

# **UTeJ** THEOREMA

## REVISTA CIENTÍFICA

Número **18** Enero - junio 2022

Enero - junio  
**2022**

**No. 18**

**UTCJ THEOREMA REVISTA CIENTÍFICA**

Año 8, No. 18, es una publicación semestral, enero - junio 2022, editada por la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Avenida Universidad Tecnológica #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, Tel. (656) 649 0600, Ext. 3870, [www.utcj.edu.mx](http://www.utcj.edu.mx). Editor responsable: José Castro Castruita. 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, Departamento de Editorial, L.D.G. José Castro Castruita. Avenida Universidad Tecnológica #3051, Col. Lote Bravo II, C.P. 32695, fecha de la última modificación 08 de abril de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez. 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

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez  
**UTCJ THEOREMA REVISTA CIENTÍFICA**  
Edición No. 18 especial, julio diciembre 2021  
Av. Universidad Tecnológica No. 3051  
Col. Lote Bravo II, C.P. 32695  
Ciudad Juárez, Chihuahua  
Teléfono (656) 649 0600 Ext. 3870

# Directorio

## ■ Gobierno del Estado

**Mtra. María Eugenia Campos Galván**  
Gobernador Constitucional del Estado de Chihuahua

**Lic. Javier González Mocken**  
Secretario de Educación y Deporte

## ■ Secretaría de Educación Pública

**Dr. Herminio Baltazar Cisneros**  
Director General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas

## ■ Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

**Lic. Carlos Ernesto Ortiz Villegas**  
Rector

**Lic. Francisco Javier Reza Pacheco**  
Abogado General

**Mtro. Édgar Omar Lara Enríquez**  
Secretario Académico

**Lic. Dulce María Villarreal Rodríguez**  
Directora de Vinculación

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

**Dr. Erick Octavio Rojo Simental**  
Director de la Carrera de Logística Internacional

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

---

**Dra. Brenda Marcela Salcido Trillo**

Encargada 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, Redes Inteligentes y Ciberseguridad y Desarrollo y Gestión de Software

**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. César David Fierro Ruiz**

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (SNI C)

**Dra. Vanessa Alderete Acosta**

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

**Dr. Sergio David Villalobos Acosta**

Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

## ■ Comité 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

## ■ Comité Editorial

**Lic. Luis Carlos Gutiérrez Mena**

Subdirector de Extensión Universitaria

**Mtro. Ricardo Antonio Yáñez Félix**

Jefe del Departamento de Editorial

**Lic. Idalí Meléndez Domínguez**

Jefe del Departamento de Prensa y Difusión

**Lic. José Castro Castruita**

Diseñador gráfico

**Lic. Rocío Alejandra Soto Torrez**

Diseñador gráfico

---

# CONTENIDO

- 06 Evaluación de sobrepeso de los estudiantes de salud en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, 2014**  
Alfredo Alfonso Cabel Acevedo
- 13 Estudio de responsabilidad social en PyMEs restauranteras en Cancún**  
Paola Álvarez Pous, Cid Alejandro Silva Castro, Laura Minerva Juárez De la Fuente y María del Socorro Castillo Castillo
- 22 Profesionalización en el proceso de calentamiento de un horno de pan artesanal**  
Erasmó Lara Román, Alejandra Morales Martínez y Rene Mattus Luis
- 29 Evaluación de la estabilidad dimensional de moldes rígidos para la fabricación de tanques resina-fibra de carbón para agua en una empresa aeroespacial**  
Juan Raúl Venegas Carrillo y Mario Antonio Makita Aguilar
- 38 Desarrollo de software educativo de realidad aumentada para la materia de Programación Web**  
Edgar Alfonso Arellanes González, Gregorio Ronquillo Máñez, Leonardo Nevárez Chávez, Marisela Ivette Caldera Franco y Yadira Gochi Ponce
- 46 Evaluación de la digestibilidad in vitro de proteínas de insectos comestibles del valle del mezquital**  
Carlos Abraham Reynoso Ocampo, Celerino Arroyo Cruz, Luis Salazar Cervantes, Yazmin González Nava, María Isabel Martín Espíritu
- 57 Análisis y reducción de inventario de resina en empresa de moldeo**  
Laura Elizabeth Silva Leyva, Carlos Alberto Ronquillo Salas, Pravda Yamille Modesto Piñón, Ericka Berenice Herrera y Mirella Parada Gonzalez
- 63 Grado de contaminación de agua en humedales del Municipio de Guachochi, Chihuahua**  
Ángel Ceballos-Chávez, Ivonne Valencia -Mendoza, Leidy Chávez -García, Dagoberto Lara-Marín y Aaron González-Atienzo
- 72 Aplicación de realidad aumentada como herramienta de capacitación dentro del laboratorio de prototipos**  
Iris Elizabeth Tarín Martínez, Gregorio Ronquillo Máñez, Leonardo Nevárez Chávez, Marisela Ivette Caldera Franco y Hernán De La Garza Gutiérrez
- 80 Evolución del Programa para el Desarrollo Profesional Docente en Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua**  
Rene Saucedo Silva, Verónica Farías Veloz, Alejandra Herrera Chew, María Concepción Fuentes y Joaquín Godoy Mendoza
- 88 Diseño de un sistema de enfriamiento para análisis térmico de Fourier**  
Miguel Ángel Morua Ramírez, Irene Palma Sandoval, Cesar Gilberto Cárdenas Franco, Elizabeth Vilchis Padilla y Erick Alonso Valenzuela
- 96 Modelo de simulación en SIMIO para mejorar el proceso productivo de una empresa fabricante de cebos**  
Liliana Fuentes Rosas, Ernesto González Martínez, Lucila Guadalupe Tobón Galicia y María del Socorro Flores Serrano
- 105 Aplicación del algoritmo a\* con inteligencia colectiva para planificar rutas en sistema de transporte público**  
Arnulfo Castro Vásquez, Raúl Ojeda Luna, Israel Hernández Hernández y Mayra V. Linares Gil
- 116 Diseño y manufactura aditiva de una careta automatizada**  
José Itzerai Rodríguez Salcedo, Jorge Carlos León Anaya y Erick Barrón Alcántara
- 124 Índices de calidad de industria productora de carbonato de sodio**  
Lorena Santos Espinosa, Ricardo Piña Salgado, Filemón Carreño Reyna y Miriam Silvia López Vigil
- 134 Modelado de una chapa metálica de acero estructural en el proceso de rolado por simulación numérica**  
Emmanuel Sandoval, Jorge León, Ismael Pérez y Eloy Dimas
- 142 Tecnología disruptiva, metodología SAFe: Casos de análisis**  
Isela Mendoza Lozano, Claudia Ángles Barrios, Juan Carlos Pizarro Martínez y Guillermina Yanet Rojas López
- 151 Análisis para la obtención de recubrimiento de Titanio aplicado a implantes biodegradables de Magnesio**  
Cecilio Santos Hernández, Lidilia Cruz Rivero y Alejandro Del Ángel Domínguez
- 158 Mecanismos de control interno en materia de prevención de lavado de dinero**  
Mónica Leticia Acosta Miranda y Leonor Ángeles Hernández
- 166 Proceso de control permanente para ubicar auto-transportes por medio de un GPS alimentado con celdas solares**  
Angélica Murillo Ramírez, María Del Rosario Moreno Fernández y Mora-Colorado, Eva
- 176 Propuesta de mejora para la optimización de una posición remota híbrida y su simulación**  
Bárbara Alexandra Anaya Sánchez, Juan Ernesto Chávez Pierce, Carlos Alberto Gómez Álvarez y Gabriela Álvarez Vega
- 182 Electrooxidación de telururos-arseniuros-seleniuros de Oro-plata en medio ácido perclórico y sulfúrico**  
Y. Besares-Sánchez, M.A. Alatorre Ordaz, Ma. M. Salazar-Hernández y E. Elorza-Rodríguez

