es necesaria una administración eficiente, constante y con visión, mediante el uso de las herramientas adecuadas a sus necesidades las cuales les permitan generar valor, así como desarrollar aquellas fortalezas, oportunidades y ventajas competitivas necesarias para enfrentar a la competencia a corto y mediano plazo, mientras se consolida la marca y atiende sus puntos débiles con el fin de ser más competitiva.

Bibliografía

- + *BANCOMEXT (2015). Se difunden estadísticas detalladas sobre las micro, pequeñas y medianas empresas del país. Recuperado el 2019 de 01 de 21, de <https://www.bancomext.com/comunicados/14237>*
- + *Cardona, J. L., Martínez, A., Velásquez, S. M. y López, Y. M. (2015). Análisis de indicadores financieros del sector manufacturero del cuero y marroquinería: un estudio sobre las empresas colombianas. Recuperado el 17 de 02 de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/315906608_Analisis_de_indicadores_financieros_del_sector_manufacturero_del_cuero_y_marroquineria_un_estudio_sobre_las_empresas_colombianas/fulltext/58ef2cbe0f7e9b37ed16e870/Analisis-de-indicadores-financieros-del-s*
- + *CINIF (2006). Norma de Información Financiera A-4 Características cualitativas de los estados financieros. Recuperado el 20 de 07 de 2020, de https://www.academia.edu/30039992/Norma_de_Informaci%C3%B3n_Financiera_A_4_Character%C3%ADsticas_cualitativas_de_los_estados_financieros_Esta_Norma_de_Informaci%C3%B3n_Financiera_es_emitida_por_el_Consejo_Mexicano_para_la_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_de*
- + *CINIF (2014). Norma de Información Financiera A-1. Recuperado el 07 de 08 de 2019, de http://fcaenlinea1.unam.mx/anexos/1165/1165_u3_a1.pdf*
- + *Imaicela, R. D., Curimilma, O. A. y López, K. M. (2019). Los indicadores financieros y el impacto en la insolvencia de las empresas. Recuperado el 12 de 02 de 2020, de <https://www.eu-med.net/rev/oel/2019/11/indicadores-financieros.pdf>*
- + *IMCP (2013). Apoyo al ejercicio independiente. Recuperado el 17 de 06 de 2019, de https://www.cpm.org.mx/avisos/boletin_apoyo_sur_num_5.pdf*
- + *IMCP y CINIF (2020). Normas de información financiera. México: IMCP.*
- + *Larios, C. (2019). Interpretando la información financiera. Recuperado el 04 de 03 de 2020, de <http://www.asetamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2019/09/1.-Material-Tams.-Interp.-la-inf.-financ.-10-13-sep.-2019-.pdf>*
- + *Miltre, C. (2015). Aplicación de las NIF en los estados financieros básicos, Jorale Editores 1ª. Edición, México. México: Jorale Editores.*
- + *Morales, A. y Morales, J. A. (2014). Planeación financiera. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de <https://editorialpatria.com.mx/mobile/pdf/files/9786074382167.pdf>*
- + *Morelos, J., Herrera, J. y De la Hoz, E. (2012). Análisis de los indicadores financieros en las sociedades puntuarias de Colombia. Recuperado el 14 de 1 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265424601002.pdf>*
- + *Peña, N. B., Aguilar, O. C. y Posada, R. (2017). Factores que determinan el cierre de la micro y pequeña empresa. México: Pearson. ISBN#9786073242493.*
- + *Pérez, A. (1985). Los Estados Financieros, su Análisis e Interpretación. México: ECASA.*
- + *Ricra, M. (2014). Análisis financiero en las empresas. Recuperado el 13 de 11 de 2019, de https://www.academia.edu/34688266/Libro_Analisis_Financiero_Maria_Ricra_Milla*
- + *SEDECO (2017). Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021. Recuperado el 20 de 01 de 2020, de <http://periodico.tlaxcala.gob.mx/indices/Ex17072017.pdf>*
- + *Zamorano, E. (2012). Análisis Financiero para la Toma de Decisiones, México: Instituto. México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos.*

ESTUDIO NUMÉRICO DEL FLUJO VISCOSO ALREDEDOR DE UN CILINDRO CON OPENFOAM: COMPARACIÓN ENTRE DOS DOMINIOS MALLADO

Artículo arbitrado 22

Edición 16

Alfredo Villanueva¹, Uzziel Caldiño Herrera², Carlos Alberto Gómez³ y Manuel Alejandro Lira Martínez⁴

^{1,2,3,4} Universidad Autónoma de
Ciudad Juárez
Instituto de Ingeniería y Tecnología, Av. del
Charro 450 Nte. Col. Partido Romero
Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P.
32310.
uzziel.caldino@uacj.mx



Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 7, 2021.

Aceptado: Junio 10, 2021.

Resumen: El flujo alrededor de un cilindro ha sido objeto de estudio por más de un siglo. En él se encuentran fenómenos como la formación de vórtices, el desprendimiento de capa límite, gradientes adversos de presión, entre muchos otros. Debido a la simplicidad en sus condiciones de frontera sirve como un referente para la validación de métodos y esquemas numéricos. En este trabajo se evalúa la diferencia entre simular numéricamente este problema bajo dos dominios distintos; un dominio circular que facilita la generación de un mallado estructurado y un dominio rectangular que requiere un menor tamaño, pero complica la generación del mallado estructurado. Usando OpenFOAM y esquemas numéricos iguales para ambos casos se encuentra que hay menor variación entre los resultados numéricos (1.3% para el dominio circular y 0.3% para el dominio rectangular) al disminuir el tamaño de la malla para el dominio rectangular. Además, se observa un mayor detalle en el desarrollo de la capa límite, lo que resulta de mayor interés para el estudio de fenómenos como el arrastre viscoso o la sustentación.

+ Palabras clave: Flujo externo, dinámica de fluidos computacional, capa límite, arrastre y sustentación.

Abstract: The flow past a cylinder has been studied for over a century. In this flow it is possible to find phenomena such as vortex formation, boundary layer detachment, adverse pressure gradients, among

others. Due to its simplicity for an experimental disposal it is a reference for validating numerical methods and schemes. In this paper a comparison between two geometrical domains for a flow past a cylinder is performed: a circular domain ease the generation of a structured mesh, while a rectangular domain is smaller, but requires more detail to get a structured mesh. Using OpenFOAM for solving the flow with identical numerical schemes and boundary conditions for both cases, a lesser variation in results is observed as mesh size decreases for rectangular mesh (0.3%) than for circular mesh (1.3%). It is also noticed a greater detail in boundary layer formation, which leads to more information for the viscous phenomena study.

✦ **Keywords:** *External flow, computational fluid dynamics, boundary layer, lift and drag.*

Introducción

El flujo alrededor de un cilindro es un problema de la mecánica de fluidos que ha sido sujeto de investigación a través de estudios analíticos, numéricos y experimentales por más de un siglo. A pesar de la simplicidad en las condiciones de frontera que existen en este problema, se pueden observar, estudiar y analizar diferentes fenómenos como capa límite y su desprendimiento, formación de vórtices y desprendimiento, así como la estela cercana y lejana (Noack, 1999).

Este problema aún representa un reto importante en la mecánica de fluidos y sus aplicaciones se extiende tanto para el aprovechamiento del fenómeno en problemas de mezclado o transferencia de calor en intercambiadores, como en evitarlo debido a sus implicaciones en problemas de aeroelasticidad (Rajani, Kandasamy y Majumdar, 2009). El flujo alrededor de un cilindro es un caso de estudio que permite la validación de técnicas experimentales y de simulaciones numéricas ya que existe una gran cantidad de datos disponibles en la literatura.

Dependiendo del número de Reynolds (Re) el fenómeno observado aguas abajo del cilindro puede ser un flujo sin separación ($Re < 5$), un par de vórtices fijos ($5 < Re < 40$), desprendimiento de vórtices ($40 < Re < 200$), transición a flujo turbulento en la estela ($200 < Re < 300$) o estela completamente turbulenta ($Re > 300$). Y fenómenos como la separación de capa límite o la periodicidad de los vórtices depende del régimen en el que se encuentre el flujo (Sumer y Fredsoe, 2006).

Para este estudio se hace uso del software libre OpenFOAM (Weller y Tabor, 1998), el cual permite, a través del método de volumen finito, implementar diferentes esquemas numéricos ya programados o incluso modificarlos o crear los propios de acuerdo con las necesidades del problema a resolver. Para el caso del flujo laminar alrededor de un cilindro el solver icoFoam se adapta adecuadamente ya que está diseñado para problemas de flujo incompresible, laminar y en estado transitorio.

Las ecuaciones que gobiernan la dinámica de un flujo laminar, incompresible son la ecuación de continuidad y la ecuación de momentum.

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{u} \quad (2)$$

La solución numérica de estas ecuaciones se lleva a cabo por el método de volumen finito en OpenFOAM a través de algoritmos que se adaptan a las condiciones del flujo. Como ejemplo, para flujo incompresible existe icoFoam que resuelve régimen transitorio para flujo incompresible y laminar en fluidos newtonianos. También se cuenta con pimpleFoam que resuelve régimen transitorio para flujo incompresible y turbulento para mallas dinámicas. Asimismo, existe el solver simpleFoam que resuelve régimen estacionario para flujo incompresible y turbulento.

En la actualidad se realizan una gran cantidad de trabajos de investigación para ampliar el conocimiento de los fenómenos que ocurren en el flujo alrededor de un cilindro. En el ámbito experimental se puede mencionar la realizada por (Zhao, Jacono, Sheridan, Hourigan y Thompson, 2018), en donde se estudia la vibración inducida en un cilindro circular montado de manera elástica y sujeto a rotación axial en una corriente libre. Los autores encontraron a través de la técnica de PIV una correlación entre la frecuencia de los vórtices, la rotación del cilindro y la vibración inducida. Asimismo, identificaron las condiciones que suprimen la vibración de acuerdo con la rotación y la velocidad del flujo.

En el área de flujo compresible (Nagata y otros, 2020), estudiaron el flujo compresible alrededor de un cilindro en un túnel de viento de baja densidad a través de medición de presión y fuerza y de la visualización Schlieren. Observaron un cambio considerable en los efectos del número de Mach a partir del $Re = 3000$. Detectaron que la onda de inestabilidad oblicua en la región de desprendimiento de capa límite es causada por los efectos de compresibilidad y esto afecta a los vórtices desprendidos.

En la parte numérica trabajos como los de (BowenFu, Zou y Wan, 2018), (Hamid y otros, 2020) y (Da Silva, Luciano, Utzig y F.Meier, 2019), muestran la implementación de esquemas numéricos adaptados para condiciones específicas de una problemática particular como el estudio de combustibles de alta viscosidad o las vibraciones inducidas por vórtices de un cilindro flexible.

La importancia de los estudios numéricos radica en lo accesible que resultan desde el punto de vista económico. Ya que el costo del diseño, montaje, mantenimiento y operación de un banco de pruebas instrumentado resulta por mucho, más costoso que un equipo de cómputo con la capacidad necesaria para simulaciones numéricas. Además, los modelos y esquemas numéricos implementados para un caso de estudio particular pueden ser validados con la información experimental disponible en la literatura.

En este trabajo se lleva a cabo un estudio numérico en 2 dimensiones del flujo alrededor de un cilindro en régimen laminar ($Re = 25$), utilizando el software libre OpenFOAM. Este régimen de flujo resulta en un par de vórtices simétricos detrás del cilindro que no se desprenden (Sumer y Fredsoe, 2006). Bajo el mismo esquema de solución (modelo numérico, condiciones de frontera y discretización temporal) se evalúan dos diferentes tipos de dominio, uno circular y otro rectangular. Se comparan algunos parámetros del flujo como las dimensiones de la zona de recirculación y condiciones de velocidad en algunas regiones geométricas de interés. Finalmente se evalúa la variación de estos parámetros. Asimismo, se comparan los tiempos de cómputo para determinar que dominio se ajusta mejor para la solución de este caso

Metodología

Este análisis se divide en tres diferentes etapas: generación del dominio geométrico, discretización del dominio, definición del esquema numérico, solución y análisis de resultados.

Geometría del dominio

El dominio consiste en la región de fluido que rodea al cilindro hacia todas las direcciones sobre la cual se resuelven las ecuaciones de gobierno. Para simplificar la ubicación de cualquier punto del dominio, el origen del sistema coordenado se ubica en el centro del cilindro y se utiliza al diámetro del cilindro como la dimensión característica de este análisis.

El primer caso consiste en un dominio rectangular alrededor del cilindro con las siguientes dimensiones: 23 diámetros de largo por 10 diámetros de altura. El centro del cilindro se encuentra ubicado a 3 diámetros de la entrada del flujo y a 20 diámetros de este.

El segundo caso consiste en un dominio circular conteniendo al cilindro justo en el centro. El radio del dominio circular es de 18 diámetros para poder visualizar los efectos dinámicos del flujo aguas abajo del cilindro. En la Figura 1, se muestran de manera esquemática las dimensiones en términos de la dimensión característica, que es el diámetro del cilindro. Para el presente caso de estudio se establece que un diámetro del cilindro de 0.1 m.

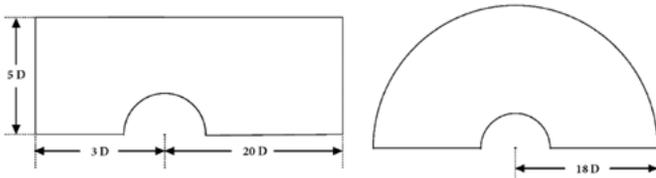


Figura 1. Dimensiones generales de los dos dominios de flujo.

Fuente: Elaboración propia.

Discretización del dominio

Ambos dominios se discretizan a través de un mallado por bloques con el fin de lograr un mallado estructurado. Para obtener una densidad de malla mayor en la vecindad del cilindro, los bloques se organizan según se muestra en la Figura 2, siendo que para el dominio rectangular se emplean 10 bloques y para el dominio circular solo dos bloques.

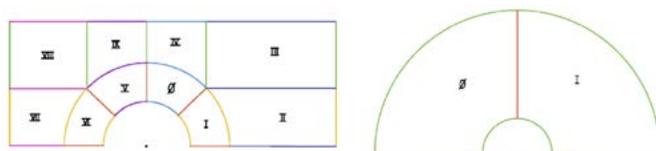


Figura 2. Bloques para el mallado de cada dominio geométrico.

Fuente: Elaboración propia.

La discretización o mallado por bloques se lleva a cabo la dividir de la misma manera todos los vértices paralelos de los bloques contiguos. La densidad de la malla se define con una función en la distribución de las divisiones a lo largo de los vértices. De esta manera es posible controlar el número de celdas en el dominio discretizado.

Para el dominio rectangular existen 6 vértices en los que se determina el número de divisiones y la relación de aspecto de estas, mientras que para el dominio circular únicamente se controlan 2 vértices. En la Figura 2, se muestran estos vértices para cada dominio resaltando con el mismo color los vértices que deben tener las mismas condiciones tanto en el número de divisiones como en la relación de aspecto. Para lograr un mallado más fino en la región cercana al cilindro se define una relación de aspecto en los bloques que coinciden con el cilindro. En el caso del dominio rectangular son 4 los bloques que coinciden con el cilindro y son independientes del resto del dominio. Para el dominio circular son los 2 bloques que componen el dominio los que están en contacto con el cilindro. Esto facilita la discretización del dominio circular.

En la Tabla 1, se muestran las relaciones de aspecto empleadas en los bloques de cada dominio para la direcciones radial y tangencial al cilindro, así como para los alrededores. Independientemente del número de elementos, la relación de aspecto se mantiene fija para asegurar la densidad de malla en la cercanía del cilindro.

Tabla 1. Relación de aspecto en la malla.

Dirección	Relación de aspecto	
	Dominio circular	Dominio rectangular
Radial	10	10
Alrededor (vertical)	[-]	4
Alrededor (horizontal)	[-]	6

Fuente: Elaboración propia.

Esquema numérico y solución

Para llevar a cabo la solución de las ecuaciones de gobierno se utilizó el solver icoFoam, que emplea el método PISO y es adecuado para resolver flujo laminar e incompresible en estado transitorio para fluidos newtonianos (OpenFOAM, 2012).

La discretización temporal se definió a partir de la malla más fina, con el fin de lograr un tiempo de residencia en el volumen finito que no afecte a la solución del fenómeno advectivo. De acuerdo con las dimensiones geométricas y la velocidad en la entrada del dominio, el estudio se llevó a cabo para un tiempo de 20 segundos, con un paso de tiempo $\Delta t = 1E-04$ s. Para evitar el exceso de archivos generados durante el cómputo, solo se almacenaron los resultados cada 1000 pasos de tiempo.

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{u_{\infty}} \quad (3)$$

Las condiciones de frontera se ajustan de acuerdo con cada uno de los dominios geométricos, definiendo una entrada, una salida y la región del cilindro. Para la entrada, se impone una condición de velocidad uniforme de 0.1 m/s en dirección horizontal. Para la salida se impone una condición de velocidad de gradiente cero y una presión uniforme de cero P_a . Además, el dominio rectangular contiene dos regiones geométricas adicionales, que son la pared superior y la pared inferior. A estas regiones se les impuso una condición de simetría para evitar extender aún más el dominio en esta dirección.

Tabla 2. Condiciones de frontera.

Región geométrica	Condición
Entrada	Velocidad - 0.1 m/s
Salida	Presión - Gradiente cero
Pared superior e inferior	Simetría

Fuente: Elaboración propia.

La solución a través del solver icoFoam resulta en la evolución del flujo y la formación de una zona de recirculación que contiene a dos vórtices simétricos los cuales no se desprenden. La zona de recirculación se define por su longitud L , que es la distancia desde el centro del cilindro hasta el punto de cierre en la dirección de la corriente de flujo, la distancia a se mide desde el centro del cilindro hasta el centro del vórtice y b es la distancia entre los centros del par de vórtices. La Figura 4, muestra un diagrama esquemático de la zona de recirculación.

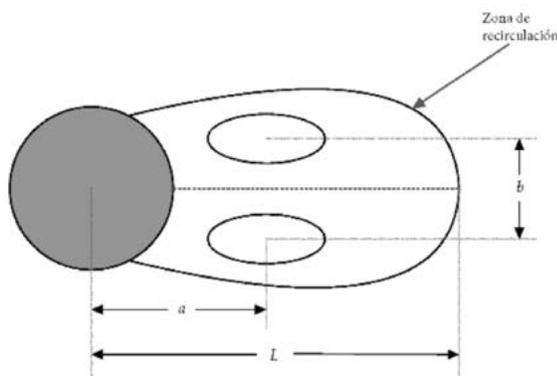


Figura 3. Diagrama esquemático de la zona de recirculación.

Fuente: Elaboración propia.

Como parte del análisis se identifica el tiempo que le toma al flujo desarrollar por completo la zona de recirculación, así como los parámetros de esta para cada uno de los dominios en las diferentes mallas estudiadas. Asimismo, se identifican las regiones con mayor velocidad y vorticidad respectivamente para evaluar la variación de dichos puntos con respecto al tiempo. Al analizar estos parámetros en un análisis de

convergencia de malla se puede definir hasta que punto es necesario aumentar el número de elementos y al compararlo entre los dos dominios estudiados, se determina que caso resulta más efectivo desde el punto de vista de costo computacional.

Resultados y análisis

El análisis numérico del flujo alrededor de un cilindro bajo las condiciones descritas en la sección anterior se realizó para 6 diferentes discretizaciones: 3000, 5000, 8400, 11200, 16000 y 20000 elementos. En la Figura 4, se muestra la región cercana al cilindro para las mallas de 20,000 elementos de ambos dominios. En ambos casos se puede observar la relación de aspecto correspondiente y la diferencia en los bloques utilizados de un dominio a otro. Debido a su geometría, el mallado en el dominio circular es más simple que el del dominio rectangular, el cual requiere un mayor número de bloques. Sin embargo, se tiene un mayor control en el número de elementos.

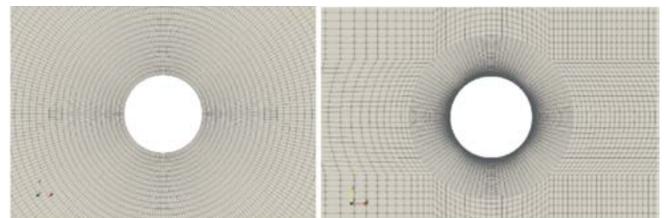


Figura 4. Mallado en la cercanía del cilindro para dominio circular y rectangular. Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de cómputo es un factor de gran importancia en el cálculo numérico. En la Tabla 3 se muestran los tiempos de cómputo para cada tipo de dominio según el número de elementos en la malla.

Tabla 3. Tiempo de solución para los casos evaluados.

No. de elementos	Tiempo de solución Dominio circular	Tiempo de solución Dominio rectangular
20,000	8,292 s	19,876 s
16,000	6,784 s	13,222 s
11,000	4,158 s	8,289 s
8,000	2,901 s	5,969 s
5,000	1,610 s	2,918 s
3,000	961 s	1,026 s

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5, se muestra el campo de velocidad para todo el dominio en ambos casos de estudio para la malla con mayor número de elementos y para el último tiempo evaluado, es decir $t=20$.

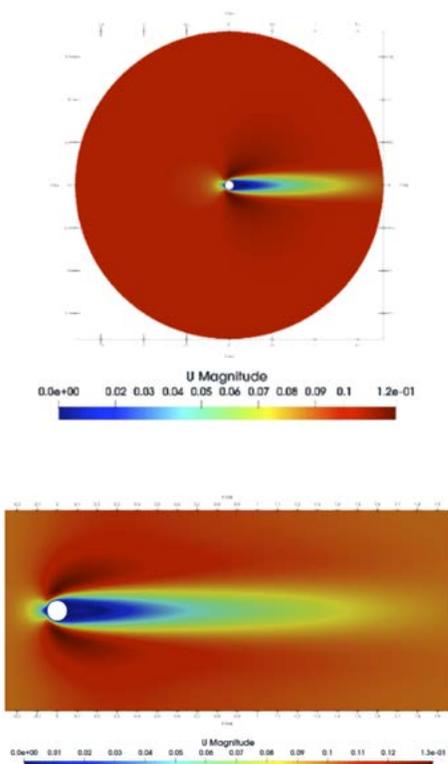


Figura 5. Contornos de velocidad para los dos dominios.
Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, las Figuras. 6 y 7 muestran los campos de presión y vorticidad para las mismas condiciones. Se observa que, para el dominio circular, debido a su simetría, la mitad izquierda del dominio no captura los efectos del flujo sobre el cilindro.

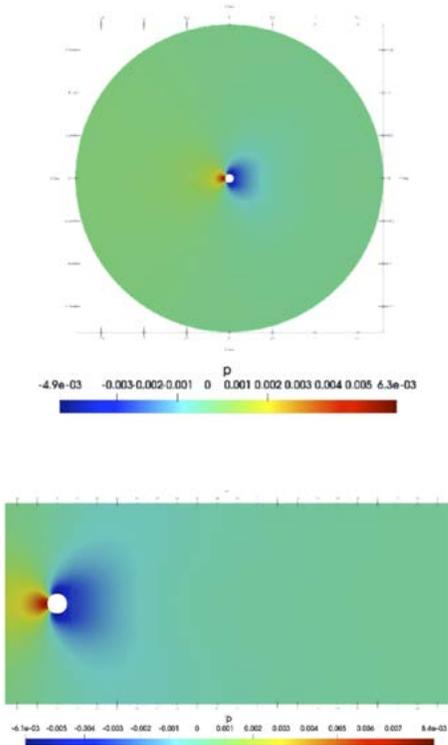


Figura 6. Contornos de presión para los dos dominios.
Fuente: Elaboración propia.

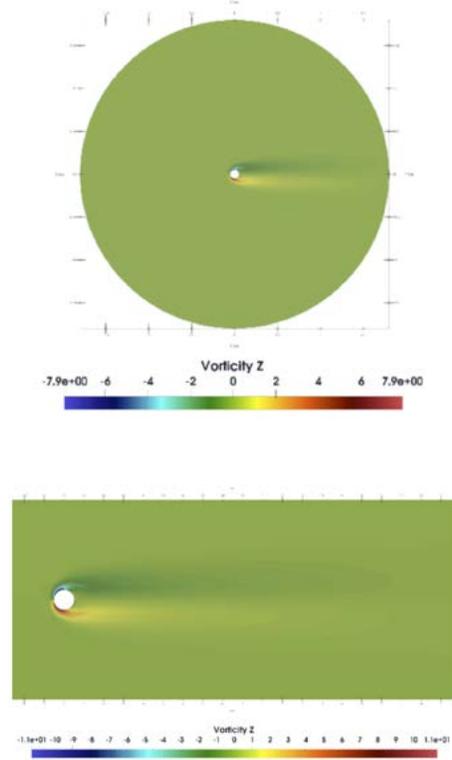


Figura 7. Contornos de vorticidad para los dos dominios.
Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la comparación entre los resultados de resolver con un dominio circular o un dominio rectangular, se evalúa la zona de recirculación, la variación de presión y velocidad en una línea vertical que atraviesa el centro de los vórtices, la variación de presión y velocidad sobre una línea vertical que se extiende desde la superficie del cilindro hasta un diámetro por encima y la variación de la presión y velocidad en el punto correspondiente a la máxima velocidad en el dominio para el último tiempo evaluado. En la Figura 8, se muestran los vórtices formados en la zona de recirculación para las mallas con mayor número de elementos evaluadas en el último paso de tiempo ($t=20$ s).

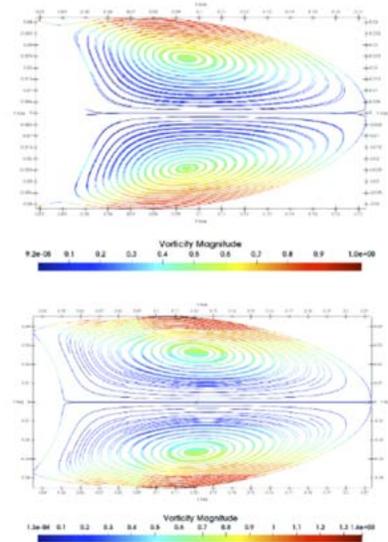


Figura 8. Zona de recirculación.
a) Dominio circular, b) Dominio rectangular.
Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones en la zona de recirculación son mayores para el dominio rectangular. En la Tabla 4, se muestran las características de la zona de recirculación para ambos dominios de acuerdo con las diferentes mallas evaluadas y para el último paso de tiempo calculado.

Tabla 4. Características de la zona de recirculación.

Malla [celdas]	Dominio circular			Dominio rectangular		
	L [m]	a [m]	b [m]	L [m]	a [m]	b [m]
3,000	0.1670	0.0902	0.0485	0.2060	0.1212	0.0518
5,000	0.1705	0.0924	0.0486	0.2098	0.1196	0.0511
8,000	0.1720	0.0939	0.0480	0.2122	0.1201	0.0522
11,000	0.1725	0.0943	0.0481	0.2129	0.1210	0.0521
16,000	0.1725	0.0942	0.0479	0.2050	0.1212	0.0527
20,000	0.1735	0.0945	0.0484	0.2135	0.1211	0.0526

Fuente: Elaboración propia.

La relación entre el centro del vórtice y la longitud de la zona (a/L) varía un valor de 0.007 para el dominio circular y entre 0.025 para el dominio rectangular. Mientras que la relación entre la distancia entre centros y la longitud de la zona (b/L) varía 0.01 para el dominio circular y 0.08 para el dominio rectangular.

La ubicación donde ocurre la velocidad máxima en $t=20$ para los dos dominios y las diferentes mallas evaluadas se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Ubicación y magnitud de velocidad máxima.

Malla [celdas]	Dominio circular		Dominio rectangular	
	Magnitud [m/s]	Ubicación [x,y]	Magnitud [m/s]	Ubicación [x,y]
3,000	0.1169	(0.0340,0.1325)	0.1341	(0.0000,0.1000)
5,000	0.1174	(0.0199,0.1258)	0.1342	(0.0000,0.11004)
8,000	0.1179	(0.0229,0.1263)	0.1344	(0.0078,0.1085)
11,000	0.1180	(0.0193,0.1227)	0.1345	(0.0000,0.1078)
16,000	0.1171	(0.0130,0.1099)	0.1346	(0.0000,0.10707)
20,000	0.1164	(-0.0234,0.1266)	0.1346	(0.0000,0.10591)

Fuente: Elaboración propia.

Para el dominio circular la magnitud de la velocidad máxima varía hasta en 1.35% con respecto al mayor valor obtenido, mientras que su posición varía 0.57 D en la dirección x y 0.22 D en la dirección y. Para el dominio rectangular la magnitud de la velocidad varía hasta en 0.3% con respecto al mayor valor obtenido, mientras que su posición varía 0.078 D en dirección x (solo en una de las mallas) y 0.01 D en la dirección y.

En las Figuras 9 y 10, se muestra el perfil de presión y velocidad en una línea vertical de longitud igual al diámetro del cilindro que atraviesa por el centro de los vórtices para las mallas evaluadas en los dominios circular y rectangular respectivamente.

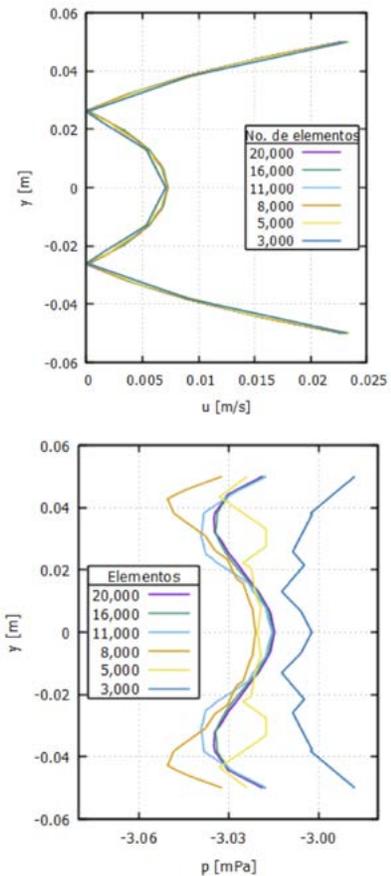


Figura 9. Perfil de velocidad y presión para dominio rectangular.

Fuente: Elaboración propia.

La comparación del perfil de velocidad en el dominio rectangular arroja muy pequeñas variaciones a lo largo de la línea en la que se evalúa. Sin embargo, la distribución de la presión muestra variaciones significativas tanto en la magnitud como en el comportamiento a lo largo de la línea evaluada. Únicamente las mallas de 20, 16 y 11 mil elementos mantienen el mismo comportamiento.

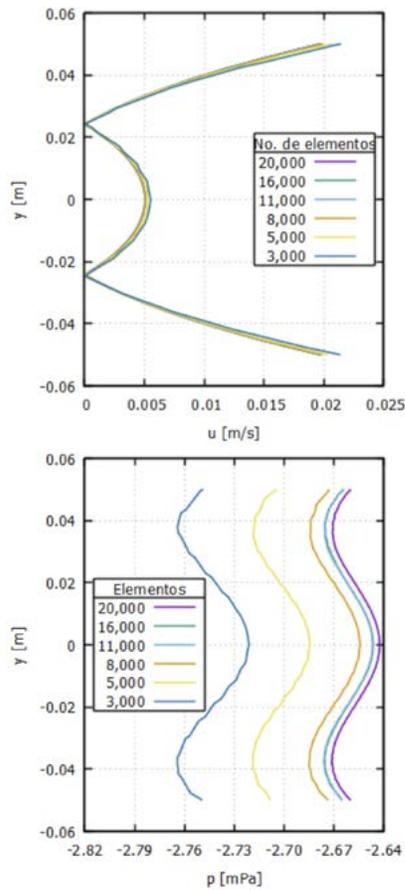


Figura 10. Perfil de velocidad y presión para dominio circular.
Fuente: Elaboración propia.

En el caso del dominio circular, el perfil de velocidades muestra un comportamiento similar en cada una de las mallas evaluadas, a excepción de la malla de 16 mil elementos, que para la velocidad en las distancias más alejadas de los vórtices presenta un mayor valor que en el resto de las mallas. Respecto a la presión se presenta el mismo comportamiento a lo largo de la línea evaluada pero los valores difieren de una malla a otra. Esta diferencia es más evidente para las mallas de 5 y 3 mil elementos.

El perfil de velocidad sobre una línea vertical con origen en el cilindro y que se extiende una distancia de ID se muestra en la Figura 11, para el dominio rectangular y circular con sus respectivas mallas. Se observa como existe una menor variación de la capa límite para el caso del dominio rectangular.

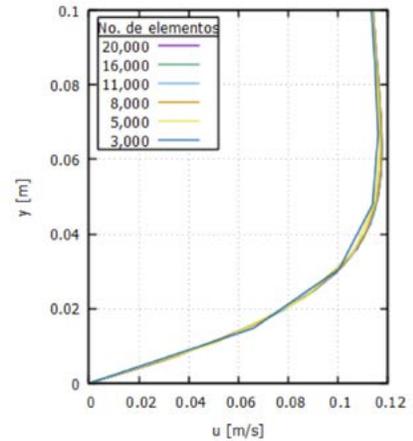
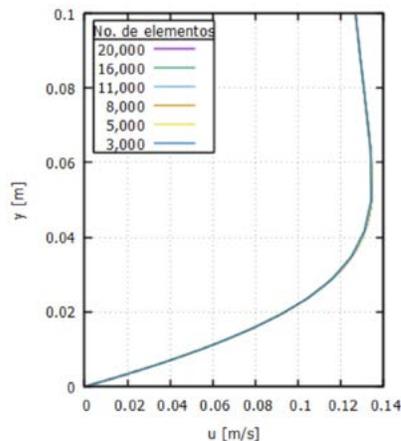


Figura 11. Perfil de velocidad en la capa límite
a) Dominio rectangular, b) Dominio circular.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 12, se muestra la variación con respecto al tiempo de la velocidad en un punto fijo del dominio. Este punto corresponde al mostrado en la Tabla 5 para cada dominio y malla.

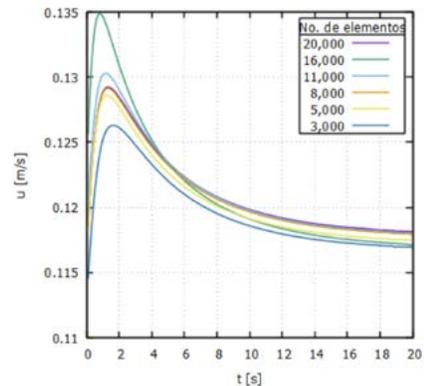
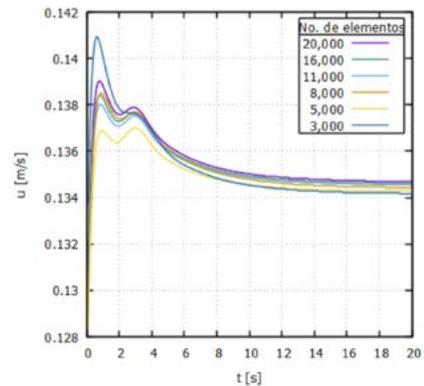


Figura 12. Variación de la velocidad máxima con respecto al tiempo para a) Dominio rectangular b) Dominio circular.
Fuente: Elaboración propia.

Se observa un comportamiento diferente entre la variación de la velocidad en el dominio rectangular y en el dominio circular. Además, para cada dominio se observa una variación significativa en la magnitud correspondiente al punto más alto de la velocidad. Para el dominio rectangular solo las mallas de 3,000 y 5,000 elementos muestran variaciones significativas, mientras que para el dominio circular son las mallas de 16,000 y 3,000 elementos las que muestran valores muy por encima de lo esperado.

Conclusión

Se realizó una comparación entre dos geometrías del dominio para el mismo caso de estudio: el flujo alrededor de un cilindro para $Re = 25$. Para cada caso se realizó un estudio de convergencia de malla considerando mallas de 20 mil, 18 mil, 11 mil, 8 mil, 5 mil y 3 mil elementos.

Comparando perfiles de velocidad en la zona de recirculación y en la cercanía del cilindro, así como las dimensiones de la zona de recirculación y la variación de la velocidad máxima con respecto al tiempo se determinó que dominio resulta más adecuado para el modelado numérico de este caso de estudio. Se concluyó que el dominio rectangular ofrece los mejores resultados hasta una malla de 8 mil elementos. Para mallas de menos elementos la variación en los resultados aumenta considerablemente. Este efecto ocurre de manera más marcada en el dominio circular, en donde existe una variación de hasta 1.35% en la magnitud máxima de la velocidad entre una malla y otra, mientras que para el dominio rectangular esta variación es del 0.3%.

La principal ventaja de la malla circular es su simplicidad topológica para lograr un mallado estructurado, lo que resulta en un menor tiempo de cómputo. Sin embargo, una malla de 8 mil elementos implica que únicamente la mitad de esos elementos se avocan a la región de interés debido a que más de la mitad del dominio geométrico corresponde a los alrededores y aguas arriba del problema. Por lo tanto, la densidad de malla que en un dominio rectangular es de 8 mil elementos, resulta en una malla de 16 mil elementos para el dominio circular, lo que resulta en un tiempo de cómputo aún mayor que en caso del dominio rectangular.

Conocer que se obtienen resultados con menor variación en un dominio rectangular permite elegir esta condición para estudios sobre geometrías más complejas con un menor número de elementos, lo que reduce el tiempo de cómputo y hace más eficiente el proceso de solución.

Como trabajo futuro se tiene pensado implementar un método numérico desarrollado por el equipo de investigación del Laboratorio de Aeronáutica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez para el flujo alrededor de un cilindro cuadrado. Validado sus resultados para los casos laminar y turbulento será posible posteriormente estudiar el caso particular de una turbina eólica de eje vertical tipo Darrieus y evaluar las condiciones de operación nominal y también el arranque de la misma, comparando diferentes perfiles aerodinámicos y mecanismos para variar el ángulo de ataque y su influencia en el desempeño aerodinámico.

Símbolos

a	Distancia al centro del vórtice	(m)
b	Distancia entre centros de vórtices	(m)
L	Longitud de la zona de recirculación	(m)
u	Velocidad	(m/s)
p	Presión	(Pa)

Bibliografía

- BowenFu, Zou, L. y Wan, D. (2018). Numerical study of vortex-induced vibrations of a flexible cylinder in an oscillatory flow. *Journal of Fluids and Structures*, 170-181.
- Da Silva, B. L., Luciano, R. D., Utzig, J. y F.Meier, H. (2019). Analysis of flow behavior and fluid forces in large cylinder bundles by numerical simulations. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 209-226.
- Hamid, M. F., Idroas, M. Y., Sa'ad, S., Heng, T. Y., Ma, S. C., Alauddin, Z. A., . . . Abdullah, M. K. (2020). Numerical Investigation of Fluid Flow and processes, 439.
- Nagata, T., Noguchi, A., Kusama, K., Nonomura, T., Komuro, A., Ando, A. y Asai, K. (2020). Experimental investigation on compressible flow over a circular cylinder at Reynolds number of between 1000 and 5000. *Journal of Fluid Mechanics*.
- Noack, B. (1999). On the flow around a circular cylinder. Part I: laminar and transitional. Supplement: Minisymposia University of Bremen, 223-226.
- OpenFOAM (2012). *OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox Userguide*. OpenCFD Limited.
- Rajani, B., Kandasamy, A. y Majumdar, S. (2009). Numerical simulation of laminar flow past a circular cylinder. *Applied Mathematical Modelling*, 1228-1247.
- Sumer, B. M. y Fredsoe, J. (2006). *Hydrodynamics around cylindrical structures*. Denmark: World Scientific.
- Weller, H. G. y Tabor, G. (1998). A tensorial approach to computational continuum mechanics using object-oriented techniques. *Computers in Physics*, 620-631.
- Zhao, J., Jacono, D. L., Sheridan, J., Hourigan, K. y Thompson, M. C. (2018). Experimental investigation of in-line. *Journal of Fluid Mechanics*, 664-699.

ECUACIONES DE NAVIER-STOKES

PARA MODELAR DOSIFICADOR DE SEMILLAS DE SEMBRADORA NEUMÁTICA DE PRECISIÓN
PARA CHAROLAS DE GERMINACIÓN

Artículo arbitrado 23

Edición 16

Francisco BetanzosCastillo¹, Rosa María de Anda López², Reynaldo Cortez Solis³, Rodolfo Aguirre Aranda⁴ y Agripín Sánchez Salinas⁵

^{1,2,3}Tecnológico Nacional de México/ TES
Valle de Bravo. División Ingeniería Mecatrónica
Km 30 de la Carretera Federal
Monumento - Valle de Bravo,
Ejido de San Antonio de la Laguna, Valle de
Bravo C.P. 51200.

^{4,5}Universidad Tecnológica del Sur del
Estado de México. Dirección de Mecatrónica
Carretera Tejupilco-Amatepec km 12
Tejupilco, Estado de México, México,
C.P. 51426.

✉
francisco.bc@vbravo.tecnm.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: El diseño de maquinaria agrícola es de los trabajos de ingeniería más complejos, el objetivo de este trabajo fue modelar y simular un dispositivo dosificador de semillas a través del uso de los parámetros de diseño críticos, como son la velocidad y la presión de trabajo, mediante el uso de la velocidad media del aire que produce la adherencia de un grano en el cilindro. El grano se modeló como un cuerpo sólido y rígido, y depositado en la parte inferior del cilindro horizontal. Para ser sometido a distintas velocidades de aire, en la posición que ofrece menor resistencia. De la misma forma se llevaron a cabo simulaciones numéricas con un algoritmo iterativo, dentro del cual se utilizó un software de dinámica de fluidos computacionales (CFD) que calcula las velocidades y presiones, generando una simulación del comportamiento de la semilla en el cilindro presentando el comportamiento entre el aire y la semilla, demostrando que en la zona de trabajo la semilla se fija al cilindro de manera adecuada. Estos resultados pueden ser utilizados como valores de referencia en el diseño y evaluación de sistemas que utilizan este tipo de dosificadores neumáticos.

✚ **Palabras clave:** Dosificador de semillas, CFD, maquinaria agropecuaria.

■ **Abstract:** The design of agricultural machinery is one of the most complex engineering works, the objective of this work was to model

and simulate a seed dosing device through the use of critical design parameters, such as speed and working pressure, by using the average air velocity that produces the adherence of a grain in the cylinder. The grain was modeled as a solid and rigid body, and deposited at the bottom of the horizontal cylinder. To be subjected to different air velocities, in the position offering the least resistance. In the same way, numerical simulations were carried out with an iterative algorithm, within which computational fluid dynamics (CFD) software was used to calculate the velocities and pressures, generating a simulation of the behavior of the seed in the cylinder presenting the behavior between the air and the seed, demonstrating that in the working zone the seed is fixed to the cylinder in an adequate manner. These results can be used as reference values in the design and evaluation of systems that use this type of pneumatic dispensers.

+ **Keywords:** Seed dosing unit, CFD, Farming machinery

Introducción

La siembra de precisión se define como la colocación de las semillas, de manera, individual, en el suelo con el espaciado necesario, dependiendo de las plantas a sembrar. De forma general, los agrónomos, utilizan dispositivos manuales, llamados dibblers, para alcanzar esta precisión. Los dispositivos de siembra equipados con sistemas de medición de semillas individuales son llamados sembradoras de precisión. Las sembradoras de placa horizontal con células en la periferia fueron los primeros plantadores de precisión desarrollados (Datta, 1974).