- 189 Diagnóstico de necesidades de los productores de tuna para una propuesta de estrategias de comercialización**  
Virginia Azuara Pugliese, Armando Sánchez Macías, José Andrés Gutiérrez Vázquez, Laura Araceli López Martínez y María Victoria López Pérez
- 201 Conocimiento y normatividad ambiental en empresas IMMEX**  
José Luis Díaz Roldán
- 217 Tendencias y estado del arte de la gamificación para materias de programación en educación superior**  
María Eugenia Sánchez Leal, Alma Patricia Gallegos Borunda, Verónica Farías Veloz, Claudia Angles Barrios y Valeria Jazmín Arreola Cardona
- 225 Diagnóstico para implementar los eSports en el Centro de Convenciones de la zona hotelera en Cancún, Quintana Roo**  
Edwin Uriel Zavala Velasco, José Manuel Jiménez García y Deheny Isabel Torrealba Tinoco
- 235 Desarrollo de formulaciones de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando aguamiel y alcoholes polihídricos como edulcorantes**  
Celerino Arroyo Cruz, Carlos Abraham Reynoso Ocampo, Luis Salazar Cervantes, Salvador Valle Angeles y Sergio Reyes Zúñiga
- 243 Determinación del contenido de compuestos antioxidantes en frutos de nanche (*Byrsonima crassifolia*)**  
María Karla Flores López, Rosa Cristina Ávila Peña, Sandra Díaz Montes, Katia Nayely Ramos Santoyo y Cheyenne Vallejo Torres
- 252 Estudio sobre la accesibilidad en hoteles desde la percepción de las personas con discapacidad visual**  
Dariana Jaqueline De Gante Castro, José Manuel Jiménez García y Katy Victoria Morales Martínez
- 263 Determinación de los principales contribuyentes de la generación de scrap en un taller de maquinado: estudio de caso**  
Rosa Ma. Amaya Toral, Rosa María Reyes Martínez y Jorge de la Riva Rodríguez
- 270 Estudio sobre la cultura de los consumidores MIPYME comercial de San Luis Río Colorado, Sonora**  
Sonia Maribel Félix Meza, Xóchitl Soto Luzanía, Eduardo Coronado De los Reyes y Dagoberto Gaxiola Machain
- 278 Abstracción y transferencia del concepto de variación en distintos contextos y representaciones**  
Juan Ernesto Chávez Prieto, Bárbara Alexandra Anaya Sánchez, Juan Ernesto Chavez Pierce y David Francisco Gardea Medrano
- 286 Falta de honestidad en desempeño académico del alumno**  
Julio César García Jiménez
- 294 Validación de los Resultados de Aplicación de la NOM-020-ENER-2011, Utilizando el Software Design Builder**  
Gustavo Zitacuaro Lara, José Gustavo Leyva Retureta, Ervin Jesús Álvarez Sánchez, Fernando Aldana Franco y Yazmin Rivera Peña
- 303 Diseño de sistemas de control de velocidad en lazo cerrado aplicados al motor de corriente directa**  
Onofre Morfín, Arnulfo Castro y Miguel Murillo
- 318 Importancia de las habilidades blandas (soft skills) en la formación de ingenieros industriales**  
Lot Rojas Mora, Lilliana Fuentes Rosas y Anibal Gaudencio López Cabrera
- 325 Inteligencia de mercados para incrementar las ventas en un ambiente de inseguridad en la Ciudad de Chihuahua para una arrendadora de autos sin chofer**  
Andrew Sotelo María Elena, Sostres Flores Paula Alejandra y Durán Morales Carlos
- 335 La brecha digital en la educación superior tecnológica (TECNM) en tiempos de pandemia (COVID-19)**  
Pedro Rosales Gutiérrez y Nancy I. Arana De Las Casas
- 344 Integración de tecnologías asociadas con el internet de las cosas y la industria 4.0**  
Rafael Ramón Pardo Villalón, Israel Ulises Ponce Monarez y Adriana Salinas Avila
- 352 Optimización topológica de una biela de motor de combustión interna utilizando elemento finito**  
Francisco Carrillo Pereyra, Delfino Cornejo Monroy, Uzziel Caldiño Herrera y Gonzalo Ibraín Duarte Figueroa
- 361 Obtención de un sanitizante base alcohol y mucilago de nopal (*Opuntia Ficus Indica*)**  
Benito Armando Cervantes Hernández, José Víctor Galaviz Rodríguez, Roman Daniel Romero Mitre y Jorge Miguel Galaviz Lopez
- 371 Industria de la madera aserrada en México: Características y factores que limitan su desarrollo**  
Jarinzí Corona Terán
- 378 Uso de piezoeléctricos para análisis de vibraciones**  
Kevin Morales Almanza y José de Jesús Agustín Flores Cuautle
- 384 Validez y fiabilidad de un instrumento de medición para un trabajo de investigación**  
Miguel Ángel Hernández Rivera, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Adán Valles Chávez y Salvador Noriega Morales



# Evaluación de sobrepeso de los estudiantes de salud en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, 2014

Alfredo Alfonso Cabel Acevedo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Maestría en Ciencias de la Salud Pública, Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Col. Lote Bravo II, Cd. Juárez, Chih. C.P. 32695



**Correo correspondiente**  
alfredo\_cabel@utcj.edu.mx

## Resumen

El sobrepeso y la obesidad están considerados por la Organización Mundial de la Salud como una epidemia a nivel mundial, en los últimos años se ha visto un incremento de la obesidad en la población de México. El objetivo es evaluar el estado nutricional de los alumnos de las carreras de la salud, por medio de un estudio transversal retrospectivo, cuantitativo, no experimental, utilizando el repositorio entregado por la Jurisdicción Sanitaria No. II de la Secretaría de Salud, creado como parte del análisis de Universidad Saludable. Se estudian un total de 817 alumnos, el 22.6% eran del sexo masculino y el 77.4% del sexo femenino; el 85.7% corresponden a la carrera de Lic. en Terapia Física y 14.3% a la carrera de Lic. en Protección Civil y Emergencia. Se determina un exceso de peso del 54.3% de estudiantes, con una prevalencia de 29.9% de sobrepeso, un 24.4% de obesidad y un 3.7% de estudiantes con desnutrición según su IMC. Se encontró sobrepeso-obesidad de 47.4% entre los estudiantes de Terapia física y un 6.7% entre los estudiantes de Protección Civil. Se encuentra una relación estadísticamente significativa entre el estado nutricional y el grupo de edad ( $p=0.001$ ); entre el estado nutricional y el peso ( $p=0.000$ ), el estado nutricional y la talla de los estudiantes ( $p=0.047$ ); entre el estado nutricional y la circunferencia de cintura (CC) ( $p=0.000$ ) y entre el estado nutricional y el Índice de Masa Corporal (IMC) ( $p=0.000$ ).

## Abstract

The World Health Organization as a worldwide epidemic considers overweight and obesity, in recent years there has been an increase in obesity in the population of Mexico. The objective is to evaluate the nutritional status of students in health careers, through a retrospective, quantitative, non-experimental cross-sectional study, using the repository provided by the Health Jurisdiction No. II of the Ministry of Health created as part of the Healthy University analysis. A total of 817 students were studied, 22.6% were male and 77.4% female; 85.7% correspond to a degree in Physical Therapy and 14.3% to a degree in Civil Protection and Emergency. 54.3% of students are overweight, with a prevalence of 29.9% overweight, 24.4% obesity and 3.7% of students with malnutrition according to their BMI. Overweight-obesity of 47.4% was found among Physical Therapy students and 6.7% among Civil Protection students. A statistically significant relationship is found between nutritional status and age group ( $p = 0.001$ ); between nutritional status and weight ( $p = 0.000$ ), nutritional status and height of the students ( $p = 0.047$ ); between nutritional status and waist circumference (WC) ( $p = 0.000$ ) and between nutritional status and Body Mass Index (BMI) ( $p = 0.000$ ).

**Palabras clave:** Obesidad, Sobrepeso, Estudiantes del área de la salud.

**Keywords:** Obesity, Overweight, Health students.

---

## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) definió en 2017, el sobrepeso y la obesidad "como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial a la salud del ser humano". El sobrepeso y la obesidad han sido considerados como una amenaza latente para la salud del ser humano, de acuerdo a la OMS, al ejercer ambos factores tienen un efecto adverso sobre la presión arterial; la concentración de colesterol y triglicéridos esto llevara al paciente a padecer enfermedades no trasmisibles, como: hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2, enfermedades coronarias, enfermedad vascular cerebral, dislipidemias, enfermedades del aparato locomotor, diferentes tipos de cáncer entre los que se encuentran mama, esófago, colon, endometrio y ri-

ñón (OMS, 2015).