Para Bragachini (2003), la agricultura de precisión ha sido un tema importante de investigación para la ingeniería, sin embargo, la mayor parte del trabajo de investigación y desarrollo se ha ocupado del diseño y desarrollo de equipos y sistemas para cultivos agronómicos al aire libre, y existen muy pocos diseños de sembradoras para charolas. Ante este panorama se han desarrollado diseños de sembradoras de precisión, el propósito principal de la siembra de precisión es colocar la semilla a un cierto espacio y a una profundidad en el lecho de siembra. Estos dispositivos colocan las semillas en el espacio requerido y proporcionan una mejor área de cultivo por semilla. Hay dos tipos comunes de sembradoras de precisión: Banda y vacío.

Las sembradoras de precisión de vacío tienen una placa de medición con orificios de dosificación a un radio predeterminado. Se aplica vacío a estos agujeros y está dotada de una raza mecanizada en una placa de apoyo. A medida que la placa gira, el vacío aplicado a los orificios de medición les permite recoger las semillas de la tolva de semillas.

Gaytán (2004), menciona las etapas de un ciclo de trabajo de las máquinas de siembra en bandejas, su esquema se muestra en la Figura 1.

- a) Fase de separación, individualización o singulación de semillas.
- b) Fase de carga o adhesión de las semillas.
- c) Fase de eliminación de semillas adheridas en exceso.
- d) Fase de transporte de las semillas adheridas o individualizadas, hasta las cavidades de la charola de siembra.
- e) Fase de descarga o eyección de las semillas en las cavidades de la charola.
- f) Fase de limpieza de los orificios de succión.

Las sembradoras de vacío de precisión tienen las ventajas sobre las sembradoras mecánicas: una mejor calidad de trabajo menor tasa de daño a las semillas, mejor control y ajuste de mantenimiento y espectro más amplio de aplicabilidad (Soos, Ssüle y Fűzy, 1989). Una sembradora debe colocar una semilla en un ambiente en el que la semilla germina y emerge de forma confiable. Los principales factores que pueden afectar la separación de las plantas son, la calidad de la semilla, las condiciones del suelo, diseño sembrador y la habilidad del operador, todos ellos juegan un papel en la determinación de la posición final de la planta.

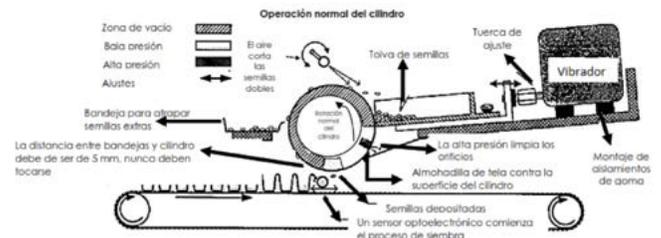


Figura 1. Esquema del ciclo de trabajo de una sembradora comercial (Gaytán, 2004).

Algunos de los problemas detectados por el mecanismo de selección son: puede o no seleccionar o dejar caer una semilla, puede seleccionar y soltar múltiples semillas resultantes en los pequeños espaciados entre semillas (Karayel, Barut y Ozmerzi, 2004). De forma posterior es publicado un análisis sobre la necesidad de precisión en siembra y cultivo vegetal, discutiendo el desarrollo de una muy exitosa sembradora de precisión para lechuga que utiliza principios de singularización en vacío. En comparación con el estándar de la sembradora mecánica, la sembradora de vacío utiliza 90% menos semillas, disminuye el peso, reduciendo tiempo, lo que resulta en un mayor rendimiento (Gianini, 1967).

Marco teórico

Máquinas sembradoras

Las máquinas sembradoras tienen como misión colocar en el terreno, bien sobre la superficie o bien en líneas equidistantes, las más diversas clases de semillas, sin dañarlas y a una profundidad uniforme (Porrás y Soriano, 2013).

Las sembradoras se pueden clasificar según el sistema de siembra requerido:

- A voleo: Distribución al azar de las semillas sobre toda la superficie del terreno.
- En líneas o a chorrillo: Colocación aleatoria de las semillas en un surco, cubriéndolas, para dar líneas definitivas.
- A golpes: Colocación de grupos de semillas a distancias definidas, en líneas.
- Monograno: Colocación precisa de semillas individuales a distancias definidas, en línea.

Siembra mecanizada

Este tipo de siembra puede ser realizada por una gran variedad de mecanismos que son capaces de depositar solo una semilla por cavidad y además de eso, las máquinas pueden ser integradas para realizar el llenado de las charolas con sustrato, la siembra, el tapado, y el primer riego en una forma continua, donde la participación del hombre está limitada para realizar las actividades: alimentación de charolas y retiro de las charolas ya sembradas (Clavijo y Celestino, 2002).

Estas reducen la cantidad de mano de obra necesaria, además tienen grandes rendimientos y hace más económico el proceso, una desventaja es el alto costo de adquisición.

Sembradoras automáticas de precisión

La siembra de precisión se define como la colocación de las semillas, de manera individual, en el suelo con el espaciado necesario, dependiendo de las plantas a sembrar. Por lo general, los agrónomos, utilizan dispositivos manuales, que contienen una punta, llamados dibblers, para alcanzar esta precisión. Los dispositivos de siembra equipados con sistemas de medición de semillas individuales son llamados sembradoras de precisión. Las sembradoras de placa horizontal con células en la periferia fueron los primeros plantadores de precisión desarrollados (Datta, 1974).

Modelos de turbulencia en CFD

La abreviatura CFD significa dinámica de fluidos computacional, representa una vasta área de análisis numérico en el campo de los fenómenos de flujo de fluidos. El avance en el campo de simulaciones de CFD es fuertemente dependiente en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la computadora y en el avance de nuestra comprensión y resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales (ODE y PDE) (Wilcox, 1994).

Sin embargo CFD es mucho más que sólo la informática y la ciencia numérica. Dado que la resolución numérica directa de flujos complejos en condiciones reales requiere una cantidad abrumadora de potencia computacional, el éxito en la resolución de tales problemas depende en gran medida de los modelos físicos aplicados.

Estos sólo pueden derivarse de tener una comprensión global de los fenómenos físicos que son dominantes en ciertas condiciones (Wilcox, 1994; CFD, 2016).

Siempre que la turbulencia está presente en un cierto flujo parece ser el dominante sobre todos los otros fenómenos de flujo. Es por eso que el modelado exitoso de la turbulencia aumenta enormemente la calidad de las simulaciones numéricas. Todas las soluciones analíticas y semi-analíticas a casos de flujo simple ya eran conocidas a fines de los años cuarenta. Por otra parte todavía hay muchas preguntas abiertas sobre el modelado de la turbulencia y las propiedades de la propia turbulencia. Todavía no existe un modelo universal de turbulencia (Wilcox, 1994).

Metodología

En la actualidad, el transporte de granos por medio de corrientes de aire (transporte neumático) se encuentra muy difundido. En el caso particular de máquinas agrícolas, se utilizan tubos flexibles para trasladar las semillas y/o fertilizante desde la tolva de almacenamiento al distribuidor y desde este último a cada cuerpo de siembra. Un problema habitual en este tipo de transporte es la acumulación de semillas en sectores conflictivos del sistema, por ejemplo, en lugares de cambio de dirección o cambios bruscos de sección del tubo (reducción o aumento) (Gastón, 2012).

Con base en la información, se decidió dividir el modelo en tres etapas:

1. Modelación del conducto

Se consideró un tubo de sección circular de diámetro 0.065 m (Figura 2), compuesta por un tramo horizontal y un codo ascendente. El grano sólido de revolución siendo el valor de sus tres semiejes 0.0030 m, 0.0030 m y 0.0030 m según (Deshpande, 1993), considerando un peso específico de 1200 kg/m³ (Brye, 2004). El grano ingresa por un orificio por la parte superior del conducto con velocidad inicial.

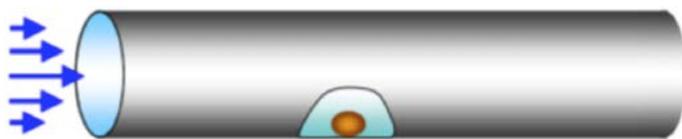


Figura 2. Esquema general del modelo. Fuente: Elaboración propia.

2. Modelación del grano

Como en consideración, la semilla de brócoli, coliflor o col, que miden entre 2 a 3 mm y son esféricas, se genera la posición del grano que vendrá dada por sus tres coordenadas baricéntricas y los ángulos de los ejes (Figura 3). La simulación se realiza utilizando una formulación “directa”, mediante una técnica cuasiestacionaria. Para cada paso de tiempo se conocen tanto la posición como la velocidad del grano. Se generó el mallado, considerando la resolución de las ecuaciones de fluidos en régimen estacionario y la extracción de resultados en velocidades y presiones para esa geometría instantánea.

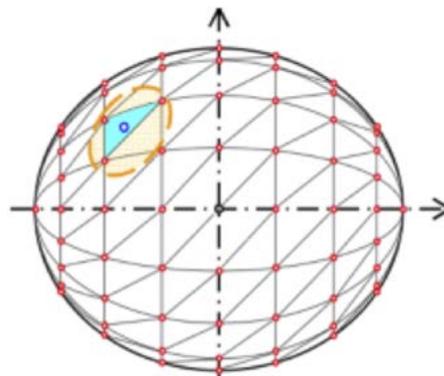


Figura 3. Modelación del grano. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se resuelve la dinámica del cuerpo rígido mediante un programa de trayectoria desarrollado en Matlab donde se calcularon los nuevos parámetros correspondientes a aceleraciones lineales y angulares, velocidades también lineales y angulares que permiten calcular la nueva posición del grano. Con la nueva posición se remalla y se vuelve a recalculer el flujo estacionario. Cabe aclarar que no se proyectan ni interpolan los campos de presiones y velocidades. En cada paso de tiempo se reposiciona la semilla con sus nuevas condiciones de contorno para ese paso de tiempo.

Modelación del flujo de aire

Respecto a la simulación del flujo de aire en el conducto se utilizó un modelo tridimensional. Se plantearon las ecuaciones de Navier-Stokes resueltas con una técnica de Reynolds Average NavierStokes (RANS) estándar, con un modelo de turbulencia $k - \epsilon$ (32), siendo el número de Reynolds en el flujo de alrededor de 35,000. El algoritmo es estacionario y se resuelve con el software de CFD. Las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

Ecuación promediada de Navier-Stokes:

$$\rho U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} [2\mu S_{ij} - \tau_{ij}] \quad (2)$$

En donde:

U_i = velocidad media en la dirección de x_i
 ρ = densidad
 P = presión media
 μ = viscosidad dinámica

Vector de tensiones medio:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

Vector de tensiones de Reynolds:

$$\tau_{ij} = 2\mu_T S_{ij} - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (4)$$

Viscosidad turbulenta:

$$\mu_T = \rho C_\mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (5)$$

Ecuación para la energía cinética turbulenta k :

$$\rho U_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \rho \epsilon + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (6)$$

Ecuación para la tasa de disipación de energía ϵ :

$$\rho U_j \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} = C_{\epsilon 1} \frac{\epsilon}{k} \tau_{ij} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - C_{\epsilon 2} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\epsilon} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] \quad (7)$$

donde:

$$C_{\epsilon 1} = 1.44, C_{\epsilon 2} = 1.92, C_\mu = 0.09, \sigma_k = 1.0, \sigma_\epsilon = 1.3$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1.17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu_{\text{aire}} = 1.983 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{ms}}$$

Las condiciones de contorno son presiones a la entrada del tubo que permiten el desarrollo del flujo turbulento si se considera un conducto suficientemente largo. En las paredes laterales y sobre el grano se adopta flujo normal nulo.

Se utilizaron elementos tetraédricos de segundo orden en velocidades y de primer orden en presiones, con mallas refinadas en la proximidad del grano. En la Figura 4, se muestra un sector del mallado tridimensional alrededor del grano en un tubo de 0.040 m de diámetro.

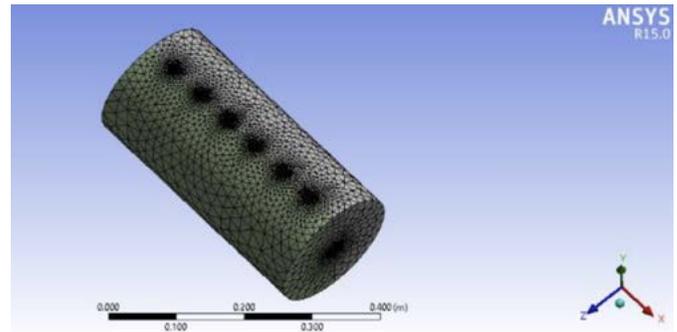


Figura 4. Malla tridimensional en un conducto de 0.040m de diámetro con refinamiento en la zona del grano. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

El grano

Se consideró al grano como un cuerpo rígido para considerar los gradientes de presiones que se producen con el empuje vertical. El cálculo se realiza solamente con las presiones ya que la componente de la fuerza viscosa del aire se considera despreciable, bajo estos principios se genera el análisis cinemático del comportamiento del grano.

Para el cálculo de la fuerza de sustentación, se modelizó la frontera de la misma, utilizando ANSYS R15.0 con elementos de superficie de 3 lados. Se definieron en total 544 nodos y 543 elementos de superficie (Figura 5).

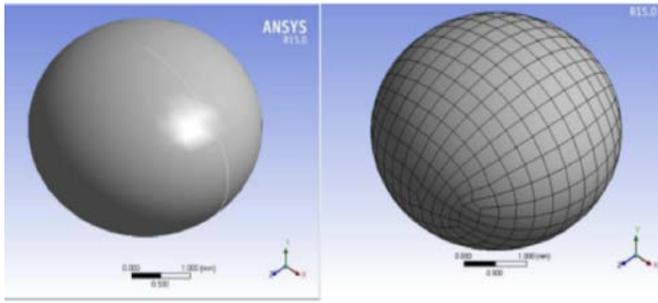


Figura 5. Mallado sobre el grano. Fuente: Elaboración propia.

Con esta base se definen tres sistemas de referencia uno general que está fijo al bastidor (f), otro local paralelo al anterior, pero con origen en el baricentro del grano ($m1$) y un tercero también baricéntrico coincidente con los ejes principales de inercia ($m2$) (Figura 6).

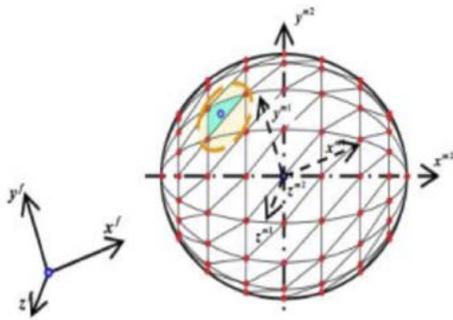


Figura 6. Sistemas de referencia sobre el grano. Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores se determinan las fuerzas aplicadas sobre el grano y la forma de la resultante, misma que indica que el grano quedará pegado a la superficie del tubo en el momento en que se introduzca a la zona de vacío, lo cual asegura que ocupará el orificio y que lo hará un solo grano. Esto se muestra en las Figuras 7 y 8.

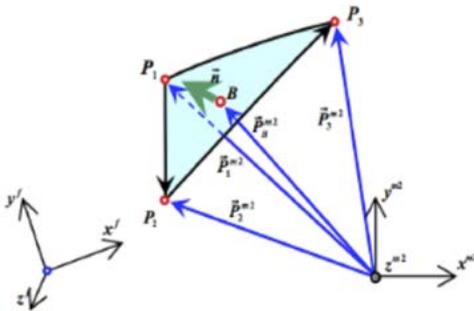


Figura 7. Vectores de posición. Fuente: Elaboración propia.

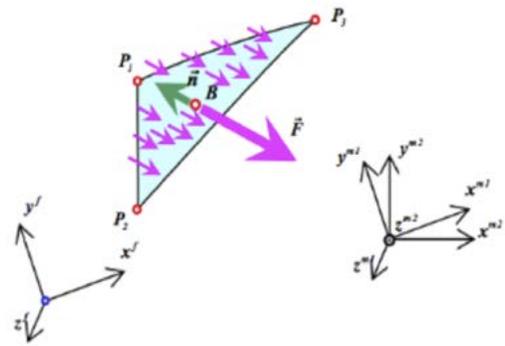


Figura 8. Vectores de posición. Fuente: Elaboración propia.

A partir del conocimiento de los vectores de posición de los nodos extremos de un elemento de superficie genérico, se pueden determinar el análisis vectorial para determinar presiones y fuerzas resultantes que permitan visualizar el comportamiento del grano al ser succionado por el tubo (Figura 9).

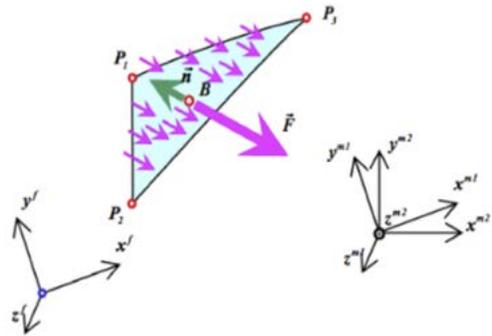


Figura 9. Presión y fuerza resultantes superficial sobre el grano. Fuente: Elaboración propia.

El flujo de aire

Para la simulación del flujo de aire en el conducto se utilizó un modelo tridimensional, resolviendo un algoritmo estacionario, y resolviendo, en primer lugar un acercamiento utilizando el software Matlab 2015a y QuickerSim CFD Toolbox Lite for Matlab (CFD), para realizar la solución de las ecuaciones de Navier Stokes, con los datos antes establecidos y generados de la experimentación que se ha tenido en bancos de laboratorio, se obtiene que la presión es mayor alrededor del grano, cubriendo el orificio y sujetando al grano al tubo dosificador y asegurando su fijación cuando entra a la zona de vacío. Se considera un ángulo de trabajo $\theta = 0$, para que coincida con la horizontal, de esta manera se asegura el ciclo de trabajo propuesto para el grano contra el tubo.

Para la implementación del código para observar el comportamiento del fluido en el orificio se tuvo en cuenta $u = 0.3133\text{m/s}$, $\Delta t = 0.02\text{s}$ y de $\Delta x = 0.125\text{s}$ teniendo un $C = 0.16$ (se considera el número de Courant, como condición de convergencia de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales), además el paso de tiempo debe ser inferior a un cierto valor sino la simulación producirá resultados incorrectos. Esta relación se muestra en la ecuación:

$$\frac{u_x \cdot \Delta t}{\Delta x} + \frac{u_y \cdot \Delta t}{\Delta y} < C \quad (8)$$

La implementación de este código es bidimensional ya que se considera la velocidad (u, v) , se calcula la vorticidad dependiente de la función corriente (considerando al aire como un medio de transmisión ondulatoria), para ver la recirculación en la pared debido al número de Reynolds y de la velocidad en la condición de frontera superior.

Las condiciones de contorno son presiones a la entrada del tubo que permiten el desarrollo del flujo. En las paredes laterales y sobre el grano se adopta flujo normal nulo, para este caso se mantiene constante la presión de vacío en $32.763 Pa$ (Gaytán, 2004).

En las Figuras 10, 11 y 12, se muestran los resultados obtenidos para algunas corridas del código, mostrando la mejor adherencia, la media y la mala, en donde se observan las condiciones en la frontera, se puede apreciar que las velocidades adhieren el grano al cilindro durante la etapa de vacío, o generan fenómenos que provocan que la semilla no asegure su adherencia, y por lógica no efectúe el trabajo requerido.

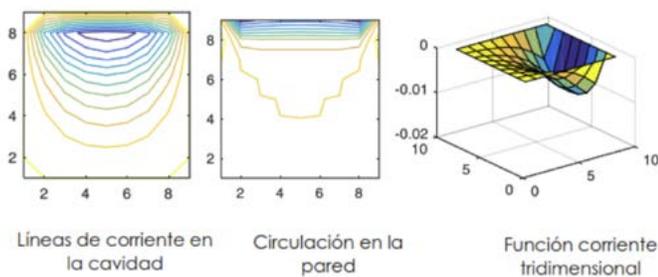


Figura 10. Respuesta a velocidad de 0.3133 m/s.
Fuente: Elaboración propia.

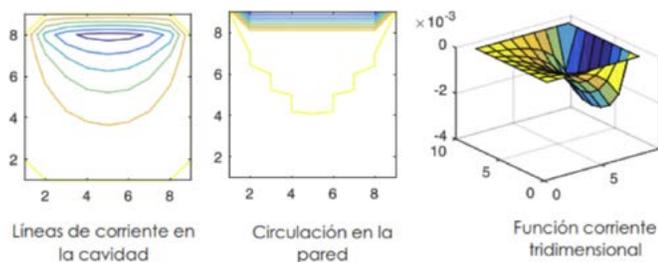


Figura 11. Respuesta a velocidad de 1.725 m/s.
Fuente: Elaboración propia.

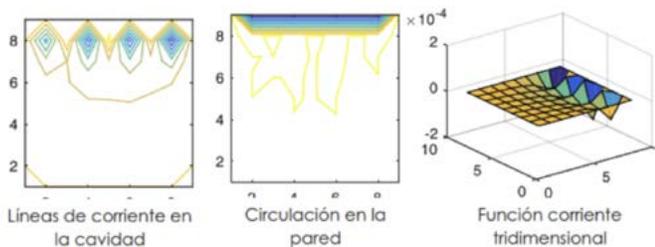


Figura 12. Respuesta a velocidad de 0.3133 m/s.
Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados arrojados por la corrida de código, se pudo construir la Tabla 1, en donde se muestran las condiciones de trabajo más adecuadas para diseño, también se observan las velocidades consideradas para las corridas y el resultado en comportamiento de adherencia del grano al orificio de succión del dispositivo. Es importante hacer notar que se tomaron valores constantes, considerando el diámetro del cilindro de 0,040 m y una presión de trabajo de $32,763 Pa$.

Tabla 1. Velocidades recomendadas para adherencia.

Se consideran constantes el diámetro del cilindro de 0,040 m y la presión de 32,763 Pa	
Velocidad (m/s)	Adherencia
0,3133	Buena (asegura la fijación de la semilla al cilindro)
Velocidad (m/s) (cont.)	Adherencia (cont.)
0,6266	Buena
0,9399	Buena
1,725	Media (Se pueden presentar fenómenos que provoquen que la semilla no se adhiera de manera efectiva al cilindro, generando su caída y con ello ineficiencia del sistema)
3,45	Mala (La vorticidad, fenómeno hidráulico que depende de la corriente, genera que la semilla no sea en ningún momento adherida)
6,9	Mala
13,8	Mala

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Bajo la resolución de ecuaciones de Navier Stokes y utilizando la técnica CFD, se pudo generar una solución que permite visualizar el comportamiento del cilindro y el grano para poder tomar la decisión de los valores de trabajo óptimos, esta situación mejorará el proceso de diseño, contando con el conocimiento de estos parámetros críticos, se puede disminuir el tiempo de cálculo y selección de materiales, que es una etapa en el proyecto del sistema.

Los bancos experimentales han tomado fuerza en el área de diseño de maquinaria agrícola, ya que muchos de los valores críticos de diseño fueron calculados de forma empírica al momento de construir la máquina y hacer pruebas in situ de su comportamiento, estos bancos

permitieron avanzar en el conocimiento sobre el comportamiento de los valores y variables de trabajo, ya que al ser medidas mediante sensores se podían determinar y tomar como ciertos.

Contar con modelos y simulaciones que permitan visualizar de forma virtual el comportamiento del sistema y más aún poder manipular parámetros sin alterar físicamente nada, ha permitido dar pasos agigantados para asegurar que los sistemas se construirán y su funcionamiento asegurará su ciclo de trabajo.

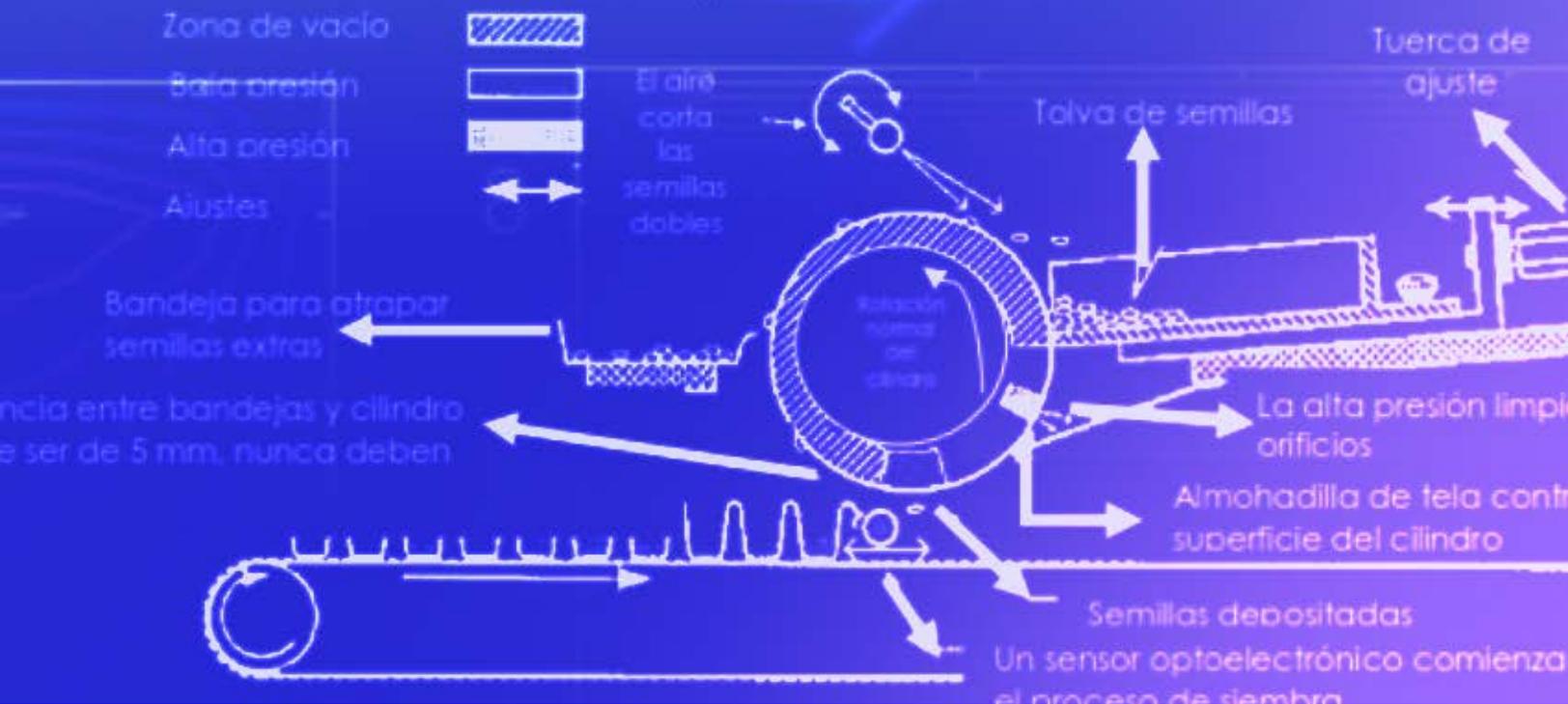
Esta situación ha permitido que la ingeniería agrícola evoluciones y le permita integrarse a lo que hoy se conoce como I4.0, el uso de software especialmente diseñado para estos fines mejora el tiempo del diseñador, proporciona velocidad en cálculos y mejora la forma de trabajo en su fabricación y selección de materiales.

Agradecimiento

Se brinda un agradecimiento muy especial a CONACYT, ya que gracias al apoyo de beca de posgrado, permitió la realización del proyecto, así como a la Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México por su apoyo para poder generar el desarrollo del sistema, de la misma forma al Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo ya que su colaboración permitió culminar con este proyecto.



Operación normal del cilindro





Bibliografía

- + Bragachini, M. (2003). *Agricultura de precisión*. [En línea]. [Citado el: 15 de octubre de 2015.] Disponible desde: <http://www.agriculturadepresicion.org>.
- + Brye, K. R., Slaton, N. A. y Chen, P. (2004) *Can crop productivity be predicted by soil characterization after land leveling?* *Crop Management*.
- + Clavijo y Celestino (2002). *Diseño del dispositivo de siembra en charolas de germinación*. [ed.] IPN. Tesis. México, D.F.: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME).
- + CFD Online. <http://www.cfd-online.com/>. [En línea] [Citado el: 26 de 07 de 2016.] http://www.cfd-online.com/Wiki/Turbulence_modeling.
- + Datta, R. K. (1974). *Development of some seeders with particular reference to pneumatic seed drills*. Kharagpur, India: The Harvester, Indian Institute of Technology. Vol. 16, págs. 26-29.
- + Deshpande, S. D., Bal, S. y Ojha, T. P. (1993). *Physical properties of soybean*. 56, *J. Agric. Engng. Res.*, págs. 89-98.
- + Gastón Bourges, Mabel Medina (2012). *Conductos horizontales en sembradoras air-drill. Trayectoria de semillas en c 1*, Rosario, Argentina: s.n., *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, Vol. 16, págs. 75-86.
- + Gaytán Ruelas, J. G., R. Serwatowsky, J. y Gracia López, C. (2004). *Sistema de máquinas para el proceso tecnológico de producción de plántulas en invernadero*. UAAAN, Saltillo, Coahuila: s.n., 2004. *Memorias del XIV congreso nacional de ingeniería agrícola*.
- + Giannini, G. R., Chancellor, W. J. y Garrett, R. E. (1967). *Precision planter using vacuum for seed pickup*. 2, *Transactions of the ASAE*, Vol. 10, págs. 607-614.
- + Karayel, D., Barut, Z. B. y Ozmerzi (2004). *Mathematical modeling of vacuum pressure on a precision seeder*. 4, *Biosystems Engineering*, Vol. 87, págs. 437-444.
- + Soos, P., Ssüle, Z. y Füzy, J. (1989). *A comparative evaluation of modern sugar beet drills*. Gödöllo: s.n., *Bulletin of the University of Agricultural Science*, Vol. 1, págs. 166-170.
- + Porras y Soriano. www.uclm.es/profesorado. [En línea] 2013. <https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/maquinaria/temas/sembradoras.pdf>.
- + Wilcox, D. C. (1994). *Turbulence Modelling for CFD*. California, USA: DCW Industries.



CARACTERIZACIÓN DE UNA CELDA FOTOVOLTAICA MEDIANTE DISEÑO DE EXPERIMENTO

Artículo arbitrado 24

Edición 16

Roberto Carlos Gómez Salazar¹, Humberto García Castellanos²

^{1,2}Instituto Tecnológico de Cd Juárez
Ciudad Juárez, Chihuahua México,
C.P. 32500.



rgomezcarloso@gmail.com
humbert.gc.@itcj.edu.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 7, 2021.

Aceptado: Junio 10, 2021.

Resumen: El artículo expone un estudio de caracterización de celda fotovoltaica y la confiabilidad de un sistema de recolección de datos (DAC), esto con el fin de determinar qué factores tienen efectos sobre su rendimiento energético, el experimento se basa acorde a la metodología del Diseño de Experimento, para el cual se consideraron dos factores para su análisis (% Lúmenes y Altura) ejecutada bajo los parámetros óptimos obtenidos previamente, que presenta la mejor posición para obtener las mejores condiciones de aprovechamiento de energía, lo que permite obtener el mejor rendimiento energético de la celda fotovoltaica en cuanto al voltaje y corriente. El modelo factorial completo se ejecutó previamente con los datos recolectados, el modelo se estima tomando de una muestra de $n=32$ que permite calcular la respuesta de salida. El análisis de los resultados muestra que el porcentaje de iluminación y la altura tienen un papel importante en el rendimiento energético de la celda fotovoltaica.

+ Palabras clave: Diseño de experimento, celda fotovoltaica, eficiencia energética, corriente, voltaje, linealidad.

Abstract: The article exposes a photovoltaic cell characterization study and the reliability of a data collection system (DAC) to determine what factors have effects on its energy performance; the experiment based according to the methodology of the Design of Experiments, for

which were considered two elements for its analysis (% Lumens and Height of the lamps) executed under the optimal parameters previously obtained, which presents the best position to get the best energy use condition, which allows obtaining the best energy efficiency of the photovoltaic cell in terms of voltage and current. The experiment's full factorial model runs with the collected data; the model estimate took a sample size of $n = 32$, which allows the output response calculated. The analysis of the results shows that the percentage of illumination and height have an essential role in the photovoltaic cell's energy efficiency.

✦ **Keywords:** *Design of experiments, photovoltaic cell, energy efficiency, current, voltage, linearity.*

Introducción

El interés mundial está en una mayor penetración de la energía solar fotovoltaica, este tipo de energía ha aumentado en los sistemas de generación de energía. Una consecuencia del aumento de los niveles de penetración de energía solar es la mayor variabilidad e incertidumbre en la generación de energía dentro de los sistemas convencionales. Una consideración importante en la integración de mayores cantidades de generación de energía solar fotovoltaica es la caracterización de cómo cambia la potencia de salida en múltiples escalas de tiempo y en diferentes condiciones atmosféricas (Al-Maghrabi, 2017). Los estudios recientes demuestran que para determinar el rendimiento de una celda fotovoltaica, se necesitan el concepto de condiciones de prueba estándar, como se describe que la potencia eléctrica producida por un panel fotovoltaico se define para una temperatura promedio de la celda a 25°C , con una intensidad de radiación solar de 1000 W/m^2 , en estas condiciones la célula fotovoltaica genera la máxima potencia que se mide en Watt- Peak W_p , ya que este valor es muy relevante para los fabricantes, pero en condiciones reales de operación, la potencia de una célula fotovoltaica depende de los cambios de temperatura y el nivel de radiación solar donde se instale o donde se lleve a cabo un estudio realizado, ya que el rendimiento eléctrico de las células solares disminuye, con el aumento de su temperatura de trabajo, en el orden de $0,45\% / ^{\circ}\text{C}$ para células de silicio de un panel plano; es importante, por lo tanto, analizar qué factores influyen y con qué sensibilidad en esta temperatura (Cătălin George Popovicia, 2015) (P K Dash, 2015).

Para analizar esta problemática se analiza la caracterización de la celda fotovoltaica, para conocer los factores que influyen en la generación y rendimiento con el fin de obtener una mayor obtención de energía al momento de estar en condiciones de operación, esto exige un conocimiento preciso de las características de corriente-voltaje y potencia-voltaje I-V Y P-V, estos puntos permiten situar el punto de máxima transferencia de potencia (P_{pmp}) de celda fotovoltaica (Mohammed Amine Fares, April 2017) (Soumia Benlebna, 2018). Se deseaba conocer los factores que influyen en que el rendimiento energético de la celda fotovoltaica se vea disminuido y que factores contribuyen en tener un aumento de su eficiencia energética. En el marco de la teoría se llevó a cabo una revisión de la literatura de concepto estadísticos y métodos estadísticos que su utilizaron para determinar el análisis correcto que se emplea para el desarrollo de esta investigación, dentro los métodos que se emplearon fueron el estudio de linealidad para un sistema de adquisición de datos (DAC) el cual brindó la respuesta confiable al DAC, al

igual se empleó el diseño factorial completo que nos brindó la respuesta de salida del análisis de los datos empleados.

Marco Teórico

En este proyecto se incluye solo una parte del análisis recomendado por la Automotive Industry Action Group (AIAG) para el sistema de medición (MSA). La recomendación dada en el manual del MSA es que se deberá analizar el sistema de medición haciendo estudios de sesgo, linealidad, repetitividad, reproducibilidad y estabilidad. El estudio realizado esta relacionado con la exactitud del sistema de medición, la linealidad, la cual incluye el análisis de los sesgos del aparato (Ford Motor Company, 2002). El análisis de la linealidad tiene como objetivo, verificar si el sistema de medición tiene igual sesgo para diferentes partes medidas o diferentes condiciones de medición. El diseño de experimentos fue la otra herramienta estadística utilizada en el proyecto. Se utilizó un diseño factorial completo 42 con dos replicas, revisando la tabla de análisis de varianza, verificando la significancia de los factores utilizando un $\alpha = 0.05$ y revisando las gráficas factoriales, esto con el fin de observar el comportamiento de los niveles de los factores en relación a las variables de respuesta (Montgomery, 2013).

Si se toman medidas de la misma parte con un calibre preciso, las medidas obtenidas de las líneas deben de estar en la misma línea que el anterior, si esto se traza en el mismo gráfico, de lo contrario los puntos que representan las medidas estarían dispersa alrededor de la regresión lineal, al que llamamos la línea de referencia. Para que se ejecute una prueba de linealidad del sistema de medición podemos usar un análisis de regresión y así poder observar la extensión del grafico de los datos de las medidas del calibre sobre la línea. El análisis de regresión lineal con la variable independiente siendo la conocida toma el valor real y las variables dependientes son el sesgo del calibre, entonces se obtiene una línea recta y la ecuación de esa línea de ser de la forma siguiente (Bass, 2007).

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Materiales y Métodos

Para lograr el desarrollo de los objetivos se llevó a cabo una serie de fases donde se implementan una secuencia donde se describe la metodología y materiales que se emplearon para el desarrollo de la investigación, siendo como primer punto analizar el proceso que se presenta a continuación, para dar respuesta al objetivo de la investigación.

Fase 1. Sistema de Adquisición de Datos

En esta etapa se eligió el medio para adquirir los datos obtenidos de los cinco sensores de temperatura instalados en la celda fotovoltaica respecto a la corriente entregada. Por la versatilidad de los termopares que existen, se elaboró una tarjeta de adquisición de datos, el sistema será capaz de concentrar y distribuir las señales provenientes de cada uno de los sensores, hacia un programa de computadora el cual tratara cada una de las señales para posteriormente almacenarlas, este siste-

ma de adquisición de datos está implementando a través de un micro controlador Arduino Mega 2560, una tarjeta de circuito impreso que se interconecta a los sensores con el micro controlador y la computadora los cuales están conectado con la plataforma Arduino – Matlab, que hace la interconexión mecánica-eléctrica entre los sensores y la tarjeta de Arduino (Köllmer, 2013).

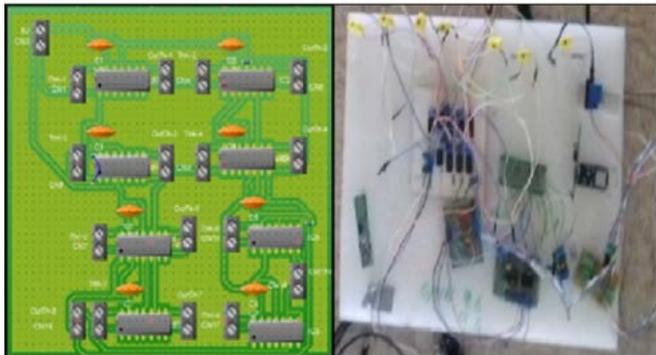


Figura 1. Tarjeta de Adquisición de Datos. Fuente: Elaboración propia.

Fase 2. Instrumentación Fotovoltaica

La instrumentación de la celda fotovoltaica consistió en la colocación de los termopares tipo K en la superficie de la celda fotovoltaica, estos estarán colocados en puntos estratégicos sobre la celda fotovoltaica, que permite medir la luz incidente de las lámparas de alógeno, a su vez en la interconexión mediante el sistema de adquisición de datos DAQ recolectara los datos que nos permite comprender la variación entre el voltaje (V) y corriente (A) en condiciones de operación. Los datos requeridos para realizar análisis mediante métodos estadísticos. En la Figura 2, muestra la ubicación de los sensores tipo K colocados en la superficie de la celda fotovoltaica.



Figura 2. Localización de Sensores Sobre la Celda.

Fuente: Elaboración propia.

Fase 3. Determinación de Linealidad de Termopares

La fase tres consistió en realizar el estudio de linealidad de los termopares, para validar los termopares en función de las mediciones empíricas entregadas por el termopar respecto a las especificaciones del fabricante, fueron colocados en espacios estratégicos en la celda foto-

voltaica para permitir sensar la temperatura de la celda fotovoltaica, que expuesta a condiciones de operación adquiere rangos de temperatura muy elevado, lo que provoca que la eficiencia de la celda fotovoltaica se vea afectada por el incremento de la temperatura. La Figura 3, representa la configuración en la que se desarrolló el experimento para llevar a cabo la recolección de los datos de los termopares, y para probar si existe confiabilidad en los datos que los termopares ofrecen lecturas correctas en la posiciones en las que se encuentran en la celda fotovoltaica.

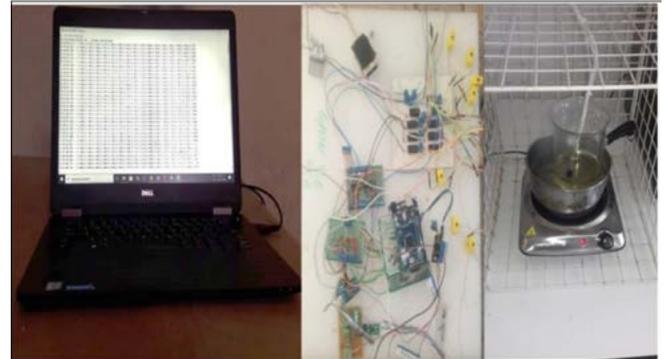


Figura 3. Interconexión Hardware y Software.

Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo de la prueba se tuvo como primer paso, hacer la conexión entre la computadora al sistema de adquisición de datos (DAQ), los termopares son conectados igualmente al DAQ, y posteriormente son introducidos a aceite mineral (Baño María). El siguiente paso consistió en calentar el aceite mineral mediante la parrilla eléctrica en rangos de temperatura de 24.5 °C, 63.6°C, 136.6 °C, 162.5°C, una vez obtenidos los rangos de temperatura seleccionados, el paso siguiente consiste en introducir los termopares en el interior del aceite mineral por cada uno de las temperaturas mencionadas anteriormente donde se ponen a prueba para alcanzar los rangos de temperatura antes mencionados, las pruebas se realizan en más de una ocasión para estar seguros de que los datos que se obtiene puedan ser confiables, la recolección de los datos son adquiridas en un periodo de 1 minuto, posteriormente se almacenan para su posterior análisis estadístico.

Fase 4. Análisis de Linealidad (Gage)

En la fase cuatro se determinó el análisis del sistema de medición (MSA) que adopta una técnica de medición y que es esencial para determinar cómo es influenciado en la variación de los procesos, este método se utilizó para probar si los datos que proporciona el DAQ son confiables y poder validar los datos que los Termopares tipo K que se presentaron. La Tabla 1, muestra el resumen de los datos obtenidos durante la recolección de datos, en distintas temperaturas para ser procesados y aplicar un método estadístico que permita determinar si el sistema de recolección de datos es confiable (Bass, 2007).

Tabla 1. Datos Para el Estudio de Linealidad.

Sensor	True Value	Gage
X ₁	24.5	23.92509555
X ₁	24.5	33.95266546
X ₁	24.5	26.30894124
X ₁	24.5	44.34346951
X ₁	24.5	22.15366392
X ₂	63.3	62.5305428
X ₂	63.3	60.22079236
X ₂	63.3	72.01782739
X ₂	63.3	56.35469052
X ₂	63.3	157.8698326
X ₃	136.6	106.6669569
X ₃	136.6	130.4699444
X ₃	136.6	125.9208036
X ₃	136.6	81.72854607
X ₃	136.6	129.1914534
X ₄	162.5	166.6538567
X ₄	162.5	162.8764481
X ₄	162.5	56.95999105
X ₄	162.5	164.99923
X ₄	162.5	187.2555994

Fuente: Elaboración propia.

Fase 5. Diseño de Experimento

La fase cinco presentó los resultados del diseño factorial completo 4². Los factores analizados fueron: Posición del andamio con respecto a la celda fotovoltaica y exposición de la celda fotovoltaica en lúmenes. Se utilizaron 5 lámparas de halógeno con una capacidad de 500 Watts por cada una de ellas y un autotransformador variable, una celda fotovoltaica, y además se construyó un andamio donde las lámparas de halógeno fueron colocadas. Los cambios de posición del andamio sobre la celda fotovoltaica fueron realizados en alturas de (32 cm, 50cm, 70 cm y 90 cm), y exposición de la celda fotovoltaica en % de lúmenes de 30%, 50%, 70%, 90%, con estos arreglos se fueron recopilando los datos para un análisis estadístico adecuado. Las variables de respuesta fueron la corriente y el voltaje generados. La Figura 4, muestra la disposición del andamio y las celdas fotovoltaicas, mediante la cual en que se obtuvieron los datos del experimento para el diseño factorial completo 4².

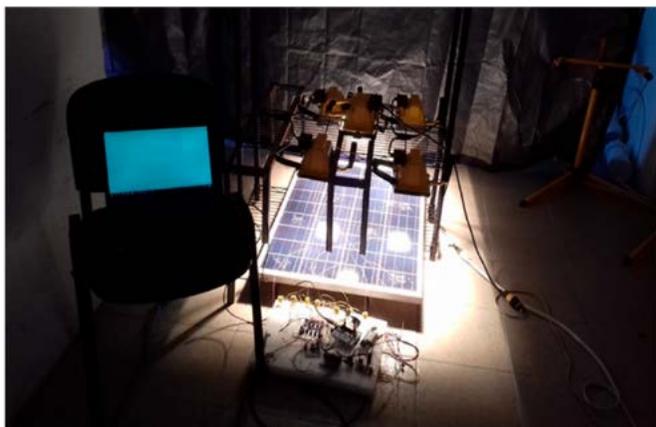


Figura 4. Arreglo de Lámparas y Celda Para Obtención de Datos.

Fuente: Elaboración propia.

Fase 6. Análisis de Datos y Resultados

En esta fase se analizaron los datos recabados para dar énfasis a los resultados. que se pretende con el objetivo. Los datos son procesados y analizados mediante el software estadístico Minitab®. Se presentaron los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación, los comportamientos de los termopares, así como la mejor posición y altura para determinar la mayor eficiencia en cuanto a la generación de energía eléctrica de la celda fotovoltaica. El análisis estadístico para determinar la linealidad del sistema de adquisición de datos se realizó al conjunto de datos que se presentan en la Tabla 1, estos datos permite determinar en primera instancia si los datos recolectados presentan un patrón de linealidad en los termopares.

En segunda instancia se realizó el diseño de experimento que permitió observar cuál de las alturas es la recomendada para obtener mayor aprovechamiento de energía eléctrica generada por la celda fotovoltaica. Los datos analizados se muestran en la Figura 5.

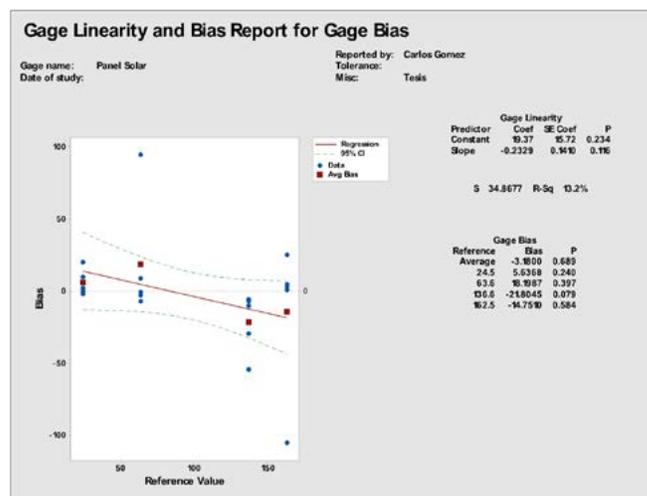


Figura 5. Análisis de Linealidad. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5, muestra el resultado obtenido por el software Minitab®, sobre la linealidad realizada al sistema de adquisición de datos, lo cual nos permite afirmar que el sistema de recolección de datos es viable para su funcionamiento, lo que indica que la curva de ajuste explica únicamente el 13 % de la variación del sistema de adquisición de datos y poder realizar pruebas confiables (es muy bajo el porcentaje de confiabilidad) 13.2 %.

El resultado del modelo propuesto se presenta a continuación, que se basa en un modelo de diseño factorial completo que presenta dos factores para su análisis: altura y porcentaje de lúmenes, con dos variables de respuesta: corriente y voltaje, ejecutada bajo los parámetros óptimos obtenidos previamente, que presenta la mejor posición para obtener la mejor condición de aprovechamiento de energía, lo que permite el mejor rendimiento energético de la celda fotovoltaica (Montgomery, 2013).

Tabla 2. Diseño Factorial Completo.

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Altura	% Lúmenes	Corriente	Voltaje
1	1	1	1	32	0.3	2.49012105	0.0987
2	2	1	1	32	0.5	2.5122	0.4154
3	3	1	1	32	0.7	2.5367	0.7527
4	4	1	1	32	0.9	2.6002	1.608
5	5	1	1	52	0.3	2.4878	0.0449
6	6	1	1	52	0.5	2.50144	0.2421133
7	7	1	1	52	0.7	2.51955	0.55132
8	8	1	1	52	0.9	2.599048	1.559924
9	9	1	1	70	0.3	2.48388	0.074293333
10	10	1	1	70	0.5	2.507655556	0.3861
11	11	1	1	70	0.7	2.51995	0.55132
12	12	1	1	70	0.9	2.575984211	1.419705263
13	13	1	1	98	0.3	2.48388	0.074293333
14	14	1	1	98	0.5	2.50655556	0.3861
15	15	1	1	98	0.7	2.5415	0.89211333
16	16	1	1	98	0.9	2.575984211	1.419705263
17	17	1	1	32	0.3	2.48453333	0.0929
18	18	1	1	32	0.5	2.4984	0.3861
19	19	1	1	32	0.7	2.4586	0.7283
20	20	1	1	32	0.9	2.4878	1.5738
21	21	1	1	52	0.3	2.4678	0.0147
22	22	1	1	52	0.5	2.5024	0.2444
23	23	1	1	52	0.7	2.5171	0.5324
24	24	1	1	52	0.9	2.605102	1.696
25	25	1	1	70	0.3	2.4829	0.0782
26	26	1	1	70	0.5	2.5073	0.391
27	27	1	1	70	0.7	2.5171	0.5572
28	28	1	1	70	0.9	2.5855	1.5898
29	29	1	1	98	0.3	2.4878	0.0782
30	30	1	1	98	0.5	2.5073	0.391
31	31	1	1	98	0.7	2.5324	0.8943
32	32	1	1	98	0.9	2.5855	1.584

Fuente: Elaboración propia.

El modelo factorial completo se ejecutó previamente con los datos obtenidos de la Tabla 2, así las dos últimas columnas muestran las variables de respuesta que son corriente y voltaje. El modelo se estima tomado de una muestra de datos de n=32 que permite calcular la respuestas de salida, los resultados son presentados en la figuras siguientes, se utiliza un intervalo de confianza del 95 % para dicho experimento (Montgomery, 2013).

La interacción entre la altura y la intensidad de lúmenes, así como la relación entre la altura y el voltaje donde se observa cual son las mejores combinaciones para obtener los resultados deseados en el estudio realizado.

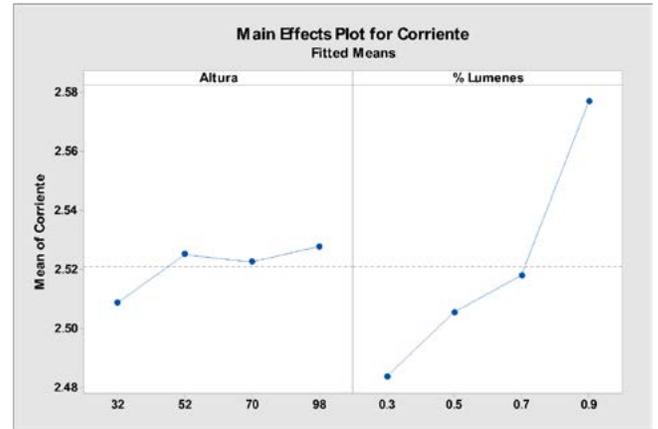


Figura 7. Gráfica de Efectos Principales Corriente. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7, muestra la gráfica de efectos principales entre la corriente y la altura, se observa que la mejor relación para obtener mayor intensidad de corriente se tiene que tener una altura de 52 cm y un porcentaje de lúmenes de 90 %, esto con el fin de obtener la mayor cantidad de corriente eléctrica para los efectos en que se espere utilizar.

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Corriente} = & 2.52094 - 0.01237 \text{ Altura}_{32} + 0.00409 \text{ Altura}_{52} + 0.00160 \text{ Altura}_{70} \\ & + 0.00668 \text{ Altura}_{98} - 0.03735 \% \text{ Lúmenes}_{0.3} - 0.01553 \% \text{ Lúmenes}_{0.5} \\ & - 0.00307 \% \text{ Lúmenes}_{0.7} + 0.05595 \% \text{ Lúmenes}_{0.9} + 0.0161 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} 0.3 \\ & + 0.0123 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} 0.5 - 0.0078 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} 0.7 \\ & - 0.0205 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} 0.9 - 0.0099 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} 0.3 \\ & - 0.0076 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} 0.5 - 0.0036 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} 0.7 \\ & + 0.0211 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} 0.9 - 0.0018 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} 0.3 \\ & + 0.0005 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} 0.5 - 0.0009 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} 0.7 \\ & + 0.0023 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} 0.9 - 0.0044 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} 0.3 \\ & - 0.0052 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} 0.5 + 0.0124 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} 0.7 \\ & - 0.0028 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} 0.9 \end{aligned}$$

Figura 8. Modelo de Regresión Lineal Corriente. Fuente: Elaboración propia.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	0.043391	0.002893	4.70	0.002
Linear	6	0.039945	0.006657	10.82	0.000
Altura	3	0.001735	0.000578	0.94	0.444
% Lúmenes	3	0.038210	0.012737	20.70	0.000
2-Way Interactions	9	0.003446	0.000383	0.62	0.762
Altura*% Lúmenes	9	0.003446	0.000383	0.62	0.762
Error	16	0.009844	0.000615		
Total	31	0.053235			

Figura 6. ANOVA par Altura Vs Lúmenes %. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6, que representa el análisis de la varianza muestra que el modelo es significativo porque explica el 85% de la variación en la corriente. Los datos fueron obtenidos mediante el software estadístico Minitab®.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	15	10.1265	0.67510	327.74	0.000
Linear	6	9.9582	1.65969	805.72	0.000
Altura	3	0.0664	0.02213	10.74	0.000
% Lúmenes	3	9.8918	3.29726	1600.70	0.000
2-Way Interactions	9	0.1683	0.01870	9.08	0.000
Altura*% Lúmenes	9	0.1683	0.01870	9.08	0.000
Error	16	0.0330	0.00206		
Total	31	10.1594			

Figura 9. Análisis de Varianza Voltaje de Salida. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9, representa el análisis de la varianza y muestra que el modelo es significativo porque explica el 99% de la variación en el voltaje.

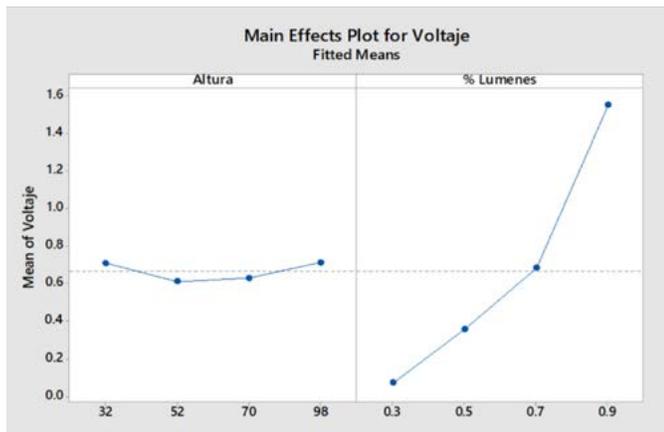


Figura 10. Gráfica de Efecto Principales Altura- Voltaje.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10, muestra los efectos principales, de mejor forma de obtener máximo voltaje es ubicar la posición de las luminarias a una altura de 32 y 52 cm y un porcentaje de iluminación de 90 %, con el fin de obtener la mayor potencia de salida para la celda que opera en condiciones experimentales.

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Voltaje} = & 0.66466 + 0.0423 \text{ Altura}_{32} - 0.0539 \text{ Altura}_{52} - 0.0362 \text{ Altura}_{70} + 0.0478 \text{ Altura}_{98} \\ & - 0.5951 \% \text{ Lúmenes}_{0.3} - 0.3094 \% \text{ Lúmenes}_{0.5} + 0.0178 \% \text{ Lúmenes}_{0.7} \\ & + 0.8867 \% \text{ Lúmenes}_{0.9} - 0.0161 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} + 0.0031 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{32} \\ & + 0.0142 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} - 0.0581 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} + 0.0867 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{52} \\ & + 0.1305 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} + 0.0429 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} + 0.0204 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{70} \\ & + 0.0695 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} - 0.0920 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} - 0.0145 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} \\ & + 0.1629 \text{ Altura} \% \text{ Lúmenes}_{98} \end{aligned}$$

Figura 11. Modelo de regresión lineal de Voltaje.

La Figura 11, muestra el modelo de regresión lineal que se obtuvo para el factor de voltaje con ella nos permite predecir el incremento del voltaje a medida que referenciamos la altura.

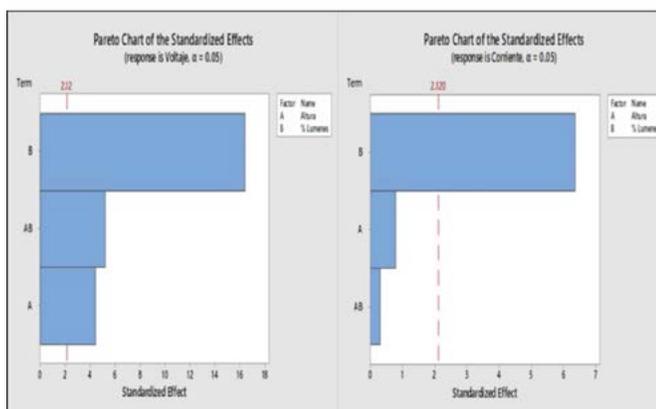


Figura 12. Factores Significativos del Diseño Factorial Completo.

Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de factores significativos (Figura 12) para el efecto del voltaje muestra que los dos factores altura y porcentaje (%) de lúmenes junto con la interacción son significativos. También muestra que el porcentaje de lúmenes es el más significativo para el efecto de la corriente.

Conclusión

El objetivo de la investigación fue definir y determinar qué factores tiene efectos pronunciados sobre el rendimiento energético de la celda fotovoltaica basados en la metodología del diseño de experimento, así también la confiabilidad y validez mediante un análisis de Bias el sistema de recolección de datos (DAQ). En cada una de las etapas de implementación de la metodología se fueron obteniendo resultados que impactaron en el cumplimiento del objetivo planteado. Se puede entender que la temperatura del funcionamiento de la celda fotovoltaica tiene una influencia importante en el funcionamiento de la eficiencia de conversión, este factor es más fácil de explorar a través de los principales parámetros de la celda fotovoltaica: la intensidad de corriente y la tensión de la celda fotovoltaica, que expresan la potencia máxima de salida, estos parámetros intensidad de corriente y tensión son afectados por el aumento de la temperatura a la que se expone la celda y la posición en la que es colocada la celda fotovoltaica (Figura 4) podemos decir que la altura y la cantidad de iluminación (Figura 7 y 10), son importantes en cuanto a la eficiencia de la celda fotovoltaica ya que de estos factores depende la potencia máxima de salida de la celda fotovoltaica.

Bibliografía

+ Al-Maghrabi, A. A. (2017). *The Analysis of Temperature Effect for mc-Si Photovoltaic Cells Performance*. Springer Science+Business Media B.V., 1551-1555.

+ Bass, I. (2007). *Six Sigma Statistics With Excel and Minitab*. McGraw-Hill Companies.,

+ Cătălin George Popovicia, S. V. (2015). *Efficiency improvement of photovoltaic panels by using*. Elsevier, 425 - 432.

+ Ford Motor Company (2002). *Measurement Systems Analysis*.

+ Issa, B. (2007). *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*. McGraw- Hill.

+ Köllomer, M. (7 de Mayo de 2013). *Sistemas de Adquisición de Datos basados en la Plataforma Arduino. Aplicaciones a Matlab, Simulink y Android*. Leganés.

+ Mohammed Amine Fares, L. A. (April 2017). *Photovoltaic panels characterization and experimental testing*. International conference on Technologies and Material for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES17, 21-24 (págs. 945- 952). Beirut Lebanon: Procedia.

+ Montgomery, D. C. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons Inc. Arizona.

+ P K Dash, N. C. (2015). *Effect of Temperature on Power Output from Different Commercially available Photovoltaic Modules*. Ijera, 148- 151.

+ Soumia Benlebna, N. M. (2018). *Data Acquisition system: On the solar photovoltaic module and weather parameters monitoring*. Procedia Computer Science, 873-879.

LA EMPRESA EN LA UNIVERSIDAD: HACIA UN MODELO DE EXCELENCIA OPERACIONAL COMO MECANISMO PARA IMPULSAR EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES

Artículo arbitrado 25

Edición 16

Rolando Gutiérrez López¹, Rocio Edith Magaña Iglesias², Alma Esparza García³, Juan José Guillén⁴ y María Elena Barrón Hernández⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Tecnológica de Querétaro
Av. Pie de la Cuesta 2501
Querétaro, Qro., México,
C.P. 76148

 rolando.gutierrez@uteq.edu.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: La presente investigación plantea una propuesta de adaptación del Modelo de Excelencia Operacional como una respuesta a la necesidad de contribuir con la pertinencia de los Programas Educativos (PE) de la División Industrial de la Universidad Tecnológica de Querétaro, a través del programa de talleres de excelencia que conforman un mecanismo para el fortalecimiento de las competencias profesionales requeridas actualmente en los estudiantes. Además, se destaca el uso de diversas herramientas, estudios de caso y experiencias de aplicación, con el fin de fomentar en el egresado, un desempeño profesional de excelencia, acorde a las necesidades vigentes de las organizaciones, incrementando sus posibilidades de inserción laboral.

El Modelo de Excelencia Operacional que se ha construido, recupera los resultados obtenidos del proceso de Evaluación de la Pertinencia, las propias valoraciones de docentes de la División Industrial y las propuestas de capacitación y actualización de empresas consultoras, entre las que se destacan aquellas certificadas en el Modelo de Shigeo Shingo.

Desde un análisis deductivo, se genera la propuesta de un Modelo para el desarrollo de los “Talleres de Excelencia” con fundamento en cuatro ejes de aplicación: Técnico, Tecnológico, Estratégico y Gerencial, y la integración de otros componentes que aportan soporte pedagógico, didáctico y práctico.

+ **Palabras clave:** *Excelencia operacional, pertinencia, experiencias de aplicación y competencias profesionales.*

Abstract: This research proposes the Operational Excellence Model as a response to the need to contribute to the relevance of the Educational Programs (PE) of the Industrial Department at the Technological University of Querétaro, through the implementation of a series of workshops that promote the strengthening of professional competencies in students. The use of “various tools, case studies, and application of experiences” is highlighted in order to promote a professional performance of excellence among our graduates, to satisfy the current needs of organizations, and enhanced their employability.

The Operational Excellence Model that has been created, retrieves the results obtained from the Relevance Assessment process, the feedback from faculty of the Industrial Department, and the training and updated proposals of consulting companies, including those certified in the Shigeo Shingo Model. From deductive analysis, the basic model for the development of the “Workshops of Excellence” was created taking into account four axes of application: the technical, the technological, the strategic, and the managerial. The latter, along with the integration of other components, provide pedagogical, didactic, and practical support.

+ **Keywords:** *Operational excellence, relevance, application experiences and professional competencies.*

Introducción

La investigación tiene como objetivo, presentar el origen de un Modelo de Excelencia Operacional adaptado a los procesos de desarrollo de competencias profesionales del Sistema de Educación Superior a través de un Programa diseñado para el desarrollo de Talleres de Excelencia que generen experiencias de aplicación.

Las competencias profesionales se entienden como la capacidad productiva de un individuo que se define y mide en términos de desempeño en un determinado contexto laboral y profesional (CONOCER, México) (CIDECE).

Los modelos educativos para el desarrollo de competencias profesionales, no se excluyen de la evolución y la actualización de los paradigmas en el ámbito laboral. Por lo que, en el contexto industrial, el Paradigma de la Excelencia Operacional dejó de ser una perspectiva “Emergente” desde la asimilación de la filosofía Toyota Productive System (TPS), auspiciada por Taiichi Ohno y el Modelo, posteriormente desarrollado por Shigeo Shingo (1986). Sin embargo, hay quien considera que hoy sigue siendo para muchas organizaciones una perspectiva “Latente”, entre tanto, por la necesidad de contar con capital humano que cumpla con las competencias y el perfil cultural, en función a su estructura organizacional e idearios; todo alineado a los propósitos de la excelencia, el aprendizaje y la mejora continua.

En este sentido se reconoce el reto, no sólo de la actualización de contenidos en relación con sistemas y herramientas, sino de configurar

precisamente una base cultural y de comportamiento que mantenga los principios que impactan en aspectos de productividad, calidad y competitividad; y que, además sepa vincularse con las novedades y la evolución de la industria.

La Excelencia Operacional conduce a las empresas a incrementar la productividad, la rentabilidad y la competitividad, proporcionando productos, servicios y soluciones que satisfagan las expectativas de los clientes; llevar a cabo las operaciones de una manera eficiente y fiable; y aplicar la mejora continua a productos, servicios y procesos, como parte integrada del desarrollo de la empresa y del mercado.

Por su parte, Amendola (2016), define que la Excelencia Operacional enfoca la atención a “*Prácticas clave que conduzcan al aseguramiento de resultados*” con base en los siguientes pilares: Procesos, activos, personas, seguridad y medio ambiente y negocio.

Así como con el involucramiento de toda la Organización, bajo esquemas de liderazgo efectivo y una visión también estratégica del entorno para la comprensión del mercado y las cadenas de suministro.

Las prácticas clave, deberán fundamentarse en metodologías, herramientas, sistemas y una cultura de la mejora constante, con base en lo que Giraldo (2020), define como la claridad estratégica que cada organización, según su contexto y circunstancia, deberá asumir.

De ahí, que se hable no sólo de Un Modelo de Excelencia Operacional, sino de diversos modelos con enfoques más puntuales en alguno de los pilares antes referidos, aunque con las constantes de las herramientas Lean, la medición, el control y la repetitividad, la mejora continua y la innovación, así como la integración de la tecnología. En este sentido, las propuestas de la Industria 4.0 se reconocen como aliadas en los Modelos de Excelencia Operacional, en razón de los fines de los 5 pilares que la configuran.

Ante esta situación, un Cuerpo Académico de la División industrial, diseña la presente estrategia y actividades denominadas “Talleres de Excelencia Operacional”, dirigidas a los estudiantes, con el objetivo de enriquecer la formación profesional, potencializando las áreas de oportunidad laboral, en función a los aspectos técnicos, tecnológicos, estratégicos y gerenciales, y a su vez, contribuir con la misión de la Universidad para que los empleadores del sector industrial cuenten con perfiles de egreso competitivos y pertinentes con la demanda que exige el contexto actual y preservar así la pertinencia de la formación superior, como afirman Jiménez (2013) y Argudín (2005), respecto a reducir constantemente la brecha entre los conocimientos y destrezas de los egresados y garantizar la solvencia de las necesidades actuales del entorno científico y tecnológico actual, así como la exigencia de desarrollar nuevas competencias y habilidades.

Por lo tanto, el presente planteamiento reconoce el desafío por hacer de la Excelencia Operacional un “espacio común” donde sean convergentes los procesos formativos-profesionalizantes, así como los procesos vigentes en la empresa. Por tal motivo, la vinculación se refiere como un elemento clave, junto con los diseños instruccionales y las prácticas con el involucramiento de docentes (instructores-asesores), jugando roles alternativos a los tradicionales.

Los Talleres de Excelencia Operacional de la División Industrial en

la UTEQ se proponen como una oportunidad y construcción que, en el camino, vayan ampliando la perspectiva para reorientar contenidos, prácticas, fines y recursos de la Institución, en el reconocimiento de su misión de pertinencia, calidad y oportunidades para sus egresados.

Metodología

La propuesta de adaptación del Modelo de Excelencia para impulsar el desarrollo de competencias profesionales, en su primera etapa, como planteamiento de propio modelo educativo y de la configuración de ideas, seguimiento y aportaciones de expertos asesores <stakeholders> que contribuyeron en la investigación y conformación del proyecto de Talleres de Excelencia Operacional, dirigido a los estudiantes de la División Industrial de la Universidad Tecnológica de Querétaro.

Dicha propuesta surge de una investigación cualitativa, no probabilística, debido al interés por el estudio de fenómenos organizacionales y académicos, a través de un muestreo por conveniencia debido al papel de los stakeholders involucrados en dichos procesos (Hernández, 2014).

La propuesta y proyecto de Talleres de Excelencia Operacional dirigido a los estudiantes de la División Industrial de la UTEQ, en su primera etapa se construye siguiendo las etapas de del proceso de pensamiento creativo, el cual, implica un proceso de diseño e implementación de recursos de manera eficaz y eficiente. De acuerdo con Real Lego (2018), el proceso creativo se desarrolla en cuatro fases que implican el procesamiento de información desde el exterior y al interior, donde se llevan a cabo las tareas generadoras de soluciones o respuesta.

La segunda etapa consistió en recopilación de información de expertos, por medio de metodología entrevista estructurada, incluyendo además reuniones focus group, para la realización de foros de discusión entre especialistas asesores y comités técnicos permanentes. Lo anterior debido a considerar sobre todo el papel trascendente de los involucrados en procesos de diseño y aplicación, que con su experiencia han observado, diagnosticado y obtenido resultados en organizaciones que enfrentaron retos y situaciones reales resueltas a través de la implementación de modelos similares.

Alcaide (2016), refiere sobre la insistencia y recomendación de los autores pilares en el tema, en acompañarse de expertos durante el diagnóstico e implementación de un Modelo de Excelencia Operacional, para ayudar a lograr un alto nivel de rendimiento en los objetivos organizacionales, académicos y profesionales, por tanto, la Figura 1, muestra la interacción entre los stakeholders involucrados en el proceso académico-organizacional en este estudio, y la relevante aportación de sus experiencias y observaciones determinó el planteamiento, diseño y desarrollo esta propuesta:



Figura 1. Esquema Metodológico.
Fuente: Elaboración Propia.

Así como diversas organizaciones empresariales se han dado a la tarea de generar un Modelo de Excelencia Operacional propio a sus circunstancias, fines e intereses, y comprobado sus resultados e impacto en el logro de objetivos de productividad y mejora continua, la institución de educación superior Universidad Tecnológica de Querétaro a través de equipo de trabajo integrado por líder de proyecto y cuerpo académico de la División Industrial, asume la tarea de considerar la oportunidad de construir la propuesta de modelo propio con un enfoque hacia la profesionalización y fortalecimiento del proceso de vinculación con el mercado de trabajo bajo la premisa que el modelo de excelencia propuesto, puede contribuir como mecanismo para impulsar el desarrollo de competencias profesionales en los estudiantes participantes del programa Talleres de Excelencia.

Estrategias y actividades para el surgimiento de iniciativa de los Talleres de Excelencia Operacional:

Foro de discusión entre un grupo de empresarios miembros de asociación civil denominada Foro Kaizen A.C.

Estos foros de discusión, resaltan la necesidad de desarrollar estrategias para fortalecer el capital humano y que entre otros aspectos se genere un sentido de pertenencia con la misma empresa. Por tal razón, trabajando de la mano con consultoras, algunas empresas han optado por implementar un modelo de Excelencia Operacional que les permita verificar si la empresa realmente está desarrollando mejora continua o simplemente está sobrellevando los procesos sin lograr un cambio en el pensamiento esbelto organizacional. Dicho Foro se realizó el 17 y 18 de Julio 2019.

Diálogos- Entrevista con expertos asesores, Empresa Kathedra Consulting Group- Shingo Institute

Algunas empresas de México han comenzado a implementar un Modelo de Excelencia Operacional para fomentar una cultura de cambio de mejora continua; se ha detectado en varias empresas que las buenas prácticas solo muestran resultados sólidos, pero no resultados sostenibles, por lo que se tiene que trabajar más con el personal bajo tres premisas: entender a la gente, comprender a la gente y considerar a la gente (González, 2020).

Por ende, es importante que las organizaciones comiencen a desarrollar mecanismos para elevar la participación del personal en proyectos de mejora continua, despertando ese interés de progreso y superación tanto en lo personal como en lo profesional dentro de la empresa; en muchas ocasiones, las personas pueden tener las competencias técnicas, tecnológicas o estratégicas, pero si no tienen liderazgo, ética o intención de desarrollo humano, difícilmente se genera una cultura de cambio.

Estrategias académicas

a. Implementación de nuevas prácticas y herramientas metodológicas.

Con la finalidad de innovar en la práctica docente, el equipo de trabajo integrado por líder de proyecto, cuerpo académico y docentes, han iniciado con el desarrollo de actividades como capacitación y aplicación de metodología Lego Serious Play®, con grupos de estudiantes de la propia División Industrial de la Universidad Tecnológica de Querétaro, quienes hacen constar la experiencia de poner en práctica sus conocimientos y habilidades adquiridos durante su formación profesional a través de dicho método y de explorar nuevas alternativas de aprendizaje, enriquecer la práctica educativa-docente y propiciar comportamientos en nuevos contextos y formas de trabajo

b. Reunión Plenaria con Comités Técnicos Permanentes.

Por otra parte, y dando seguimiento al diálogo con expertos y la percepción de la necesidad de implementar nuevas estrategias de enseñanza se sumó la realización de la Reunión Plenaria con los Comités Técnicos Permanentes de la Universidad Tecnológica de Querétaro, en noviembre 2019.

En esta reunión los grupos de interés, empleadores, profesores, alumnos, egresados, entre otros invitados, socializan información relevante para analizar el perfil profesional de los egresados y la pertinencia del Programa Educativo Vigente. Cabe señalar que la vinculación con las empresas es de suma importancia para conocer la demanda que genera empleabilidad y la realimentación respecto al desempeño de los egresados.

Resultados

Al realizar la revisión de resultados de las entrevistas a expertos asesores, empresarios, docentes, alumnos y análisis de la Reunión Plenaria de los Comités Técnicos Permanentes, se socializó la intención y la idea de proyecto con un equipo integrado por docentes a cargo de asignaturas de especialidad, de habilidades gerenciales, así como lenguajes y métodos. Este equipo de diseño comparte el enfoque de actualización, aportación, mejora de la pertinencia y de las oportunidades para los estudiantes con la finalidad de contar con un perfil de egreso más competitivo. Se definió el anteproyecto y la base teórica, metodológica y referencial para el planteamiento del Modelo que habrá de sustentar el Desarrollo de los talleres. La fase de verificación procede una vez que se valide e implemente la propuesta con un primer Taller y grupo.

Durante la Reunión Plenaria de los Comités Técnicos Permanente de las carreras de nivel Técnico Superior Universitario (TSU) en Procesos Industriales, Área Manufactura; Procesos Industriales, Área Plásticos; Mantenimiento, Área Industrial; y Nanotecnología, Área Materiales, así como su continuidad de estudios (Ingeniería) se analizaron y reconocieron fortalezas, y observaron también áreas de oportunidad. La Tabla 1, describe dichas áreas y su correspondiente evaluación en nivel de desempeño:

Tabla 1. Resultados de la Evaluación de la Pertinencia.

Área de oportunidad	Nivel de desempeño
La aplicación de sus competencias técnicas declaradas en el perfil de egreso.	Medio
Cumplimiento de las expectativas por parte del empleador hacia el desempeño del egresado.	Medio
Desarrollo de competencias genéricas (Comunicación en español e inglés, identificación del problema y su planteamiento).	Medio y Bajo
Desarrollo de las habilidades gerenciales (Trabajo en equipo, autoaprendizaje, liderazgo y sentido de la calidad)	Medio y Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta resultante de Componentes fundamentales y Adaptación del modelo de Excelencia Operacional a nuestro Modelo Educativo

En relación con los pilares de la Excelencia Operacional definidos desde el Modelo Shingo, las necesidades de integración y nivel de desempeño de competencias profesionales, se establecieron cuatro ejes de aplicación.

En la Figura 2, se muestran los sistemas, herramientas, metodologías, filosofías y cultura, los cuales constituyen los soportes de aplicación en relación con cada pilar y con lo que se verificarían niveles de dominio, de la identificación al uso autosuficiente.

Tabla 2. Ejes de aplicación.

TÉCNICO	TECNOLÓGICO	ESTRATÉGICO	GERENCIAL
Optimización de recursos administrativos, operacionales, productivos y humanos.	Movilización, medición, control y mejora de resultados a partir de la integración de tecnologías de la información y la comunicación.	Visión integradora de los problemas y organizaciones, con la perspectiva de temporalidad e impacto global.	Aspectos humanísticos y culturales, a través de comportamientos, para el desarrollo profesional, laboral y organizacional.
SISTEMAS			
HERRAMIENTAS			
METODOLOGÍAS			
FILOSOFÍAS Y CULTURA			

Para realizar la adaptación al modelo educativo y basados en la definición de diseño instruccional, en su sentido amplio, desde la perspectiva de generar experiencias de aprendizaje y dominio de competencias, y desarrollo de productos materiales e inmateriales, a continuación se muestran en la Tabla 3, los elementos diseñados como soporte pedagógico:

Tabla 3. Elementos para el Diseño Instruccional.

DISEÑO INSTRUCCIONAL		
Metodología Lego	Estudios de caso	Desarrollo de proyectos
Soporte Pedagógico en la Formación Basada en Competencias Profesionales y los fundamentos Socioformativos (Criterios de actuación y aportación a las organizaciones con equilibrio entre la técnica y el humanismo)		

En la Tabla 4, se presentan los nuevos roles de actuación, reconocidos en razón de la práctica “extracurricular y extra-aula” llevando la empresa a la escuela y disponiendo un contexto novedoso para la construcción de experiencias que se capitalicen en el perfil de los egresados:

Tabla 4. Actores del Proceso.

ACTORES EN EL PROCESO			
ALUMNOS	DOCENTES	EMPLEADORES	DIRECTIVOS
Practicantes	Instructores-Facilitadores-asesores	Facilitadores-Asesores-evaluadores	Auspicientes

Finalmente se espera que la realización adecuada de la evaluación y valoración de las prácticas instruccionales, desempeño, y experiencias de aplicación, sean un proceso continuo y al final sumativo para la verificación de las metas particulares y generales del proyecto (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados esperados.

RESULTADOS ESPERADOS		
Medición y análisis	Productos	Informes y reportes técnicos
Valoración de prácticas instruccionales, desempeño y experiencias de aplicación		

Modelo Propuesto – Modelo de Excelencia Operacional –División Industrial- Universidad Tecnológica de Querétaro

De acuerdo a los componentes descritos anteriormente, se presenta el diseño del Modelo de Excelencia Operacional, en donde se contemplan los pilares, los actores del proceso, así como sus ejes: técnico, estratégico, tecnológico y gerencial.

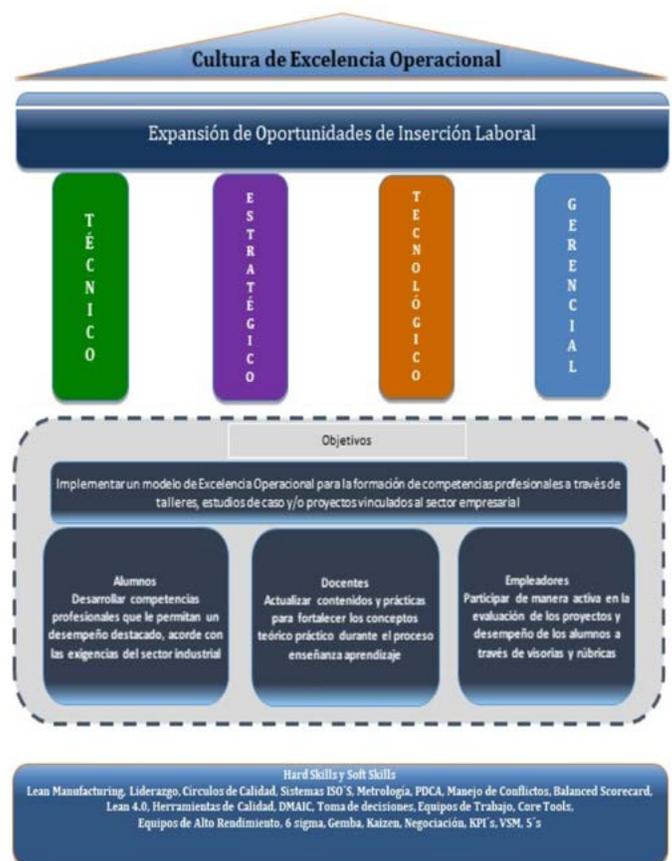


Figura 2. “Estructura y Fundamentación del Modelo de Excelencia Operacional División Industrial-UTEQ”.

Fuente: Elaboración propia a partir de la filosofía de Shigeo Shingo y Calidad Total, (Shingo,1986).

Discusión y conclusiones

En los últimos años se ha observado en los jóvenes que cursan el nivel de educación superior, dificultades para demostrar habilidades y capacidades que se exigen en el ámbito laboral. En esta época cambiante, la globalización y el avance tecnológico han llevado a las organizaciones a competir a un nivel internacional y trabajar con altos estándares de calidad. Por lo tanto, en el mejor escenario, las instituciones de educación deben proporcionar todos los elementos posibles a fin de que los estudiantes estén mejor preparados para la transición de la escuela al mundo laboral.

Los Talleres de Excelencia Operacional, como complemento a los programas curriculares, se configuran como una respuesta para ampliar las oportunidades de empleabilidad de los egresados, al contar con experiencias de aplicación más próximas a la realidad. Se pretende que estas experiencias de aplicación desarrollen competencias profesionales, donde se ensamblen convenientemente los aspectos técnicos, tecnológicos, estratégicos y gerenciales.

Hoy se cuenta con un punto de partida para plantear la implementación del Modelo de Excelencia Operacional y los Talleres de Excelencia, contemplando la participación activa de estudiantes, docentes, empleadores, con nuevos roles, considerando la presencia de “la empresa en la universidad”, así como la participación de actores Institucionales para la disposición de recursos y continuar con el fortalecimiento del vínculo entre la Universidad y las Organizaciones.

La actualización de contenidos y prácticas que los instructores diseñarán y orientarán será parte de un proceso de actualización docente, sin dejar de mencionar que la participación del empleador será activa en el proceso de evaluación de las competencias y de los proyectos que se desarrollen a lo largo de esta iniciativa. No se pierde de vista la propia motivación e interés de los alumnos en esta oportunidad para su plan de carrera, elevando su nivel de competencias profesionales.

Se espera lograr la ampliación y colaboración de un equipo de trabajo multidisciplinar que, desde su especialidad diseñe y desarrolle la serie de contenidos para los talleres, compartiendo y manteniendo la visión del Modelo de Excelencia Operacional, desde sus fundamentos, y especialmente, con el propósito de generar una cultura no sólo para los futuros egresados, sino para todos los implicados en este proceso de actualización y renovación de formas de ser, valorar y actuar.

En el ideario de este proyecto se vislumbra que los involucrados generemos un impacto positivo en los diferentes ámbitos posibles para el desarrollo humano y la formación integral de nuestros estudiantes.

El entorno de hoy nos exige pensar y trabajar distinto.

Bibliografía

- + Alcaide, S. (2016). *Estudio comparado de modelos de excelencia operacional con el apoyo de juicio de experto y desarrollo de un modelo maestro para su aplicación industrial. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Valencia.*
- + Argudín, Y. (2005). *Educación basada en competencias. Nociones y antecedentes. México, D.F.: Trillas.*
- + Amendola, L. (2016). *Modelo Excelencia Operacional: Estudio para identificar aspectos claves para implementar la excelencia operacional en las organizaciones. [LinkedIn]. <https://es.linkedin.com/pulse/modelo-excelencia-operacional-estudio-para-aspectos-claves-amendola>*
- + CIDEC (s.f.). *Competencias Profesionales. Enfoques y Modelos a Debate. [Cuaderno de trabajo no. 27] Centro de Investigación y Documentación sobre problemas de la Economía, el Empleo y las Cualificaciones Profesionales. <https://docplayer.es/13482606-Competencias-profesionales-enfoques-y-modelos-a-debate.html>*
- + Giraldo, S. (Agosto, 2020). *Performance Solutions by Miliken. [Webinar presentado en el COINPI 2020]. Universidad Tecnológica de Querétaro, México.*
- + Hernández, S. (2014). *Metodología de la Investigación. Ed. Mc. Graw Hill. 6ª. Edición. México.D.F. ISBN: 978-1-4562-2396-0*
- + Jiménez, Y. (2013) *Competencias profesionales en la educación superior: justificación, evaluación y análisis. Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Cómputo. Innovación Educativa, ISSN: 1665-2673 vol. 13, número 61 | enero-abril, 2013.*
- + Real Lego (2018). *El proceso creativo según Graham Wallas. Real Lego Oficina Creativa. <https://www.realego.com/blog/proceso-creativo-graham-wallas/>.*
- + Shingo, S. (1986). *Cero Control de Calidad- Inspección en origen y sistema Poka-yoke. Productivity Press ISBN 0-915299-070.*

LA INDUSTRIA METAL-MECÁNICA

EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA Y EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Artículo arbitrado 26

Edición 16

Lizette Aviña Delgado¹, Ramón Ontiveros Martínez², Martha Patricia García Martínez³, Mario Antonio Makita Aguilar⁴ y Velia Graciela Guzmán Ruíz⁵

¹Tecnológico Nacional de México/I.T.
Chihuahua 2
Av. De las Industrias No. 111012
Complejo Industrial,
CP. 31130 Chihuahua, Chihuahua, México.

^{2,3,4,5}Tecnológico Nacional de México/
I.T. Chihuahua 2
Av. De las Industrias No. 111012
Complejo Industrial
CP. 31130, Chihuahua, Chihuahua, México.

 m18550984@chihuahua2.tecnm.mx

Recibido: Noviembre 26, 2020.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 18, 2021.

Resumen: En el presente documento, se analiza la situación de una empresa del ramo metal-mecánico, en la ciudad de Chihuahua, para esto, se realizaron estudios con la finalidad de detectar la problemática y las causas raíz, del entorno bajo análisis, del cual se identifica la necesidad del control de la producción y las ordenes de trabajo en la empresa en cuestión, se desea lograr también la reducción del Valor No Agregado (VNA) en algunas fases del proceso. Con base en los resultados obtenidos, se procedió al análisis de un estudio multicriterio para proponer una solución viable, que consiste en el diseño de una tarjeta estandarizada en combinación con un catálogo de productos que permita lograr un proceso controlado y estandarizado, la optimización en el uso de recursos, producto terminado de la mejor calidad a menor costo y lograr así la complete satisfacción del cliente.

+ Palabras clave: *Industria metal-mecánica, control de la producción, diseño de sistemas de producción, órdenes de trabajo.*

Abstract: In this document, the situation of a company in the metal-mechanical industry in the city of Chihuahua is analyzed, for this, studies had been developed with the objective of detect the problems and root causes of the environment under analysis, from which the need for control of production and work orders in the company in question is identified, it is also desired to achieve the reduction of NAD in some

phases of the process. Based on the results obtained, a multi-criteria study was analyzed to propose a viable solution, which consists of the design of a standardized card in combination with a product catalog that allows achieving a controlled and standardized process, optimization in the use of resources, finished product of the best quality at the lowest cost and thus achieve complete customer satisfaction.