Según la OMS, en 2016 más de 1,900 millones de adultos mayores de 18 años tenían sobrepeso, de los cuales más de 650 millones eran obesos, más de 340 millones de niños y adolescentes (de 5 a 19 años) con sobre peso u obesidad y 41 millones de niños menores de 5 años tenían sobre peso o eran obesos (OPS, 2015).

La Encuesta Nacional de Salud (ENSA) en el año 2000, reportó que en México casi dos terceras partes de la población presentan un índice de masa corporal arriba de lo normal. La obesidad (más de  $30\text{kg}/\text{m}^2$ ), fue diagnosticada en 23.7% de los casos, el sobrepeso (entre 25 y  $29.9\text{kg}/\text{m}^2$ ) fue el 38.4%. Esto nos indica que existen alrededor de 30 millo-

nes de adultos en México con sobrepeso y obesidad (Olaiz, 2003).

Los datos de sobrepeso y obesidad infantil en México son: en niñas < 5 años, del 5,8% y en niños, del 6,5%; en escolares niñas, del 32,8%, y escolares niños, del 33,7%; en adolescentes mujeres, del 39,2%, y en adolescentes hombres, del 33,5% (Shamah-Levy T, 2018).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en su reporte "Combatir la obesidad impulsaría la economía y el bienestar" del 10 de octubre de 2019, informa que en los próximos 30 años las enfermedades relacionadas con la obesidad cobrarán más de 90 millones de vidas en los países afiliados a esta organización, además presentará una reducción de esperanza de vida de 3 años. En conjunto con las enfermedades relacionadas a la obesidad se traducirán en una reducción del Producto Interno Bruto (PIB) del 3.3% y una pesada carga para los presupuestos familiares. El informe "La Pesada Carga de la Obesidad - La Economía de la Prevención", de la OCDE comparte que más de la mitad de la población padece sobrepeso en 34 de los 36 países miembros de esta organización (OCDE, 2019). La prevalencia de obesidad en niños de 5 a 19 años aumento entre 1996 y 2016 con una tasa de crecimiento de 0.3 puntos porcentuales entre los países de la OCDE, Unión Europea y el Grupo de los 20 (OCDE, 2019). El impacto del sobrepeso en la esperanza de vida establecido en el análisis de la OCDE conforme en el modelo OCDE SPHeP-NCDs, 2019, para el periodo 2020-2050, demuestro que, de los miembros de esta agrupación, el país más afectado será México con un -4.2, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1.

País	Expectativa de vida
Japón	-0.9
India	-1.1
Corea	-1.3
Dinamarca	-1.9
Francia	-2.3
Perú	-2.4
Alemania	-2.6
España	-2.6
Colombia	-2.9
Argentina	-3.1
Chile	-3.5
Latvia	-3.6
Hungría	-3.7
USA	-3.7
Rusia	-3.9
Polonia	-3.9
MEXICO	-4.2

Fuente: Tomado de "The economic burden of obesity" (p. 84,) The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention, por Vuik, S., et al (2019), OECD Publishing,

El estudio de la obesidad no puede desligarse de las otras enfermedades no transmisibles (ENT) ya que comparten factores causales como la mala alimentación y la falta de actividad física. Por lo que identificar a las personas obesas en etapas tempranas ayuda a prevenir la mayoría de las ENT, y al tratar al paciente obeso disminuye el riesgo de presentar complicaciones.

El sobrepeso y la obesidad han tenido un aumento considerable entre la población joven de México, este supuesto aún no ha sido abordado en estudios epidemiológicos en Ciudad Juárez, por lo que el objetivo de este estudio es determinar el estado nutricional entre los estudiantes de las carreras de Terapia Física y Protección Civil y Emergencias de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Chihuahua.

## Resultados

### Métodos

La investigación se realizó en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez mediante el análisis del repositorio emitido por la Jurisdicción Sanitaria no. II de la Secretaría de Salud (SSA) en Ciudad Juárez, como resultado de la inspección de Universidad Saludable llevado a cabo en el periodo febrero – abril 2014.

Los datos fueron proporcionados en físico, se procedió a digitalizar la información del Área de la Salud: Lic. en Terapia Física y Lic. en Protección Civil y Emergencias. Se creó una base de datos digitales, de los cuales se realizó un estudio retrospectivo, cuantitativo, no experimental, de los alumnos de ambas carreras presentes en ese periodo escolar.

Se realizó análisis estadísticos descriptivos para la obtención de medidas de frecuencia central (moda, media y mediana), medidas de frecuencia no central (percentiles), tablas cruzadas y correlaciones. En la primera etapa se realizó el análisis de los datos de la carrera de Lic. en Terapia Física, en la segunda etapa el análisis de la Lic. en Protección Civil y Emergencias, esto con la finalidad de conocer el estado de los alumnos de cada carrera por separado. En la tercera etapa se analizaron los datos de ambas carreras en conjunto para obtener el diagnóstico de las carreras del área de Salud.

Para el análisis de los datos en todas las etapas se utilizó el programa SPSS de IBM. Se consideraron las siguientes variables, carrera (programa educativo), sexo, edad, peso en kilogramos, talla en centímetros, circunferencia de cintura e Índice de Masa Corporal.

Se estudiaron un total de 817 alumnos, la media de edad fue de 21 años, con un rango intercuartílico de 3 años, el 22.6% eran del sexo masculino y el 77.4% del sexo femenino; del total de estudiantes el 85.7% corresponden a la carrera de Terapia Física y 14.3% a la carrera de Protección Civil y Emergencia.

Se determinó un exceso de peso del 54.3% de estudiantes, con una prevalencia de 29.9% de sobrepeso, un 24.4% de obesidad y un 3.7% de estudiantes con desnutrición según su Índice de Masa Corporal (IMC). La mediana de talla fue de 161cm con un rango intercuartílico de 11; la mediana con respecto a el peso de los estudiantes fue de 66.9 con un rango intercuartílico de 22.8; la mediana de circunferencia de cintura (CC) fue de 81cm con un rango intercuartílico de 18.5; la mediana del IMC fue de 25.6 con un rango intercuartílico de 7.3. Como se puede observar en la tabla "Descripción de las características sociodemográficas y antropométricas de los alumnos" (Tabla 2).

Tabla 2.

Características	n	%
Obesidad I (IMC 30 - 34.9)	129	15.8
Obesidad II (IMC 35 - 39.9)	58	7.1
Obesidad III (IMC $\geq$ 40)	12	1.5
	<b>Mediana</b>	<b>RI</b>
Talla (cm)	161	11
Peso (kg)	66.9	22.8
IMC kg/m <sup>2</sup>	25.6	7.3
Circunferencia de cintura (cm)	81	18.5

IMC= Índice de Masa Corporal; RI = Rango Intercuartílico.  
Fuente: Elaboración propia.

El 40.5% de estudiantes femeninos y el 13.34% de estudiantes masculinos presentan un Índice de Masa Corporal (IMC)  $\geq 25$ , con valor de p estadísticamente no significativo ( $p=0.294$ ); en su mayoría se encuentran en el rango entre los 17 a 20 años con un valor de p estadísticamente significativo ( $p=0.001$ ). El 47.4% de los estudiantes con sobrepeso pertenecen a la carrera de Terapia Física y el 6.7% a la carrera de Protección Civil con un valor de p estadísticamente no significativo ( $p=0.448$ ) (Tabla 2).

Tabla 3.

Características	Hombres n%	Mujeres n%	Valor de p*	
<b>Exceso de peso</b>				
Sobrepeso-obesidad	112(13.34)	331(40.5)		
Normopeso	70 (8.6)	274(33.5)	0.294	
Características	Edad 17 a 20 años n%	Edad 21 a 30 años n%	Edad 31 a 62 años n%	Valor de p*
<b>Exceso de peso</b>				
Sobrepeso-obesidad	236(28.88)	160(19.58)	47(5.75)	
Normopeso	240(29.4)	96(11.7)	8(1)	0.001
Características	Terapia Física n%	Protección Civil n%	Valor de p*	
<b>Exceso de peso</b>				
Sobrepeso-obesidad	388(47.4)	55(6.7)		
Desnutrición	23(2.8)	7(0.9)		
Normopeso	289(35.4)	55(6.7)	0.448	

\*Valor de p obtenido de chi<sup>2</sup>  
Fuente: Elaboración propia.

Se realizó análisis de coeficiente de correlación (Pearson), se encontró que la variable estado nutricional presenta una media de 2.07 y una desviación de 1.257; la variable peso presenta una media de 69.72 kg y una desviación de 17.50832, con una p estadísticamente significativa ( $p=0.000$ ). La variable talla presento una media de 162 cm y una desviación de 17.50832, con una p estadísticamente significativa ( $p=0.047$ ). La variable circunferencia de cintura presento una media de 81.23 cm y una desviación de 17.199, con una p estadísticamente significativa ( $p=0.000$ ). La variable Índice de Masa Corporal (IMC) presento una media de 26.44 y una desviación de 5.682, con un valor de p estadísticamente significativo ( $p=0.000$ ) (Tabla 3).

Tabla 4.

Características	Media	Desviación	Valor *p
Estado nutricional	2.07	1.257	
Peso	69.72kg	17.50832	0.000
Talla	162cm	17.50832	0.047
**CC	81.23cm	17.199	0.000
***IMC	26.44	5.682	0.000

\*Valor de p obtenido por correlación de Pearson, \*\* Circunferencia Cintura, \*\*\*IMC Índice de Masa Corporal.  
Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Podemos observar que el estudio realizado en la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez en 2014, presentan una prevalencia mayor de sobrepeso y obesidad ya que los alumnos de la UTCJ presentan un 54.3% de sobrepeso y obesidad, en comparación a 38.2% de sobrepeso y obesidad que se obtuvo en la Universidad de Itapúa, Paraguay (2013); un 36.4% de sobrepeso y obesidad en la Universidad de Bahía, Brasil (2014); 35.6% de sobrepeso y obesidad en la Universidad de Rio Braco, Brasil (2011); 12.8% de sobrepeso y obesidad en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México (2013); 17.1% de sobrepeso y obesidad en los estudiantes de la Universidad de Antioquia, Colombia (2017).

El exceso de peso entre los alumnos de la Licenciatura de Terapia Física y la Licenciatura de Protección Civil y Emergencia de la UTCJ fue mayor entre las mujeres que entre los hombres por IMC (40.5% y 13.34% respectivamente), siendo

este opuesto al encontrado en los estudios antes mencionados, donde el mayor porcentaje de sobrepeso y obesidad se presentó en el grupo de sexo masculino.

## Conclusiones

Este estudio encontró una relación estadísticamente significativa entre el estado nutricional y el grupo de edad ( $p=0.001$ ); entre el estado nutricional y el peso ( $p=0.000$ ), el estado nutricional y la talla de los estudiantes ( $p=0.047$ ); entre el estado nutricional y la circunferencia de cintura (CC) ( $p=0.000$ ) y entre el estado nutricional y el Índice de Masa Corporal (IMC) ( $p=0.000$ ). La mediana del IMC se encuentra por encima del valor de IMC establecido por la OMS. Es necesario realizar mayor investigación enfocada hacia los factores que influyen en que la población estudiantil presente estos resultados, con el fin de apoyar al alumnado a establecer estilos de vida saludables para disminuir el riesgo de enfermedades crónicas en un futuro próximo.

## Referencias

- FAO, OPS. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe [Internet]. Santiago: Organización Panamericana de Salud; 2018 [citado 3 marzo, 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/CA2127ES/ca2127es.pdf>
- González-Zapata, Laura, Carreño-Aguirre, Cristina, Estrada, Alejandro, Monsalve-Álvarez, Julia y Álvarez, Luz Stella. (2017). Exceso de peso corporal en estudiantes universitarios según variables socio demográficas y estilos de vida. *Revista chilena de nutrición*, 44(3), 251-261. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000300251>
- Maldonado Villalón, José Arturo, Carranza Cervantes, Cuitláhuac Alejandro, Ortiz González, María de Jesús, Gómez Alonso, Carlos y Cortés-Gallegos, Nalda Ludvina. (2013). Prevalencia de factores de riesgo cardiometabólico en estudiantes universitarios de la región centro-occidente, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. *Revista mexicana de cardiología*, 24(2), 76-86. Recuperado en 04 de junio de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-21982013000200003&lng=es&tln=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982013000200003&lng=es&tln=es).
- Mardones H, María Angélica, Olivares C, Sonia, Araneda F, Jacqueline y Gómez F, Nelly. (2009). Etapas del cambio relacionadas con el consumo de frutas y verduras, actividad física y control del peso en estudiantes universitarios chilenos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(3), 304-309. Recuperado en 05 de abril de 2020, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222009000300011&lng=es&tln=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222009000300011&lng=es&tln=es).
- Mc Coll C., Peter, Amador C., Macarena, Aros B., Johanna, Lastra C., Ana y Pizarro S., Carla. (2002). Prevalencia de factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en estudiantes de medicina de la Universidad de Valparaíso. *Revista chilena de pediatría*, 73(5), 478-482. <https://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062002000500005>
- Moretti, Gustavo de Souza, Muniz, Pascoal Torres, Tavares, Carlos Mendes, Brunken, Gisela Soares, Farias Júnior, José Cazuya de, y Farias, Edson dos Santos. (2014). Prevalence of and factors associated with overweight among university students from Rio Branco, Acre - Brazil. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(4), 406-418. <https://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n4p406>
- OCDE. Combatir la obesidad impulsaría la economía y el bienestar. 2019. Nota descriptiva. Sitio web <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/combaterlaobesidadimpulsariaeconomyayelbienestar.htm>
- Olaiz G, Rojas R, Barquera S, Shamah T, Aguilar C, Cravioto P, López P, Hernández M, Tapia R, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Salud 2000. Tomo 2. La salud de los adultos. Cuernavaca, Morelos, México. Instituto Nacional de Salud Pública, 2003.
- Organización Panamericana de la Salud, 2015. Plan de acción para la prevención de la obesidad en la niñez y la adolescencia.
- 53.o Consejo Directivo de la OPS 66.a Sesión del Comité Regional de la OMS <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/Obesity-Plan-Of-Action-Child-Spa-2015.pdf>

OMS. Enfermedades Cardiovasculares, 2015. Nota descriptiva. Sitio web [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).

Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, Morales-Ruán MC, Hernández-Ávila M, et al. Sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes en México, actualización de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. *Rev Sal Pub Mex* 2018;6(3):244-56.

Sousa, Thiago Ferreira de, y Barbosa, Aline Rodrigues. (2017). Prevalências de excesso de peso corporal em universitários: análise de inquéritos repetidos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 20(4), 586-597. <https://doi.org/10.1590/1980-5497201700040003>

Zayas Valdez, Vanessa Elizabeth, Miranda, Carolina, Scott, Carolina, y Viveros, Cynthia. (2014). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Itapúa. *Revista Virtual de la Sociedad Paraguaya de Medicina Interna*, 1(1), 28-36. [https://dx.doi.org/10.18004/rvspmi/2312-3893/2014.01\(01\)28-036](https://dx.doi.org/10.18004/rvspmi/2312-3893/2014.01(01)28-036)



# Estudio de responsabilidad social en PyMEs restauranteras en Cancún

Paola Álvarez Pous<sup>1</sup>, Cid Alejandro Silva Castro<sup>2</sup>, Laura Minerva Juárez De la Fuente<sup>3</sup> y María del Socorro Castillo Castillo<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Tecnológica de Cancún

Cancún, Quintana Roo, México, C.P. 77500.



**Correo correspondiente**

palvarez@utcancun.edu.mx

## Resumen

Este artículo muestra el análisis de los resultados obtenidos a partir de un instrumento aplicado a las pequeñas y medianas empresas de alimentos y bebidas en Cancún Quintana Roo, con criterios a partir de variables relacionadas con la sustentabilidad en el eje de la responsabilidad social, con el fin de propiciar la incorporación de estrategias enfocadas a implementar políticas sociales que abran paso a la responsabilidad ambiental, promoviendo el consumo consciente sustentable dentro de la industria gastronómica. Se identifica la responsabilidad social que presentan actualmente los establecimientos, así como las acciones orientadas a contribuir con la misma, enfocado a mostrar las tendencias que predominan en los restaurantes en Cancún, Quintana Roo. La sustentabilidad hoy en día no es una opción para las empresas, con el paso del tiempo se muestra como una obligación, derivado de la incorporación de normas para su cumplimiento, las cuales muestran ser más estrictas.