+

Keywords: *Metal-mechanical industry, production control, design of production systems, work orders.*

Introducción

En este artículo se presenta el desarrollo de un proyecto cuya finalidad es solucionar la problemática sobre la falta en el control de la producción y ordenes de trabajo en una empresa de maquinados convencionales. En primer lugar, se pretende fijar el alcance para poder realizar el planteamiento del problema, enseguida se propone un estudio preliminar para determinar y analizar las posibles alternativas de solución, y finalmente se efectúa la selección de la mejor alternativa posible.

Se sabe que la empresa objeto de estudio no cuenta con ningún sistema de control, ya que, así como son solicitados los pedidos, únicamente se producen y se entregan, por esto se desea ir modelando una metodología que permita llegar a la solución del problema, y que sirva como guía de investigación. Para llevar a cabo lo anterior, primero se realizó un análisis de los factores que influyen directamente en el sistema de la empresa para determinar sus efectos sobre el mismo, después se realizó una encuesta, en empresas del ramo metal-mecánico de la Ciudad de Chihuahua con la finalidad de determinar con mayor precisión las causas raíz de la problemática mediante la identificación de áreas de oportunidad en la empresa objeto de estudio, y, por último, después de la determinación de las posibles soluciones, se realiza un análisis de las mismas para determinar cuál será la más adecuada para darle solución al problema presentado.

Antecedentes

Se delimita el área objeto de estudio siguiendo la literatura de Peller et al. (2000), la cual se ubica (dentro del sistema), en el área productiva de piezas mecanizadas en metal o plástico, la cual es donde se diseña y fabrica el principal producto de la empresa, que es precisamente, la pieza mecanizada mediante maquinado convencional, a través de órdenes de producción sobre pedido. Esta área del sistema presenta tres subsistemas que analizar: 1) diseño de piezas, 2) fabricación y 3) control de calidad; en conjunto con el directivo de la empresa, se determina que sobre estos subsistemas se presenta la influencia de los siguientes factores:

1. Calibración de equipo
2. Falta de herramientas
3. Vigencia de licencias para software
4. Dominio del software para diseño 3D
5. Disponibilidad de materiales
6. Disponibilidad de proveedores
7. Experiencia del operador
8. Condiciones climáticas no controladas

9. Tiempo disponible para operaciones (limitado)
10. Capacidad de producción (limitado a maquinado convencional)
11. Capacidad de almacenamiento (limitado por el tamaño del local).
12. Recursos financieros.

Se realiza un análisis sobre la correlación inter-factorial y se determina que los factores con más relevancia dentro de las operaciones de la empresa objeto de estudio son el número 7. Experiencia del operador y el número 9. Tiempo disponible para operaciones. Por el contrario, los factores con menos relevancia son en número 8. Condiciones climáticas no controladas y el número 11. Capacidad de almacenamiento limitada por el tamaño del local.

Además, se realiza un análisis para la determinación de la correlación de factores con subsistemas; donde para los subsistemas se determinó que el orden de importancia es, en primer lugar, el subsistema de fabricación, enseguida el de control de calidad y, por último, el de diseño de piezas.

Para finalizar, se realiza una evaluación de la dominación interfactorial, de la cual se concluye que los factores mayormente dominantes son el número 7. Experiencia del operador, número 10. Capacidad de producción, y número 12. Recursos financieros, en referencia a poder adquisitivo con que cuenta la empresa, y los factores mayormente dominados son número 3. Vigencia de licencias para software, número 8. Condiciones climáticas no controladas y número 11. Capacidad de almacenamiento limitada por el tamaño del local.

Metodología

Ya que se ha realizado el análisis de los factores, se procede con la realización de una encuesta en una muestra representativa de 5 empresas del sector metalmeccánico, para realizar una comparación que permita determinar posibles áreas de oportunidad de la empresa objeto de estudio y así, tener una mejor visión del problema en cuestión, tomando como base los estudios realizados por la Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA) (2015). Se define la muestra de 5 empresas con base en los estudios de Matos et. al (2017), quienes realizan una investigación con enfoque cualitativo, donde realizan entrevistas con expertos en una muestra de 7 empresas; de igual forma, Parry et al (2016), recopilan información precisa y oportuna para su estudio y utilizan un enfoque de caso exploratorio basado en datos de estudios de una muestra compuesta de seis hogares. En las cinco empresas de la muestra, se tiene acceso a la información de forma directa, por lo que los datos obtenidos podrán indicar un nivel de confiabilidad considerable.

Las preguntas incluidas en el formato de la encuesta se encuentran referidas al planteamiento del problema y algunas fueron planteadas con base en el texto de Chapman (2006), el texto de Del Rio (1998) y el texto de Chase et al. (2009). Algunas de las preguntas más significativas incluidas en el formato de encuesta son las que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Preguntas a empresas de la industria metal-mecánica de la localidad.

1. ¿Cuál es la misión y visión de su empresa?
2. ¿Cuántos empleados componen su plantilla laboral?
3. ¿Cuántas jornadas laborales desarrollan al día?
4. ¿De cuántas horas es la jornada laboral?
5. ¿Cuántos son sus días laborables al año?
6. Su empresa cuenta con maquinaria industrial, ¿de qué clase? (liviana, pesada, ambos)
7. El principal tipo de maquinaria con el que cuenta es eléctrica, hidráulica, térmica o automatizada.
8. Aproximadamente, ¿con cuántas máquinas cuenta en su planta?
9. ¿Qué porcentaje de esas máquinas es utilizado comúnmente?
10. ¿Utilizan alguna metodología para control de la producción? Especifique:
 - Entorno de producción: Make to Stock (MTS), Assemble to Order (ATO), Make to Order (MTO), Engineer to Order (ETO):
 - Pronósticos, Planificación de Ventas y Operaciones (PVyO), Planificación de Requerimientos Materiales (MRP), Planificación de Requerimientos de Capacidad (PRC), Control de la Actividad de Producción (CAP).
 - Sistemas de producción esbelta: Justo a Tiempo (JIT), Administración de la Calidad Total (TQM), Sistema Kanban, Teoría de Restricciones (TOC), técnica Poka-yoke, 5s's, Mantenimiento Productivo Total (TPM), método Kaizen.
11. ¿Maneja algún tipo de inventario? Materia Prima (MP), Producción en Proceso (PP), Producción Terminada (PT), Mantenimiento, Reparación y Operaciones (MRO).
12. ¿Emplea alguna técnica para contabilizarlo? Inventario físico completo o conteo de ciclo.
13. ¿Utiliza algún método de valuación de inventarios? Primeras Entradas, Primeras Salidas (PEPS), Últimas Entradas, Primeras Salidas (UEPS), Costo Promedio.
14. ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta para cubrir la demanda en los siguientes ámbitos? Materia prima, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición, métodos.

Fuente: Elaboración propia.

Las observaciones obtenidas por medio de la encuesta respecto a las características de las empresas son las siguientes:

- Del 100% de las empresas, el 80% son pequeñas y el 20% son medianas.
- En la mayoría de los casos (80%) presentan máximo 2 jornadas laborales al día, de entre 8 y 10 horas, siendo sus días laborables de lunes a viernes.
- En cuanto al tipo de maquinaria se observa que 60% de las empresas maneja maquinaria liviana solamente y el 40% maneja tanto maquinaria liviana como pesada, siendo el tipo más común en un 80% de los casos la automatizada (tipo robot).
- Respecto a la cantidad de máquinas que posee la empresa, el 60% de las empresas tiene más de 30, pero solamente se aprovecha el 50% de su capacidad, y el 40% de las empresas posee menos de 30 pero aprovecha hasta el 100% de su capacidad.
- Se observa un entorno de producción Engineer to Order (ETO), donde el cliente tiene prácticamente completo poder de decisión sobre el diseño del producto o servicio en 100% de los casos, complementando con Make to Order (MTO) en un 40% de los casos.
- Con relación a inventarios se obtuvo que únicamente 40% emplea inventarios de Materia prima (MP), Producción en Proceso (PP) y Producción Terminada (PT), pero el 100% presenta inventario de Mantenimiento, Reparación y Operaciones (MRO). Se aplican técnicas de contabilización de inventarios por conteo de ciclo en un 60% de los casos y por inventario físico completo en el 40% restante. Y la técnica de valuación más utilizada es Primeras Entradas, Primeras Salidas (PEPS) en 60% de las empresas, después costo promedio en 20%, y se presentan casos de empresas que no utilizan ninguno de estos métodos en 20% de los casos.
- Se observa que la mayor parte de los problemas para cubrir la demanda se presentan en materia prima y en mano de obra, siendo los más importantes la disponibilidad de materiales debido a pedidos especiales y la falta de experiencia, habilidades y especialización en los empleados. Estos problemas se presentan en un 100% de los casos.
- Los problemas de menor recurrencia son los que se presentan en maquinaria, medio ambiente, mediciones y métodos, como son la procedencia de la maquinaria y equipos, y el tipo de modelo (antiguos o de proveedor extranjero), las condiciones climáticas poco favorables, la necesidad de la correcta disposición de desechos, y pérdida de tiempo por auditorías externas, los métodos costosos tanto de medición como de calibración y la falta de preparación previa para el proceso, validaciones más dinámicas por parte del cliente y ayudas visuales y capacitación.

En la siguiente etapa de la metodología, se busca determinar las necesidades y la causa raíz de las mismas dentro de la empresa objeto de estudio, para lo cual se divide el proceso en 7 fases principales y se realiza una evaluación de cada una de ellas mediante el uso del Value

Stream Mapping. A partir del establecimiento de las fases, se ha analizado el mapa de valor de tiempo para cada una de ellas. En la Tabla 2 se observa un concentrado de los resultados de los tiempos y porcentajes de Valor No Agregado (VNA) y Valor Agregado (VA) obtenidos por fase, con la finalidad de realizar una comparación y obtener algunas conclusiones. Así, al analizar los porcentajes obtenidos, es posible afirmar que las fases en las cuales se debe prestar especial atención son la fase 1 en primer lugar, y la fase 2 en segundo lugar, ya que presentan los índices de VNA más elevados con 100% y 98% respectivamente.

Ya que se ha realizado el análisis de los datos y las comparaciones correspondientes entre los porcentajes de las fases del proceso, se continúa con la determinación de las posibles soluciones, por lo cual se decide buscar algunas estrategias que puedan ser funcionales, en especial, para las fases 1 y 2, ya que se determinó que dichas fases son las más críticas en el proceso debido al porcentaje de VNA que presentan.

Tabla 2. Concentrado de tiempos y porcentajes de VNA y VA por fase.

Fase	Descripción	Tiempo de VNA (horas)	% VNA (por fase)	Tiempo de VA (horas)	% VA (por fase)	Tiempo total de la fase (horas)	% de la fase respecto al total
1	Propuesta	31.3	100%	0	0%	31.3	7%
2	Orden de compra	315.5	98%	8	2%	323.5	71%
3	Medición y corte de material	1	19%	4.25	81%	5.25	1%
4	Maquinados en fresadora	3	21%	11.5	79%	14.5	3%
5	Maquinados en torno	4	29%	10	71%	14	3%
6	Maquinados en CNC	5	9%	48	91%	53	12%
7	Ensamble y entrega	2	15%	11	85%	13	3%
Total		361.83	80%	92.75	20%	454.583	100%

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente etapa se desea “enlistar” las posibles soluciones al problema planteado, además de la realización de una evaluación (financiera, tecnológica, de impacto ambiental, social) para determinar las no válidas y descartarlas como opción. Para, finalmente, llegar a la conclusión de cuál es la mejor opción como solución del problema inicial.

Se presenta un enfoque en las fases que presentan mayores porcentajes de VNA, con las siguientes propuestas de solución para disminución de los porcentajes observados.

1. Actualización periódica sobre componentes, materiales y costos estándar para evitar tener que estar investigando en cada propuesta, mediante la solicitud a proveedores del envío de listas de precios periódicas (cada determinado periodo de tiempo, vía correo elec-

trónico), para mantener actualizada la base de datos.

2. Implementación de metodología Planificación de Requerimientos Materiales (MRP) para una gestión eficiente de las actividades de compra, producción y/o entrega de piezas o materiales.
3. Desarrollar un sistema de cotización para agilizar el proceso de costeo y cotizaciones, para lo cual se propone la implementación de la herramienta de trabajo estándar, a través del desarrollo de una “tarjeta” estandarizada, la cual permita seleccionar las características del producto solicitado por el cliente con la finalidad de agilizar el método de costeo y cotización.
4. Desarrollo de un programa (software) que permita seleccionar el número y el tipo de operaciones según el diseño del producto, para agilizar el proceso de cotización y costeo, se desarrolla una base de datos como fuente de alimentación en la determinación de costos.
5. Se propone la implementación de un inventario de herramientas y materiales estándar para la disminución del tiempo de búsqueda y compras (Kanban).
6. Se propone el desarrollo de un catálogo de productos para ofrecer al cliente mediante la selección de operaciones y/o prototipos).

Según Ramirez et al. (2018), las herramientas de mejora continua buscan lograr la eficiencia y eficacia en las empresas, por ello se han propuesto algunas de ellas como por ejemplo la tarjeta estándar o el uso de Kanban. Para la selección de la alternativa más factible, se analiza la posibilidad de aplicar alguna de las técnicas para ayuda a la toma de decisiones multicriterio, con base en la teoría de Gómez-Senet y Capuz (1999), ya que como indican Rodriguez et al. (2015), en ocasiones las decisiones tomadas con base en la experiencia, se puede considerar como decisión jerárquica, resultando en ser una decisión errónea, con resultados negativos, así un análisis multicriterio, permitirá resultados con mayor confiabilidad. Se decide utilizar la técnica de análisis por Suma Producto, en la Tabla 3 se muestra un resumen de las alternativas que se evaluarán en la toma de la decisión, así mismo, en la tabla 4 se mencionan los criterios utilizados para llevar a cabo dicha evaluación, además, se incluye una breve descripción de cada criterio.

Tabla 3. Resumen de alternativas.

Alternativas	
A1	Envío de listas de precio periódicas
A2	Implementación de MRP
A3	Tarjeta estandarizada
A4	Software para cotizaciones
A5	Inventario de herramientas y materiales estándar
A6	Catálogo de productos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Criterios a considerar para el análisis multicriterio.

Criterios		Descripción criterio
C1	Costo de implementación	Costo total por implementar la alternativa
C2	Plazo	Tiempo que tomará la implementación hasta la puesta en marcha
C3	Consideraciones tecnológicas	Tecnología que se debe considerar para la correcta implementación
C4	Influencia del entorno	Nivel de influencia de los factores externos (proveedores, clientes, políticas gubernamentales)
C5	Complejidad	Definir si se presentan complicaciones en la implementación por la naturaleza de la alternativa
C6	Nivel de criticidad	Determinar si la alternativa representa un punto crítico para la empresa
C7	Factibilidad	Nivel de posibilidades para implementar la alternativa

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente etapa se determina que la implementación de una “tarjeta” estandarizada es la mejor opción para disminuir los porcentajes de VNA del proceso, ya que esta tarjeta permitirá seleccionar las características del producto solicitado por el cliente con la finalidad de agilizar el método de costeo y cotización, así como darle fiabilidad. Se procede con el diseño de la misma, para lo cual se emplea la metodología DMAIC, en función de las necesidades establecidas previamente y con el objetivo de incluir en ella únicamente información esencial para que la tarjeta cumpla con su propósito de controlar la producción y las ordenes de trabajo en la empresa. La tarjeta incluirá algunos datos como fecha, número de orden de trabajo, vigencia de la cotización, información de contacto tanto de cliente como de proveedor, tipo de servicio solicitado, detalles de pedido, especificaciones, cantidad, costo, tolerancias y tiempo estimado para entrega, así mismo se le anexa un espacio adicional para añadir notas u observaciones importantes que pueden pasar desapercibidas durante el proceso de cotización.

Resultados

Respecto a la evaluación de la encuesta realizada en las empresas de la localidad, se determina que las razones más significativas que han retrasado el crecimiento de la actividad industrial, específicamente en el sector metal-mecánico, son los porcentajes tan bajos de aplicación de las metodologías de control de producción, la disponibilidad de materiales debido a pedidos especiales y la falta de experiencia, habilidades y especialización en los empleados. Enseguida, se enlistan las metodologías determinadas como área de oportunidad para control de producción en las empresas del sector, enlistadas en orden de de menor a mayor porcentaje de aplicación:

- Metodología 8D y Teoría de Restricciones (TOC) 20%.
- Pronósticos, Planificación de Requerimientos de Capacidad (PRC), Kanban e inventarios (40%).
- Kaizen y Administración de la Calidad Total (TQM) 60%.

Debido a lo anterior, se propone la implementación, de dichas herramientas de modo que se favorezca a la evolución de la industria en la localidad. Así mismo, en cuanto a los resultados obtenidos del ejercicio de Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio, se aprecia que las alternativas A6 Catálogo de productos y A3 Tarjeta estandarizada, son las más viables, por tener menor puntuación, en la Tabla 5 se muestran los puntajes obtenidos por alternativa, siendo el más bajo, el que corresponde a la alternativa más viable para aplicar. Al observar que los puntajes de las alternativas A6 y A3 son los más bajos y además, bastante cercanos entre sí, se concluye que es posible realizar una “fusión” entre ellas, por lo cual se propone la combinación de dichas alternativas para obtener una herramienta de solución más compleja y asegurar que el porcentaje de VNA del proceso puede ser disminuido y guiar así hacia la solución del problema.

Tabla 5. Alternativas y vector de resultados en orden ascendente.

Alternativa	Puntuación
A6	0.126
A3	0.129
A1	0.141
A5	0.147
A2	0.216
A4	0.240

Fuente: Elaboración propia.

En esta investigación se realizó un análisis sobre distintas técnicas y/o herramientas de ingeniería industrial que podrían aplicarse en la empresa objeto de estudio, con el único propósito de encontrar la más apropiada para el control de producción y las ordenes de trabajo, así como la disminución de VNA en el proceso, sin embargo, este proyecto se ha presentado únicamente como una propuesta, ya que los directivos de la empresa son quienes tienen la decisión respecto a la implementación del mismo, considerando que otro factor importante que ha limitado el proceso de implementación y ejecución de la herramienta seleccionada, es el tiempo disponible para su aplicación, ya que el proceso de implementación, evaluación, optimización y mejora puede llegar a ser muy extenso, por estos motivos no se observan ni se registran resultados cuantitativos en cuanto a reducción de tiempos de VNA y costos.

Los resultados esperados después de la implementación del proyecto son:

1. Proceso controlado y estandarizado
2. Optimización en el uso de recursos
3. Producto terminado de la mejor calidad a menor costo
4. Satisfacción del cliente

Conclusiones

Se selecciona un proyecto de investigación con aplicación en una empresa de maquinados convencionales debido a las necesidades dentro de la misma, se recomienda la continuidad del presente proyecto para ofrecer soluciones que pueden ser aplicables no sólo en el área industrial, sino en distintas áreas de conocimiento. En este proyecto se confirman las principales causas que han llevado al crecimiento de la industria metal-mecánica en la ciudad de Chihuahua, a través del diagnóstico obtenido sobre la misma, lo anterior conlleva a la eficiente identificación de las áreas de oportunidad tanto de la industria metal-mecánica en general en el sector, como en la empresa objeto de estudio, gracias a la comparación con diferentes empresas del ramo, lo cual ha guiado a una evaluación eficiente de su sistema de producción y a la elección de la solución más adecuada para el problema planteado.

A través del análisis de distintas bibliografías, como libros y artículos, se encontraron algunas metodologías y/o herramientas de ingeniería industrial que podrían haber sido de utilidad para la solución del problema antes mencionado, las cuales se han evaluado para determinar la más adecuada, llegando a la conclusión de que un catálogo de productos y una tarjeta estandarizada son las herramientas más viables para su aplicación dentro del sistema de producción de la empresa.



Bibliografía

+ Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA) (2015). *Estudio para determinar la competitividad de la industria metalmecánica de la CANACINTRA. Entregable final.* México, 2015.

+ Capuz, S. (1999). *Introducción al proyecto de producción. Ingeniería concurrente para el diseño de producto.* Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones. Valencia, España, 1999.

+ Chapman, S (2006). *Planificación y control de la producción.* Pearson Education, México, 2006.

+ Del río González, C. (1998). *Costos I.* Editorial Ecafsa. México, 1998.

+ Chase, R., Jacobs, R. y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministro.* Mc Graw Hill. México, 2009.

+ Goldratt, E. y Cox, J. (1996) *La meta. Un proceso de mejora continua.* Ediciones Castillo. Nuevo León, México, 1996.

+ Gómez – Senet, E. (Ed.) y Capuz, S. (Ed.). (1999). *El Proyecto y su Dirección y Gestión.* Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones. Valencia, España, 1999.

+ González, C., Hernández, M. y Jiménez, J. (2019). *Propuesta de método para identificar factores que contribuyen al buen*

funcionamiento de una línea de producción metal mecánica. Theorema Revista Científica

+ López, A., González, A., y Alcaraz, S. (2019). *Simulación para la optimización de la producción de ejes en la línea de ensamblaje de una empresa de manufactura.* Ingeniería Investigación y Tecnología. Vol XX, No. 1 (2019) 1-9.

+ Matos, M., Lopes de Sousa, A., Kannan, D. y Chiappetta, C. (2017) *Contingency theory, climate change, and low-carbon operations management,* Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 22 Issue: 3, pp.223-236.

+ Parry, G., Brax, S., Maull, R. and Ng, I. (2016). *Operationalising IoT for reverse supply: the development of use-visibility measures,* Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 21 Issue: 2, pp.228-244.

+ Pellicer, E., Catalá, J. y Pellicer, E. (2000). *Prontuario de la Investigación Científica.* Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones. Valencia, España, 2000.

+ Ramírez, M., González, A., Ramírez, A., Rivas, L. y Arrendo, F. (2018) *Mejoramiento de la gestión del almacén aplicando herramientas de mejora continua.* Theorema Revista Científica, 159–166.

+ Rodríguez, M., Rodríguez, L., Hajar, H. y Rodríguez M. (2015) *Modelo de ponderación para la toma de decisiones multicriterio.* Theorema Revista Científica, 56 – 62.

EFICIENCIA Y EFICACIA: MEDIDA COMO BENEFICIO EN EL DISEÑO DE UN COMPONENTE ROBÓTICO

Artículo arbitrado 27

Edición 16

Jorge Luis Estrada Perea¹, Olinda Ornelas Benítez², Elsy Denise Martínez Torres³ y Herik Germán Valles Baca⁴

^{1,2,3,4} Universidad Autónoma de Chihuahua
Centro Universitario Parral de la
General Jesús Lozoya Solís s/n Km. 1,
Col. Almanceña, C.P. 33825,
Hidalgo del Parral, Chihuahua, México.



jlestrada@uach.mx
oornelas@uach.mx
edmartinez@uach.mx
hvalles@uach.mx

Recibido: Marzo 2, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: El interés por el estudio de las aplicaciones matemáticas se ha incrementado en los últimos años, de hecho, las ciencias se han interesado por estudiar y analizar aspectos para su beneficio algunos modelos matemáticos donde la variable de interés casi generalizado es el tiempo, relacionado con las definiciones de: Eficacia como el logro de los objetivos en búsqueda del menor tiempo. Se tiene en cuenta los resultados, no el proceso que se llevó a cabo para llegar a estos mismos y en otro sentido la Eficiencia como el uso óptimo y adecuado de los recursos, es gestionar y utilizar de la manera más adecuada los recursos disponibles, tendiendo a minimizar el derroche de insumos.

Este trabajo tiene como objetivo proponer una estrategia que posibilite estructurar de modo sistémico el desarrollo de la habilidad de modelar, teniendo en cuenta la clasificación de los principales modelos matemáticos abordando los aportes científicos-tecnológicos que han brindado al desarrollo del mundo de la robotización, desde la generación de nuevos conocimientos y patrones en el área de la tecnología, hasta la predicción de las inminentes aplicaciones robóticas en los ámbitos de la vida real previendo un cambio en los negocios futuros de alta competencia.

El impacto tecnológico especialmente en la inclusión de la robotización y automatización en los procesos productivos y administrativos ha

dinamizado las estrategias empresariales logrando en muchas ocasiones el éxito organizacional, tal ha sido su importancia que se hace necesario estimar modelos que permitan valorar su efectividad en este entorno, ya que no tarda mucho en encontrar robots tomando decisiones financieras y tecnológicas, en medicina, en la industria, en entretenimiento, entre otras.

Por ello, se presenta una modelación a través de un sistema dinámico de una rótula robótica para un pie de humanoide, y simulado en su tiempo de respuesta en la velocidad y distancia de traslado. Mostrando la importancia de desarrollar tecnología en nuestro país, y avanzar en la investigación de robots bípedos de caminado dinámico.

✚ **Palabras clave:** *Eficiencia, eficacia, tecnología, sistemas dinámicos, robótica, innovación.*

■ **Abstract:** Interest in the study of mathematical applications has increased in recent years, in fact, sciences have been interested in studying and analyzing aspects for their benefit some mathematical models where the variable of almost general interest is time, related to definitions of: Efficiency as the achievement of the objectives in search of the shortest time. The results are taken into account, not the process that was carried out to reach them and in another sense Efficiency as the optimal and adequate use of resources, is to manage and use the available resources in the most appropriate way, tending to minimize the waste of inputs.

This work that aims to propose a strategy that makes it possible to structure in a systemic way the development of the ability to model, taking into account the classification of the main mathematical models, addressing the scientific-technological contributions that they have made to the development of the world of robotization, from the generation of new knowledge and patterns in the area of technology, to the prediction of the imminent robotic applications in real-life environments, anticipating a change in future highly competitive businesses.

The technological impact, especially in the inclusion of robotization and automation in productive and administrative processes, has boosted business strategies, achieving organizational success on many occasions, such has been its importance that it is necessary to estimate models that allow assessing their effectiveness in this environment, since it does not take long to find robots making financial and technological decisions, in medicine, in industry, in entertainment, among others.

For this reason, it's present a modeling through a dynamic system of a robotic kneecap for a humanoid foot and simulated in its response time in the speed and distance of travel. Showing the importance of developing technology in our country and advancing in the research of bipedal robots with dynamic walking.

✚ **Keywords:** *Efficiency, effectiveness, technology, dynamic systems, robotics, innovation.*

Introducción

El uso de las matemáticas en diversas disciplinas científicas es visto, con frecuencia, como el origen de un gran número de terribles problemas en el mundo. Los enemigos más vociferantes de esta tendencia consideran a las matemáticas como una invasora en un campo que no les corresponde pues restringen el desarrollo de la ciencia y la confinan en un marco de formalidad innecesaria. Sin embargo en los últimos tiempos se ha demostrado lo contrario, ya que las matemáticas tienen una propiedad muy importante, son una herramienta de diseño que desemboca en ser la forma más económica, más barata para diseñar tecnología, entendiendo que el concepto tecnología incluye tanto a los productos como a los servicios que van dirigidos al consumidor, por ende a un negocio que comercializa con ellos y si el diseño es óptimo el consumidor tendrá los mejores precios de venta.

A lo largo de los años cincuenta comenzó a fraguarse en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) una importante metodología de sistemas, la dinámica de sistemas, hoy conocida como Sistemas Dinámicos. Jay W. Forrester (1971), ingeniero electrónico, había pasado del Laboratorio de Servomecanismos, donde inventó las memorias magnéticas de núcleos de ferrita, a coordinar un gran proyecto de defensa, el sistema SAGE (Semi-Automatic Ground Equipment). En la realización de este sistema de alerta en tiempo real se percató de la importancia del enfoque sistémico para concebir y controlar entidades complejas como las que surgen de la interacción de hombres y máquinas. Tras esta experiencia, Forrester pasaría como profesor a la Sloan School of Management del MIT, donde observó que en las empresas se producían fenómenos de realimentación que podían ser causa de oscilaciones, igual que sucede en los servomecanismos.

Una metodología que permitía construir modelos cibernéticos de los procesos industriales. La peculiaridad de estos modelos residía en la posibilidad de simular su evolución temporal con la ayuda de la computadora. Posteriormente, aplicaría su metodología a problemas de planificación urbana en la que se muestra cómo el "Modelado de la Dinámica de Sistemas" es aplicable a sistemas de ciudades, generalizando de esta manera, para cualquier tipo de sistema continuo, cambiando su denominación por la de Dinámica de Sistemas o mejor dicho Sistemas Dinámicos.

Los Sistemas Dinámicos alcanzaron gran difusión durante los años setenta al servir de base para los estudios encargados por el Club de Roma a Forrester y su equipo para valorar el efecto del crecimiento de la población y de la actividad humana en un mundo de recursos limitados. El propio Forrester dirigió la confección de un modelo inicial del mundo (World Dynamics) a partir del cual se realizaría más tarde el informe definitivo (The Limits to Growth), dirigido por D. L. Meadows y financiado por la Fundación Volkswagen. Un segundo informe, también utilizando Sistemas Dinámicos, sería encargado posteriormente a Mesarovic y Pestel (Foin Jr. 1976).

En este sentido, los Sistemas Dinámicos son una metodología y una técnica de simulación por computadora para encuadrar, comprender y discutir situaciones y problemas complejos, para ayudar a los adminis-

tradadores corporativos a mejorar su entendimiento de los procesos industriales. Los Sistemas Dinámicos son actualmente usados en el sector público y privado para el análisis y diseño de políticas.

Asimismo, los "Sistemas Dinámicos, como método para entender el comportamiento dinámico de sistemas complejos como la Teoría del Caos y la Dinámica Social es un aspecto de la teoría de sistemas" (Lomelí Ortega, 2016). La base para el método es el reconocimiento de que la estructura de cualquier sistema es a menudo tan importante para determinar su comportamiento, como los componentes individuales. Algunos ejemplos son: el movimiento de los cuerpos celestes en el cielo, los cambios en la bolsa de valores, las reacciones químicas, el crecimiento y decrecimiento del número de individuos en una especie, el clima y sus impredecibles cambios, robotización y automatización. (Close, 2010).

En todos los campos del conocimiento existen los sistemas dinámicos. La teoría de los sistemas dinámicos indaga sobre los fenómenos de la naturaleza con ayuda de modelos matemáticos (mayormente ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales). Esta se puede ver como una "Física - Matemática abstracta", que usa el lenguaje de la geometría, de la topología y el análisis lineal y no-lineal para construir imágenes teóricas de procesos reales, de la naturaleza y de la sociedad humana. También se dice a menudo, que como hay propiedades del todo que no pueden ser encontradas entre las propiedades de los elementos, entonces el comportamiento del todo puede ser explicado en términos del comportamiento de sus partes.

También es de vital importancia identificar los invariantes que caracterizan completamente la clase de equivalencia de la dinámica. Los orígenes de este punto de vista se remontan a los años 1892-1899 cuando, de la mano del matemático francés Henry. J. Poincaré (García, 2005), nace la teoría moderna de los sistemas dinámicos, la cual desarrolla una serie de nuevas técnicas, propuestas en el "Analysis Situs", un apéndice de "Les methodes nouvelles de la mécanique céleste", de donde se originan lo que son la geometría y la topología modernas.

Estas técnicas aportan una nueva perspectiva para solucionar problemas fundamentales que matemáticos y físicos anteriores habían abordado sin éxito, tal como lo es el problema de la estabilidad del sistema solar, o que habían esquivado por falta de herramientas teóricas apropiadas para su tratamiento.

Desarrollo

Desde el inicio de lo que conocemos como ciencia, el hombre ha tratado de entender y explicar su entorno (llámese naturaleza o universo). Este se encuentra con un mundo cambiante, donde absolutamente todo está en movimiento, y se propone comprender el cómo y el porqué de esos movimientos.

La forma analítica de las ecuaciones de movimiento guarda importancia, pero el verdadero problema es identificar estructuras geométricas responsables de las propiedades cualitativas (topológicas) de la Dinámica. Dichas estructuras serán responsables de propiedades tales como existencia, densidad y distribución espacial de movimientos periódicos, robustez y estabilidad de distintas formas de recurrencias (periódicas,

cuasi-periódicas, conjuntos invariantes, atractores, etc.) denominadas modelos dinámicos. De hecho los modelos dinámicos han existido en las ciencias exactas desde hace muchos años, junto con ellos las matemáticas han evolucionado tan rápido que hoy encontramos una gran participación de las matemáticas como herramienta de ayuda importante, ya que en los modelos se presentan variables de interés en cualquier ciencia, considerando entonces que deben ser dinámicos estos modelos es decir tienen que considerar una evolución temporal.

El uso de los modelos, nos orienta hacia el entendimiento de agregarle el adjetivo de "matemático", generando luego el concepto de abstracción de los elementos que se ponen en juego, para simular una respuesta del sistema dinámico. Una de las ideas de la ciencia moderna es estudiar la realidad en pequeñas proporciones, como es el caso de este artículo.

En la actualidad la disciplina numérica vive una edad dorada pues, la popularidad ganada con el fenómeno de la teoría de catástrofes (bifurcaciones en sistemas dinámicos), además de la repercusión del crecimiento exponencial en la capacidad de procesamiento de las computadoras modernos, hacen de dicha teoría el paraíso de científicos en diversas disciplinas. Una de estas disciplinas en el campo de los sistemas dinámicos, es el avance de la robótica se ha convertido en un gran aporte al desarrollo de la sociedad en campos diferentes tales como: la medicina, la industria, el entretenimiento, etc. El hombre constantemente ha buscado desarrollar robots cada vez con mayor capacidad de procesamiento de datos para poder interactuar con el entorno y sobre todo tratando de imitar la anatomía humana, de donde nacen los llamados humanoides.

Una labor muy fuerte de aproximadamente más de 30 años de investigación ha logrado desarrollar a humanoides, obteniendo buenos resultados gracias a la aplicación de algoritmos inteligentes, conocimiento de nuevos materiales, etc. Y es así, que el mayor referente en este desarrollo es el robot ASIMO diseñado por HONDA (Montaño, 2014). Para poder lograr el desarrollo de los humanoides, se toma como idea fundamental el conocer más sobre la locomoción bípeda humana, ya que este tipo de robots al poseer dos extremidades inferiores (de ahí su nombre bípedo), basan su locomoción en el caminar y anatomía de los miembros inferiores de los humanos.

El objetivo principal es controlar y ensamblar una plataforma robótica bípeda, permitiendo que dicha plataforma realice varias rutinas de movimientos tales como: caminar hacia adelante o atrás, girar a la izquierda o derecha, patear, bajar y subir escaleras y levantarse de forma análoga a los movimientos comunes que realizan los seres humanos.

La necesidad de que los robots puedan realizar tareas por sí mismos, de forma autónoma, hace necesario que éstos tomen decisiones acordes con relación a su entorno: "en esto, tiene mucho que ver los aspectos principales que constituyen la base de la robótica móvil: la percepción, visión, navegación, planeación, construcción de mapas, localización y, por supuesto la interacción humano-robot".

Un robot bípedo es la mejor interacción humano-robot, este tipo de robot forma parte de la robótica móvil, específicamente se encuentran en la clasificación de robots con patas. Como su nombre indica, poseen dos patas para su locomoción. En su mayoría intentan imitar el sistema motriz de los humanos para desplazarse e interactuar con su entorno,

entre los más conocidos están los robots humanoides, lo que motiva el presente trabajo, obtener un modelo matemático para simular el amortiguamiento de la rótula de la pata del robot para desplazamiento y giro, siendo homóloga a una prótesis transtibial para uso humano.

Imagine una oficina donde un robot anda de un lado para otro, desarrollando tareas y relacionándose con humanos. Si eso le parece una visión sólo futurista, es bueno comenzar a prepararse, con los avances de la tecnología, las empresas deben comenzar a pensar en este nuevo tipo de colaborador, considerando máquinas capaces de automatizar incluso actividades clasificadas como complejas. Pero eso es sólo el comienzo. Piense también en máquinas como esas – o aún más avanzadas – en el ambiente de trabajo, haciendo análisis financieros y de datos, participando de reuniones y conferencias, y no es ciencia ficción, está muy cerca que sea la realidad.

Simulación del modelo matemático

Considerando que el sistema de amortiguamiento de la prótesis se comporta como un sistema masa-amortiguador-resorte (Figura 1).



Figura 1. Sistema homólogo entre un sistema de suspensión vehicular y una prótesis robótica de un pie.
Fuente: Elaboración propia.

Un sistema dinámico masa-amortiguador-resorte comprende masas, resortes mecánicos y atenuadores paralelos. El sistema puede almacenar energía potencial y cinética. Los sistemas de masa- amortiguador-resorte tienen el propósito principal de reducir la transmisión de las vibraciones y los ruidos portados por la estructura.

En sistemas dinámicos existe una analogía o bien dicho homología entre sistemas definidos como el "sistema mecánico (masa amortiguador resorte), el sistema electromecánico (circuito eléctrico RLC resistencia impedancia y capacitor), y el sistema de nivel de líquido (válvula de control, capacitancia en volumen y válvula de carga), todos ellos tienen el mismo modelo matemático, pero físicamente son diferentes y son descritos ellos por las mismas ecuaciones diferenciales, integro diferenciales (Close, 2010).

“Los sistemas análogos son muy útiles en la práctica, por las siguientes razones:

- La solución de la ecuación que describe un sistema físico se puede aplicar directamente a sistemas análogos de otro campo.
- Uno de los tipos de sistemas análogos puede ser más fácil de manejar experimentalmente, en lugar de construir físicamente otro, cuando no se puede simular matemáticamente (Ogata, 2011).

Modelado del sistema

La solución típica

Considerando que el "sistema de amortiguamiento de la prótesis del pie robótico se comporta como un sistema masa-amortiguador-resorte, como se muestra en la Figura 2. Donde $r(t)$ corresponde a la función de excitación y considerando que $x(t)$ es el desplazamiento que experimenta la masa."(Franklin, 2001).

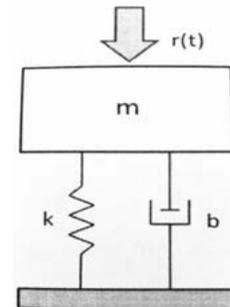


Figura 2. Sistema masa amortiguador resorte.
Fuente: Franklin, 2001.

Adicionalmente se realizan los diagramas de cuerpo libre y del vector movimiento de masa-aceleración, con base en la segunda ley de Newton (Fernández, 2016) y la ley de Hooke (Raffino, 2020), como se muestra en la Figura 3.

DCL (Diagrama de cuerpo libre). DMA (Diagrama masa-aceleración)

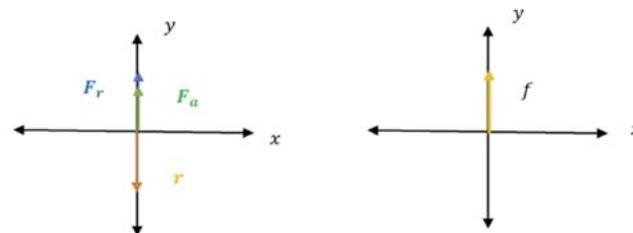


Figura 3. Diagramas de cuerpo libre y de masa-aceleración.

El modelo matemático o ecuación de movimiento parte del modelo clásico propuesto como la segunda ley de Newton.

$$F = ma \quad (1)$$

Dónde: F = vector suma de todas las fuerzas aplicadas a cada cuerpo en un sistema expresado en newton.

Donde m = masa del cuerpo expresado en kilogramos, a = vector aceleración de cada cuerpo del sistema expresado en metros/segundos.

La aplicación de esta ley requiere definir las coordenadas adecuadas para el movimiento del sistema, posición, velocidad y aceleración que determinan las fuerzas que actúan sobre el sistema.

Utilizando este diagrama de cuerpo libre que muestra las fuerzas configuradas para una condición de equilibrio, resulta la ecuación diferencial, donde f es el vector inercial, F_a es el vector fuerza del amortiguador, F_r es el vector fuerza del resorte y r es la función de excitación:

$$f + F_a + F_r - r = 0 \quad (2)$$

Ecuación de equilibrio del sistema masa amortiguador resorte:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx - r(t) = 0 \quad (3)$$

Ecuación diferencial de segundo orden:

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + b \frac{dy}{dt} + kx = r(t) \quad (4)$$

Para obtener el desplazamiento que experimenta el sistema robótico al dar un paso; entonces se requiere unas condiciones iniciales del sistema, si este se somete a una función de excitación de la forma:

$$r(t) = \frac{1}{2}u(t - t^2) \quad (5)$$

Considérese que $u(t)$ es la función escalón unitario.

La función escalón de Heaviside, también llamada función escalón unitario o de causalidad a la derecha del cero, debe su nombre al matemático inglés Oliver Heaviside. Es una función discontinua cuyo valor es 0 para cualquier argumento negativo, y 1 para cualquier argumento positivo, incluido el cero.

Condiciones iniciales y datos para el sistema

Constante lineal de deformación del resorte = $K_r = 2 \text{ N/m.}$; Coeficiente de fricción viscosa del amortiguador = $b_p = 3 \text{ kg/cm/seg}^2$; masa = 1 kg/cm^2 de área.

Lo primero que se determina es la representación de la función excitación $r(t)$, para luego obtener la transformada de Laplace (Ogata, 2011) y así resolver la ecuación diferencial. Partiendo de la definición de función escalón unitario, la que se representa por:

$$u(t) = \begin{cases} 1 & \text{si } t \geq 0 \\ 0 & \text{si } t < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Entonces:

$$u(t - t^2) = \begin{cases} 1 & \text{si } t - t^2 \geq 0 \\ 0 & \text{si } t - t^2 < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Al solucionar la desigualdad:

$$t - t^2 \geq 0 \quad (8)$$

Nótese que la solución nos indica que el intervalo para esta desigualdad es: $[0, 1]$, lo que significa que se tiene la función ventana, es decir:

$$(t - t^2) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq t \leq 1 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (9)$$

Entonces la respuesta (9) puede expresarse como:

$$u(t - t^2) = u(t) - u(t - 1) \quad (10)$$

La Figura 4, representa esta expresión (10):

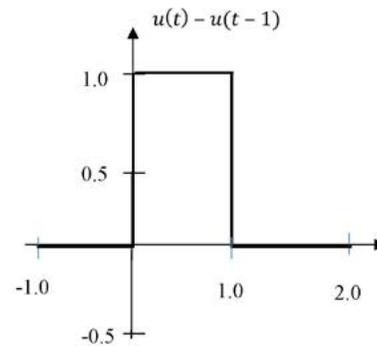


Figura 4. Respuesta escalón unitario.

Representación de la ecuación diferencial (4) con los valores constantes del sistema:

$$m \frac{d^2y}{dt^2} + b \frac{dy}{dt} + kx = r(t) \quad (11)$$

$$(1) \frac{d^2y}{dt^2} + (3) \frac{dy}{dt} + (2)x = r(t)$$

$$u(t) - u(t - 1)$$

En la ecuación diferencial (11), sustituir la ecuación (5):

$$(1) \frac{d^2y}{dt^2} + (3) \frac{dy}{dt} + (2)x = \frac{1}{2}u(t - t^2) \quad (12)$$

Resultando:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 3 \frac{dy}{dt} + 2x = \frac{1}{2}ut - \frac{1}{2}ut^2 \quad (13)$$

Puesto que las condiciones iniciales son cero, lo más recomendable es usar la transformada de Laplace para solucionar la ecuación (13).

Nota: "esta ecuación puede ser solucionada a través de otro método" (Close, 2010).