## Abstract

The analysis in this paper shows the analysis of the results obtained from an instrument applied to small and medium-sized food and beverage companies in Cancun Quintana Roo, about social and sustainable responsibility, in order to promote the incorporation of focused social policies to environmental responsibility, promoting sustainable conscious consumption within the gastronomic industry. The social responsibility that the establishments currently present is identified, as well as the actions aimed at contributing to it, in order to show the trends that restaurants follow in Cancun Quintana Roo. Sustainability today is not an option for companies; along the time it is shown as a duty derived from the standard's incorporation for its compliance, which nowadays is stricter.

**Palabras clave:** Responsabilidad social, sustentabilidad, alimentos y bebidas, restaurantes, Cancún, políticas.

**Keywords:** Social responsibility, sustainability, food and beverage establishments, restaurants. Cancun, policies.

---

## Introducción

En nuestros días, el tema de responsabilidad social, sustentabilidad, protección, salud y sanidad son temas de prioridad para las empresas, cualquiera que sea su giro y tamaño. Es un reto para cualquier restaurante buscar cumplir con la satisfacción de los clientes a la par del cuidado o del cumplimiento de los temas antes mencionados. El desarrollo sustentable debe responder al hecho de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales pero sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Es decir, que la sociedad de hoy debe trabajar para buscar cumplir y satisfacer sus propios requerimientos en pro de su bienestar y desarrollo, con una visión hacia adelante en el cuidado y la preservación de este. Menciona (Torres, Rodríguez, & Sánchez Jerónimo, 2004) que la sustentabilidad que constituye un paradigma complejo cuya formulación es escenario de discusión entre diferentes idea-

les y valores acerca de la ecología, la economía, la sociedad y la política. De acuerdo con el concepto, se menciona que la sustentabilidad es una prioridad, la cual debe plantearse como uno de los objetivos en cada empresa de tal forma que se trabaje por su desarrollo y al mismo tiempo orientar las actividades en beneficio al cuidado del medio ambiente. Un restaurante sustentable es aquel que tiene como objetivo ofrecer un servicio de forma responsable, con acciones orientadas al cuidado del medio ambiente, utilizando productos y alimentos locales de temporada, con el apoyo de agricultores o proveedores locales que a su vez estos mismos trabajen con una política de sustentabilidad, convirtiéndose en una cadena de búsqueda del cumplimiento con los mismos objetivos.

Para (Calvente, 2007) la sustentabilidad es una habilidad para lograr la prosperidad económica que al mismo tiempo proteja los sistemas naturales del planeta y que en consecuencia provea una alta calidad de vida a la sociedad. Los

restaurantes de Cancún comienzan a trabajar con políticas en pro de la sustentabilidad, asumiendo que la naturaleza y sus medios son recursos que deben protegerse y trabajar con ellos de forma responsable, esta cultura de responsabilidad y trabajo orientado al cumplimiento de estas primicias, actualmente no cuentan con herramientas de medición, en específico al sector de las pequeñas y medianas empresas en el área de alimentos y bebidas. Por tanto el trabajar bajo un concepto o una idea no muestra ser suficiente para el alcancé de las actividades. Sin embargo, al no contar con una herramienta de medición para el alcance de las acciones, no permite completar los objetivos, o establecer actividades específicas garantizando el cumplimiento de las mismas.

## Objetivo

Interpretar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de un cuestionario de diagnóstico en los pequeños restaurantes del centro de Cancún con el fin de obtener información acerca de la postura que presentan los pequeños restaurantes hoy en día en relación a la sustentabilidad en el eje de responsabilidad social (Schwald & García, 2003) así como los procesos y actividades que llevan a cabo para cuidar el medio ambiente para diseñar estrategias en la implementación de nuevos programas o herramientas a favor del medio ambiente dentro de los pequeños restaurantes que favorezcan su competitividad.

## Descripción del problema

Las Pymes dedicadas al sector de alimentos y bebidas localizadas en el municipio de Cancún Quintana Roo, operan con áreas de oportunidad en acciones frecuentes orientadas a la sustentabilidad, que a su vez permitan el cuidado del medio ambiente y consumo local. Actualmente, realizar

actividades orientadas a la protección del medio ambiente, por medio de la incorporación de nuevos y mejores hábitos que brinden alternativas a los pequeños establecimientos de alimentos y bebidas se convierte en una prioridad para beneficiar su competitividad dentro del mercado. Con base a esta necesidad, se aplica un instrumento dirigido a la actividad de los pequeños restaurantes de Cancún que permite obtener información de las actividades que las empresas realizan para el cuidado del medio ambiente, analizando el impacto social y ambiental de sus procesos, con el objetivo de identificar áreas de oportunidad para la mejora de su responsabilidad social con relación a la gestión ambiental que junto con la sugerencia en la protección del medio ambiente y la incorporación de mejores hábitos y alternativas entre los pequeños establecimientos de alimentos y bebidas generará un sentido de consciencia dentro de la comunidad con respecto a la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente como parte de la responsabilidad social de los restaurantes, enfocado a mejorar su competitividad dentro del mercado y analizar el impacto social y ambiental de sus procesos.

## Marco Teórico

La responsabilidad social es la obligación de un individuo o de un grupo de individuos que conforman una empresa, una organización etc., que va dirigida a la adopción de hábitos, estrategias, líneas de acción, así como al cumplimiento de éstas en aras de lograr una armonía social, empresarial, gubernamental o familiar y contribuir a la disminución de los impactos negativos que las acciones del hombre ocasionan en la sociedad, el medio ambiente o en las propias relaciones sociales. Este tema se encuentra regulado por una Ley que regula la responsabilidad ambiental prevista por el artículo 17 constitucional (Gobierno de México, 2013). Para Cajiga, responsabilidad social se define como el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de

la empresa, tanto en lo interno como en lo externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes. Aunque la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es inherente a la empresa, recientemente se ha convertido en una nueva forma de gestión y de hacer negocios, de manera más específica. (Garcidueñas, 2018) El consumo de agua en restaurantes, bares y cafeterías puede variar, dependiendo del tamaño, el tipo de establecimiento e incluso los servicios que ofrece.

El cuidado de este líquido para cualquier negocio es un tema fundamental. (Ballarín, 2017) argumenta que en cuanto a la responsabilidad social se refiere en restaurantes; Para crear esta cultura, diseña, adopta y pon en marcha políticas y procedimientos responsables, aplicados en la práctica diaria en todos los niveles, y propone cinco claves para la implementación de la responsabilidad social en restaurantes que consisten en: crear cultura de la dignidad, recicla, ahorra y apoya, salarios justos y sostenibilidad, clientes más satisfechos, compromiso con la responsabilidad social y más credibilidad e inversión. La RSE de acuerdo con (Antelo González & Alfonso-Robaina) es el compromiso continuo de la empresa de contribuir al desarrollo económico sostenible, mejorando la calidad de vida de sus empleados y sus familias, así como la comunidad local y la sociedad en general. El primer paso que debe darse para elaborar un programa de gestión eficiente del agua es que el área directiva del restaurante, bar o cafetería manifieste su compromiso con el ahorro de agua.

Para la fundación de ecología y desarrollo, (Fundación ecología y desarrollo, 2020) una legislación se ha establecido con cuatro objetivos generales: (ATEC-ID, 2007) Lograr un sistema preventivo de riesgos medioambientales mediante el análisis de riesgos y las medidas derivadas que cada industria adopte y marcando responsables identificados es una estrategia para reducir costos. Para (SEMARNAT, 2020) En México,

la actualización de la licencia de funcionamiento la deben presentar las personas físicas o morales ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que operen fuentes fijas de jurisdicción federal. Mientras que, en las empresas (López, 2019) existe un indicador conocido como la 'huella verde'. Según (Coquillat, 2017) En los últimos años, hay restaurantes que ofrecen su espacio para que determinadas asociaciones hagan sus reuniones y no se cobra por ello, puesto que el objetivo simplemente es contribuir a mejorar la relación con el entorno.

Para Del Cerro (2016) el empoderamiento social y el modelo de economía solidaria tienen mucho que enseñarnos; sin embargo, la lección más importante, es que cualquier tipo de empresa, puede convertirse en una empresa social. (Márquez, 2015) Un restaurante sustentable es aquel que se dedica a llevar un servicio responsable cuidando del planeta, de acuerdo con The sustainable Restaurant Association (2020) busca ayudar a los restaurantes a ser más sustentables y a los clientes a tomar mejores decisiones al momento de elegir dónde comer. Es importante considerar que existen tipos de residuos (SEMARNAT, 2003) que van desde la contaminación del agua hasta el deterioro de la capa de ozono, por ello se debe contemplar su adecuado manejo en la industria restaurantera, ya que los residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares y del resto del sector servicios pueden constituir un problema sanitario de primer orden (Servicios medioambientales de Valencia, S.L., 2019) Una firme intención es que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial se aplicará el principio de "Basura Cero", el cual consiste en disminuir, aprovechar y valorizar al máximo la cantidad de residuos que actualmente llegan a sitios de disposición final, a través de la reutilización, reciclaje y aprovechamiento energético de acuerdo con (Asociación Mexicana de Restaurantes A.C., 2020).

## Metodología

El método de muestro seleccionado corresponde al no probabilístico por conveniencia y por cuotas.

**Conveniencia:** considera la disponibilidad de atender al estudio quienes dieron la posibilidad de realizar el análisis sociodemográfico necesario para la comparación de variables que generen prácticas y hábitos de enfoque sustentable dentro de los pequeños establecimientos de alimentos y bebidas.

**Cuotas:** considerando la ubicación en el centro del municipio de Benito Juárez, abordando a 24 restaurantes que tienen reúnen las características de PYMES y con cinco años de antigüedad de operación.

La investigación sigue un enfoque mixto, metodológico analítico, que considera desde el desarrollo de cualidades del tema para diseñar un instrumento que recaba información propositiva, en el cual se establecieron los criterios y se formularon las consideraciones sobre perspectivas de enfoques del tema para investigaciones posteriores en la detección, evaluación y control de los impactos ambientales que tienen los restaurantes en sus procesos.

El instrumento empleado es un análisis de 32 variables (Tabla 1). Con referencia a Puerta & Marín (2015), el tipo de validez y confiabilidad que se considera es de exhaustividad de contenido del modelo Lawshe, que considera variables de innovación e incluye los siguientes ítems: 15 esenciales, 9 útil no esenciales y 8 no importantes, con fundamento en jueces expertos, basados en la literatura de la Secretaría de Economía sobre RSE y el análisis realizado por el Cuerpo Académico de Gastronomía de la Universidad Tecnológica de Cancún mediante el empleo de un formato electrónico para proceso

de validación del instrumento con las variables de: subdimensión, descripción e indicadores y la correlación entre el reactivo y el indicador y reactivos sugeridos u observaciones.

Este estudio busca establecer la existencia de un nexo causal en la sofisticación de restaurantes bajo un concepto de sustentabilidad como eje de la responsabilidad social mediante un estudio inductivo con el empleo de una encuesta, tabulación y obtención de gráficas como resultados. La evaluación del impacto ambiental está encaminada en identificar, predecir y evaluar los procesos de estos restaurantes.

## Resultados

Los resultados del análisis realizado en esta investigación consistieron en exponer el concepto de RSE como un nuevo paradigma de gestión, el que incorporado a la empresa representa una fuerte ventaja competitiva, en virtud de lo expresado a lo largo de la investigación los restaurantes socialmente responsables son aquellos que asumen en todas sus decisiones el compromiso social, se arraiga en la acción y decisión de los directivos, así como en todo su personal de mando para traspasar este enfoque que permitan entender los programas y políticas con mayor seguridad para toda la organización reafirmando el compromiso de la empresa.

Tabla 1. Resultados

No.	Descripción del indicador	Si	No
1	Trabajan los 365 días del año	11	13
2	Cuentan con al menos un responsable del medio ambiente	7	17
3	Identifican los insumos, materias primas, energías, combustibles y materiales fungibles que utilizan	6	18
4	Están informados cerca de la legislación ambiental en México	10	14

5	Conocen su situación frente a ésta legislación ambiental	7	17
6	Indican sus necesidades dentro del establecimiento	6	17
7	Han tenido problemas legales por razones ambientales	1	23
8	Han tenido quejas ciudadanas de grupos ecologistas o litigios	1	23
9	Consumen agua en sus procesos	24	0
10	Cuentan con agua proveniente de una distribución general	7	17
11	Cuentan con un pozo u obtienen agua de un cauce cercano	14	10
12	Precisan tratar el agua antes de utilizarla	4	20
13	Conocen la composición de sus vertidos (residuos de tubería)	11	13
14	Conocen los tipos de contaminantes en que se presentan sus efluentes	14	9
15	Llevan a cabo mediciones periódicas de sus vertidos	3	21
16	Pagan por recolección de basura	23	1
17	Generan residuos orgánicos	20	4
18	Generan residuos inorgánicos	18	6
19	Separan sus residuos urbanos de otro tipo de residuos	10	14
20	Generan residuos urbanos de tipo comercial y de servicios	17	3
21	Realizan una clasificación por tipo de residuo	16	8
22	Realizan algún tipo de tratamiento de residuos	9	15
23	Generan más de 10,000Kg de residuos al año	3	21

24	Disponen de un registro de los residuos peligrosos generados	1	23
25	Almacenan los residuos en una zona protegida de las inclemencias del tiempo	6	18
26	Incluyen campañas de cuidado con el medio ambiente	18	6
27	Emplean medidas para el ahorro del agua	19	5
28	Emplean medidas para el ahorro de la energía eléctrica	19	5
29	Cuentan con un programa de apoyo social de alguna asociación, fundación u organización.	2	22
30	Tienen conocimiento de los tipos de ingredientes que utilizan y los tipos de fertilizantes / pesticidas que se emplean en su producción.	9	15
31	Cuentan con medidas para mejorar el entorno social	6	18
32	Cuentan con medidas para mejorar el medio ambiente	12	12

Se descubrió que la gran mayoría de las empresas encuestadas no cuentan el conocimiento necesario acerca de las legislaciones ambientales en México, ni llevan a cabo un registro mensual de su consumo de agua, de sus vertidos de efluentes y de la cantidad de residuos que generan.

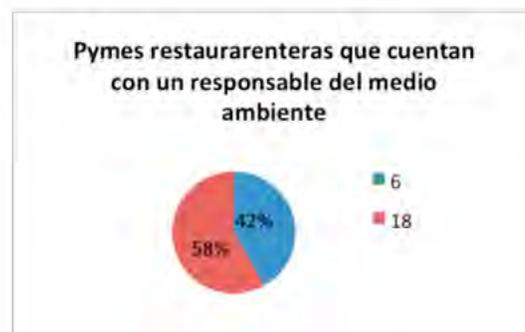


Figura 1. PYMES restauranteras que cuentan con un encargado del medio ambiente.

## Discusión

La responsabilidad social en restaurantes influye en la percepción e impacto en intención de compra de acuerdo a un estudio comparativo entre Guadalajara, México y Yokohama, Japón, Rodríguez (2017), argumenta la relación que existe entre la RSE y la ventaja competitiva porque permite crear valor, lo que a su vez se vincula con los resultados mercadológicos y financieros, donde se puede apreciar un beneficio derivado de la actitud de compra que tiene un individuo hacia la marca. La RSE se comunica mediante acciones de la empresa que refuerzan una imagen positiva de la marca.

De manera particular, López (2019), coincide en que la industria restaurantera requiere de llevar a cabo medidas para la conservación del medio ambiente que formen empresas conscientes y responsables con la propuesta de un referente que permita la medición de la relación entre la productividad ecológica de la empresa y la comunidad humana.