Luego entonces la propuesta es:

$$\mathcal{L}\left(\frac{d^2y}{dt^2}\right) + 3\mathcal{L}\left(\frac{dy}{dt}\right) + 2\mathcal{L}(x) = \frac{1}{2}\mathcal{L}(ut) - \frac{1}{2}\mathcal{L}(ut^2) \quad (14)$$

Al aplicar las fórmulas correspondientes de la transformada de Laplace, a la ecuación (14), se obtiene:

$$s^2X(s) + 3sX(s) + 2X(s) = \frac{1-e^{-s}}{2s} \quad (15)$$

Al despejar la ecuación (15), queda:

$$X(s) = \frac{1-e^{-s}}{2s(s^2+3s+2)} \quad (16)$$

La ecuación (16) resulta al descomponer algebraicamente la expresión:

$$X(s) = \frac{1-e^{-s}}{2s(s+1)(s+2)} \quad (17)$$

Separando la ecuación (17):

$$X(s) = \frac{1}{2s(s+1)(s+2)} - \frac{1-e^{-s}}{2s(s+1)(s+2)} \quad (18)$$

Se puede observar que la transformada inversa de Laplace, para las dos fracciones es la misma usando el teorema de HEAVISIDE, solamente la segunda fracción se desplazará debido a la exponencial, por lo que se tendrá que usar la forma inversa del segundo teorema de traslación.

El teorema de Heaviside que se va a usar es el primero, ya que todos los factores del denominador son lineales y distintos entre sí.

$$x(t) = \mathcal{L}^{-1}\{X(s)\} \quad (19)$$

$$x(t) = \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{2s(s+1)(s+2)} - \frac{1-e^{-s}}{2s(s+1)(s+2)}\right\} \quad (20)$$

Al calcular la transformada inversa propuesta en la ecuación (20), resulta:

$$x(t) = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}e^{-t} + \frac{1}{4}e^{-2t}\right) - \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}e^{-(t-1)} + \frac{1}{4}e^{-2(t-1)}\right)u(t-1) \quad (21)$$

Esta ecuación (21), representa el desplazamiento (expresado en metros) que experimenta el robot al usar esta prótesis transtibial para dar un paso.

Para probar el desplazamiento del robot en un intervalo de 0 a 4 seg., solucionando la ecuación anterior numéricamente, con un tamaño de paso en tiempo de 0.09 seg. así como la velocidad a los 2.52 seg.

Para solucionar la ecuación (21), como es una ecuación diferencial, se aplica un método numérico el de Euler, usando una hoja de cálculo,

así como un cambio de variable, en términos generales:

$$\frac{dx}{dt} = y \quad (22)$$

Entonces la ecuación (21), queda como:

$$\frac{dy}{dt} = -3y - 2x + \frac{1}{2}[u(t) - u(t-1)] \quad (23)$$

Considerando un tamaño de paso de 0.09 segundos y una función de excitación expresada como una resta de escalones, se realizan los cálculos en una hoja electrónica, quedando:

Tabla 1. Tabla Excel con cálculos de la ecuación.

Tiempo	Desplazamiento	Velocidad		
t	x	y	dx	dy
0	0	0	0	0.5
0.09	0	0.045	0.045	0.365
0.18	0.00405	0.07785	0.07785	0.25835
0.27	0.0110565	0.1011015	0.1011015	0.1745825
0.36	0.02015564	0.11681393	0.11681393	0.10924696
0.45	0.03066889	0.12664615	0.12664615	0.05872377
0.54	0.04206704	0.13193129	0.13193129	0.02007205
0.63	0.05394086	0.13373777	0.13373777	-0.009095
0.72	0.06597726	0.13291922	0.13291922	-0.0307122
0.81	0.07793999	0.13015512	0.13015512	-0.0463454
0.9	0.08965395	0.12598404	0.12598404	-0.05726
0.99	0.10099251	0.12083064	0.12083064	-0.064477
1.08	0.11186727	0.11502772	0.11502772	-0.5688177
1.17	0.12221976	0.06383412	0.06383412	-0.4359419
1.29	0.12796484	0.02459935	0.02459935	-0.3297277

Fuente: Elaboración propia.

DATOS DEL PROBLEMA	
y'=-3*y-2*x+0.5*[ut1-ut2]	
x'=y	
x'0=	0
x0=	0
dt=	0.09

Examinando la Tabla 1 de Excel

En la columna 1, se lee para un tiempo $t=1.29$ seg., en la columna 2 se lee el desplazamiento 0.1280 metros, en la columna 3 se lee la velocidad de desplazamiento 0.0246 m/s. Estos valores se pueden considerar como una respuesta viable del sistema propuesto en este trabajo, considerando entonces que las matemáticas son una herramienta que al aplicarla en la búsqueda de una solución de alguna situación en especial

que sea de interés, su aplicación es buscar la solución es lo más barato y lo óptimo.

Gracias a la aplicación de técnicas de investigación operativa es posible dar respuestas precisas y óptimas a problemas de naturaleza compleja, con gran volumen de variables y restricciones, garantizando que se alcancen los objetivos definidos en el problema.

Examinando la Figura 5 y 6

La pendiente de una gráfica de posición dado en el tiempo es la velocidad instantánea en cualquier momento. La pendiente promedio entre dos puntos en el tiempo dará la velocidad promedio entre esos dos puntos en el tiempo. La velocidad instantánea no tiene que ser igual a la velocidad promedio. Sin embargo, si la pendiente es constante por un periodo de tiempo (es decir, la gráfica es un segmento de recta), entonces la velocidad instantánea será igual a la velocidad promedio entre cualesquiera dos puntos en ese segmento de recta, como se muestra en la Figura 5. de la situación mencionada en este trabajo.

Si se ve curvada pues no está hecha solo de segmentos de recta. Si una gráfica de posición está curvada, la pendiente estará cambiando, lo que significa que la velocidad también está cambiando. Una velocidad cambiante implica aceleración. Entonces, la curvatura en una gráfica significa que el objeto está acelerando, es decir cambiando de velocidad, o en términos gráficos, que su pendiente está cambiando.

Para resumir, si la curvatura de una gráfica de posición se ve como un tazón de cabeza, la aceleración será negativa, como se presenta en este sistema analizado (Figura 6). Si la curva se ve como un tazón de pie, la aceleración será positiva. Aquí hay una forma de recordarlo: si tu tazón está al revés, toda la comida se saldrá y eso es negativo. Si el tazón está al derecho, toda la comida permanecerá dentro y eso es positivo.

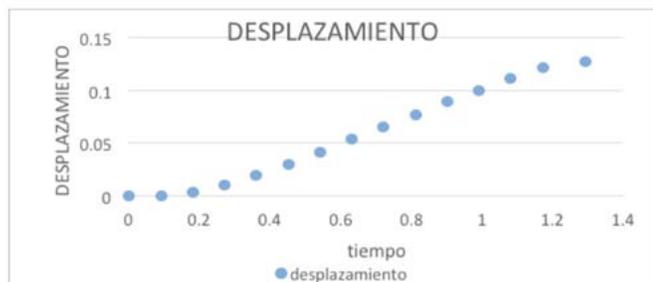


Figura 5. Desplazamiento (x) metros.

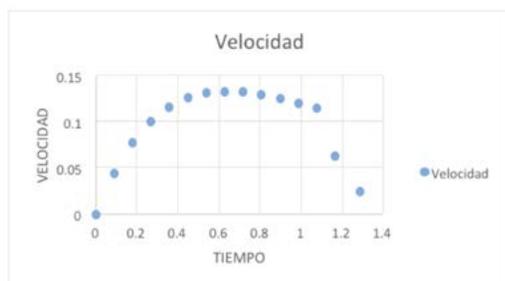


Figura 6. Velocidad de desplazamiento (y) metros cada seg.-).

Nótese que el desplazamiento en $t=1.29$ seg. inicia a disminuir cuando la velocidad ya disminuye grandemente con una gran desaceleración,

lo que indica que el paso del desplazamiento robótico está por cumplir un ciclo como se indica en la respuesta escalón unitario.

Conclusión

Se concluye que se pueden desarrollar tecnologías y avanzar en la investigación de los robots bípedos de caminado dinámico en México. Éste es un estudio que busca dar valor a tales componentes y variables desde diferentes enfoques, para que la restitución de la movilidad sea completa a la hora de diseñar una prótesis transtibial o un pie robótico.

El motivo por el cual se realiza este trabajo es para tener un punto de partida en el desarrollo de robots bípedos y que puede utilizarse en la construcción de prótesis humanoides. Se llevó a cabo un análisis de la etapa de avance de la pierna, el cual cuenta con ecuaciones cinemáticas y dinámicas. El resultado de las ecuaciones cinemáticas es para conocer la posición y orientación del extremo de la pierna.

El conjunto formado por los componentes del tobillo y del pie constituye la estructura mecánica más compleja del cuerpo humano, definida por Leonardo Da Vinci como “la pieza más perfecta de ingeniería”. Es necesario hacer un estudio completo de la mecánica del pie y el tobillo, lo cual constituye el objetivo de este estudio.

Se inicia desde la evolución del sistema locomotor, para determinar si es pertinente o no tomar en cuenta los miembros inferiores de primates y vertebrados en general; se ha trazado como resultado un esquema cinemático equivalente que reúne las movi­lidades del sistema original, para pasar luego por un proceso de ciencias de la ingeniería: un proceso de decisión de Componentes Principales, desde la mecánica y desde la estadística, pasando por una simulación computacional, lo que permite transformar el resultado teórico en un diseño de modelo: en cuanto a selección de geometría y materiales. Se llega finalmente a un mecanismo que tiene los mismos movimientos del tobillo y pie originales, a pesar de tener muchos menos componentes, así lo manifiesta la respuesta calculada para el desplazamiento y velocidad del sistema y comprobado en las Figuras 5 y 6.

La introducción de todo tipo de robots en el día a día de las empresas implica un gran cambio en el funcionamiento de muchas de ellas, por ejemplo, en lo que a los equipos se refiere. Un estudio de la Universidad de Oxford realizado en 2013 apuntaba a que alrededor de 700 profesiones podrían ser sustituidos por robots en 20 años. Sin embargo, será necesario contar con empleados cualificados en el uso y manejo de estas nuevas máquinas, por lo que las compañías deben hacer un esfuerzo especial en la formación de sus plantillas.

Los motivos económicos (se trata de tecnologías todavía bastante caras) y la poca flexibilidad que ofrecen todavía la mayoría de estos sistemas se convierten en los principales obstáculos que impiden a las empresas de menor tamaño acceder a este tipo de avances. Sin embargo, las pymes no pueden dejar de estar atentas a las posibilidades que ofrece el mundo de la robótica ya que pueden ayudarles a marcar la diferencia con respecto a sus competidores, en cuanto a avances tecnológicos y en negocios.

Bibliografía

- + Benedikt, F. (2013). *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*. September 1, 2013, University of Oxford website: <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/the-future-of-employment/>
- + Close, M, CH. (2010). *Modeling and Analysis of Dynamic Systems.* (fourth edition). BOSTON MA.: Houghton Mifflin.
- + Fernandez, J. L. (2016). *Las leyes de Newton para el movimiento y la segunda ley de Newton.* s/f, de *fiscalab* sitio web: <https://www.fiscalab.com/apartado/principio-fundamental>
- + Foin, T. C. Jr. (1976). *Reviews. 267. Mankind at the Turning Point: The Second Report to the Club of Rome.* By Mihajlo Mesarovic and Eduard Pestel. E. P. Dutton and Co. July 1976, de JSTOR website: <https://www.jstor.org/stable/4602371>
- + Forrester, J. W. (1971). *biografía de Jay W. Forrester.* editada el 14 de octubre de 2016, de *Dinámica del sistema* wiki sitio web: https://dinamica-de-sistema.fandom.com/es/wiki/Biograf%C3%ADa_de_Jay_W._Forrester
- + Franklin, F. G. (2009). *Control de Sistemas Dinámicos con Retroalimentación.* (segunda edición reimpresión). Stanford California: ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA.
- + Garcia, C. J. (2005). *Poincaré, el último Matemático* Universalista aportaciones topológicas en *Analysis Situs.* s/f, de SCTM05 sitio web: <https://imarrero.webs.ull.es/sctm05/modulo-2ff/2/jcalcines.html>
- + Lomeli, E, H. (2018). *Métodos Dinámicos en economía, otra búsqueda del tiempo perdido.* (segunda impresión). México: THOMSON.
- + Montaña, P. (2014). *ASIMO, El revolucionario Robot de Honda.* actualización presentación 2014 en México, de *GQ* sitio web: <https://www.gq.com.mx/maquinas/gadgets/articulos/asimo-robot-inteligente-honda-visita-mexico/3135>
- + Ogata, K. (2011). *Ingeniería de Control Moderna.* (quinta impresión). Minnesota: Prentice Hall.
- + Raffino, M. E. (2020). *Concepto de Ley de Hooke.* 30 de julio de 2020, de *Concepto.de* sitio web: <https://concepto.de/ley-de-hooke/#ixzz70iBr3GSG>

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN RELLENO SANITARIO

Artículo arbitrado 28

Edición 16

Ángel Ceballos Chávez¹, Domely Martínez Marquez², Ramón Caro Hernandez³ y Carlos Servando Chávez Tiznado⁴

^{1,3,4} Universidad Tecnológica de la
Tarahumara,
Carr. Guachochi-Yoquivo, km. 1.5,
Turuseachi, 33180,
Guachochi, Chihuahua, México.

²Departamento de Desarrollo Forestal y
Ecología
Abraham González 5, Col. Centro 33180
Guachochi, Chihuahua, México.



aceballos@uttarahumara.edu.mx
7018305143@uttarahumara.edu.mx

Recibido: Marzo 10, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 3, 2021.

Aceptado: Junio 8, 2021.

Resumen: Ante la problemática de los residuos y su minimización se ha convertido en un tema crucial a nivel global, siendo los causales de la contaminación ambiental en más de un 57%. El objetivo de esta investigación fue elaborar un diagnóstico situacional del relleno sanitario en la ciudad de Guachochi, Chihuahua en materia de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Se realizó un análisis con base a la Norma NMX-AA-061-1985, donde se especifica el uso del método del cuarteo, para posteriormente separarlos y pesarlos en base al formulario propuesto en la Norma NMX-AA-022-1985. El estudio consistió en dos etapas: identificar y estimar la generación de residuos sólidos (generación per-cápita), y caracterización de la muestra. El relleno sanitario cuenta con la presencia de pañales desechables, bolsas plásticas y plástico duro, además de residuos peligrosos como aceites y ácidos, lo cual indica la falta de prácticas ambientales en el manejo de los materiales como disposición final.

+ **Palabras clave:** RSU, diagnostico, valorización, norma, relleno.

Abstract: Faced with the problem of waste and its minimization has become a crucial issue at a global level, being the causes of environmental pollution in more than 57%. The objective of this research was to prepare a situational diagnosis of the sanitary landfill in the city of Guachochi, Chihuahua in terms of Solid Urban Waste (MSW). An

analysis was carried out based on the NMX-AA-061-1985, where the use of the quartering method is specified, to later separate and weigh them based on the form proposed in the NMX-AA-022-1985. The study consisted of two stages: identifying and estimating the generation of solid waste (generation per capita), and characterizing the sample. The sanitary landfill has the presence of disposable diapers, plastic bags and hard plastic, as well as hazardous waste such as oils and acids, which indicates the lack of environmental practices in the handling of materials as final disposal.

+ **Keywords:** *RSU, diagnosis, valorization, standard, filling.*

Introducción

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos Peligrosos (RP), son solamente una pieza del enorme rompecabezas que conforma la contaminación ambiental ocasionando pérdidas en más de un 57%, las cuales son el resultado directo de los sistemas de producción y patrones de consumo que se tienen en la actualidad (Céspedes, 2011; Ascanio, 2017; Torri, 2017).

La generación de residuos sólidos ha variado significativamente durante las últimas décadas, el cual es originado del propio desarrollo, así como del incremento poblacional y los cambios en los patrones de urbanización, por ello es importante conocer la composición de los residuos sólidos para enfrentar adecuadamente la situación sobre el manejo de estos (SEMARNAT, 2005).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2016), define a un residuo como material o producto cuyo propietario o poseedor desecha, pudiéndose encontrar en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (Loaiza-Pérez, 2007).

Los planes de manejo permiten promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como su manejo integral, a través de medidas que permitan reducir los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos los procedimientos para su manejo, además de establecer modalidades de manejo de acuerdo a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyen (DOF, 2003; Lira-Rodríguez 2006; Orjuela, 2013).

Durante los de 2007-2020, se observó variabilidad de RSU en las distintas montañas (A, B, C) distribuidos en el relleno sanitario de la ciudad de Guachochi, Chihuahua. Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron elaborar un diagnóstico situacional del manejo de residuos en la zona serrana una ciudad ubicada al sur del estado de Chihuahua en el municipio de Guachochi, con latitud 26.81, longitud: -107.07 26° 49' con 2390 msnm, (Coordenadas geográficas UTM, 2021; DB-city, 2021), con escasos estudios en temas de interés, considerando como el primer estudio base teórico-práctico en materias de RSU, cuyo propósito es dar a conocer la información a la sociedad sobre el estatus de generación de residuos, así mismo tomar acciones las cuales permitirán la disminu-

ción de impacto ambiental producidos por los mismos, producto de las actividades propias de las dependencias de la ciudad, guiando adecuadamente el cumplimiento ambiental y normativo, atendiendo en forma particular a la reducción de la generación y al rescate de residuos que sean susceptibles de “valoración”.

Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en el relleno sanitario de la ciudad de Guachochi, Chihuahua, municipio de Guachochi (latitud 26.81, longitud: -107.07 26° 49' con 2390 msnm). Los análisis de laboratorio incluyendo microbiológicos y fisicoquímicos se realizaron en la Universidad Tecnológica de la Tarahumara.

Obtención de datos. Para obtener datos sobre consumo, generación y manejo de RSU, se aplicó la encuesta a la población para conocer la información que se tienen sobre los RSU, tomando como referencia las normas oficiales y la legislación vigente para el manejo de residuos sólidos urbanos.

Generación per-cápita. Para la obtención de la generación per cápita, se utilizó como referencia la Norma NMX-AA-061-1985, la muestra se tomó de tres puntos (Figura 1), de acumulación diferentes de los que constituyeron de muestras de 50 kilos de residuos de la montaña “A”, 50 kilos de residuos de la montaña “B” y 50 kilos de la montaña “C”, de los cuales cada una de ellas fueron generadas en periodos distintos; posteriormente fueron colocándolos en nuevas bolsas identificadas con la fecha y una letra de referencia para almacenar los residuos generados a lo largo del muestreo.

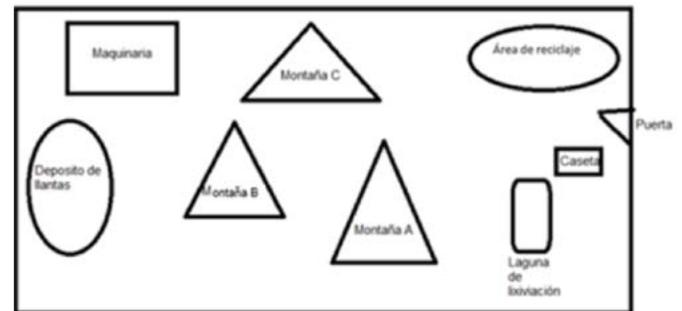


Figura 1. Distribución de relleno sanitario (Martínez, 2020).

Los residuos muestreados fueron pesados y registrados individualmente. Se realizó el análisis de los resultados de generación de RSU, el peso obtenido en cada área y se dividió entre el número de habitantes de este para obtener los datos de generación per cápita por día. Se obtuvo un promedio de generación diaria, y un promedio de generación por área, evaluándose a través de un diseño completamente al azar.

El peso de cada categoría de residuos fue registrado y clasificado cada una con subcategorías. La Ecuación 1, se utilizó para determinar el porcentaje en peso empleado para cada una de las subcategorías.

Ecuación 1. Porcentaje de la subcategoría

$$Ps = (PL/PT) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

PS = Porcentaje de la subcategoría

PL = Cantidad de la subcategoría en kilogramos

PT = Peso total de la muestra en kilogramos

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de medidas de tendencia central (desviación estándar, así como la media, mediana y moda).

Dentro de la Norma NMX-AA-61-1985 se incluye la cedula de encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos urbanos, como se muestra en la Figura 2.

CEDULA DE ENCUESTA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS

No. DE MUESTRA ----- No. ALEATORIO -----

POBLACION ----- MUNICIPIO O DELEGACION ----- ENTIDAD FED -----

CALLE ----- NUM ----- C. P. -----

COLONIA ----- NIVEL SOCIOECONOMICO -----

HABITANTE POR CASA ----- FREC. DERECH. ----- TIPO DE RECIPIENTE -----

QUE HACE CON LOS RESIDUOS SOLIDOS SI NO PASA EL CAMION? -----

SU OPINION SOBRE EL SERVICIO DE RECOLECCION BUENA --- MALA --- REGULAR ---

NOMBRE DEL ENCUESTADOR -----

PUESTO QUE DESEMPEÑA -----

INSTITUCION O EMPRESA -----

No.	FECHA	DIA	PESO DE LOS RESIDUOS	GENERACION PER-CAPITA	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Figura 2. Cedula de encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos (NMX-AA-61-1985).

Método del cuarteo. Para la cuantificación de los residuos sólidos urbanos se siguió la metodología propuesta por la Norma NMX-AA-015-1985. Se recolectaron los residuos generados por la ciudadanía, los residuos recolectados en las bolsas fueron pesados con una báscula romana con capacidad de 100 kg.

El área para la realización del cuarteo se determinó de acuerdo con la cantidad de residuos totales generados, en base al peso registrado (Tabla 1).

Tabla 1. Selección y cuantificación de subproductos.

Categorías de residuos	Kg	%
Algodón		
Cartón		
Cuero		
Envase en cartón encerado		
Fibra dura vegetal (esclerenquima)		
Fibras sintéticas		
Hueso		
Hule		
Lata		
Loza y cerámica		
Madera		
Material de construcción		
Material ferroso		
Material no-ferroso		
Papel		
Pañal desechable		
Plástico de película		
Plástico rígido		
Poliuretano		
Poliestireno expandido		
Residuos alimenticios		
Residuos de jardinería		
Trapo		
Vidrio de color		
Vidrio transparente		
Rafia		
RPSI		
Total		

Fuente: Norma NMX-AA-22-1985.

Resultados

Una vez realizado el muestreo y cuarteo respaldado de la Norma NMX-AA-015-1985 y el cumplimiento del llenado de la cédula de informe de campo para el cuarteo de los residuos como se observa en la Figura 3, se logró recabar la información competente a los residuos generados como: bolsas de plástico, plástico rígido y pañales desechables, por lo que es necesario llevar a cabo estrategias para la minimización de estos, la separación y el reciclaje. El peso total estimado muestra que se recolectó fue de 150 kg, en la Tabla 2, se observa la composición y los porcentajes de los RSU generados en el Relleno sanitario de la ciudad de Guachochi, Chihuahua, los cuales fueron pesados individualmente, separándolos por subcategorías, con base en la categoría para determinar la composición de RSU mostrada en la NMX-AA-22-1985, un gran porcentaje de los residuos generados pueden ser confinados o tienen un elevado potencial de reciclaje.

A partir de los resultados de campo, se determinó que el 13.87% del residuo total del relleno sanitario es susceptible al proceso de composteo, 71.6% es material reciclable y únicamente 14.53% es residuo no aprovechable. Se detectaron varias oportunidades en cuanto al reciclaje, debido a que dos de los residuos de mayor generación y por lo tanto de mayor impacto ambiental son potencialmente recuperables, como lo son el plástico rígido y bolsas plásticas; por otro lado, los pañales desechables son considerados como residuos de manejo especial y deben de tener su disposición adecuada.

La selección de los subproductos se realizó con base a la Norma NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos(Tabla 2).

Tabla 2. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en el relleno sanitario de la ciudad de Guachochi.

Categorías de residuos	Kg	%
Algodón	1.6	1.06
Cartón	2.5	1.66
Cuero	1.2	0.88
Envase en cartón encerado	3.8	2.53
Fibra dura vegetal (esclerénquima)	1.2	0.88
Fibras sintéticas	2.8	1.86
Hueso	1.1	0.73
Hule	2.3	1.53
Lata	2.1	1.4
Loza y cerámica	4.9	3.26
Madera	2.4	1.6
Material de construcción	2.8	1.86
Materia l ferroso	2.2	1.46
Material no-ferroso	0.8	0.53
Papel	3.5	2.33
Pañal desechable	16.7	11.13
Plástico de película	2.6	1.73
Plástico rígido	22	14.66
Poliuretano	2.3	1.52
Poliestireno expandido	1.9	1.25
Residuos alimenticios	2.7	1.8
Residuos de jardinería	7.1	4.72
Trapo de algodón	3.9	2.6
Vidrio de color	13.7	9.12
Vidrio transparente	14	9.32
Rafia	1.6	1.06
Bolsas plásticas	24	16
RPBI	2.3	1.52
Total	150	100

Fuente: Norma NMX-AA-22-1985.

Los residuos de mayor generación representaron el 41.8 % de los residuos generados en el relleno sanitario. En la Figura 3, se muestran los porcentajes de la categoría de residuos que son reciclados, con potencial de reciclaje y los no aprovechables. Como se puede apreciar el 71.6% son residuos con potencial a ser reciclados (cartón, envase en cartón encerado, hule, latas, loza y cerámica, material de construcción, material ferroso, material no ferroso, plástico de película, plástico rígido, poliuretano, poliestireno expandido, vidrio de color, vidrio transparente, rafia, bolsas plásticas y trapo de algodón), el 13.87% son residuos compostables (algodón, cuero, fibra dura vegetal, hueso, papel, residuos alimenticios y residuos de jardinería) y solo el 14.53% de los residuos no se aptos para ser reciclados (pañales desechables, fibra sintética y RPBI).

■ Composteo ■ Reciclable ■ Residuo no aprovechable

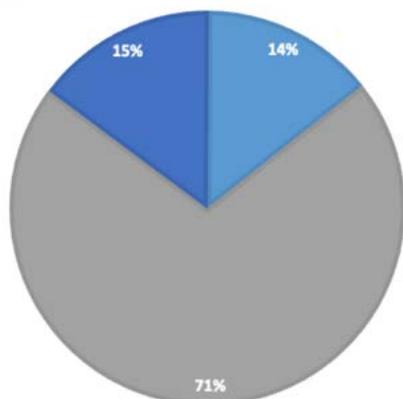


Figura 3. Porcentaje de residuos en categoría de reciclaje (Martínez, 2020).

La generación per-cápita se adecua obteniéndola de cada una de las montañas de residuos que se encuentran en el relleno. Los resultados se ven reflejados en la Tabla 3 mostrando la generación per-cápita de cada una de ellas.

Las Tablas 4, 5 y 6, muestran como al pasar de los años muchos de los residuos se consumen mayormente, trayendo consigo secuelas perjudiciales para nuestro medio ambiente.

De igual manera se ha reflejado que en la montaña C, hubo presencia de residuos peligrosos biológico infeccioso (RPBI), generados por hospitales y laboratorios, que no cuentan con una disposición final adecuada debido que el relleno sanitario del municipio de Guachochi Chihuahua no está capacitado para brindarle el correcto manejo y disposición final a tales.

Tabla 3. Generación per-cápita de cada una de las montañas de residuos, pertenecientes al relleno sanitario de la Ciudad de Guachochi, Chihuahua.

Montaña	Generación per-cápita
A	$\text{Generación per-cápita} = \frac{50 \text{ (kilos de residuos)}}{14,520 \text{ (habitantes del año 2011)}} = 0.00344$
B	$\text{Generación per-cápita} = \frac{50 \text{ (kilos de residuos)}}{17,655 \text{ (habitantes del año 2017)}} = 0.00283$
C	$\text{Generación per-cápita} = \frac{50 \text{ (kilos de residuos)}}{22,130 \text{ (habitantes del año 2020)}} = 0.00225$

Fuente: (Martínez, 2020).

Tabla 4. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en montaña A del relleno sanitario de la ciudad de Guachochi.

Categorías de residuos	Kg	%
Algodón	0.6	1.2
Cartón	1.6	3.2
Cuero	0.8	1.6
Envase en cartón encerado	1.5	3
Fibra dura vegetal (esclerénquima)	0.8	1.6
Fibras sintéticas	1.2	2.4
Hueso	0.8	1.6
Hule	0.8	1.6
Lata	0.9	1.8
Loza y cerámica	3.1	6.2
Madera	0.5	1
Material de construcción	0.9	1.8
Material ferroso	0.7	1.4
Material no-ferroso	-	-
Papel	1.2	2.4
Pañal desechable	5.2	10.4
Plástico de película	0.8	1.6
Plástico rígido	7	14
Poliuretano	0.7	1.4
Poliestireno expandido	-	-
Residuos alimenticios	-	-
Residuos de jardinería	2.8	5.6
Trapo	1.1	2.2
Vidrio de color	4	8
Vidrio transparente	3	6
Rafia	-	-
Bolsas plásticas	10	20
RPBI	-	-
Total	50	100

Fuente: (Martínez, 2020).

Tabla 5. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en montaña B del relleno sanitario de la Ciudad de Guachochi.

Categorías de residuos	Kg	%
Algodón	1	2
Cartón	0.4	0.8
Cuero	0.4	0.8
Envase en cartón encerado	1.2	2.4
Fibra dura vegetal (esclerénquima)	-	-
Fibras sintéticas	0.8	1.6
Hueso	0.3	0.6
Hule	1	2
Lata	0.8	1.6
Loza y cerámica	1.1	2.2
Madera	0.9	1.8
Material de construcción	1.5	3
Material ferroso	0.7	1.4
Material no-ferroso	0.8	1.6
Papel	1.5	3
Pañal desechable	6	12
Plástico de película	1	2
Plástico rígido	7	14
Poliuretano	0.7	1.4
Poliestireno expandido	0.8	1.6
Residuos alimenticios	1	2
Residuos de jardinería	1.4	2.8
Trapo	1.1	2.2
Vidrio de color	3.3	6.6
Vidrio transparente	4	8
Rafia	0.4	0.8
Bolsas plásticas	10.9	27.25
RPBI	-	-
Total	50	100

Fuente: (Martínez, 2020).

Tabla 6. Composición porcentual de los residuos sólidos generados en montaña C del relleno sanitario de la ciudad de Guachochi.

Categorías de residuos	Kg	%
Algodón	-	-
Cartón	0.5	1
Cuero	-	-
Envase en cartón encerado	1.1	2.2
Fibra dura vegetal (esclerénquima)	0.4	0.8
Fibras sintéticas	0.8	1.6
Hueso	-	-
Hule	0.5	1
Lata	0.4	0.8
Loza y cerámica	0.7	1.4
Madera	1	2
Material de construcción	0.4	0.8
Material ferroso	0.8	1.6
Material no-ferroso	-	-
Papel	0.8	1.6
Pañal desechable	5.5	11
Plástico de película	0.8	1.6
Plástico rígido	8	16
Poliuretano	0.9	1.8
Poliestireno expandido	1.1	2.2
Residuos alimenticios	1.7	3.4
Residuos de jardinería	2.9	5.8
Trapo	1.7	3.4
Vidrio de color	6.4	12.8
Vidrio transparente	7	14
Rafia	1.2	2.4
Bolsas plásticas	3.1	6.2
RPBI	2.3	4.6
Total	50	100

Fuente: (Martínez, 2020).

Por otro lado, se ve reflejado que en la montaña C hubo una disminución respecto a los residuos de bolsas plásticas, ya que a partir 29 de agosto del 2019 entró en vigor el decreto LXV/RFLEY/0838/2018 XIV PE, que contiene reformas a la Ley para Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado, el cual establece que en el estado de Chihuahua solo se utilizaran bolsas reutilizables o de materiales biodegradables (Secretaría General de Gobierno, 2019). En las Tablas 7, 8 y 9, se muestra los pesos (kg) de las submuestras de la montaña “A”, “B” y “C”.

Tabla 7. Peso (kg) de submuestras de la montaña “A”.

Muestra A	Kg
Submuestra A1	10.5
Submuestra A2	14.5
Submuestra A3	13.6
Submuestra A4	11.4
TOTAL	50

Fuente: (Martínez, 2020).

Tabla 8. Peso (kg) de submuestras de la montaña “B”.

Muestra B	Kg
Submuestra B1	11.2
Submuestra B2	11.7
Submuestra B3	7.3
Submuestra B4	9.3
Submuestra B5	10.5
TOTAL	50

Fuente: (Martínez, 2020).

Tabla 9. Peso (kg) de submuestras de la montaña “C”.

Muestra C	Kg
Submuestras C1	11.3
Submuestras C2	11.3
submuestras C3	10.3
submuestras C4	17.1
TOTAL	50

Fuente: (Martínez, 2020).

Recabados dichos datos respecto a las submuestras se corresponden a realizar las mediciones de medidas de dispersión estadísticas (la media, mediana y moda) como se muestra en la Figura 4.

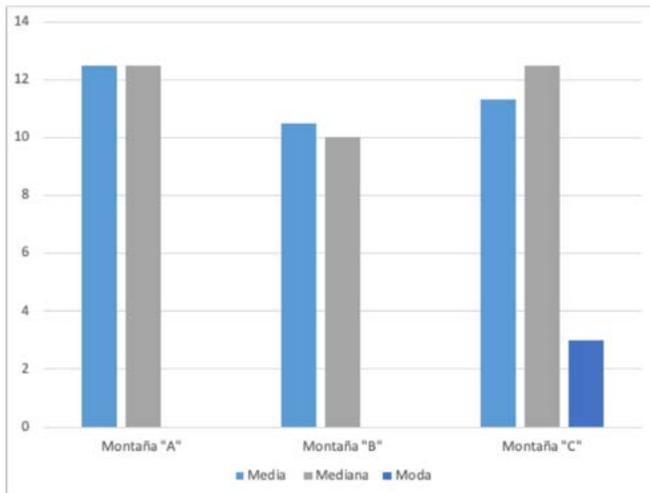


Figura 4. Medición de media, mediana y moda de la montaña "A", "B" y "C" (Martínez, 2020).

De igual manera se procedió a la medición de desviación estándar, determinándose el grado de diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 5), en la cual se describe que en la montaña C existe una gran cantidad de dispersión de puntos de muestras, con respecto a las montañas A y B después de doblar su cantidad.

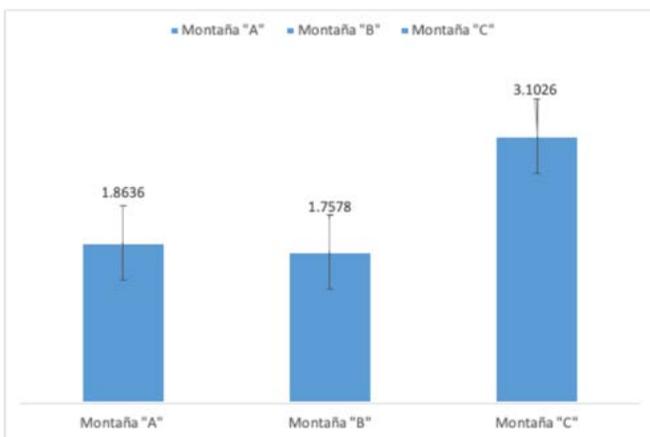


Figura 5. Dispersión estándar de las distintas montañas de RSU muestreadas (Martínez, 2020).

Discusiones

En el relleno sanitario del municipio de Guachochi Chihuahua, se confirma la presencia de residuos peligrosos, los cuales requieren un manejo adecuado y el relleno no está en condiciones para dar disposición final, cabe mencionar que este estudio se complementa con la técnica de Quijada-Segura y Soto-Córdoba, 2009, aplicada en Puntarenas Costa Rica, donde se implementó el plan de manejo integral de RSU en el vertedero de Zagala lo cual indica que la generación de residuos es muy homogéneo mostrando una diferencia de los residuos generados en la ciudad de Guachochi, muestra la heterogeneidad como punto crítico al no tener una separación desde su generación.

En relación a lo anterior los porcentajes obtenidos (13.87% coposibles, 73% reciclables y 14.53% no aptos para reciclaje) han manifestado una variación en los resultados que se presentaron por Vargas et al., 2015 en la Universidad Tecnológica de Salamanca Guanajuato demostrando 71.635% por composteo, 25.833% material de reciclaje y 2.5532%.

En este sentido se comprende la disposición final que se le brinda a los desechos generados está basada en arrojar los desechos en lugares inapropiados, en su mayoría, ya sea en el botadero municipal o en las orillas, además de no realizar previamente una segregación de los desechos generados, desaprovechando así el potencial de reciclaje de algunos desechos, coincidiendo con lo expuesto por Waleska (2013), en Chimaltenango, Guatemala.

Conclusiones

Se determinó el tipo de residuos presentes que más se genera, las cantidades y porcentajes de cada uno de ellos donde, logrando establecer los prioritarios para aplicar acciones de reducción, reciclado y/o tratamiento, e identificar los residuos peligrosos o de manejo especial.

Los residuos que se detectaron como prioridad, por sus características de debido a su mayor generación en peso, fue pañales desechables, bolsas plásticas y plástico duro.

Es necesario implementar un plan de manejo que inicie con el programa de separación de residuos sólidos urbanos, clasificándolos adecuadamente, valorizando cada uno de ellos, por lo que se requiere la conformación de comités para proponer e implementar conforme a la normatividad aplicable, así como realizar campañas de difusión y educación ambiental, tanto a los trabajadores, como a los habitantes de la ciudad, de una manera continua, dar seguimiento y evaluación del mismo.

Bibliografía

- + *Ascanio-Yupaniqui, F. H. (2017). Plan de manejo de residuos solidos urbanos (Tesis doctoral).Huancayo, Peru. Universidad Nacional del Centro de Peru. Facultad de Ingenieria Ambiental. Noviembre de 2017. 99P.*
- + *Céspedes, L. Informe de la situacion actual del medio ambiente en México. Ciudad de México. Impresos Santiago S. A. de C. V. 2019. 09810.*
- + *DB-city (26 de abril de 2021). Guachochi. <https://es-db-city.com/M%C3%A9xico--Chihuahua--Guachochi>*
- + *Diario Oficial de la Federación (DOF).Art 89. Ciudad de Mexico. Ley General de Protección y Generacion Integral de Residuos(LGPGIR). Titulo primero de disposiciones generales. Ciudad de Mexico. 08 de octubre de 2013. 24p.*
- + *Diario Oficial de la Federación (DOF).06500. 2014. Ciudad de México. Ley general de equilibrio ecologico y proteccion al ambiente en materia de autorregulacion y audtorias ambientales. Ciudad de México. 31 de Octubre de 2014.5p.*
- + *Interior; S. D. Reglamento interior de la secretaria general de gobierno. Chihuahua, Chihuahua. Periodico oficial. 2020. 117.*

+ Lira-Rodríguez K. A. *Propuesta de un programa para el manejo de residuos sólidos en el mercado "Héroes del 47" de Tuxpan, Veracruz (Tesis Doctoral). Poza Rica Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de ingeniería. 2017.66p.*

+ Loaiza-Pérez, J. E. (2007). *Gestión integral de residuos químicos peligrosos. Revista de Sociedad Química del Perú. 73 (4):259-260. Marzo de 2007.*

+ Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002.2003. ciudad de México. (17 de Febrero de 2003). *Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. Ciudad de México. Diario oficial de la federación. 17 de febrero de 2003. 9p.*

+ Orjuela-Yepes. D. *Estudio comparativo de las normas relevantes a nivel internacional para la definición, clasificación, exclusión, desclasificación e identificación de residuos peligrosos. Revista de ciencias biomedicas. 11(19):73-92. Enero-junio 2013.*

+ Procuraduría General de Protección al ambiente. Art 1-4. 2016. Ciudad de México (05 de Septiembre de 2016). *Ley General de Protección y Gestión integral de Residuos (LGPGIR). Ciudad de México. Diario Oficial de la Federa-*

ción Gobierno de Mexico. 05 de septiembre de 2016.52p.

+ Quijada-Segura y Soto Córdoba. *Plan de manejo integral de residuos sólidos urbanos en Esperanza Puntarenas, Costa Rica. Revista de tecnología en marcha. 22(4):66-74. diciembre 2009.*

+ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). NOM-052-SEMARNAT-2005.2005. Ciudad de México. *Características y procedimientos de identificación, clasificación y listados de residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación. 23 de junio de 2006. 52p.*

+ Torri S. I. (2017). *¿Qué es un relleno sanitario? Buenos Aires. Departamento de recursos naturales y ambiente. Centro de Estudios y Desarrollo de Políticas Públicas, CE-CePP.24586.*

+ Vargas O, Alvarado E, López C y Cisneros V. *Plan de residuos sólidos generados en la Universidad Tecnológica de Salamanca. Revista Iberoamericana de Ciencias. 2(5):83-91. septiembre de 2015.*

+ Waleska- Zamora A.J. *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos en el municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango. (tesis de Maestría). Guatemala. Universidad de San Carlos Guatemala, Facultad de arquitectura. Noviembre de 2013. 129p.*

Abstract: The purpose of this work was to carry out a first diagnosis that would allow evaluating about expectations of innovation culture in an educational institute as a key factor that favors organizational competitiveness. The innovation culture distinguishes by being structured with values, beliefs, attitudes, behaviors, procedures, and methods, aimed at developing learning, entrepreneurship, creativity, and innovation capacities in an organization. The Rao and Weintraub model was used to measure the innovation culture index from tangible or rational and intangible or emotional views that include it through a quantitative, non-experimental study of correlational scope and cross-section, The stems showed a regular perception of being an innovative institution and limited in processes, resources and results, which promote values, behaviors and a favorable climate to develop an innovative work environment that response to changes in the surrounding. We concluded the relevance of reinforcing the rational aspects through the formal and strategic support of the entity to strengthen the innovative climate that encourages commitment and learning attitude to stimulate creativity and innovation in all educational actors of the institution.

+ Keywords: *Innovation culture, rational dimension, emotional dimension.*

Introducción

El índice Mundial de Innovación (IMI) es un referente para medir el desempeño de innovación de los países y analizar los progresos en esa materia. La información proporcionada permite generar estrategias dentro de los sectores público y privado para encaminar intervenciones hacia el desarrollo organizacional.

Al respecto, según los reportes del IMI 2020, México se cataloga como una economía con un desempeño en innovación acorde con las expectativas y su nivel de desarrollo. Sus registros clasifican a México en el puesto 55 del mundo y el segundo de América Latina, ubicándola junto con Chile y Costa Rica como los países con mayor liderazgo en innovación de Latinoamérica (Cornell University, INSEAD y World Intellectual Property Organization, 2020).

Sin embargo, en materia de educación México se ubica en la posición 78 al destinar bajos presupuestos del PIB para las actividades que propicien la formación del capital intelectual en las labores de investigación y desarrollo de ciencia y tecnología, que potencialicen las capacidades creativas y de innovación en instituciones educativas y centros de investigación, como pilares en el proceso productivo y competitivo del país (Torres, Vásquez, Luna, Vilorio y Crissien, 2020).

Por ello, se considera un desafío (Mazzucato, Kattel y Ryan, 2020) ordenar los esfuerzos para que, tanto políticas públicas del gobierno, como acciones de las empresas se encaucen a promover el desarrollo tecnológico e innovación de los productos, procesos y servicios, en colaboración con instituciones educativas y centros de investigación para desarrollar innovación social.

Desde una perspectiva más general, la innovación se convierte en un factor determinante para el desarrollo competitivo de las organizaciones, lo que las obliga desarrollar procesos, destinar recursos, promover

un clima y valores de trabajo que favorezcan la construcción de una cultura orientada a la innovación, donde sus colaboradores manifiesten comportamientos: emprendedores, creativos y de aprendizaje para obtener resultados competitivos.