## Conclusiones

En esta investigación se concluye que los resultados de 32 aspectos (Tabla 1) pretenden proponer el manejo de un sistema de gestión que permita detectar, evaluar y controlar los impactos ambientales a través de un proceso de dirección basado en el compromiso de cuidado ambiental que considere la protección del mismo, junto con la productividad, calidad y seguridad como una sola prioridad unificada, logrando cumplir con las leyes, regulaciones y normas al cuidado ambiental y otros requerimientos que el centro de consumo suscriba.

De tal manera que se busca divulgar el compromiso del sector productivo donde se desarrollan las actividades man-

teniendo un diálogo permanente con las organizaciones involucradas y lograr extender la cultura de cuidado ambiental a la comunidad, proveedores y clientes alcanzando de forma continua el desempeño ambiental y adoptando las tecnologías que la empresa tenga a su alcance para disminuir o eliminar el impacto que pudiera generar durante el transcurso de sus actividades, a su vez promoviendo el desarrollo de su ventaja competitiva en otras áreas funcionales como la mercadotecnia y las finanzas.

La RSE promueve el compromiso de contribuir para el bienestar integral de los colaboradores, clientes, proveedores y la sociedad en general de un país, existe responsabilidad cuando el empresario practica los valores éticos y cuando considera políticas sobre el cuidado del medio ambiente, valorando que los recursos son escasos y en su mayoría no renovables la responsabilidad social es un ámbito que todas las empresas deberían de llevar a cabo. Sin embargo, al no haber regulaciones gubernamentales, los restaurantes generalmente optan por no hacer ningún tipo de actividad que beneficie al entorno externo de la organización. Pero, al poder implementar actividades de RSE de interés hacia la comunidad dará paso a que se logre el involucrar a los participantes obteniendo beneficios mutuos.

Se determina que tanto los residuos urbanos sanitarios como los de tipo comercial y de servicios son los que presentan un riesgo inmediato al medio ambiente y al manto acuífero de Quintana Roo, debido a que ambos tipos de residuos no son almacenados en algún lugar especial por los pequeños restaurantes, no especificaron cómo son desechados, de esta manera, los residuos urbanos de tipo comercial y de servicios suponen un riesgo de contaminación muy peligroso para las ciudades y la sociedad.

Se observó que existe una tendencia dentro de la industria restaurantera a lo largo del mundo hacia la conservación

ambiental. Sin embargo, hoy en día esto no es suficiente para poder enmendar los errores de generaciones pasadas y dejar un mundo mejor y más consciente de lo importante que es la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente a futuras generaciones.

## Referencias

- Antelo González, Y. Y., y Alfonso-Robaina, D. (s.f.). Ingeniería industrial del Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". Obtenido de La Habana, Cuba. From Análisis de la Responsabilidad Social Empresarial basado en un modelo de Lógica Difusa Compensato: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59362015000100007#:~:text=La%20Responsabilidad%20Social%20Empresarial%20\(RSE\)%20es%20el%20compromiso%20continuo%20de,sociedad%20en%20general%20%5B1%5D](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362015000100007#:~:text=La%20Responsabilidad%20Social%20Empresarial%20(RSE)%20es%20el%20compromiso%20continuo%20de,sociedad%20en%20general%20%5B1%5D).
- Asociación Mexicana de Restaurantes A.C. (2020). Proyecto de Norma Ambiental: Separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de residuos. Obtenido de <https://www.amr.org.mx/noticias.phtml?id=138>
- ATEC-ID. (2007). La Ley de responsabilidad ambiental. Obtenido de Análisis de riesgos ambientales: <https://www.atecid.com/es/content/ley-de-responsabilidad-ambiental-analisis-de-riesgos-ambientales>
- Ballarín, E. (2017). RSC para restaurantes. Las 5 claves que debes conocer. Obtenido de Tendencias, innovación y estrategias: [www.evaballarin.com/rsc-restaurantes-las-5-claves-debes-conocer](http://www.evaballarin.com/rsc-restaurantes-las-5-claves-debes-conocer)
- Cajiga, C. J. (s.f.). El concepto de responsabilidad social empresarial. Obtenido de From Centro Mexicano para la Filantropía: [https://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto\\_esr.pdf](https://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf)
- Calvente, A. (junio de 2007). El concepto moderno de sustentabilidad. Obtenido de Universidad Abierta Interamericana. Centro de Altos Estudios Globales: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/UAIS-SDS-100-002%20-%20Sustentabilidad.pdf>
- Coquillat, D. (2017). 6 ejemplos de cómo los restaurantes favorecen la responsabilidad social. Obtenido de Periódico Digital de los Restaurantes: <https://www.diegocoquillat.com/6-ejemplos-de-como-los-restaurantes-favorecen-la-responsabilidad-social/>
- Del Cerro, J. (2016). Comida con impacto social. . Obtenido de Entrepreneur: <https://www.entrepreneur.com/article/277668>
- Fundación ecología y desarrollo. (2020). La eco auditoria del agua en el restaurante, bar o cafetería. Obtenido de Guía práctica: <https://www.restaurantessostenibles.com/Uploads/docs/Guia%20practica%20de%20la%20gestion%20del%20agua.pdf>
- Garcidueñas, P. (22 de marzo de 2018). Eficiencia en el uso de agua en la industria restaurantera. Obtenido de Expok: Comunicación de sustentabilidad y RSE: [www.expoknews.com/eficiencia-en-el-uso-de-agua-en-la-industria-restaurantera/](http://www.expoknews.com/eficiencia-en-el-uso-de-agua-en-la-industria-restaurantera/)
- Gobierno de México. (07 de junio de 2013). Ley de Responsabilidad Ambiental. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: [dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301688&fecha=07/06/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301688&fecha=07/06/2013)
- López, A. L. (2019). Responsabilidad social en restaurantes. Obtenido de <https://www.elclastro.edu.mx/claustronomia/index.php/investigacion/item/143-responsabilidad-social-en-restaurantes>
- Márquez, N. (2015). ¿Qué es un restaurante sustentable? Obtenido de Tuatara Tech: <https://www.tuataratech.com/2015/07/que-es-un-restaurante-sustentable.html>
- Schwald, M. M., y García, E. (2003). Evolución del compromiso social de las empresas: historias y enfoques. Obtenido de Universidad del Pacífico. Centro de Investigación: <https://core.ac.uk/download/pdf/51209586.pdf>
- SEMARNAT. (2003). Clasificación de los tipos de residuos. Obtenido de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap7\\_residuos.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf)
- SEMARNAT. (2020). Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. Obtenido de Licencia de funcionamiento por parte de la SEMARNAT: <https://www.gob.mx/tramites/ficha/licencia-de-funcionamiento-por-parte-de-la-semarnat/SEMARNAT272>
- Servicios medioambientales de Valencia, S.L. (junio de 2019). ¿Cómo se realiza la gestión de residuos en restaurantes?

Obtenido de <https://www.smv.es/como-se-realiza-gestion-residuos-restaurantes/>

The sustainable Restaurant Association. (2020). Obtenido de <https://thesra.org/>

Torres, L. P., Rodríguez, S. L., y Sánchez Jerónimo, Ó. (Enero - Abril de 2004). Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura. *Región y Sociedad*, vol.16 no.29 Hermosillo.



# Profesionalización en el proceso de calentamiento de un horno de pan artesanal

Erasmó Lara Román<sup>1</sup>, Alejandra Morales Martínez<sup>2</sup> y Rene Mattus Luis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache.

Xoyotitla, Mpio. de, Km. 6.5, Camino de Potrero del Llano,

Túxpam de Rodríguez Cano, Veracruz, México. C.P. 92750



**Correo correspondiente**

erasmo.lr@alamo.tecnm.mx

## Resumen

En la presente investigación se realiza una descripción actual de cómo se realiza el calentamiento de un horno de pan artesanal en la zona norte del estado de Veracruz, teniendo como principal túnel de conocimiento el adquirido por la experiencia práctica-empírica por parte del panadero lo cual es una particularidad muy sembrada en la producción de productos artesanales. Con un análisis literario y operativo del proceso se busca que el proceso alcance la profesionalización, de tal manera que no importé quien realice esa actividad, ni dependiendo del estado del tiempo, se alcance la temperatura idónea para el cocimiento del pan. La aplicación de la metodología DMAIC es de gran utilidad para alcanzar el análisis y la estandarización del proceso de calentamiento del horno de pan artesana.