Ante esa reflexión, como lo comparte Araya (2019), desde el contexto escolar, las capacidades creativas y de innovación deben iniciarse desde la formación de los profesionales a través del desarrollo de procesos, métodos, recursos y competencias que faciliten la interacción entre los directivos, profesores y estudiantes, para crear un modelo educativo innovador que esté en permanente vinculación con los sectores empresariales y sociales (Rossetti, Aisa y Talbot, 2020), además de contribuir en acciones de investigación y desarrollo donde los conocimientos se apliquen para cubrir las necesidades del entorno.

De esta manera, González (2020), reseña que la innovación educativa son procesos que buscan la mejora en la calidad educativa incrementando la participación de los distintos actores educativos en el diseño, implementación y evaluación de contenidos y metodologías que contribuyan en la generación de conocimiento y vinculación con los sectores industriales y sociales.

En ese contexto, Araya (2019), comenta que las instituciones educativas asumen una cultura de innovación mediante interacciones y valores que promueven la generación de nuevos conocimientos y creación de innovaciones en sus procesos y servicios educativos en un ambiente de aprendizaje, creatividad, autonomía, emprendimiento, trabajo en equipo y vinculación con el entorno.

Chaparro, Álvarez y Álvarez (2020), resaltan que la cultura orientada a la innovación implica materializar la transformación del sistema educativo en procesos dinámicos que impacten en las actividades: académicas, científicas, escolares y humanistas. Los valores, creencias y comportamientos definidos para desarrollar innovación se manifiestan en el intercambio de intereses, colaboración y transferencia de conocimientos y el quehacer escolástico y administrativo que promueve la innovación y flexibilidad académica, curricular y docente.

Ante el impacto de contribución de las instituciones educativas al nivel de innovación y competitividad de un país, despierta el interés de conocer ¿cuál es el estatus de desarrollo de cultura de innovación en una institución educativa del entorno cercano?

Desde la figura del desarrollo organizacional para originar un proceso de intervención de cambio, se determina como propósito: Realizar un diagnóstico inicial que permita evaluar la percepción de la cultura de innovación en una institución educativa como factor clave que favorece la innovación.

Cabe mencionar que en las aportaciones literarias sobre esta temática se encuentran diversos modelos teóricos y empíricos para medir la cultura organizacional, como los aportados por: Nakata (2009), Schein (2010), Cameron y Quinn (2011), Hofstede (2011), Denison (2012), Morelos y Fontalvo (2014), por mencionar algunos, los cuales evalúan diversos factores internos y externos que pueden valorar los rasgos culturales de una organización.

En ese mismo sentido, también se tienen modelos para diagnosti-

car, medir y evaluar la cultura de innovación, como las contribuciones de: Martins, Martins y Terblanche (2004), Dobni (2008), Tellis, Prabhu y Chandy (2009), Rao y Weintraub (2013), Tejeiro (2014), Naranjo y Calderón (2015), entre otros, quienes plantean componentes materiales y/o intangibles que favorecen el desarrollo de valores y procesos encaminados a potencializar a la innovación como factor fundamental en la generación de valor.

Por lo tanto, en este trabajo se toma el modelo de Rao y Weintraub (2013) quienes proponen la evaluación de la cultura de innovación desde dos factores importantes: el racional o tangible y el emocional o intangible, con los que puede diagnosticarse desde la visión de alguno de los sectores de la organización, el estatus interno de desarrollo de las características que distinguen este sistema de valores, comportamientos, métodos y procedimientos encaminados a la innovación, e iniciar un planteamiento de mejora y cambio hacia ese sentido.

La unidad de análisis en este estudio es una Institución de Educación Superior de orden público, creada desde 1996 y que se caracteriza por ser una institución que cuenta con diversos planes de estudios en las áreas de ingeniería y administración a nivel licenciatura y posgrado, además de tener infraestructura y propuestas de vinculación con el sector industrial.

El siguiente trabajo se articula primeramente con la revisión literaria del objeto de estudio, particularmente con la presentación teórica del modelo de Rao y Weintraub. Después, se describe el diseño metodológico trazado para realizar el diagnóstico inicial. Posterior a ello, se presentan y discuten los resultados obtenidos. Finalmente, se argumentan las conclusiones principales de esta investigación.

Revisión de literatura

Cultura de innovación

La cultura organizacional es ampliamente conceptualizada como un conjunto compartido de creencias, valores, actitudes, supuestos y normas reflejadas en las actividades y propósitos de una organización. Como lo destacan Liu, Zhang y Gao (2020), la dimensión de la cultura organizacional que enfatiza la creatividad, experimentación, adaptabilidad y asunción de riesgos, refiere a la cultura de innovación, que se fundamenta como un recurso estratégico que tiene efectos positivos en el desarrollo del conocimiento e incremento del desempeño de la empresa.

Por ello, Tang, Park, Agarwal y Liu (2020), resaltan los argumentos de Brettel y Cleven para plantear que la cultura de innovación contribuye a manifestar el grado en que las organizaciones están dispuestas a aprender y desarrollar conocimientos con la intención de detectar y llenar vacíos entre lo que el entorno demanda y lo que la empresa ofrece.

Con lo anterior, se identifica que la cultura de innovación contempla diversos factores orientados a desarrollar comportamientos estratégicos y operacionales que crean valor e influyen en la manera de enfrentar el entorno, porque se involucran los aspectos tangibles de la organización para dar soporte a las capacidades de sus intangibles que coadyuvan en la generación de ventajas competitivas (Bilková, Greco, Palmigiano, Tzimoulis y Wijnberg, 2016).

De esa manera, los valores compartidos, creencias y actitudes influyen en el desarrollo de innovación (De Montreuil, Gomes y Curto, 2020). Esa influencia ocurre en dos sentidos: a través de los procesos de socialización donde los individuos aprenden comportamientos y actividades aceptables y, también, cuando los valores, suposiciones y creencias, establecen procedimientos que influyen en la estructura de la organización, así como sus políticas y prácticas de gestión.

Desde esa perspectiva, analizar la cultura de innovación implica considerar diversos factores que involucran recursos tangibles e intangibles de la organización que se complementan e interactúan de manera sistémica y multidimensional. En ese tenor, surgen modelos teóricos que contribuyen a evaluar desde un despliegue multifactorial los rasgos de esa cultura.

Modelo de cultura de innovación según Rao y Weintraub

Campos (2020) resalta que cuando se trata de fomentar la innovación, las organizaciones generalmente se enfocan a atender la medición de recursos, procesos y resultados y tienden a poner menor atención en las dimensiones orientadas a las personas como: valores comportamientos y clima.

Rao y Weintraub (2013) Diseñaron un instrumento para medir la cultura de innovación en una organización contemplando los aspectos tangibles e intangibles que la integran. El modelo teórico considera que la cultura de innovación se basa de seis bloques: recursos, procesos, resultados, valores, comportamientos y clima, los tres primeros contemplan la dimensión racional y los tres últimos la dimensión emocional de una organización. Cada bloque se compone de tres factores (18 en total), y en cada uno de esos factores se incorporan tres elementos subyacentes (54 en total). La Tabla 1, esquematiza los componentes del modelo.

Tabla 1. Componentes del modelo de cultura de innovación según Rao y Weintraub (2013).

Dimensión racional			Dimensión emocional			
Impulsos-Experiencia-Talento Selección-Comunicación-Ecosistema Tiempo-Orden-Espacio	Personas Sistemas Proyectos	Recursos	Valores	Emprendimiento Creatividad Aprendizaje	Exploración-Tolerancia-ambigüedad-Orientación acción Integración-Autonomía-Experimentación Curiosidad-Experimentación-Fases OK	
Protección-Introspección-Proceso controlado Flexibilidad-Lanzamiento-Desarrollo	Ideación Concreción Realización	Procesos	Comportamientos	Impulso Compromiso Facilitación	Inspiración-Red-Modelo Desarrollo-Integración-Apoyo Influencia-Adaptación-Tenacidad	
Estudios-Competitividad-Financiera Propósito-Disciplina-Capacidad Satisfacción-Crecimiento-Recompensa	Estado Institucional Personal	Resultados	Clima	Colaboración Seguridad Simplicidad	Comercio-Orientación-Trabajo en equipo Confianza-Integración-Financiera Sin burocracia-Responsabilidad-Toma de decisiones	

Fuente: Elaboración propia.

Los bloques construidos están dinámicamente ligados. Así, los valores de la organización tienen un impacto en los comportamientos de las personas, en el clima de trabajo y en cómo el éxito es definido y medido. A tal caso, Casagrande, Silva y Alcarde (2020), describen que al menos uno de los bloques de este modelo, debe estar totalmente consolidado para la innovación, porque entrelaza la interacción con diversos factores. Por lo que, a medida que se pasa de los bloques abstractos (emocionales) hacia los elementos concretos (racionales), la cultura de innovación se vuelve más mensurable y manejable. Los rasgos de cada bloque se sintetizan en las siguientes descripciones:

- Valores.** Manifiestan los comportamientos de las personas. Y

es reflejo de la manera en que la organización impulsa las prioridades y decisiones encaminadas al emprendimiento, promoción de la creatividad y aprendizaje continuo.

b. Comportamientos. Describen la actuación de las personas hacia la innovación. Pueden presentarse acciones de perseverancia, superación, mejora continua.

c. Clima. Se caracteriza por la simplicidad, colaboración, entusiasmo y confianza para aceptar desafíos y asumir riesgos dentro de un ambiente seguro; además de fomentar el aprendizaje y pensamiento independiente que cultiva el desempeño productivo de las personas.

d. Recursos. Representan la manera de apoyar los esfuerzos de innovación. Involucra a las personas como factor básico que impacta en los valores y clima de la organización; además de los sistemas de comunicación e interrelación con el ambiente para crear y colaborar conjuntamente en un ecosistema para realizar proyectos innovadores.

e. Procesos. Explican la ruta que sigue una organización para desarrollar innovación, desde la captura y examinación de ideas, la revisión y priorización de proyectos, hasta la creación e implementación.

f. Resultados. Describe cómo se mide el logro y recompensa a las personas como resultado de la innovación, así como, su reconocimiento a nivel externo, empresarial y personal.

Para comprender las interacciones entre los bloques, factores y elementos de cada dimensión, se ejemplifica con el siguiente supuesto: si se relacionara el bloque comportamiento con el bloque resultados, implicaría, por un lado, el que se tuviera el personal con las actitudes y valores alineados a los propósitos de la empresa; y por el otro lado, se establecería un sistema cultural que integre mecanismos de aprendizaje, recompensa y retroalimentación para los resultados obtenidos.

Rao y Weintraub (2013), establecen que el valor de una innovación exitosa se consigue mediante tres niveles de resultados: externo, empresarial e individual. El primero de ellos, muestra hasta qué punto los clientes, competidores y resultados financieros, consideran que la organización es innovadora. A nivel empresarial, el éxito empresarial se mide a través de las mejoras de las capacidades humanas, materiales y financieras de la organización para lograr los objetivos clave de la organización. A nivel personal, los resultados de la innovación se pueden medir considerando las percepciones de crecimiento, satisfacción y recompensa.

Salman, Arshad y Abu (2016), resaltan que el modelo contribuye a realizar un autodiagnóstico organizacional para medir la interacción de lo intangible y tangible de las dimensiones que caracterizan la cultura de innovación en una organización.

La cultura de innovación en el contexto de las Instituciones de Educación Superior (IES)

Ante las características descritas en los apartados anteriores, se de-

termina que las instituciones educativas en su sentido organizacional, necesitan virar a hacia la construcción de una cultura de innovación que les permita mejorar sus procesos, recursos, métodos y dirección en las labores administrativas, académicas y escolares que tienen en su haber operativo.

Araya (2019), explica que la innovación en una institución educativa se identifica en los comportamientos, actitudes, procedimientos, interacciones e intervenciones realizadas en los procesos internos para facilitar la acción de enseñar y aprender mediante el involucramiento de todos los actores de la vida escolar. Por lo que, aplicar un modelo de cultura de innovación (como el de Rao y Weintraub) en las IES, implica promover las condiciones internas de capacidades del personal y el respaldo institucional de recursos y estrategias para que la innovación se convierta en una constante que permita enfrentar cambios y desafíos del entorno.

Asociado a lo anterior, las IES necesitan vincularse con diversos actores del exterior, a fin de realizar actividades más allá de los tradicionales servicios educativos (Rueda, Acosta y Cueva, 2020) que limitan sus procesos internos ante las tendencias cambiantes y crisis que se presenta en el entorno. Paleari, Donina y Meoli (2015), dictaminan que las IES actuales necesitan realizar actividades de involucren la gestión del conocimiento, investigación e innovación y esto se logra, si hay interacción con la sociedad.

Metodología

Diseño

Se realizó un estudio cuantitativo, no experimental, de alcance correlacional y corte transversal. El objetivo fue evaluar la percepción de la cultura de innovación por los estudiantes adscritos a una Subdirección de Estudios de una Institución de Educación Superior de orden público del Estado de México.

Técnica e instrumento

Mediante la técnica de la encuesta, se utilizó como cuestionario de medición el modelo de cultura de innovación propuesto por Rao y Weintraub (2013). El instrumento original se adaptó al contexto educativo, se recurrió a la revisión de expertos en el área de educación y administración para certificar la comprensión de los ítems. Se realizó una prueba piloto del instrumento con 67 estudiantes de una institución similar, quienes revelaron un buen sentido de comprensión de los reactivos y escala.

Se evaluaron los 54 ítems que componen el modelo de cultura de innovación. Se utilizó una escala Tipo Likert de 1 a 5 puntos (Completamente de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo-ni en desacuerdo, en desacuerdo y completamente en desacuerdo).

La consistencia interna del instrumento se examinó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. Demostró una adecuada confiabilidad a nivel global ($\alpha = .969$), dimensional ($\alpha = .930$; $\alpha = .961$; emocional y racional respectivamente) y de sus nueve bloques (valores: $\alpha = .839$; comportamientos $\alpha = .891$; clima $\alpha = .832$; recursos $\alpha = .912$; procesos $\alpha = .898$;

resultados $a = .896$).

Para la validación del instrumento se evaluó la determinante de la matriz de correlación, donde se obtuvo un valor de 4.603E-030, lo que indicó la factibilidad de realizar el análisis factorial por estar muy próximo a cero. Y se calcularon los estadísticos Kaiser Meyer Olkin (KMO=.707) y la prueba de Esfericidad de Bartlett (sig. =.000), los valores fueron apropiados para realizar el análisis factorial por evidenciar correlación entre las variables.

Se realizó el análisis de componentes principales, la proporción de la variancia explicada por los factores comunes de las variables oscilaron entre .665 y .885, por lo que infirió una comunalidad alta para todas las variables. Finalmente, el análisis factorial, mediante el método de componentes principales, estableció 13 componentes relevantes que explican el 78.151% de la variancia. Para efecto de este estudio, se consideraron los 18 factores del modelo original, en futuros trabajos se realizará la adecuación y se profundizará al respecto.

Población y muestra

El criterio de población para realizar el estudio se centró en estudiantes del último semestre de las carreras de: Licenciatura en Administración (LAM), Ingeniería en Gestión Empresarial (IGE) e Ingeniería Industrial (IND) del periodo escolar 19-20/1 de los turnos matutino y vespertino (N = 330). Se realizó el cálculo de la muestra mediante la fórmula de población finita con los criterios: nivel de confianza de 95% ($z = 1.96$), margen de error de 5% ($E = 0.05$); proporción de distribución del 50% ($p = 0.5$, $q = 0.5$). El resultado arrojó una muestra de $n = 178$. Para la recolección de información se utilizó un muestreo aleatorio simple.

Proceso de análisis de datos

El procesamiento de información se realizó con el software SPSS. De acuerdo con las aportaciones de Rao y Weintraub (2013) y de la Asociación Española para la Calidad [AEC] (2017), el criterio utilizado para identificar los bloques, factores y elementos con mayor y menor valoración, fueron los promedios simples más altos y más bajos respectivamente. Se complementó con el cálculo de dispersión (desviación estándar y rango) y se realizaron los análisis de asociación y correlación entre los bloques del modelo con los estadísticos: Chi Cuadrada (X^2), Gamma, d Sommers y Rho de Spearman por utilizar escalas ordinales.

Se decretó el Índice de Cultura de Innovación (ICI) a través de la media aritmética de los seis bloques del modelo. Los criterios empleados para la valoración de las medias fueron tomados de la AEC (2017): Riesgo (1.00 – 1.99); Mejora (2.00 – 2.99); Regular (3.00 – 3.99); Fortaleza (4.00 – 4.49); Excelencia (4.50 – 5.00).

Tabla 2. Promedios y desviación estándar para el ICI global, emocional y racional.

ICI	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango
Global	3.45	0.9944	1	5	4
Dimensión emocional	3.50	0.9877	1	5	4
Dimensión racional	3.40	0.9985	1	5	4

Fuente: Elaboración propia partiendo de los resultados obtenidos.

La percepción de los participantes ante la afirmación (ítem 46) “Considero que pertenecemos a una escuela innovadora” fue de 3.55 y el ICI calculado fue 3.45. Ambas orientaciones determinaron un nivel regular de desarrollo de la cultura de innovación en la institución unidad de análisis.

Las dimensiones emocionales presentaron mayor valor promedio que las dimensiones racionales, lo que manifestó concebir a los valores, comportamientos y clima organizacional con potencial para desarrollar la innovación, si se orientan los recursos y procesos hacia la obtención de resultados que mejoren la percepción de la cultura de innovación.

De manera específica, la Tabla 3, describe la valoración resultante de los componentes del modelo de cultura de innovación de Rao y Weintraub. Como puede apreciarse, indican la media aritmética de cada uno, además de señalar juntamente el ranking alcanzado de su comparación con el resto de los bloques o factores o elementos correspondientes.

La examinación del modelo contribuyó a identificar que todos los bloques estuvieran en el criterio regular (3.00–3.99). Los dos bloques mejor valorados forman parte de la dimensión emocional (Valores 3.54, Comportamientos 3.53). Los demás obtuvieron notas inferiores a 3.5, en ellos se ubicaron: el bloque faltante de la dimensión emocional (Clima 3.42) y los tres bloques de la dimensión racional (Resultados 3.49, Recursos 3.4 y Procesos 3.31).

Este análisis, permitió identificar una percepción aceptable sobre el grado de inversión institucional para desarrollar el espíritu emprendedor mediante la promoción de la creatividad y el estímulo hacia el aprendizaje continuo de los actores educativos. Así también, manifestaron moderada sensación sobre las conductas del personal de mando y docente para superar los obstáculos técnicos y limitaciones de recursos que estimulen innovar en sus estrategias de enseñanza y aprendizaje, además de escuchar las inquietudes de los estudiantes.

Sin embargo, dejó en evidencia la necesidad de optimizar los recursos a través del personal docente y administrativo que impulse la innovación en un clima que cultive compromiso y entusiasmo para aceptar desafíos y riesgos en un ambiente de aprendizaje, donde se definan las rutas para idear, revisar y priorizar proyectos de innovación en el contexto educativo.

Tabla 3. Promedios de los bloques, factores y elementos de la cultura de la innovación.

Bloques	Factores		Elementos									
	\bar{x}	RK	\bar{x}	RK	\bar{x}	RK						
Valores	3.54	1	3.54	3	3.66	2	Tolerancia a la antigüedad	3.60	10	Orientación a la acción	3.37	36
					3.65	4	Autonomía	3.49	24	Espontaneidad	3.59	11
					3.57	13	Experimentación	3.47	28	Fracaso OK	3.49	25
Comportamientos	3.53	2	3.53	1	3.65	1	Reto	3.65	3	Modelo	3.65	6
					3.57	14	Iniciativa	3.16	53	Apoyo	3.64	7
					3.43	29	Adaptación	3.51	23	Tenacidad	3.56	17
					3.42	4	Colaboración	3.46	10	Comunidad	3.27	48
Clima	3.42	4	3.42	10	3.58	12	Integridad	3.61	8	Franquiza	3.47	27
					3.26	18	Sin burocracia	3.26	49	Toma de decisiones	3.43	30
					3.57	15	Expertos	3.30	45	Talento	3.55	18
Recursos	3.4	9	3.4	12	3.33	42	Comunicación	3.33	39	Ecosistema	3.54	20
					3.20	52	Dinero	3.38	34	Espacio	3.43	31
					3.33	43	Filtración	3.37	35	Priorización	3.24	51
Procesos	3.31	6	3.31	15	3.28	47	Retroalimentación	3.32	44	Fracaso controlado	3.35	38
					3.30	46	Lanzamiento	3.25	50	Desarrollo	3.33	40
					3.55	19	Competidores	3.49	26	Financiero	3.52	21
Resultados	3.49	3	3.49	13	3.36	37	Disciplina	3.39	33	Capacidad	3.43	32
					3.54	4	Satisfacción	3.56	16	Recompensa	3.33	41
					3.35	41	Crecimiento	3.74	1	Recompensa	3.33	41

Fuente: Elaboración propia partiendo de los resultados obtenidos.

En cuanto al análisis de los factores del modelo, como se puede ver en la Tabla 2, se identificaron en el criterio regular. Los cinco mejores promedios se ubicaron en factores que corresponden a los bloques de Comportamiento (Impulso 3.65), Valores (Creatividad 3.58 y Emprendimiento 3.54), Clima (Seguridad 3.55) y Resultados (Individuales 3.54). Por otro lado, los factores con menor puntuación se ubicaron en los bloques: Clima (Simplicidad 3.26), Procesos (Realización 3.30, Ideación y Concreción 3.31 ambos) y Recursos (Proyectos 3.34).

En ese sentido, se detectó que los participantes conciben la discreta aceptación de que los profesores les inspiran hacia una actitud de emprendimiento, tomándolos como modelo para desarrollar su capacidad innovadora mediante actividades que sus docentes les ponen a prueba para conseguir el crecimiento de sus capacidades y su ánimo para crear nuevas maneras de enfrentar oportunidades de forma autónoma y espontánea, sin que se les cuestione sus ideas de acción.

Los puntajes anteriores contribuyen a comprender la valoración de la necesidad de mejora, es decir, sus percepciones denotaron la presencia de un ambiente institucional de burocracia, rigidez y centralización que limita procesos escolares flexibles y la facilidad para emprender proyectos o iniciativas para aprovechar las oportunidades que se les presentan en el entorno.

Análisis de asociación y correlación

La Tabla 4, sintetiza el comportamiento de asociación y correlación entre los bloques del modelo. De acuerdo con el estadístico de Chi cuadrada (χ^2) en todas las combinaciones de los bloques se obtuvo un valor $p=.000$, es decir, fue menor al valor de significancia de $\alpha=0.05$. Esto permitió concluir que existe asociación estadísticamente significativa entre las variables, por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0).

Tabla 4. Asociación y correlación entre los bloques del modelo de cultura de innovación.

Asociación entre bloques		χ^2	gl	Sig.	Gamma	Sig.	d Sommers	Sig.	Rho Spearman	
Valores	Comportamiento	51.324	6	0.000	0.701	0.000	0.463	0.442	0.000	.491**
Valores	Clima	77.788	6	0.000	0.805	0.000	0.555	0.526	0.000	.580**
Valores	Recursos	59.456	6	0.000	0.749	0.000	0.491	0.501	0.000	.541**
Valores	Procesos	60.344	6	0.000	0.715	0.000	0.475	0.493	0.000	.527**
Valores	Resultados	59.977	6	0.000	0.723	0.000	0.474	0.476	0.000	.520**
Comportamientos	Clima	90.544	9	0.000	0.814	0.000	0.540	0.537	0.000	.577**
Comportamientos	Recursos	89.635	9	0.000	0.790	0.000	0.522	0.558	0.000	.580**
Comportamientos	Procesos	109.838	9	0.000	0.831	0.000	0.549	0.597	0.000	.614**
Comportamientos	Resultados	79.093	9	0.000	0.774	0.000	0.507	0.534	0.000	.561**
Clima	Recursos	116.252	9	0.000	0.875	0.000	0.598	0.643	0.000	.660**
Clima	Procesos	96.073	9	0.000	0.819	0.000	0.549	0.600	0.000	.617**
Clima	Resultados	102.868	9	0.000	0.813	0.000	0.552	0.584	0.000	.605**
Recursos	Procesos	164.376	9	0.000	0.923	0.000	0.704	0.716	0.000	.752**
Recursos	Resultados	145.357	9	0.000	0.907	0.000	0.666	0.656	0.000	.752**
Procesos	Resultados	127.916	9	0.000	0.890	0.000	0.645	0.625	0.000	.681**

Fuente: Elaboración propia partiendo de los resultados obtenidos.

Al medir la dependencia entre los bloques, se reconoció una alta asociación directa con valores gamma que fueron desde .701 (entre los bloques Valores–Comportamientos), hasta .923 (entre los bloques Recursos–Procesos).

En cuanto al nivel de predicción todos mostraron un sentido directo con valores medios, a excepción de los bloques de la dimensión racional en donde sus combinaciones de asociación arrojaron valores altos. Por ejemplo, el estadístico d Sommers entre la relación de los bloques Recursos–Procesos ostentó respectivamente .704 y .716.

Finalmente, se identificó una correlación significativa positiva al 99% entre todas las combinaciones de los bloques con valores de Rho desde .491 hasta .752.

Con estos resultados de asociación y correlación, se obtuvo evidencia empírica para confirmar que los elementos del modelo de cultura de innovación de Rao y Weintraub son interdependientes y contribuyen a identificar el estatus que tiene la institución sobre el desarrollo de una cultura orientada a innovar.

En tal sentido, por ejemplo, la dependencia Recursos–Procesos (Gamma = .923; d Sommers = .704 y .716; Rho = .752) sugieren que, entre más recursos institucionales se canalicen para impulsar la innovación con el personal adecuado que promueva y respalde la colaboración entre todos los actores educativos (directivos, profesores, estudiantes e instituciones) para promover proyectos de vinculación e innovación, habrá mayor ideación, concreción y realización de procesos flexibles y creativos para saber aprovechar las oportunidades del ambiente.

Así mismo, la dependencia Recurso-Resultados (Gamma = .907; d Sommers = .666 y .656; Rho = .752) infieren que, si los recursos de la unidad de análisis impulsan la innovación, se materializarían resultados a nivel institucional, individual y con el exterior, percibiendo el desarrollo de capacidades de innovación en proyectos de desarrollo y crecimiento.

Sin embargo, por los resultados identificados en los valores promedio de la dimensión racional, con sus bloques, factores y elementos, se dictamina la necesidad de desarrollar procesos que alineen el uso de recursos para fortalecer capacidades de innovación, además de concretar y realizar proyectos de vinculación, mejora continua y adaptación al entorno, que instará a involucrar la dimensión emocional con valores y comportamientos orientados a fortalecer la cultura innovativa en un clima de seguridad, colaboración y simplicidad de procesos que tengan efectos competitivos.

Conclusión

Los hallazgos identificados en este diagnóstico inicial contribuyen, primeramente, a comprobar que los componentes del modelo de Rao y Weintraub presentan vinculación entre sí, lo que insta a considerarse en los procesos de evaluación y dictaminación de la cultura de innovación de una organización desde una perspectiva holística, como lo sugieren Naranjo y Calderón (2015).

En segunda instancia, los resultados empíricos permiten evaluar los rasgos representativos de la cultura de innovación en el contexto de una institución educativa participante y conocer el estatus de desarrollo. Sobre ello, se concluye que, aunque los niveles de percepción se ubicaron en un nivel regular de aplicación, es pertinente reforzar los aspectos

racionales (recursos, procesos y resultados) mediante el apoyo formal y estratégico de la entidad (Sánchez, 2016), para robustecer el clima innovador que fomente el compromiso y actitud (AEC, 2017) hacia la asunción de riesgos y adaptación a nuevos desafíos dentro de un ambiente de aprendizaje que estimule la creatividad de todos los actores educativos.

En ese sentido, de acuerdo con los resultados de asociación y correlación, se estimularía el robustecimiento de la dimensión emocional, con valores y comportamientos del personal, que manifieste la continua preferencia de participación colaborativa y vinculación con el ambiente para emprender actividades, estrategias y proyectos innovadores y competitivos ante los cambios y desafíos emergentes en el contexto educativo.

Con estos razonamientos, se manifiesta que los elementos que constituyen la cultura de innovación son pilares fundamentales en los procesos de generación de valor y competitividad organizacional para enfrentar el entorno en el que se desenvuelve, sin importar el tipo de organización que se trate. Es decir, sus componentes tangibles e intangibles obligan a desarrollar un centro de trabajo innovador (Kassu, 2020), en el diseño organizacional, gestión de recursos y definición de rutas, que impacten en el desempeño, calidad y empoderamiento del personal, para participar en un ambiente donde compartan y transfieran conocimientos, experiencias y habilidades para crear, emprender e innovar.

De esta manera, se ha dado respuesta a la interrogante planteada y el objetivo propuesto para este trabajo. Cabe destacar que el estudio contribuye a un diagnóstico inicial en la institución educativa participante, proyectando la perspectiva de una división de la entidad y que despierta el interés por conocer la percepción de sus demás áreas y, sobre todo, la visión que tienen los profesores, personal de mando y administrativo que la componen, para tener un dictamen más integral sobre la cultura de innovación en este centro educativo.

Finalmente, este trabajo contribuye al análisis del constructo de la cultura de innovación y aporta evidencia empírica desde el contexto de las instituciones educativas como pilar del crecimiento competitivo en el entorno organizacional.

Bibliografía

- + Araya, S. (2019). *Cultura innovativa de una escuela de turismo en Chile. Estudios y Perspectivas en Turismo*, 28, 167–184. ISSN # 1851-1732.
- + Asociación Española para la Calidad (2017). *Estudio 2017 sobre cultura de la innovación en España*. Recuperado de https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=31cfa964-252b-4d3c-80f1-681f4cf5b6c0&groupId=10128
- + Bilková, M., Greco, G., Palmigiano, A., Tzimoulis, A. y Wijnberg, N. (2016). *The logic of resources and capabilities. The Review of Symbolic Logic*, 11(2), 371–410. ISSN # 1755-0203.
- + Cameron, K.S. y Quinn, R.E. (2011). *Diagnosing and changing organizational culture (3a ed.)*. New Jersey: Wiley. ISBN # 978-0-470-65026-4.
- + Campos, J.R. (2020). *Impact of internal crowdsourcing contest on the development of an innovation culture in large organizations*. En M. Tynnhamar (Ed.), *The crest of the innovation management research wave (pp. 49–64)*. Delaware, United States: Vernon Press. ISBN # 978-1-622-73933-2.
- + Casagrande, G., Silva, A. y Alcarde, A.R. (2020). *Integrated technology road mapping in startups: a case study of an AgTech in the Cachaça industry*. *Scientia Agricola*, 78(5), 1–13. ISSN # 1678-992X.
- + Chaparro, E.M., Álvarez, J. y Álvarez J. (2020). *La gestión de la innovación en las instituciones de educación superior en el Estado de México*. *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional*, 2(6). ISSN # 2659-5494.
- + Cornell University, INSEAD y World Intellectual Property Organization (2020). *Global Innovation Index 2020: Who will finance innovation? (13a ed.)*. Geneve: WIPO. ISBN # 978-2-38192-000-9.
- + De Montreuil, L.J., Gomes, G. y Curto, D.L. (2020). *Elements of organizational culture that encourage innovation development*. *Revista de Administração FACES Journal*, 20(1), 8–26. ISSN # 1517-8900.
- + Denison, D. (2012). *Diagnosing organizational cultures: A conceptual and empirical review of culture effectiveness surveys*. *European Journal of Work Organizational Psychology*, 23(1), 145–161. DOI: <https://doi.org/10.1080/1359432X.2012.713173>. ISSN # 1464-0643.

- + Dobni, B. (2008). *Measuring innovation culture in organizations: the development of a generalized innovation culture construct using exploratory factor analysis*. *European Journal of Innovation Management*, 11(4), 539–559. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/14601060810911156>. ISSN # 1464-0643.
- + González, J. (2020). *Reivindicación de la innovación educativa*. *Praxis Pedagógica*, 20(26), 1–5. ISSN # 0124-1494.
- + Hofstede, G. (2011). *Dimensionalizing Cultures: The Hofstede Model in Context*. *Online Readings in Psychology and Culture*, 2(1), 1–26. ISSN # 2307-0919.
- + Kassu, J. (2020). *Workplace Innovation for Social Sustainable Development*. En J. Sánchez y B. Hernández (Eds.), *Sustainable Organizations - Models, Applications, and New Perspectives* (pp. 1–14). *Intech Open*, DOI: 10.5772/intechopen.93791. ISBN # 978-1-83880-963-8.
- + Liu, S., Zhang, M. y Gao, B. (2020). *Innovation Culture, R&D Intensity, and Firm Innovation*. En B. Tung (Conference Chair), *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 6174–6183). Manoa, United States: University of Hawaii. ISBN # 0-8186-7734-1.
- + Martins, E., Martins, N. y Terblanche, F. (2004). *An organizational culture model to stimulate creativity and innovation in a university library*. *Advances in Library Administration and Organization* (*Advances in Library Administration and Organization*, 21, 83–130. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0732-0671\(04\)21003-3](https://doi.org/10.1016/S0732-0671(04)21003-3). ISSN # 0732-0671.
- + Mazzucato, M., Kattel, R. y Ryan, J. (2020). *Challenge-Driven Innovation Policy: Towards a New Policy Toolkit*. *Journal of Industry, Competition and Trade*, (20), 421–437. ISSN # 1573-7012.
- + Morelos, J. y Fontalvo, T. J. (2014). *Análisis de los factores determinantes de la cultura organizacional en el ambiente empresarial*. *Entramado*, 10(1), 96–105. ISSN # 1900-3803.
- + Nakata, C. (2009). *Going beyond Hofstede: Why we need to and how*. London: Macmillan. ISBN # 978-1-349-30047-1.
- + Naranjo, J. C. y Calderón, G. (2015). *Construyendo una cultura de innovación. Una propuesta de transformación cultural*. *Estudios Gerenciales*, 31(135), 223–236. ISSN # 0123-5923.
- + Paleari, Donina y Meoli (2015). *The role of the university in twenty-first century European society*. *Journal of Technology Transfer*, 40(3), 369–379. ISSN # 0892-9912.
- + Rao, J. y Weintraub, J. (2013). *How innovative is your company's culture?* *MIT Sloan Management Review*, 54(3), 28–30. ISSN # 15329194.
- + Rossetti, G., Aisa, S. y Talbot, L. (2020). *Análisis comparativo entre las metodologías de vinculación universidad - empresa. Un caso de estudio*. *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, (1), 34–45. ISSN # 2684-060X.
- + Rueda, I., Acosta, B. y Cueva, F. (2020). *Las universidades y sus prácticas de vinculación con la sociedad*. *Educação e Sociedade*, 41, 1-16. ISSN # 1678-4626.
- + Salman, R., Arshad, D. y Abu, L.J. (2016) *Factors contributing to SMEs innovative culture in Punjab, Pakistan: A pilot study*. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(8), 54–64. ISSN # 2222-6990.
- + Sánchez, G. (2016). *Percepción sistémica de la innovación educativa: Reflexiones desde el nuevo paradigma científico*. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 11(1), 1–8. ISSN # 1659-0104.
- + Schein, E.H. (2010). *Organizational Culture and Leadership* (4a ed.). San Francisco: Jossey-Bass. ISBN # 978-0-470-18586-5.
- + Tang, G., Park, K., Agarwal, A. y Liu, F. (2020). *Impact of Innovation Culture, Organization Size and Technological Capability on the Performance of SMEs: The Case of China*. *Sustainability* 2020, 12(4), 1–14. ISSN # 2071-1050.
- + Tejeiro, M. R. (2014). *Medición de la cultura de innovación: Depuración con cuatro estudios de caso*. *Intangible Capital*, 10(3), 467–504. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.514>. ISSN # 1697-9818.
- + Tellis, G. J., Prabhu, J. C. y Chandy, R. K. (2009). *Radical Innovation across Nations: The Preeminence of Corporate Culture*. *Journal of Marketing*, 73(1), 3–23. DOI: <https://doi.org/10.1509/jmkg.73.1.003>. ISSN # 1547-7185.
- + Torres, M., Vásquez, C.L., Luna, M., Vilorio, A. y Crissien, T. (2020). *Eficiencia técnica de la investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación en países Latinoamericanos*. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 5(E29), 582–594. ISSN # 1646-9895.

ANÁLISIS DE NECESIDADES DE COMPETENCIAS PROFESIONALES EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN LA REGIÓN LAGUNERA

Artículo arbitrado 30

Edición 16

Lina Ernestina Arias Hernandez¹, Ana Lilia Urbina Amador², Estefanía Cerrillo Andrade³, José Eduardo Gutiérrez Montoya⁴ y Karla Lucía Rodríguez de la Torre⁵

^{1,2,5} Tecnológico Nacional de México
Campus La Laguna
Blvd. Revolución y Calzada Instituto
Tecnológico de La Laguna S/N
Torreón, Coahuila, México,
C.P. 27000.

³ Universidad Autónoma de Coahuila
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Blvd. Torreón Matamoros km 7.5
Torreón, Coahuila, México,
C.P. 27276.

⁴ Universidad Autónoma de Coahuila
Escuela de Sistemas Unidad Torreón
Blvd. Torreón Matamoros km 7.5
Torreón, Coahuila, México,
C.P. 27276.



alurbinaa@correo.itlalaguna.edu.mx

Recibido: Marzo 8, 2021.

Recibido en forma revisada: Mayo 18, 2021.

Aceptado: Junio 10, 2021.

Resumen: Debido a los procesos de innovación y modernización a los que son sometidas las empresas para mantenerse competitivas, sus requerimientos de capital humano en tecnologías de la información y comunicaciones cambian de acuerdo con las necesidades globales. Así mismo, el Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (CIDAC, 2016) menciona que el tipo de capital humano que las empresas requieren cambia constantemente debido a los procesos de innovación y modernización a las que son sujetas las industrias para mantenerse competitivas. Por un lado, los jóvenes estudian una carrera para aprender una variedad de competencias técnicas y blandas con el fin de ser exitosos en su mercado laboral, por otro lado, las Instituciones de Educación Superior (IES) se esfuerzan en adaptar sus planes y programas de estudio a los requerimientos empresariales, a través de la actualización periódica de estos con el propósito de disminuir la brecha entre lo que necesitan las empresas y lo que adquieren los estudiantes. Las IES saben que es imprescindible la alineación entre las competencias profesionales de los egresados de las carreras de Tecnologías de Información y Comunicación y las necesidades actuales del mercado laboral.

+ Palabras clave: Competencias profesionales, competencias blandas, competencias técnicas.

Abstract: Due to the innovation and modernization processes that

companies are subjected in order to stay competitive, their human capital requirements in information and communication technologies change according to global needs. Likewise, in (CIDAC, 2016) they mention that the type of human capital that companies require constantly changes due to the innovation and modernization processes to which industries are subjected to stay competitive. On the one hand, young people study a career to learn a variety of technical and soft skills in order to be successful in their job market, on the other hand, Higher Education Institutions (IES) strive to adapt their plans and programs of study of business requirements, through periodic updating of these in order to reduce the gap between what companies need and what students acquire. The IES know that the alignment between the professional competencies of the graduates of the Information and Communication Technologies (TIC) careers and the current needs of the labor market is essential.

+ **Keywords:** *Professional skills, soft skills, technical skills.*

Introducción

De acuerdo con un estudio realizado por (Toner, 2011), sobre habilidades e innovación de la fuerza laboral, se evidencia una fuerte relación entre la oferta de niveles educativos de nivel superior y la demanda de innovación técnica y habilidades blandas que están generando las organizaciones actuales. Así mismo en (OECD, 2011), se indica que el nuevo orden mundial requiere que los profesionales sean capaces de innovar, generar soluciones creativas, adaptarse al cambio, y afrontar y resolver nuevos desafíos.

López, Higuera y Carrillo (2020) señalan que las instituciones de educación superior (IES) son parte fundamental del Sistema Nacional de Innovación, como casos de éxito podemos citar países como Suiza, Suecia, Reino Unido, Dinamarca y Estados Unidos. Sin embargo, no es una característica únicamente de los países del primer mundo, sino que también de aquellos en vías de desarrollo, los cuales, deben buscar una vinculación entre el gobierno y las IES para promover la colaboración y lograr una mejora en innovación y así impulsar el crecimiento.

Asimismo, se estima que un plan de estudios (PE) moderno debe contar con la formación en competencias laborales y habilidades personales, pues el mundo del trabajo actual no sólo demanda competencias técnicas, sino que también competencias blandas, tales como, comunicación efectiva, liderazgo, trabajo en equipo, proactividad, autonomía, toma de decisiones y resolución de problemas que, de acuerdo con (Fallows y Steven, 2000), son los atributos que determinan positivamente el desempeño individual del egresado.

Cobo (2013), enumera tres elementos para tener en cuenta en una conceptualización del aprendizaje más allá de la educación formal: las habilidades interpersonales (sociales o blandas), innovaciones en el sector educativo fomentando la adopción de una cultura de innovación y la movilidad que puede considerarse como un elemento que puede brindar oportunidades de aprendizaje relevantes tanto para los estudiantes como para los educadores.

El estudio realizado por Asheim, Li y Williams (2009), mostró que no hay una diferencia significativa entre la facultad y los gerentes de TI

sobre la importancia de diversas habilidades que deben tener los trabajadores de TI. Además, ambos, los gerentes y profesores de TI calificaron la importancia de las categorías en el siguiente orden decreciente: habilidades / rasgos interpersonales, habilidades / rasgos personales, habilidades técnicas, habilidades organizativas y experiencia.

En el mismo marco de ideas, la Comisión Europea (European Commission) (2021), propone preparar ciudadanos capaces y con amplio conocimiento digital para colaborar con la fuerza laboral del año 2030. Esto debe fomentarse desarrollando un ecosistema de educación digital de alto rendimiento así como empleando una política eficaz para promover vínculos y así ser participe activo en las competencias de la próxima década.

Es prioridad para las Instituciones de Educación Superior (IES) que sus PE incrementen la productividad de sus estudiantes y egresados, ya que de acuerdo con un estudio que publicó Oxford University en el año 2014, para el año 2029, el 40% de los empleos que hoy conocemos van a dejar de existir a consecuencia del cambio tecnológico (Cumbre de Laureate Juventud y Productividad, 2015). Realidad cada vez más cercana y a la vista actual debido al avance tecnológico y de comunicaciones.

Con el propósito de actualizar a los estudiantes en competencias técnicas y blandas en las áreas de TICs, en agosto de 2019 en el Instituto Tecnológico de la Laguna del Tecnológico Nacional de México (TecNM), en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales entraron en vigor dos módulos de especialidad: *Tecnologías Web y Móviles y Tecnologías de la Información y de la Comunicación*, al mismo tiempo, en la Escuela de Sistemas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) se puso en marcha el nuevo plan de estudios de la carrera *Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA)*. Una de las actividades previas a la obtención de estas actualizaciones curriculares fue la de indagar sobre las necesidades de competencias profesionales en el área de Tecnologías de Información (TICs) de las empresas en la Región Lagunera.

A continuación, se describe la metodología empleada para conocer los requerimientos de competencias blandas y duras (técnicas) en el área de TICs de las empresas en la Región Lagunera.

Metodología

De acuerdo con un estudio realizado por la Universidad de Colima (2019), donde refieren que las fuentes importantes de información para la elaboración de los PE son los egresados, los colegios de profesionales o profesionales reconocidos, los empleadores potenciales del nuevo PE y expertos en el área laboral o disciplinar; se realizó la investigación con procedimientos teóricos que permitieron el análisis sobre las necesidades de competencias profesionales y blandas en el ámbito de las tecnologías de información y comunicaciones a partir de diversas fuentes, como:

• **Profesionistas Torreón. CIDAC**

El Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (CIDAC), en el 2016 realizó un análisis sobre las competencias más importantes y escasas para las empresas de la localidad. Aplicaron una encuesta

de manera presencial y telefónica a diferentes establecimientos de la localidad.

• Foro de Consulta Curricular.

El “Foro de consulta curricular” diseñado por la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) para la obtención de requerimientos profesionales de los egresados se aplicó en abril del 2018 en la Escuela de Sistemas para la carrera de Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos (LSCA). Participaron empresarios y catedráticos de la Región Lagunera en entrevistas guiadas organizadas en seis mesas de trabajo (Gutiérrez et al, 2018).

• Encuestas a empresas.

En el 2018 se realizaron encuestas en empresas que han contratado a egresados de la Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de la Laguna (ITLag). La encuesta se aplicó a través de la compartición de esta en Formularios de Google. (Oficina de Seguimiento de Egresados del Instituto Tecnológico de La Laguna, 2018).

• Top 10 Strategic Technology Trends for 2019.

La empresa consultora Gartner identifica diez tendencias tecnológicas estratégicas para los próximos años: Cosas autónomas, analítica aumentada, desarrollo dirigido por Inteligencia Artificial (IA), gemelos digitales, periferia empoderada, experiencia inmersiva, “blockchain”, espacios inteligentes, ética y privacidad digitales y computación cuántica (Cearley y Burke, 2018).

Además de competencias profesionales (técnicas y blandas), se encontraron necesidades de vinculación universidad – empresa, no solo con los estudiantes, sino también con los catedráticos.

Análisis de competencias profesionales

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2012) define a la competencia como *“El conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas que pueden aprenderse, permiten a los individuos realizar una actividad o tarea de manera adecuada y sistemática, y que pueden adquirirse y ampliarse a través del aprendizaje”*.

Y reconoce que la competencia profesional (OECD,2019) es:

“El grado de utilización de los conocimientos, las habilidades y el buen juicio asociados con la profesión en todas las situaciones que se pueden enfrentar en el ejercicio de la práctica profesional”.

Por otra parte, el Tecnológico Nacional de México (2014), define a las competencias profesionales como *“La integración y aplicación estratégica de conocimientos, procedimientos y actitudes necesarios para la solución de problemas, con una actuación profesional ética, eficiente y pertinente en escenarios laborales heterogéneos y cambiantes”*.

En el mismo orden de ideas, el Modelo Educativo para el Siglo XXI de los Institutos Tecnológicos (DGEST, 2012) señala que la *“Formación y desarrollo de competencias profesionales orienta el proceso educativo central a la formación de profesionales que impulsen la acti-*

vidad productiva en cada región del país, la investigación científica, la innovación tecnológica, la transferencia de tecnologías, la creatividad y el emprendedurismo para alcanzar un mayor desarrollo social, económico, cultural y humano”.

Por otro lado, en el Modelo Educativo de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC, 2015) se indica que la separación de la ciencia y tecnología con respecto a los procesos productivos y a las necesidades sociales dificulta competir internacionalmente. También menciona que, a pesar de la investigación y avances tecnológicos en las IES, esto solo se queda a nivel de docencia y difusión del conocimiento y les falta aplicarlo en el sector productivo y social.

Así mismo, en (CIDAC, 2016) mencionan que el tipo de capital humano que las empresas requieren cambia constantemente debido a los procesos de innovación y modernización a las que son sujetas las industrias para mantenerse competitivas. Por un lado, los jóvenes estudian una carrera para aprender una variedad de competencias técnicas y blandas con el fin de ser exitosos en su mercado laboral, por otro lado, las IES se esfuerzan en adaptar sus planes y programas de estudio (PE) a los requerimientos laborales, a través de la actualización periódica de los PE con el propósito de disminuir la brecha entre lo que necesitan las empresas y lo que adquieren los estudiantes.

Las IES saben que es imprescindible la alineación entre las competencias profesionales de los egresados de las carreras de TICs y las necesidades actuales del mercado laboral. También coinciden en que la formación profesional no solo está compuesta por los conocimientos teóricos y competencias blandas adquiridos en el aula, además de lo aprendido, se debe poner en práctica este conocimiento en la solución de problemas reales, esto es, no perder de vista a la sociedad cambiante actual y apoyar en su desarrollo, mediante actividades de vinculación.

En concordancia con lo expuesto, es indispensable un análisis sobre requerimientos de competencias profesionales en ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) en la región Lagunera, y considerando que la calidad y contenido de la educación superior en los jóvenes debe estar alineada con las demandas del mercado laboral actual. A continuación, se describe dicho análisis y los resultados obtenidos.

Profesionistas Torreón

El CIDAC (2016), realizó una encuesta a diferentes establecimientos (empresas y universidades), con el fin de identificar cuáles son las competencias más importantes y escasas para las empresas de la localidad. Las encuestas se realizaron de manera presencial y telefónica a directores de las áreas de recursos humanos y algunas áreas funcionales de la empresa.

Los resultados muestran que, en Torreón el 83% de las IES entrevistadas tienen alguna forma de colaboración con las empresas, notándose que la actividad más frecuente de los esquemas de vinculación son las *prácticas profesionales de los estudiantes (becarios) en las empresas, y le siguen las estadias o residencias de estudiantes*.

En lo que se refiere a reclutamiento y selección, las respuestas de

las empresas indican que la *entrevista* de trabajo continúa siendo una de las principales herramientas para el proceso de selección y que las prácticas de reclutamiento y contacto con los jóvenes profesionistas son dominadas por las *bolsas de trabajo* de las IES.

Las razones por las cuales los jóvenes no son contratados son la *falta de experiencia laboral* y la *falta de competencias suaves (sociales) y duras (técnicas)*, las cuáles son el 44% de las razones de rechazo.

Así mismo, las competencias que más les faltan a los estudiantes son las de *herramientas de comunicación* y *comunicación con otros* (Tabla 1).

Tabla 1. Competencias blandas generales.

Grupo de Competencia	Escasas (%)	Importantes (%)
Cultura general	11	9
Herramientas de comunicación	13	4
Comunicación con otros	13	6
Trabajo en equipo	11	23
Innovación/Emprendedurismo	11	11
Liderazgo	9	21
Imagen personal	7	2
Eficiencia personal	9	6
Inteligencia emocional	9	9
Tecnologías de la información	2	2
Conocimientos Técnicos en Ingeniería	4	2
Cuantitativo: Estadístico		2
Cuantitativo: Análisis de datos	2	2

Fuente: CIDAC, 2016.

Por otro lado, las empresas consideran que las competencias más importantes son las de *trabajo en equipo* y *liderazgo*.

Foro de Consulta Curricular

El Foro de Consulta Curricular de la UAdeC (Gutiérrez et al, 2018) constó de dos fases:

- 1. Constitución de las Mesas de Trabajo:** La Academia de la LSCA propuso un conjunto de temas que se usaron como eje de desarrollo para la organización de seis mesas de trabajo.
- 2. Desarrollo del Contenido de las Mesas de Trabajo:** El Foro de Consulta Curricular de la UAdeC tiene un tiempo limitado, por lo que se formularon solo seis preguntas para cada mesa de trabajo. Estas preguntas fueron formuladas por catedráticos de la Academia de Sistemas.

En la mesa de trabajo **Administración de las TI**, los empresarios solicitaron que los egresados tuvieran conocimientos en administración de redes, equipo, seguridad y usuarios. También que conocieran alguna metodología para la administración de las TI. Además, sapiencia de desarrollo de software en la nube y de Inteligencia Artificial (IA).

Por otro lado, en la mesa de trabajo de **Base de datos**, surgió la necesidad de que los egresados, además de dominar las bases de datos relacionales, deben conocer bases de datos no relacionales y gestores de

bases de datos de información geográfica. También mencionaron que es importante conocer las técnicas de seguridad de datos.

En lo que se refiere a la mesa **Desarrollo de Software**, los empresarios requieren que los egresados manejen diferentes plataformas de desarrollo para aplicaciones móviles y web, conocimientos sobre diversas metodologías para la administración y desarrollo de software; y también que manejen estándares para asegurar la calidad del software.

La mesa de **Redes** requirió que los egresados tengan conocimientos y práctica en la instalación y configuración de equipo para redes, comprensión de hardware y software para seguridad perimetral, conocimiento sobre blockchain, configuración de datos y aplicaciones en la nube y certificaciones en redes. Los empresarios de la mesa **Sistemas de planificación de recursos empresariales** requieren que los egresados sepan sobre fundamentos del modelado de proceso de negocios. Es importante hacer notar que en todas las mesas se indicaron las habilidades blandas que son necesarias para los egresados. De las competencias más solicitadas fueron la de responsabilidad, autoaprendizaje, adaptación al cambio, trabajo en equipo y conocimiento de los procesos de negocio.

Encuestas a empresas

Los objetivos para la realización de estas encuestas son (Oficina de seguimiento de egresados ITLag, 2018) conocer las necesidades de recursos humanos de las empresas, el nivel de aceptación de los egresados y egresadas del ITLag, qué tipo de puestos ocupan, nivel jerárquico, congruencia entre el perfil profesional y las funciones que desarrollan los egresados en las empresas; conocer los principales requisitos de contratación y saber qué competencias laborales deben desarrollar los egresados y considerar las opiniones de los empleadores y empleadoras para adecuar los programas de estudios al entorno real y actual. Para recopilar la información (ITLag, 2018) se aplica el **Cuestionario para el Sector Productivo y de Servicios del TecNM**, contenido en el Manual de Disposiciones técnicas y administrativas para el seguimiento de egresados, a través de internet. La población de estudio constó de 22 empresas donde trabajan egresados y egresadas del ITLag.

El 89% de las empresas son del sector privado, la mayoría es de tamaño mediano (101 a 500 empleados), la principal actividad económica fue *Tecnologías y telecomunicaciones* con un 27%.

Los requisitos de contratación de personal que más consideran las empresas son el *área o campo de estudio* y la *personalidad/actitudes*, seguidos de *experiencia laboral/práctica (antes de egresar)* y *capacidad de liderazgo*.

En cuanto al desempeño laboral, la mayoría de los empleadores calificaron el desempeño laboral de los egresados de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales como excelente (55%), y muy bueno (27%).

La mayoría de los empleadores consideran que los egresados deben contar con *responsabilidad y compromiso* (76%), *habilidades para resolver conflictos* (71%), *trabajo en equipo, iniciativa y proactividad* y *adaptación al cambio*.

Tendencias tecnológicas estratégicas

En este apartado se presenta el análisis *Top 10 Strategic Technology Trends for 2019* de los expertos de la consultora americana Gartner, Inc (Cearley y Burke, 2018). Este documento explica cuáles son las tecnologías de información y comunicación más influyentes. Así mismo (Cearley y Burke, 2018) sugieren que “*Los líderes de la arquitectura empresarial y la innovación tecnológica deben evaluar estas tendencias para identificar oportunidades, contrarrestar amenazas y crear una ventaja competitiva.*”

A continuación, y extrayendo información de Cearley y Burke (2018), se describen brevemente las 10 Tendencias Tecnológicas Estratégicas que analizaron los expertos de Gartner.

1. Autonomous things (Cosas u objetos autónomos): Las cosas autónomas emplean inteligencia artificial (IA) para automatizar funciones que anteriormente eran realizados por el ser humano. Las cosas autónomas pueden operar en tierra, aire, en el mar o un medio digital y pueden ser físicas (robots, vehículos, drones, elementos de internet de las cosas (IoT)) o virtuales (agentes y comunicación entre diferentes cosas autónomas).

2. Augmented Analytics (Análítica aumentada): La analítica aumentada permite la obtención de información de forma automatizada. Se basa en: **Inteligencia de negocios** (Business Intelligence, BI) que posibilita la generación de información sin la necesidad de emplear algún modelo, el uso del **aprendizaje automático** (machine learning) y la **IA** para la automatización de modelos analíticos sin intervención humana.

3. Desarrollo impulsado por IA: Las herramientas utilizadas para construir soluciones basadas en IA se están ampliando desde herramientas dirigidas a científicos de datos (infraestructura de IA, frameworks de IA y plataformas de IA) a herramientas dirigidas a la comunidad de desarrolladores profesionales (plataformas de IA y servicios de IA).

4. Digital Twins (Gemelos digitales): La implementación de un gemelo digital es un objeto o modelo de software encapsulado que refleja un objeto físico del mundo real, como una planta de energía o una ciudad. El concepto *gemelo digital* esta soportado por IA e IoT.

5. Edge computing (computación perimetral): Los dispositivos “edge” abarcan desde sensores simples y dispositivos integrados (routers o gateways) hasta dispositivos de computación tan comunes como teléfonos móviles y dispositivos “edge” altamente sofisticados como vehículos autónomos. La computación perimetral y la computación en la nube son conceptos complementarios.

6. Tecnologías inmersivas: La realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR) están cambiando la forma en que las personas perciben el mundo digital. Este cambio combinado en los modelos de percepción e interacción conduce a una experiencia de usuario inmersiva futura.

7. Blockchain: Un blockchain es una lista ordenada cronológicamente en expansión de registros transaccionales irrevocables firmados criptográficamente y compartidos por todos los participantes en una red. Cada registro contiene una marca de tiempo y enlaces de referencia a las transacciones anteriores.

8. Espacios inteligentes: Un espacio inteligente es un entorno físico o digital en el que los humanos y los sistemas con tecnología interactúan en ecosistemas cada vez más abiertos, conectados, coordinados e inteligentes. Las ciudades inteligentes son una manifestación del concepto, con lugares de trabajo digitales, fábricas inteligentes, agricultura y hospitales inteligentes.

9. Ética digital y privacidad: Los consumidores son cada vez más conscientes de que su información personal es valiosa y exigen un control. Las organizaciones reconocen el riesgo creciente de asegurar y administrar datos personales, y los gobiernos están implementando una legislación estricta para garantizar que lo hagan.

10. Computación cuántica: La computación cuántica (QC) es un tipo de computación no clásica que opera en el estado cuántico de partículas subatómicas (electrones e iones) que representan información como elementos denotados como bits cuánticos (qubits).

Resultados y conclusiones

Segun la Tabla 2, las competencias profesionales que se recomienda deben poseer los egresados de las carreras en Tecnologías de la Información, como en este caso es la Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de La Laguna y la Licenciatura en Sistemas Computacionales de la UAdeC. Dicha tabla está basada en la información obtenida de *Foro de Consulta Curricular de la UAdeC* (Gutierrez Montoya, Jurado Bichir, Ramirez Sánchez, Lugo Castro, y Arias Hernández, 2018) y las 10 tendencias tecnológicas estratégicas de Gartner (Cearley y Burke, 2018).

En la Tabla 3, se puede apreciar que se requiere que los egresados tengan conocimientos para desarrollo de aplicaciones móviles, aplicaciones web, aplicaciones en la nube, aplicaciones que involucren inteligencia artificial (IA), realidad aumentada (AR), realidad virtual (VR) y realidad mixta (MR). También se les requiere conocimientos sobre instalación y configuración de redes, monitoreo de redes, y seguridad, así mismo, que tengan conocimiento de equipo perimetral (edge). Se les requiere manejen bases de datos relacionales y no relacionales, y que se les prepare también para el manejo de grandes volúmenes de datos (big data, data science) y blockchain.

En cuanto a competencias blandas, se muestran en la Tabla 4, por orden de importancia de acuerdo con lo encontrado en *Profesionistas Torreón CIDAC* (CIDAC, 2016), *Encuesta del ITLag* (Oficina de Seguimiento de Egresados ITLag, 2018) y el *Foro de Consulta Curricular de la UAdeC* (Gutierrez Montoya, Jurado Bichir, Ramirez Sánchez, Lugo Castro, y Arias Hernández, 2018).

Tabla 2. Competencias profesionales solicitadas por los empleadores.

Área del conocimiento	Competencia	Foro de Consulta Curricular UAdeC	Tendencias Tecnológicas
Administración de las IT	Gestión de la tecnología: planificación de adquisiciones en TI.	✓	✓
	Conocimientos de administración, contabilidad y finanzas	✓	✓
	Administración del equipo: licencias y software que tiene instalado.	✓	
	Administración de usuarios y contraseñas.	✓	
	Conocer metodologías para la administración del desarrollo de proyectos de TI: ITIL, COBIT, CMMI y PMP.	✓	
	Administración de recursos y tiempo en proyectos de TI	✓	
	Conocer las tendencias en lo que respecta a las Tecnologías de la Información.	✓	✓
Base de Datos	Conocimientos para modelar y diseñar una base de datos.	✓	
	Conocimientos de gestores de bases de datos relacionales, no relacionales y de información geográfica.	✓	✓
	Conocimientos de las herramientas disponibles en cada motor de base de datos: triggers, procedures, etc.	✓	
	Dar solución a problemas de rendimiento de consultas.	✓	✓
	Conocimientos sobre herramientas para generación de reportes.	✓	
	Conocimiento de técnicas de seguridad de datos: manejo de permisos, manejo de respaldos.	✓	✓
	Manejo de la documentación de la base de datos.	✓	
Desarrollo de Software	Manejo de grandes volúmenes de datos.	✓	✓
	Conocimientos para el manejo de diferentes sistemas operativos.	✓	✓
	Conocimientos para el desarrollo de aplicaciones móviles (Android y iOS).	✓	✓
	Conocimientos desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR), Realidad Virtual (VR) y Realidad Mixta (MR).	✓	✓
	Conocimiento desarrollo de aplicaciones WEB: PHP, ASP, HTML, Java, Javascript, JQuery, CSS, Frameworks, NodeJS.	✓	
	Conocimientos de metodologías de desarrollo: ágil, proceso unificado, iterativo e incremental.	✓	✓
	Conocimientos sobre metodologías para pruebas de aplicaciones (testing).	✓	✓
	Saber utilizar repositorios, control de versiones, gits.	✓	✓
	Conocimientos de estándares para asegurar la calidad del software.	✓	✓
	Desarrollo de Software en la nube.	✓	✓
	Desarrollo de Software con IA y machine learning.	✓	✓
	Desarrollo de Software para IoT: ambientes controlados por TI	✓	✓
	Conocimientos sobre blockchain, aplicaciones contables y finanzas.	✓	✓
	Hacer pruebas de campo a las aplicaciones antes de liberarlas.	✓	
Redes	Conocimiento de herramientas de software para evaluación del desempeño de servidores en tiempo real.	✓	✓
	Administración de las direcciones IP.	✓	
	Administración de la seguridad.	✓	
	Manejo de software para monitoreo de la base de datos, redes, servidores y toda la parte de comunicación.	✓	
	Conocimientos sobre equipo perimetral "edge" para el diseño y construcción de redes y computación en la nube.	✓	✓
Otras tecnologías	Computadoras cuánticas		✓

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, para mejorar las competencias profesionales de los egresados, los empresarios entrevistados sugieren que los profesores realicen estancias en las empresas, que implemente casos de estudio de situaciones reales en sus prácticas de la materia y que soliciten proyectos que se puedan implementar en una empresa y/o que sean comercializables.

Además, que se realicen ferias de emprendedurismo para que los egresados se vayan creando una mentalidad emprendedora, en busca de la innovación y mejora continua.

También que las IES realicen convenios de colaboración con empresas privadas y con empresas gubernamentales debido a que hay más apoyo para la investigación. Y que las IES empoderen a sus egresados realizando proyectos de vinculación donde haya investigación, innovación, patentes y comercialización.

Además, CIDAC (2016), mencionan que las empresas siguen revisando los currículums vitae (CV) de los jóvenes, por lo cual, es esencial que las IES enseñen a sus estudiantes cómo armar un CV, así como los elementos básicos de una entrevista laboral.

Tabla 3. Competencias blandas solicitadas por los empleadores.

Tipo de competencia	Competencia	Profesionistas Torron CIDAC	Foro de Consulta Curricular UAdeC	Encuesta ITLag
Cultura General	Conocimientos básicos sobre uso de equipo	✓		
	Conocimientos básicos sobre administración de proyectos	✓	✓	✓
Herramientas de Comunicación	Capacidad de síntesis de información	✓	✓	✓
	Comunicación oral y escrita en español	✓	✓	✓
	Comunicación oral y escrita en inglés	✓	✓	
Comunicación con otros	Capacidad de negociación y resolución de conflictos	✓	✓	✓
	Dar y recibir retroalimentación	✓	✓	
	Argumentación lógica y clara	✓		✓
	Comunicación asertiva	✓	✓	
Trabajo en equipo	Negociación y resolución de conflictos al interior del equipo	✓	✓	✓
	Saber escuchar a los demás	✓	✓	
	Coordinación de equipos de trabajo	✓	✓	✓
Innovación / emprendedurismo	Detección oportunidades mejora en proceso y/o producto	✓	✓	✓
	Generación de nuevas ideas	✓	✓	✓
	Detección de nuevas oportunidades de negocio.	✓		
Liderazgo	Iniciativa o proactividad	✓	✓	✓
	Toma de decisiones de forma acertada y ágil	✓	✓	✓
	Sentido de responsabilidad	✓	✓	✓
Imagen Personal	Puntualidad	✓	✓	✓
	Saber tratar a un cliente	✓	✓	
	Modales congruentes con la empresa	✓	✓	✓
Eficiencia Personal	Eficacia al trabajar bajo presión	✓	✓	
	Disposición para aprender	✓	✓	
	Manejo eficiente del tiempo y planeación de tareas	✓	✓	✓
Inteligencia emocional	Apego a procedimientos	✓	✓	✓
	Pensamiento lógico y ágil	✓	✓	
	Auto-motivación	✓	✓	✓
Tecnologías de la Información		✓	✓	✓
Conocimientos Técnicos		✓	✓	✓
Conocimientos Cuantitativos	Estadístico	✓		
	Análisis de datos	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

+ Aasheim, Cheryl, Li, Lixin. y Williams, Susan (2009). *Knowledge and skill requirements for entry-level information technology workers: A comparison of industry and academia*. *Journal of Information Systems Education*, 20(3), 349-356.

+ Cearley, D. y Burke, B. (2018). *Top 10 Strategic Technology Trends for 2019*. Gartner Research. Disponible en: <https://emtemp.gcom.cloud/ngw/globalassets/en/doc/documents/3891569-top-10-strategic-technology-trends-for-2019.pdf>. Fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019

+ CIDAC, Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. (2016). *Profesionistas Torreón*. Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C. Disponible en: <http://www.cidac.org>. Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2019.

+ Cobo, Cristobal (2013). *Skills for innovation: Envisioning an education that prepares for changing world*. *RCJO Curriculum Journal*. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09585176.2012.744330>. Fecha de consulta: 10 de junio 2021.

+ DGEST, Dirección General de Educación Superior Tecnológica (2012). *Modelo Educativo para el Siglo XXI*. Disponible en: <http://www.dgest.gob.mx/modeloeducativo/modeloeducativo.pdf>. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2021.

+ European Commission (2021). *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/communication-digital-compass-2030_en.pdf. Fecha de consulta: 1 de junio de 2021.



+ Fallows, S. y Steven, C. (2000). *Building employability skills into the higher education curriculum: a university-wide initiative*. *Education + Training*, 42(2), 75-83. doi: <http://dx.doi.org/10.1108/00400910010331620>

+ Gutiérrez Montoya, J. E., Jurado Bichir, L. E., Ramírez Sánchez, V. A., Lugo Castro, J. E. y Arias Hernández, L. E. (2018). *El Foro de Consulta Curricular como herramienta para la conformación de un Perfil de egreso*. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, 6(1), 1986-1992. ISSN # 2007-8102.

+ ITLag, Oficina de Seguimiento de Egresados del Instituto Tecnológico de La Laguna (2018). *Departamento de Gestión y Vinculación del Instituto Tecnológico de La Laguna. Documento con resultados de las encuestas aplicadas a empresas que han contratado a egresados de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales*.

+ López Leyva, S., Higuera Cota, M. y Carrillo, T. del N. J. (2020). *Las Instituciones de Educación Superior en la conformación de los Sistemas Nacionales de Innovación en los países iberoamericanos*. *Revista De La Educación Superior*, 49(195), 73-89. Recuperado a partir de <http://resu.anuies.mx/ojs/index.php/resu/article/view/1252>.

+ OECD, Organization for Economic Cooperation and Development (2011). *Skills for innovation and Research*. Recuperado de <https://biobs.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/generated/files/policy/OECD%202011%20Skills%20for%20Innovation%20and%20Research.pdf>. Fecha de consulta: 10 de junio de 2021.

+ OECD, Organization for Economic Cooperation and Development (2012). *Better Skills, Better Jobs, Better Lives: A Strategic Approach to Skills Policies*, OECD Publishing, París, [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264177338-en>. Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2020.

+ OECD, Organization for Economic Cooperation and Development (2019). *Higher Education in Mexico: Labour Market Relevance and Outcomes*. Higher Education. Paris: OECD Publishing. ISBN # 978-92-64-30943-2. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264309432-en>. Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2020.

+ TecNM, Tecnológico Nacional de México (2014). *Proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias profesionales del Tecnológico Nacional de México (2a ed.)*. México. Disponible en: http://www.dgest.gob.mx/images/areas/docencia01/Libre_para_descarga/Proyectos_Integradores_2_ed/Proyectos_Integradores_2da_edicion.pdf. Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2020.

+ Toner, Phillip (2011), "Workforce Skills and Innovation: An Overview of Major Themes in the Literature", *OECD Education Working Papers*, No. 55, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5kgk6hpnhxzq-en>

+ UAdeC, Universidad Autónoma de Coahuila (2015). *Modelo Educativo de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 2da Edición, México. Disponible en: <http://www2.uadec.mx/pub/MEdidactica.pdf>. Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2020.

+ UdeC, Universidad de Colima (2019). *Manual para el diseño y actualización de planes de estudio de nivel superior*. México. Disponible en: https://portal.ucol.mx/content/docrevista/documento_1125.pdf. Fecha de consulta: 4 de enero de 2021.

+ UVM, Universidad del Valle de México (2015). *Necesario reinventar la universidad, coinciden expertos en el marco de la cumbre Laureate Juventud y Productividad en México*. México. Disponible en: <https://laureate-comunicacion.com/prensa/necesario-reinventar-la-universidad-coinciden-expertos-en-el-marco-de-la-cumbre-laureate-juventud-y-productividad-en-mexico/#.YMIb-2hKhPY>. Fecha de consulta: 9 de enero de 2021.

DESARROLLO DE UNA RED IOT BASADA EN TECNOLOGÍA LoRaWAN PARA SEGUIMIENTO DE VEHÍCULOS

Artículo arbitrado 31

Edición 16



Javier Solís García¹, Lorenzo Antonio García Tena², Javier Solís Hernández³, Carlos Ponce Corral⁴ y Carlos Felipe Ramírez Espinoza⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
Av. del Charro 450
Nte. Col. Partido Romero
C.P. 32310.



al194512@alumnos.uacj.mx

Recibido: Marzo 16, 2021.

Recibido en forma revisada: Junio 13, 2021.

Aceptado: Junio 15, 2020.

Resumen: En la presente investigación se propone el desarrollo de una alternativa que sea más económica y de fácil adquisición para la localización de los vehículos en el estado de Chihuahua, así mismo se realiza la integración de los elementos necesarios de un sistema para conectar las redes inalámbricas con el internet de las cosas (IoT), optimizando tanto la adquisición, transmisión y recepción de datos en tiempo real, facilitando la visualización de los datos adquiridos mediante una base de datos y generando reportes históricos de ubicación de los vehículos. Se realizan pruebas concretas realizadas dentro del Instituto de ingeniería y Tecnología de la UACJ en el edificio E, a una altura 25m y 40m y una distancia de red en 400m y 1267m respectivamente, utilizando un Gateway dragino, dispositivos de enlace final dragino shield GPS, los cuales en conjunto envían los datos a la nube de The Things Network (TTN) para ser recopilados por un integrador, donde finalmente serán presentados a nuestra plataforma web.

+ **Palabras clave:** LoRaWAN, IoT, GPS, TTN.

Abstract: In this research, the development of an alternative that is more economical and easily acquired for locating vehicles in the state of Chihuahua is proposed, as well as the integration of the necessary elements of a system to connect wireless networks with the internet of things (IoT), optimizing the acquisition, transmission and reception

of data in real time, facilitating the visualization of the data acquired through a database and generating historical reports of the location of the vehicles. Specific tests are carried out within the UACJ Institute of Engineering and technology in building E, at a height of 25m and 40m and a network distance of 400m and 1267m respectively, using a dragino gateway, dragino shield GPs final link devices, which together send the data to the cloud of The Things Network (TTN) to be collected by an integrator, where it will finally be presented to our web platform.

+ **Keywords:** *LoRaWAN, IoT, GPS, TTN*

Introducción

El Internet de las Cosas (IoT), surge de las comunicaciones de banda ancha móvil, a través de lo cual brindan la posibilidad de tener aparatos conectados a una red. Dichos aparatos pueden ser sensores, lámparas o artículos de uso diario, los cuales son manipulados a través de computadoras o celulares (Fedele, 2011).

En 2015, en la ciudad de Amsterdam, Wienke Giezerman y Johan Stokking fundaron: The Things Network (TTN). Esta es una red global para uso exclusivo de internet de las cosas. Dicha red se implementa utilizando LoRa (long range), que es un tipo de modulación de radio-frecuencia desarrollado por Semtech. A su vez, esta red funciona con tecnología LoRaWAN (low power area network), la cual se encarga de gestionar la comunicación entre dispositivos electrónicos (Stokking et al., 2015). Para llevar a cabo esta comunicación se utilizan Gateways, los cuales tienen la función de comunicarse con los nodos de forma bidireccional vía LoRa. Esta es una nueva tecnología inalámbrica que facilita el envío de datos en cantidades pequeñas a baja velocidad, con un radio amplio de alcance y consumiendo poca energía.

Otras de las ventajas que ofrece LoRa presenta son la tolerancia a interferencias y la utilización de dispositivos como nodos donde los sensores son conectados y los gateways posibilitan integrarse fácilmente con redes existentes, además que permite desarrollar aplicaciones de bajo costo para IoT (Rizzi et al., 2017).

LoRaWAN, es un protocolo de comunicación para redes de área amplia y de baja potencia (LPWAN) diseñado para la conexión inalámbrica de dispositivos que utilicen baterías hacia la internet a través de las redes y que tengan una capacidad de comunicación bidireccional, segura de extremo a extremo, móvil y localizable además de incluir un muy eficiente sistema de seguridad en cada uno de sus métodos de conexión.

LoRaWAN se destaca frente a SigFox otra red LPWAN, siendo las características principales, los niveles de seguridad y métodos de activación que ofrece y la posibilidad de contar con un servicio gratuito, irracionalidad y consumo de energía por parte de los dispositivos (Mekki y et al., 2017).

Está claro que no podemos hablar sobre un concepto de ciudad inteligente basado únicamente en los estándares de desarrollo sostenible y las regulaciones locales. Se debe ajustar el modelo de cada ciudad a sus especificidades según dijeron (Founoun y Hayar, 2019). En el otro lado del mundo es muy común encontrar sistemas basados en tecnología

LoRa, así como también ciudades enteras que ya están dando un paso grande a la comodidad y ahorro económico y energético ajustando modelos para sus ciudades.

El concepto Internet of Things se basa en integrar una variedad de objetos inteligentes que proveen información del entorno en tiempo real de esta manera esta información recolectada se almacena en bases de datos (Medium Corporation, 2016) en donde estos se analizan y se gestionan para la toma de decisiones en base a datos recolectados y a si mismo mejorando nuestras actividades cotidianas.

Existen soluciones de monitoreo vehicular que utilizan las redes inalámbricas tradicionales, que en muchas ocasiones pueden limitar el seguimiento real debido a inconvenientes como falta de cobertura. La red LoRaWAN es una red global a largo alcance, es de bajo consumo, así como de espectro expandido. Esta red tiene un enlace punto a punto y utiliza bandas libres de frecuencia (Mekki, 2017). Este tipo de red no existe a nivel estatal, es decir, no hay una red identificada o asignada específicamente.

Una de las principales necesidades que se ha ido desarrollando con el tiempo es el monitoreo vehicular, en el cual se espera conocer el tiempo real de la ubicación del vehículo y complementariamente un tiempo estimado de llegada de este, para lo cual se va a utilizar un prototipo de solución IoT con tecnología LoRa el cual brindara ventajas competitivas como bajo consumo energético, largo alcance e independencia de las redes tradicionales creando una alternativa más económica.

El objetivo es desarrollar una solución con tecnología LoRaWAN para el monitoreo de ubicación vehicular con una aplicación Web. La contribución a la conectividad inalámbrica de esta tecnología es que se utiliza un dispositivo con alcances similares a los empleados en investigaciones existentes, pero con un costo bajo y fácil adquisición.

Estado del arte

A continuación, se presenta el análisis de las investigaciones realizadas en las cuales se consideró a la tecnología LoRa como parte de una solución de IoT considerando como aplicación el monitoreo vehicular.

En la investigación realizada por James et al. (2017), se propone una solución que permita implementar un monitoreo a buses en base a tecnología LoRa, de tal manera que se pueda conocer cuando el bus este cerca de las paradas. Los materiales utilizados fue un Gateway de transmisión LoRa de la compañía Ursalink un transmisor NRF24L01, un controlador PIC para la conexión entre Gateway LoRa y el módulo RF. Las pruebas realizadas consistieron en ubicar los dispositivos finales alrededor de 4km de la estación base. Finalmente, el principal resultado consistió en un análisis comparativo entre un sistema de geolocalización basado en GPS tradicional y una en LoRa comparando los precios de implementación de cada uno de ellos. El costo de esta implementación ronda entre los 900-1000 dls..

En la investigación realizada por Pengxin et al. (2018), proponen una solución que permita optimizar rutas de los camiones en tiempo real utilizando la tecnología LoRa. Los materiales utilizados son: como nodo el autor diseño su placa de transmisión LoRA basándose en módulo

los wifi, LoRa y el procesador STM32. Las pruebas realizadas arrojaron una comunicación efectiva cada 20 segundos sin embargo se basó en un análisis de la pérdida de paquetes en la transferencia de información y los retardos de la misma.

En la investigación realizada por Sendra et al. (2019), implementar un monitoreo a corredores en base a tecnología LoRa., los materiales utilizados para darle solución a esta problemática fueron módulo de Gateway LORA RAK2245, un Dragino LoRaWAN GPS Tracker LGT-92. En el resultado obtenido le dan un enfoque entre la comparativa del RSSI vs el SNR esto debido a los diferentes escenarios en donde se implementó la solución. El costo del proyecto fue de 782 dlls

Materiales utilizados

Software Arduino IDE

Se empleó software Arduino IDE para la programación del dispositivo.

La finalidad del proyecto fue hacer una red IoT con hardware de bajo costo, poco consumo energético y con excelente precisión por lo cual se optó por el Gateway LG-02 debido al bajo costo y por que admite 300 dispositivos, con respecto al dispositivo a utilizar se seleccionó el Dragino shield Gps debido a que permitía el programar de forma abierta y que su precisión era de mas menos 5 metros y tenía un consumo energético de 5ma por hora esto enviado datos cada 20 segundos. Con respecto a la antena se eligió a la que presentaba la certificación debido a los climas extremos a los que estamos sometidos en Cd. Juárez y por su ganancia en dBi.

Tabla 1. Selección de Hardware de acuerdo con ventaja y costo.

Descripción	Ventaja competitiva	Costo
Dragino LG02 Dual Channels LoRa IoT Gateway 915 MHz (NA)	Area de cobertura mediana, bajo costo, admite hasta 300 dispositivos.	\$72 dlls
Ug87 outdoor gateway ursalink	Gran área de cobertura y admite hasta 2000 dispositivos.	\$897.79 dlls
Dragino LoRaWAN BLE Indoor Tracker LBT1 (US - 915)	Gps con acelerometro incluido.	\$32 dlls
Gps shield Dragino LoRa	Gps con +- 5 metros de precisión.	\$15 dlls
Antena Tauglas OMB	Ganancia de 8dbi, cuenta con certificación ip67 para exteriores.	59.99 dlls
Dragino LoRa / Lo-RaWAN Glass Fiber Outdoor Antenna	Ganancia de 3dbi sin certificaciones.	30 dlls

Fuente: Elaboración propia.

Gateway Dragino LG-02N.

El módulo LG02 cumple con la función de crear una puerta de enlace LoRa de doble canal de código abierto permitiendo conectar la red inalámbrica LoRa a una red IP a través de WIFI, Ethernet, o celular 4G, admitiendo de 50 a 300 nodos de sensores. Dicha conexión inalámbrica LoRa permite enviar datos y alcanzar rangos extremadamente largos a

velocidades de datos bajas, como se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. Gateway LG02-N.

Fuente: Elaboración propia.

Nodo LoRa Shield Dragino + LoRa Bee GPS+ Arduino.

El SX127X GPS Shield es un módulo compuesto por un transceptor LoRa que a su vez cuenta con la tecnología AlwaysLocate el cual nos garantiza precisión en cuanto al posicionamiento con un error como máximo de 5-10 metros, esta placa cuenta con el chip (MTK Mt3339) el cual permite calcular y predecir orbitas automáticamente utilizando los datos almacenados en la memoria flash interna.

A esta placa le integraremos el módulo LoRa Bee el cual nos cumple la función de enviar datos y proporcionarnos comunicación de espectro extendido de rango ultra largo y con alta inmunidad a interferencias mientras minimiza el consumo de corriente. En la Figura 2, se puede observar la shield utilizada en el proyecto.

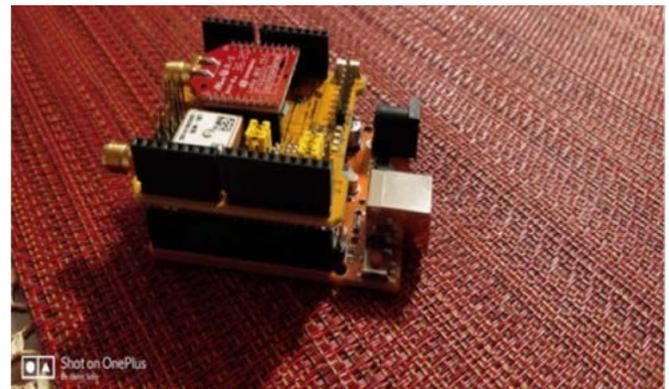


Figura 2. Shield GPS+LoRa Bee. + Arduino.

Fuente: Elaboración propia.

Impresora 3D

Se optó por la fabricación de la carcasa del prototipo haciendo uso de la impresora Makerbot 5ta generación, ya que esta recrea diseños tan exactos con una precisión de calidad de impresión de hasta 0.1 mm³. El polímero utilizado fue el PLA ya que no es contaminante y puede ser utilizado para fabricación de modelos y prototipos en la oficina sin ninguna restricción, además es un compuesto biodegradable. En la Figura 3 se muestra la impresora 3D empleada



Figura 3. Impresora 3D Makerbot Replicator 5^o Generación.
Fuente: Elaboración propia.

Antena Tauglas OMB

Es una antena omnidireccional de fibra Óptica, fabricada para trabajar en frecuencia 915 MHz (Van Torre et al., 2019), con una ganancia de 8 dBi, dando así extensa cobertura. La antena es resistente al agua y a los rayos ultravioleta lo que nos permite utilizarla en exterior en cualquier tipo de ambiente, incluso con vientos fuertes. La antena utilizada se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Antena OMB (Tauglas,2019).
Fuente: Elaboración propia.

Metodología

La metodología utilizada en este proyecto está definida por los siguientes pasos los cuales se muestran a continuación y se presenta un diagrama de flujo en la Figura 5:

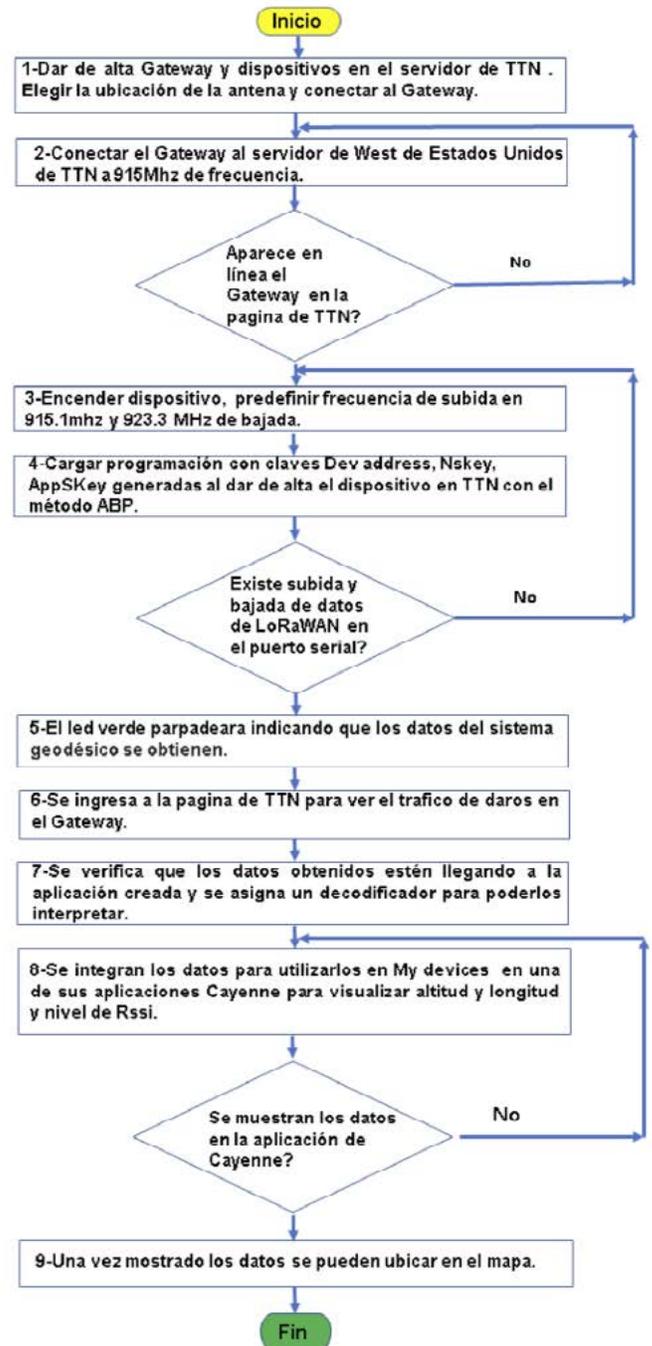


Figura 5. Diagrama de Flujo del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

La topología de red y el flujo de datos del proyecto se muestran a continuación de igual forma o similitud a la representación del diagrama de flujo como se muestra en la Figura 6, la cual podemos identificar que los datos adquiridos por nuestro dispositivo respecto al sistema geodésico se envían a nuestro gateway con la frecuencia preestablecida de 915 MHz, estos pasan a a nuestro servidor y son mostrados en la pagina de The Things Network , una vez que estos datos están en nuestro servidor se procede a aplicar un decodificador para la interpretación de los datos, posteriormente la información la integramos con algún servidor de aplicación lo cual nos facilita el manejo, interacción e interfaz de los datos.

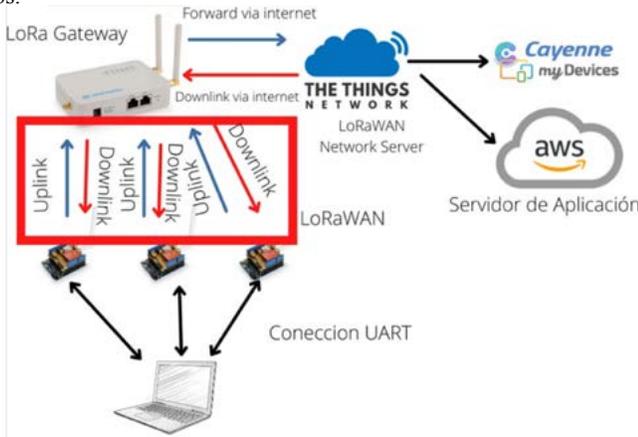


Figura 6. Flujo de Datos.
Fuente: Adaptado de Mekki et al (2018).

1. El punto número uno consiste en dar de alta el Gateway LG-02N con la credencial de fabrica en la página de The Things Network y seleccionando la región y frecuencia de transmisión 915 Mhz, así como la creación de la aplicación con sus respectivos dispositivos, seleccionando el método de conexión ABP, a si mismo colocando la antena en el lugar deseado y a su vez conectando esta al Gateway para ampliar el área de cobertura, se sugiera la colocación de la antena en el lugar más alto posible (Figura 7).



Figura 7. Registro de hardware y colocación de antena.
Fuente: Elaboración propia.

2. El segundo punto consiste en la conexión del Gateway al servidor west de estados unidos a la frecuencia de 915mhz , el servidor es ttn-router-us-west y verificar que el Gateway aparezca como conectado en la página (Figura 8).

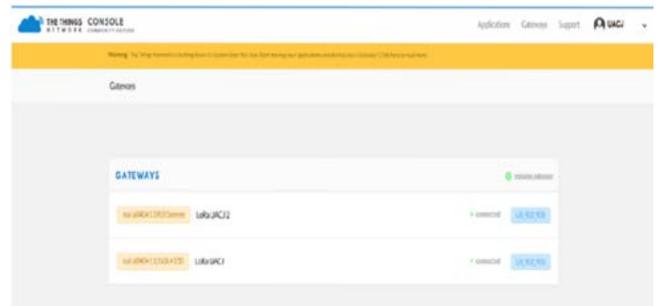


Figura 8. Conexión del Gateway al Servidor.
Fuente: Elaboración propia.

3. En el tercer punto conectamos el dragino shield Gps a la computadora para cargar la respectiva programación en por medio de la plataforma Arduino , añadimos las librerías a utilizar y predefinimos las frecuencias utilizadas como lo son 915.1mhz de subida y 923.3 de bajada (Figura 9).

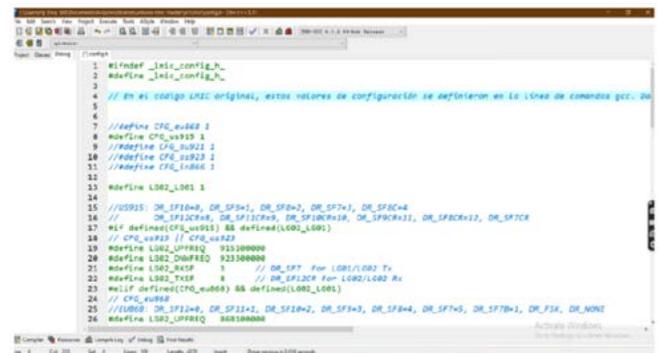


Figura 9. Selección de frecuencias.
Fuente: Elaboración propia.

4. El punto numero 4 consiste en integrar las claves generadas en la pagina de TTN a la programación de nuestro dispositivo GPS las cuales son: DevAddress: dirección lógica, NetworkSessionKey:

Resultados

Como se puede ver en la Figura 15, es la localización de nuestros Gateways, el gateway identificado como LoRa UACJ 2 constantemente se está moviendo debido a las pruebas realizadas

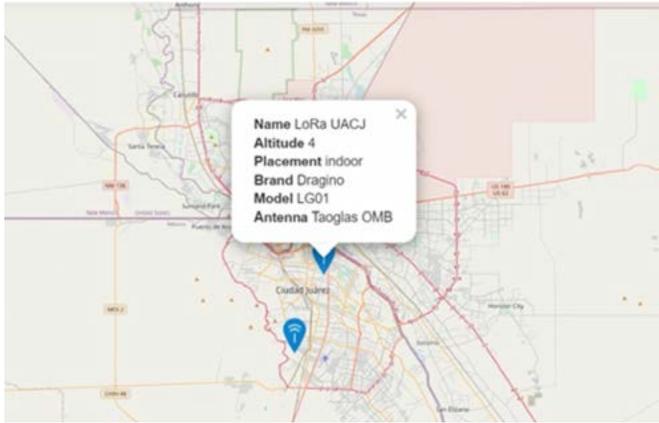


Figura 15. Trafico en el Dispositivo con Datos del GPS.
Fuente: Elaboración propia.

Cobertura de Red de la Primera Localización.

La primera localización donde se colocó nuestro gateway que fue en un tubular del edificio E posteriormente hicimos las pruebas pertinentes nos arrojó un rango máximo de 400m de distancia útil. A continuación en la Figura 16, se muestra una pequeña muestra del mapeo que se hizo con esta ubicación.



Figura 16. Primer posicionamiento de antena.
Fuente: Elaboración propia.

Cobertura de red en la segunda localización.

En esta localización se obtuvieron los mejores resultados llegando a un enlace máximo de 1267 metros, cabe destacar que las mediciones se realizaron montando los dispositivos en los vehículos, cabe destacar que todas las mediciones se verificaron de forma física (Figura 17 y Figura 18).



Figura 17. Mapeo del área útil. Fuente: Elaboración propia.

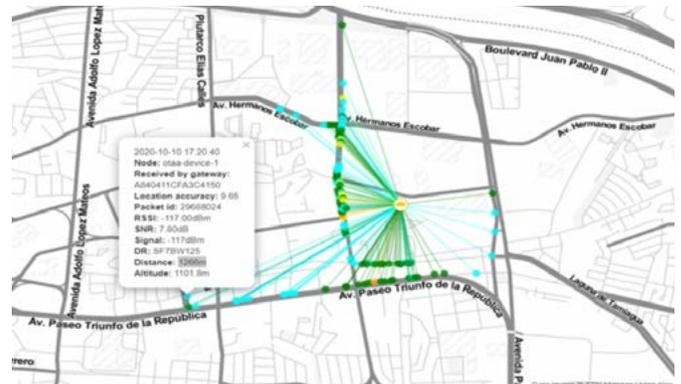


Figura 18. Muestreo de datos ya con integración de base de datos y señalando la distancia máxima.

Fuente: Elaboración propia.

Validación de las distancias

Para validar todas las distancias obtenidas primeramente se obtuvo la distancia entre cada uno de los puntos y el gateway, para eso se utilizó la fórmula Haversine la cual nos dice la distancia que existe entre 2 puntos geográficos la cual está dada a continuación y posteriormente aplicándola obtenemos la distancia. El radio de la tierra es de 6378 Kilómetros.

$$d = 2r \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{Lat_2 - Lat_1}{2} \right) + \cos(Lat_1) \cos(Lat_2) \sin^2 \left(\frac{Long_2 - Long_1}{2} \right)} \right) \quad (1)$$

En donde:

Latitud 1 y Longitud 1 hacemos referencia a la posición del gateway, Latitud 2 y Longitud 2 a la ubicación en mapa de la cual queremos conocer la distancia.

La distancia arrojada por la fórmula coincidió con la generada por la aplicación por lo cual queda comprobada la programación efectuada para el cálculo de distancias (Figura 19).

	A	B	C	D	E
1	latitud gateway	lonitud gateway	latitud final	longitud final	Distancia (metros)
2	31.7432359	-106.4306439	31.739996	-106.43261	405.8012618
3	31.7432359	-106.4306439	31.739996	-106.43261	400.009241
4	31.7432359	-106.4306439	31.739974	-106.43205	386.7281160
5	31.7432359	-106.4306439	31.739972	-106.43186	381.1304946
6	31.7432359	-106.4306439	31.739965	-106.43173	378.3583260
7	31.7432359	-106.4306439	31.739961	-106.43178	369.309703
8	31.7432359	-106.4306439	31.739969	-106.43085	364.2289830
9	31.7432359	-106.4306439	31.739973	-106.43069	363.2085556
10	31.7432359	-106.4306439	31.739984	-106.43049	362.2316450
11	31.7432359	-106.4306439	31.739995	-106.4303	362.2786768
12	31.7432359	-106.4306439	31.740000	-106.43014	362.4058751
13	31.7432359	-106.4306439	31.740026	-106.43007	361.466287
14	31.7432359	-106.4306439	31.740044	-106.43007	359.4879919
15	31.7432359	-106.4306439	31.740046	-106.43008	359.1261246
16	31.7432359	-106.4306439	31.739999	-106.43008	365.2051818
17	31.7432359	-106.4306439	31.739967	-106.43013	367.1097924
18	31.7432359	-106.4306439	31.739932	-106.43065	367.8218395
19	31.7432359	-106.4306439	31.73992	-106.43105	381.2185006
20	31.7432359	-106.4306439	31.739919	-106.43181	385.3789319
21	31.7432359	-106.4306439	31.739975	-106.43113	394.4902190
22	31.7432359	-106.4306439	31.739932	-106.43256	410.0285914
23	31.7432359	-106.4306439	31.739933	-106.4328	420.4535109
24	31.7432359	-106.4306439	31.739956	-106.43323	439.4785217
25	31.7432359	-106.4306439	31.740115	-106.43341	434.9217991
26	31.7432359	-106.4306439	31.740239	-106.43345	426.5309566

Figura 19. Validación de distancias con Ecuación de Haversine.

Fuente: Elaboración propia.

Distancia vs Rssi.

Con los datos obtenidos anteriormente se hizo una regresión lineal para poder predecir el nivel de RSSI con respecto a la distancia como se puede ver en la Tabla 2, se muestra la base de datos con 32 muestras.

Tabla 2. Predicción de RSSI con respecto a la distancia del nodo final.

RSSI	Distancia (metros)
-117	1266.41
-118	1287.15
-117	1253.27
-116	1052.13
-117	1051.94
-117	1051.56
-117	1021.73
-116	815.35
-116	792.46
-116	704.13
-115	658.20
-115	584.55
-114	555.96
-114	570.30
-114	512.44
-114	490.37
-114	481.43
-114	394.48
-114	378.36
-114	341.90
-114	336.72
-114	364.23
-114	314.69
-113	369.31
-113	339.54
-113	343.59
-116	1151.02
-115	1052.26
-113	532.36
-113	557.15
-113	453.30
-117	1186.00

Fuente: Elaboración propia.

Se utiliza la regresión lineal simple para determinar el alcance de la RSSI en cuestión de la distancia, ya que esto dependerá de la capacidad del circuito utilizado para determinar la factibilidad de la ubicación.

En la Figura 20, se observa que el coeficiente de determinación es alto con un $R^2 = 81.4\%$ lo que indica que el modelo es adecuado, existe una cercanía estrecha entre la línea de regresión y dispersión de datos por lo que se puede tener un alto grado de seguridad al aplicar esta fórmula de regresión lineal. Por lo cual queda demostrado que los niveles de RSSI mejoran cada vez que aumenta la distancia entre el Gateway y el nodo, esto es debido a que LoRa determinará el mejor factor de dispersión o llamado "Spreading Factor" (SF) para poder establecer la comunicación.

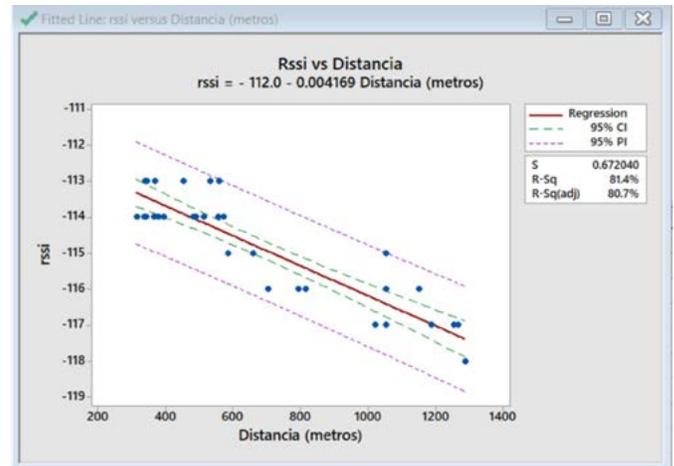


Figura 20. Muestreo de datos ya con integración de base de datos y señalando la distancia máxima.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La comunicación efectiva y con una confiabilidad de la tecnología LoRaWAN se pudo evidenciar en las pruebas realizadas entre el dispositivo Gps y el Gateway a una distancia aproximada de mil 286 kilómetros.

Las mediciones realizadas del Rssi se observa una tendencia a disminuir logarítmica mente con el crecimiento de la distancia entre el dispositivo LoRa Gps y el Gateway. Este parámetro se mantuvo en un rango de 105-117dBm a partir de los 800m. Es necesario el contar con una antena para que nuestra área de cobertura sea más amplia. No se recomienda operar si el sistema se encuentra entre 115-120dBm debido a la intermitencia de los datos.

La solución fue desarrollada en un ambiente gratuito por lo tanto el dinamismo en el acceso y manejo de la información es limitado, así como la actualización de estos.

Se pudo identificar la cobertura de la red para garantizar la transferencia de la información entre los extremos. Aplicado al campo vehicular, optimizaría las soluciones que actualmente presentan altos tiempos de recepción y pérdida de dato en tramos de difícil acceso debido a la

dependencia de cobertura de las redes inalámbricas tradicionales.

LoRaWAN tiene una extensa variedad de aplicaciones y características para implementaciones de Internet of Things y Smart cities. LoRaWAN está “optimizado para un bajo consumo de energía y está diseñado para escalar desde una única instalación de puerta de enlace hasta grandes redes globales con miles de millones de dispositivos cabe mencionar que los dispositivos para este tipo de red son de bajo costo y se pueden utilizar estos mismos como dispositivos de recolección de energía.

En general este proyecto requiere de instalación de infraestructura para su correcto funcionamiento y por tanto tiende a ser inviable desde la perspectiva de implementación económica, es necesario abordar esto en conclusiones.

Se escogió este tipo de dispositivo por su bajo costo en el mercado y su fácil acceso de adquisición. El costo de toda la infraestructura (Dispositivo, Gateway, Antena) es de 140 dólares por lo que al compararse con los dispositivos utilizados en las anteriores investigaciones representa una alta ventaja, cada dispositivo añadido para ser colocado en un vehículo diferente representa un costo de 15 dls.

En términos de rastreabilidad de activos, las ciudades pueden usar LoRaWAN para obtener “información de ubicación de personas, incluidos dispositivos, vehículos, mascotas y ganado”. La tecnología también permite a los clientes de servicios públicos leer y controlar de forma remota. En la Figura 21, se muestran los dispositivos utilizados en este proyecto, así como en la Figura 22, podemos observar la integración del dispositivo.

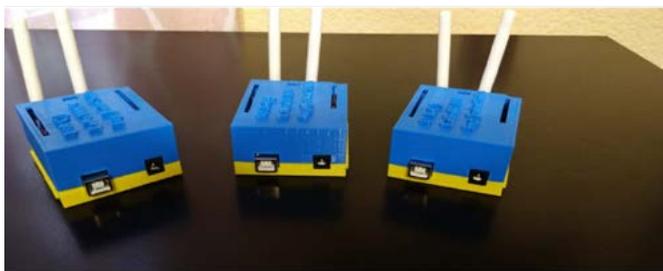


Figura 21. Dispositivos para localización GPS.
Fuente: Elaboración propia.

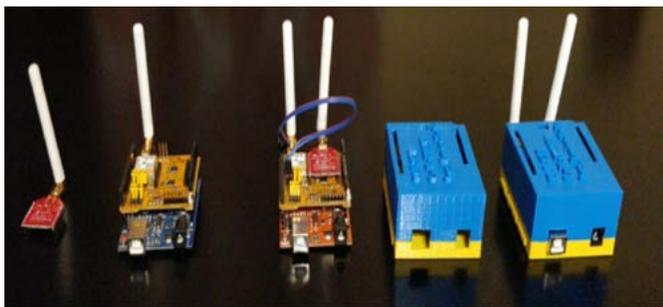


Figura 22. Integración del dispositivo.
Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

[1] L. Fedele, *Basic Maintenance to Advanced Maintenance*, "Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance", pp. 63-112, 2011.

[2] Rizzi M. Ferrari P. Flammini A. (2017). *Evaluation of the IoT Lo- RaWAN Solution for Distributed Measurement Applications*. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 66, no. 12, pp. 3340-3349. <https://doi.org/10.1109/TIM.2017.2746378>.

[3] A. Founoun and A. Hayar, "Evaluation of the concept of the smart city through local regulation and the importance of local initiative," *2018 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2018*, pp. 1-6, 2019.

[4] Mekki K.; Bajic E.; Chaxel F.; Meyer F. (2019). *A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment*. *ICT Express*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>.

[5] Medium Corporation, < Medium, > 14 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://medium.com/omarelgabrys-blog/database-introduction-part-1-4844fada1fb0>. [Ultimo acceso: 8 Agosto 2018].

[6] Gao, J. (2020). *PhD Forum Abstract: Key Generation Scheme for LPWAN IoT devices*. *Proceedings - 2020 19th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2020*, 375-376. <https://doi.org/10.1109/IPSIN48710.2020.00008>.

[7] Jerrin George James, S. N. (2017). *Efficient, Real-time Tracking of Public Transport, Using LoRaWAN and RF Transceivers*. *IEEE Region 10 Conference*.

[8] Pengxin Guan, L. W. (2018). *A Real-Time Bus Positioning System Based on LoRa Technology*. *2nd International Conference on Smart Grid and Smart Cities*.

[9] Sandra Sendra, P. R.-D.-N. (2019). *LoRa-Based System for Tracking Runners in Cross Country Races*. *Proceedings*.

[10] Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F. y Meyer, F. (2018). *Overview of Cellular LPWAN Technologies for IoT Deployment: Sigfox, LoRaWAN, and NB-IoT*. In *2018 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom Workshops 2018* (pp. 197-202). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2018.8480255>.

DESARROLLO DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA IDENTIFICAR IMÁGENES METALGRÁFICAS DE PIEZAS DE ALUMINIO A356

Artículo arbitrado 32

Edición 16

Mauricio A. Sáenz Rivas¹, Gildardo Rivas valles² y Elsa G. Ordoñez Casanova³

^{1,2,3}Universidad Autónoma de
Ciudad Juárez,
Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT),
Av. Del Charro núm. 450 nte.
Ciudad Juárez Chihuahua, México,
C.P. 32000



eordonez@uacj.mx

Recibido: Diciembre 8, 2020.

Recibido en forma revisada: Junio 13, 2021.

Aceptado: Junio 15, 2021.

Resumen: En este trabajo se presenta el desarrollo de una interfaz gráfica con la capacidad de procesar una imagen metalográfica y separar los píxeles de acuerdo con el código de color RGB. Esta interfaz permite la identificación de fases, poros y defectos estructurales de piezas de aluminio A356 obtenidas de un rin para vehículos todo terreno. Para el desarrollo de esta interfaz digital se utilizó SharpDevelop, que es un software de código abierto y puede ser ejecutado como una aplicación de Windows. Los resultados obtenidos tuvieron una evaluación cuantificable confiable, que fueron respaldados con pruebas experimentales, los cuales pueden ser aplicados a cualquier tipo de otros materiales.

+ Palabras clave: Aluminio A356, procesamiento de imágenes, metalográfica.

Abstract: In this work we present the development of a graphic interface with the ability to process a metallographic image and separate the pixels according to the RGB color code. This interface will allow the identification of phases, pores, and structural defects of A356 aluminum parts obtained from an off-road vehicle rim. For the development of this digital interface SharpDevelop was used, which is an open-source software and can be executed as a Windows application. The results obtained a reliable quantifiable evaluation, which were supported with experimental tests, which can be applied to any type of other materials.

+ **Keywords:** A356, Imagen processing, sharp develop, metallography.

Introducción

Los análisis microestructurales es una técnica dentro de las ciencias de los materiales, que nos permiten estudiar y comprender las fases presentes, tamaño de grano, porosidad, entre otros defectos [1]. Por lo general, los análisis cuantitativos de los materiales a partir del estudio microestructural se realizan con la ayuda de un microscopio óptico metalográfico [2]. Estos se efectúan directamente sobre la estructura, y sus resultados dependen en gran medida de la habilidad y experiencia del técnico especialista [3].

En el campo de los materiales los análisis de imagen automatizados hacen referencia a una evaluación digital cuantitativa de la imagen de una microestructura [4]. Las mediciones cuantitativas suelen ser la longitud, la anchura y el área, las cuales se utilizan para la evaluación de las características metalográficas. La digitalización de imágenes permite la manipulación de altos volúmenes de datos con el fin de garantizar una base estadística [5-6]. El análisis y procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican sobre una imagen digital con el objetivo de mejorar su calidad [7]. Esta es una rama de la ingeniería muy expandida y dinámica, con aplicaciones en áreas cercanas a nuestra vida diaria como la medicina, la exploración espacial, la vigilancia, la autenticación, la inspección industrial automatizada, entre otras [8-9].

El procesamiento de imágenes nos permite realizar análisis de muestras con equipos más sencillo, como un microscopio óptico y equipo de cómputo, sin necesidad de comprar equipos más costosos para una caracterización estructural rápida [10], realizando comparaciones entre diferentes imágenes de varios materiales y obteniendo resultados confiables. Por tal motivo, este trabajo presenta la descripción de una interfaz gráfica que separa los pixeles de acuerdo con el código de color RGB, a partir de una imagen metalográfica de una pieza manufacturada de aluminio A356, la cual fue obtenida de una serie de rines para cuatrimotos todo terreno con defectos de fabricación. Con la finalidad de visualizar impurezas, porosidad y microfracturas. Los resultados muestran que esta interfaz resultó ser confiable, impactando directamente en reducción de tiempo en la industria.

Metodología

Obtención y preparación de muestra

Para obtener la pieza a examinar, se cortó una sección de la parte inferior de un rin de aluminio A356 perteneciente a la zona de ensamble del birlo de un vehículo todo terreno, con fallas estructurales previas. La pieza obtenida se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Muestra original de una sección de un rin de aluminio A356.
Fuente: Elaboración Propia.

La preparación de la muestra consistió en lijarla gradualmente hasta alcanzar un grado estructural tipo espejo. Para ello, Inicialmente se realizó un desgaste con una lija grado 60, seguida de lijas grado 320, 800 y 1200, hasta llegar a los diferentes acabados como se muestra en la Figura 2.

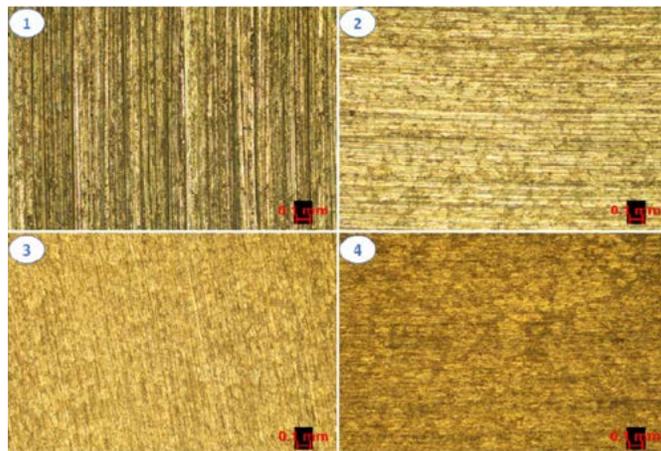


Figura 2. Tipos acabados. Donde: Pieza devastada 1) Acabado de lija grado 60, 2) Acabado de lija grado 320, 3) Acabado de lija grado 800, 4) Acabado de lija grado 1200.

Fuente: Elaboración Propia.

Después que la muestra alcanzó el acabado espejo, como se muestra en la Figura 3. Se realizó un pulido con un paño con sílice coloidal de $0.08 \mu m$. Finalmente, se obtuvieron las imágenes estructurales metalográficas.

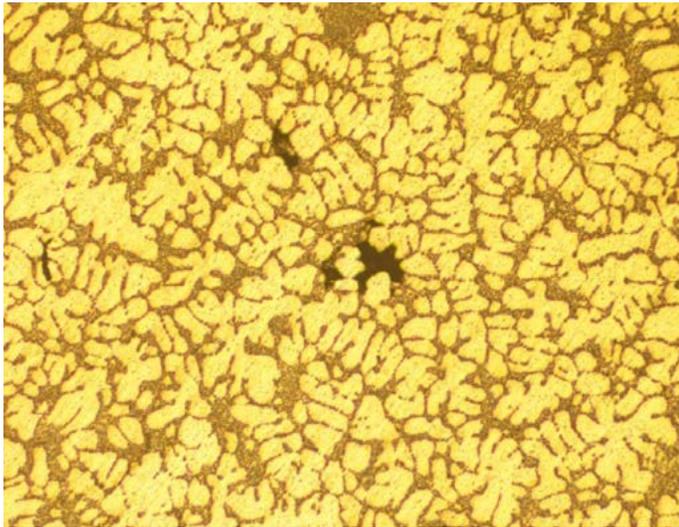


Figura 3. Pieza con pulido acabado espejo en paño con sílica coloidal.
Fuente: Elaboración Propia.

Adquisición de imágenes

Las Figuras 2 y 3 fueron adquiridas por un microscopio metalográfico Nikon Eclipse MA100, a una magnificación de 5X. La imagen de la figura 3, fue digitalizada por un equipo Nikon Digital Sight DS-U3 y finalmente adquirida por el software NIS-Elements D, este software utiliza una interfaz gráfica de usuario con ventana sencilla diseñada para facilitar la captura de imagen.

Descripción de la Interfaz gráfica.

El interfaz gráfico se obtuvo con el programa SharpDevelop como se muestra en la Figura 4. Esta interfaz tiene la capacidad de insertar una imagen de 640 x 480 píxeles en los formatos png, jpg o tif, y puede realizar inspección del código de color RGB de los 307200 píxeles de la imagen, para ello se realiza un clic sobre cada uno de ellos, mostrando el lector de código RGB.

En la interfaz grafica se estableció un límite de color rojo, verde o azul, para visualizar los poros o defectos y la separación entre la fase 1 y fase 2 de la imagen original. Además, la interfaz cuenta con botones de procesamiento de la imagen por el color rojo, verde o azul del código RGB, según lo requiera la imagen y esta se muestra previamente procesada a la derecha del gráfico. Después de ser procesada la imagen se pueden observar los resultados de porosidad o defectos, fase 1 y fase 2 en% en la parte inferior derecha. Además de contar con un botón de salir para cerrar la interfaz.

Puntos de la imagen de la interfaz:

1. Título de interfaz.
2. Imagen original insertada.
3. Imagen procesada.
4. Lector de código RGB de imagen original.
5. Botón para insertar imagen.
6. Botón para reiniciar procesador.
7. Límite establecido de poro o defecto.
8. Límite establecido para la separación de fase 1 y fase 2.

9. Botón para procesar por color rojo de formato RGB.
10. Botón para procesar por color verde de formato RGB.
11. Botón para procesar por color azul de formato RGB.
12. Resultado en% de porosidad y defectos.
13. Resultado en% de fase 1.
14. Resultado en% de fase 2.
15. Botón de salida.

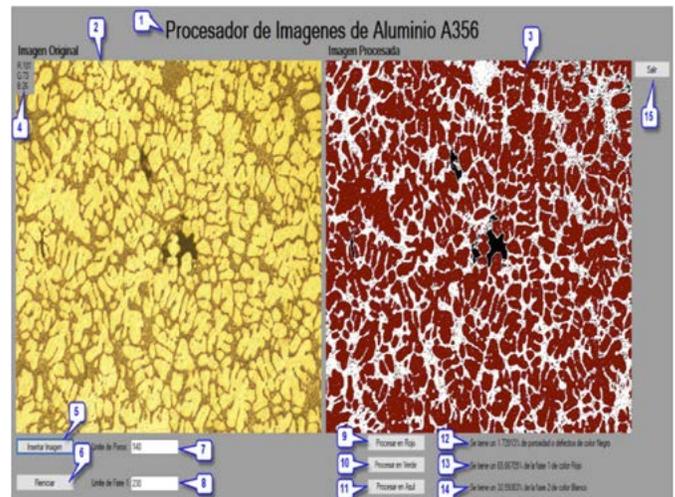


Figura 4. Interfaz gráfica obtenido del Procesador de Imágenes de Aluminio A356.

Fuente: Elaboración Propia.

Descripción Código de clasificación de color

Se describe de manera general el código de clasificación de color que se utilizó para el desarrollo de la interfaz. Para insertar una imagen se utilizó la condición de botón 'Insertar Imagen', este abre una ventana de diálogo que te permite insertar una imagen del tipo \.jpg", \.png" o \.tif", debido a que estos son los formatos más comunes. Una vez insertada la imagen, esta se guarda en pictureBox1.Image, la cual aparece como 'ImagenOriginal' en la interfaz. Como se muestra en la siguiente imagen, Figura 5.

```
void BinsertarClick(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog opf = new OpenFileDialog();
    opf.Filter = "Elige Imagenes(*.jpg;*.png;*.tif)|*.jpg;*.png;*.tif";

    if (opf.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        pictureBox1.Image = Image.FromFile(opf.FileName);
    }
    pictureBox1.Visible = true;
}
```

Figura 5. Código de botón "Insertar Imagen".

Fuente: Elaboración propia

Una vez insertada, es necesario inspeccionar la imagen original dando clic en las secciones con poros o defectos y las 2 diferentes fases, por cada clic que se genera un arreglo de píxeles "bmp", de donde se extrae el color rojo, verde y azul del píxel seleccionado, los cuales se graban en las memorias "r", "g" y "b" respectivamente, para posteriormente imprimirlo en Label1.Text, el cual se muestra como "Lector de código

RGB de imagen original” en la interfaz. El código de este se muestra en la Figura 6.

```
void PictureBox1MouseClicked(object sender, MouseEventArgs e)
{
    Bitmap bmp = new Bitmap(pictureBox1.Image);
    int a = bmp.GetPixel(e.X,e.Y).A;
    int r = bmp.GetPixel(e.X,e.Y).R;
    int g = bmp.GetPixel(e.X,e.Y).G;
    int b = bmp.GetPixel(e.X,e.Y).B;
    Label1.Text="R:"+bmp.GetPixel(e.X,e.Y).R.ToString()+
    "\nG:"+bmp.GetPixel(e.X,e.Y).G.ToString()+
    "\nB:"+bmp.GetPixel(e.X,e.Y).B.ToString();
}
```

Figura 6. código de “Lector de código RGB de imagen original”.
Fuente: Elaboración propia

En el caso de querer analizar en color rojo, se puede seleccionar como: “Procesar en Rojo”, generando un arreglo de pixeles “bmp” del pictureBox1.Image (imagen original), del cual se extrae el “width” y “heigh” que se utilizaran como los límites de inspección en “X” y “Y” del arreglo de pixeles. Estableciendo condiciones de números flotantes “red1”, “red2”, “red3” y “redt”, que se utilizaran para guardar la separación de los pixeles en 3 grupos distintos y una sumatoria total. Se generó un segundo arreglo de pixeles “rbmp” donde se guardarán los resultados del procesamiento para generar una nueva imagen. Este mismo procedimiento se aplica al análisis para rojo o verde.

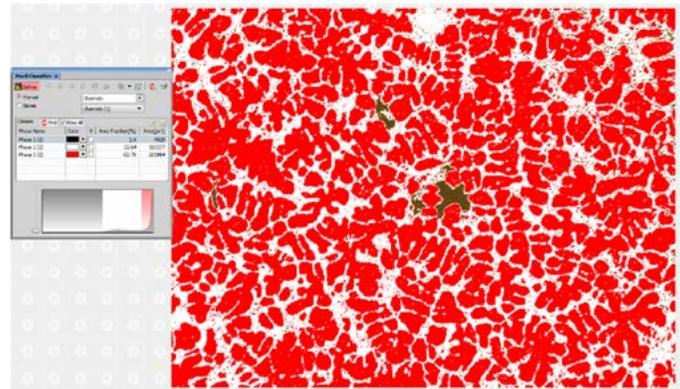


Figura 8. Resultado de análisis de colores de software Nis-Elements D.
Fuente: Elaboración Propia.

Después de ser procesada las imágenes digitales, se pueden observar los resultados de defectos, fase 1 y fase 2 en%, obtenidas de la interfaz descrita anteriormente, y cuyos resultados comparativos de errores se reflejan en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de resultados.

	Interfaz diseñada SharpDevelop (%)	Software Nis-Elements D (%)	Diferencia de error (%)
Defectos o poros	1.74	1.60	0.14
Fase 1	65.67	65.76	0.09
Fase 2	32.59	32.6	0.05

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en la Tabla 1, que los resultados varían con errores del 0.14% al 0.09%. Para mejorar la interfaz se plantea el uso de un software con librerías más completas poder generar un código con la capacidad de definir formas, permitiendo así una evaluación con un menor error y/o mejorar el código de la interfaz diseñada agregando un algoritmo para la eliminación de ruidos, es decir, definir mejor las formas adquiridas.

Análisis y resultados

Para poder evaluar la imagen metalográfica, primero se procesó en la interfaz gráfica diseñado en SharpDevelop, con las condiciones establecidos para observar los defectos y las fases. Luego con la ayuda del software Nis-Elements D (Plataforma de software flexible para controlar microscopios Nikon) y utilizando la misma imagen se comparó los resultados obtenidos (Figuras 7 y 8).

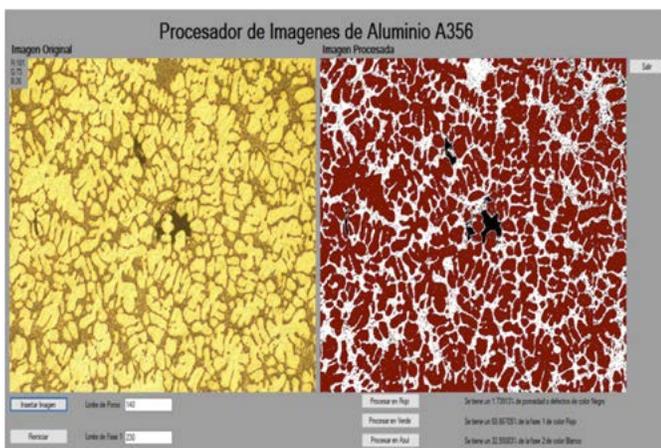


Figura 7. Resultado de análisis de colores de procesador de imágenes diseñado.

Fuente: Elaboración Propia.


```
pictureBox1.Image = Image.FromFile(opf.FileName);  
}  
pictureBox1.Visible = true;  
}
```

Bibliografía

[1] Alfonso López, Adrián, (2013). Estimación de las propiedades mecánicas y tamaño de grano del acero AISI 1045 utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes obtenida a través de un microscopio óptico metalográfico. Tesis Doctoral. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

[2] Castro Fuentes, M. A. (2012). Software para la caracterización de aceros al carbono mediante el procesamiento digital de imágenes metalográficas (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas).

[3] Rodríguez Rojas, O. G. (2012). Estimación de propiedades mecánicas de aceros hipoeutectoides Utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes obtenidas a través de un microscopio óptico metalográfico (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas).

[4] Fajardo, J.; Abuchar, A.; Ureche, J.; Alarcon, J. y Cano, C. (2007). Caracterización mecánica y micro-estructural del acero astm a 131a sometidos a cargas explosivas. *Scientia et technica*, 4(36), 977-980. ISSN: 0122-1701.

[5] Struers (2021). Análisis automatizado de imagen. Recuperado de: <https://www.struers.com/es-ES/Knowledge/Image-analysis>

[6] Lulluna Llumiquinga, F. R. (2014). Procesamiento de imágenes mediante software libre python para el análisis metalográfico en aceros de bajo contenido de carbono (Bachelor's thesis, QUITO, 2014.).

[7] Torres, A. D. (1996). Procesamiento digital de imágenes. *Perfiles Educativos*, (72).. ISSN (versión electrónica): 2448-6167.

[8] Menéndez Alonso, R. J.; López-Portilla Vigil, B. M. y Inglesias Martínez, M. E. (2013). Diseño de un sistema de transferencia y procesamiento de imágenes sobre un FPGA. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(2), 13-22. ISSN Electrónico (Electronic): 2443-4477.

[9] Pérez, P. A. C.; García, J. R.; Ibáñez, J. J. R. y Meléndez, C. S. (2009). *Telemedicina.: Ingeniería biomédica (Vol. 56)*. Universidad de Castilla La Mancha. ISBN-13: 978-8484276319.

[10] Torres Leyva, M.; Cala Calviño, L.; Ortiz Maestre, J. A.; Suarez Sotomayor, L. M. y Hernández García, F. (2018). Soporte facilitador para la toma de imágenes microscópicas con dispositivos digitales. *Revista Cubana de Informática Médica*, 10(2). ISSN 1684-1859.

MANUAL DE ESTILO

+ CONSEJO EDITORIAL

MISIÓN

El objetivo principal del Consejo Editorial es divulgar mediante una revista de corte científico, de publicación semestral, todos aquellos logros realizados por los investigadores de nuestra Universidad y sus aportaciones a beneficio de la sociedad.

VISIÓN

Con la difusión de estos avances obtendremos el reconocimiento de la comunidad y lograremos el posicionamiento de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, en áreas de desarrollo científico.

+ ATRIBUCIONES

1. El Consejo Editorial tiene como objetivo cuidar y promover la imagen y prestigio de la UTCJ.
2. Realizar la corrección de estilo y todos los cambios ortográficos y de redacción que sean necesarios para mejorar la calidad de los artículos a publicar.
3. Verificar que todas las obras cuenten con los requisitos editoriales que marca nuestro Manual de Estilo y Normas de Publicación.
4. Contribuir en la difusión y distribución de nuestra revista científica.
5. Evaluar y supervisar el proceso editorial.
6. Vigilar la calidad de las obras que lleven el sello editorial.

+ LINEAMIENTOS

- I. Los artículos que se publiquen serán responsabilidad del autor.
- II. Cada artículo deberá contar con las siguientes características y lineamientos editoriales:
 - a. Tener como base los resultados de una investigación científica, original y relevante.
 - b. Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez.
 - c. Cubrir parte del estado de conocimiento vigente.
 - d. Estar escritos con un lenguaje adecuado y que atiendan la serie de condiciones formales y de contenido propio de un texto científico.

Es importante que cada trabajo de investigación cuente con crédito de autor y/o colaboradores, crédito de fotografías (si las hay) y un correo electrónico.

+ FORMATOS DE ENTREGA

- El material tiene que ser entregado en procesador de texto WORD, con letra tipo Arial, a 12 puntos, con espacio sencillo y alineación a la izquierda.
- Formato carta, extensión mínima 3 cuartillas y un máximo de 10, incluyendo notas y bibliografía.
- Utilizar sangría francesa al inicio de cada párrafo.
- Márgenes de 3 cm. superior y 2.5 cm. de derecha e izquierda.
- Todas las páginas deberán estar enumeradas en secuencia, comenzando por la portada.
- Las siglas deben venir en su forma destacada (p. ej. UTCJ, Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez).
- Señalar la naturaleza del trabajo: artículo de investigación, avance, etc.
- El título de la obra debe ser colocado en la parte superior del documento, en forma centrada, destacado con negritas.
- Todos los textos deben incluir nombre completo del autor y/o colaboradores, grado académico y área de especialización, así como también un correo electrónico. Los nombres de los autores deben de aparecer en el orden de sus contribuciones.
- Anexar en el trabajo de investigación un currículum de autor (es).
- El solicitante y/o autor se compromete a estar disponible para atender cualquier asunto relacionado con su obra.
- En todos los casos, los manuscritos entregados no serán devueltos.
- La fecha de entrega del material será determinado por el editor y este a su vez se lo hará del conocimiento al autor.
- El autor debe incluir un resumen breve de los contenidos del artículo.

Los trabajos deberán enviarse al correo electrónico:

editorial@utcj.edu.mx

Para mayor información comunicarse al
Tel. +52 1 656 649 0604 Ext. 3846

+ ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

TÍTULO EN INGLÉS Y ESPAÑOL

No debe ser mayor a 15 palabras y describir el contenido del artículo de una forma clara, exacta y concisa.

ABSTRACTOS

Incluir los resúmenes en español y en inglés (abstract), de 150 palabras, cada uno. Debe de indicar clara y brevemente el propósito de la investigación, de los procedimientos básicos, de los resultados y de las conclusiones principales. Evite el uso de abreviaturas y de términos altamente especializados en el extracto.

PALABRAS CLAVE

Presentar cinco palabras clave, en inglés y en español, estos términos deben de aparecer debajo del resumen, en la misma página. Se pueden utilizar palabras solas o términos compuestos.

ABREVIATURAS

Las abreviaturas deben de ser definidas la primera vez que se mencionan. Si fuera esto en el resumen, entonces debe de definirse de nuevo en el cuerpo principal del texto.

INTRODUCCIÓN

Este apartado plantea el propósito del artículo sin un despliegue extensivo del tema, utilizando solo las referencias más pertinentes. Indique las razones que motivaron a la investigación y cuando corresponda, dé cuenta de la hipótesis postulada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, justificando la elección de métodos, técnicas e instrumentos, si los hubiera, teniendo en cuenta la secuencia que siguió la investigación.

RESULTADOS

Se describen los resultados del estudio, resaltando los hallazgos relevantes (incluso los resultados contrarios a los objetivos propuestos, si es el caso). Los resultados se presentarán utilizando texto, tablas e ilustraciones.

DISCUSIÓN

Interpretación de los resultados y su significado sobre el trabajo de otros autores.

AGRADECIMIENTOS

Al patrocinio o proyecto son lo más breve posible.

LAS TABLAS Y FIGURAS

A fin de garantizar los más altos estándares para la calidad de las ilustraciones, éstas deben de ir a una resolución de 300 dpi's. Las figuras

deben de ser claras y fáciles de leer.

Figuras numeradas, en número arábigo seguido de pie de figura para la parte inferior de cada una de ellas e insertadas dentro del cuerpo del artículo y no al final de este.

Las tablas tienen que ser menores de 17 cm. x 20 cm., enlistadas en números arábigos y tener un título, y/o leyenda en la parte superior para explicar cualquier abreviatura utilizada en ella, del mismo modo estar insertas dentro del cuerpo del artículo.

FOTOGRAFÍAS E ILUSTRACIONES

Todo material de foto e ilustraciones deben de enviarse en un archivo del artículo. Como también en formato aparte JPG o PSD, con una resolución mínima de 300 dpi's, en tamaño real.

Tanto las tablas, figuras, fotografías e ilustraciones se entregarán en procesador Excel.

CITACIÓN

Para la citación textual larga, de 40 palabras o más, es necesario separar el texto citado y disminuir el tamaño de la tipografía un punto. Del mismo modo, se deben aumentar los márgenes laterales 1 cm. y colocar inmediatamente después (autor, año), al que se cita.

FECHA

Se cita al final del trabajo, precedido del lugar donde se redactó el original.

BIBLIOGRAFÍA

La exactitud de las referencias es responsabilidad de los autores. Se incorpora al final del artículo, numeradas, incluyendo en orden alfabético todas las obras citadas en el texto y en los pies de página. El autor debe revisar cuidadosamente que no hay omisiones e inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. La redacción se presenta de la siguiente manera:

Nombre del autor y colaboradores (en su caso), comenzando con el apellido paterno, seguido de los nombres. Año de la publicación entre paréntesis. Título del libro en itálicas (cursivas). Edición (de la segunda en adelante). Casa editorial, ciudad de publicación, país y páginas totales.

+ EJEMPLO DE REFERENCIAS

LIBRO

Wiener, Norbert, *Cibernética: o el control y la comunicación en animales y máquinas*, Barcelona, Tusquets, 2003.

ARTÍCULO DE REVISTA

Ádem, José, 1991, 'Algunas consideraciones de la prensa en México', *Avances y Perspectiva*, vol. 10, abril-junio pp. 168-170

PÁGINAS WEB

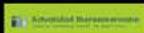
Ramírez, E., 2012, *Economía futura en América Latina*. Recuperado de <http://www.economico-online.com>.

UTG THEOREMA

REVISTA CIENTÍFICA

EDICIÓN 16 // ENERO-JUNIO 2021

ISSN: 2448-7007



latindex