## Abstract

In this research, a current description is made of how the heating of an artisan bread oven is carried out in the northern area of the state of Veracruz, having as the main knowledge tunnel that acquired by the practical-empirical experience on the part of the baker, which It is a peculiarity widely sown in the production of handicraft products. With a literary and operational analysis of the process, it is sought that the process reaches professionalization, in such a way that it does not matter who performs that activity, or depending on the weather, the ideal temperature is reached for baking the bread. The application of the DMAIC methodology is very useful to achieve the analysis and standardization of the heating process of the artisan bread oven.

**Palabras clave:** OHorno, artesanal, tiempo, profesionalización, estandarización.

**Keywords:** Oven, artisan, time, professionalization, standardization.

---

## Introducción

Los productores artesanales son personas que han aprendido y desarrollado técnicas empíricas en la elaboración de sus productos, en la presente investigación se evoca en presentar una propuesta para el calentamiento del horno de pan artesanal en la zona de la Huasteca Veracruzana. El pan artesanal es un alimento de consumo masivo en la población en la región mencionada. El pan es uno de los alimentos los cuales constituyen desde hace 7000 u 8000 años la base de la alimentación (Mesas, J. M.1 ; Alegre, 2002). Los hornos caseros que se emplean en la Huasteca Veracruzana son elaborados de lodo, piedra y zacate, los cuales son de manera semi-esférica su calentamiento inicial es crucial para el cocimiento del pan. Un sistema de producción es un método, un procedimiento que desarrolla una organización para transformar recursos en bienes y servicios. La producción artesa-

nal elabora objetos mediante la transformación de materias primas naturales básicas, a través de procesos de producción no industrial que involucran máquinas y herramientas simples con predominio del trabajo físico y mental (Christian et al., 2009). El conocimiento adquirido en el calentamiento del horno se caracteriza principalmente por un enfoque que se basa en la experiencia y que responde directamente a una necesidad práctica (Suárez, 2011). En el siglo XIX Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos (Hernandez M. Juan, 2013).

Aunque los equipos de trabajo son muy precarios técnicamente, no necesariamente la automatización en las fábricas han sido la respuesta para tener una alta productividad en las grandes compañías (Deming, 1989). La estandarización es un proceso mediante el cual se proporcionan instruccio-

nes precisas para la ejecución de tareas, documentando los materiales, la secuencia, los equipos, entre otros a utilizar durante su ejecución, facilitando así la mejora continua para lograr niveles de competitividad mundial (Delgado T. Marisol, 2013). La empresa familiar tradicional debe reflexionar lo antes posible sobre la importancia que representa el adoptar procesos de profesionalización para la organización, que debe ser entendido como un elemento fundamental para la transformación y evolución de la compañía hacia niveles de mayor productividad y competitividad, a la vez que se favorece su permanencia en el mercado en condiciones adecuadas tanto para propietarios, familiares, empleados y futuras generaciones (Galvis y Francisco, 2011). El presente trabajo tiene como objetivo revisar los requerimientos necesarios para el calentamiento del horno de pan tradicional y tener un producto con la salida apropiada al mercado, así mismo presentar una alternativa para la profesionalización del proceso mencionado. La metodología DMAIC será de gran utilidad ya que desde su creación la metodología ha sido ampliamente utilizada para reducir variabilidad e incrementar calidad y productividad de las empresas que la aplican. La misma se ha considerado por diferentes autores como filosofía, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos con el objetivo de satisfacer al cliente y, por ende, elevar las utilidades de una organización. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción de los clientes (Garza et al., 2016).

## Materiales y métodos

En la actualidad existen diversas metodologías de mejoras entre las que se encuentra Seis Sigma que propone aplicar un método de investigación para los procesos que agregan valor para el cliente y desarrollar acciones o proyectos que permitan elevar la satisfacción de este, utilizando

para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basadas en datos (Garza Ríos et al., 2016). De esta manera, con base a datos, se propone la aplicación de la metodología DMAIC.

La herramienta DMAIC es una metodología para mejorar la productividad (Zapata et al., 2017). De tal manera, que para llevar a cabo el proceso de análisis y estandarización del proceso de cocimiento del pan en un horno tradicional se aplicara tal herramienta, se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Metodología aplicada para el análisis y solución de la estandarización del cocimiento del pan. Fuente: Elaboración propia.

La elaboración del pan artesanal se tienen varias variables que se tienen que controlar para obtener un producto con las características organolépticas de consumo para las personas. La variable que por experiencia del productor es el tiempo de cocción del pan, por lo que en la presente investigación se busca la profesionalización que conlleva a una estandarización de la temperatura en el proceso de calentamiento del horno de pan artesanal.

Actualmente se tienen muchas metodologías para mejorar los procesos entre ellas podemos emplear la que lleva por nombre DMAIC, ya que nos guían acerca de cómo realizar un análisis de todo el proceso en cuestión de estudio y fundamentar la decisión que ayude al mejorar los métodos de trabajo para buscar paso a paso una mejora sustancial y ser más competitivos en el mercado cada vez más globalizado.

Las 5 etapas desarrollar de la metodología DMAIC son los siguientes:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar (Improve en inglés)
- Controlar

En la Tabla 1, se muestra cada una de estas fases, sus objetivos:

Tabla 1. Etapas, objetivos de la metodología DMAIC

No.	Etapas	Objetivo
1	Definir	Identificar aspectos claves de la organización, definir clientes, sus requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes, es decir identificar posibles proyectos de mejora.
2	Medir	Identificar las causas claves del problema para la recogida de datos en el proceso objeto de estudio
3	Analizar	Analizar los datos (procesarlos) recogidos, para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento de los procesos.
4	Mejorar	Generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes.
5	Controlar	Establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado.

Fuente: (Garza et al., 2016)

## Resultados

Definición del objeto de estudio. La temperatura alcanzada en el calentamiento del horno de pan es una actividad neurálgica que impacta en el proceso de cocimiento del pan,

de tal manera, que, en la revisión del procedimiento actual pretende conducir la actividad de manera técnica con la finalidad de profesionalizarla para una mejor ejecución del proceso de calentamiento del horno de pan artesanal.

La persona encargada de calentar el horno, tiene una amplia experiencia con base a los años de ejecución de tal actividad, con la finalidad de estandarizar el proceso, de tal manera, que la experiencia se pueda plasmar de manera técnica, se busca una profesionalización del proceso con la finalidad de alcanzar una calidad homogénea del producto final. El horno es de fabricación casera, elaborado con materiales: tierra y zacate de la localidad, con lo que, el producto final tiene características de cocimiento muy particulares en comparación del pan industrial.

**Definir:** El horno de pan debe de alcanzar una temperatura de 220 °-230° centígrados el procedimiento actual no valida la temperatura del horno, debido a que el productor del pan toma la temperatura de manera empírica, basándose de una valoración sensorial con base a la experiencia adquirida por más de 10 años de productor. Como se sabe, la temperatura decrece conforme pasa el tiempo, por lo que, el calor se tiene que aprovechar al máximo considerando cocer los panes en orden decreciente de necesidad de temperatura para su cocimiento.

**Medición:** El horno es calentado usando leña como se muestra en la Figura 2, la cual que puede ser de naranjo, mango, orijuelo, etc., el tiempo empleado no ha sido establecido por el productor, ya que varía dependiendo del estado del tiempo, si hace frío, calor, lluvia, viento, etc., de la misma manera, el grado de secado, el grosor y el tipo de leña a emplear.



Figura 2. Calentamiento del horno.

Fuente: Elaboración propia.

El calentamiento del horno es totalmente empírico, el productor por experiencia sensorial identifica el límite de calor necesario, teniendo los tiempos que se muestran en la tabla 2, con un promedio de 150.2 minutos y una desviación estándar de 15.8 minutos. Se observan los tiempos de calentamiento del horno en la gráfica no. 1 se pueden observar la dispersión de los datos de la muestra, en los cuales, los tiempos mínimos y máximo tienen una distancia que depende por el estado del tiempo al momento de calentar el horno.

Tabla 2. Muestra de tiempo empleado.

Fecha de observacion	Tiempo empleado (minutos)	Temperatura alcanzada °C
05/02/2021	159	220
10/02/2021	130	225
25/02/2021	153	219
02/03/2021	131	223
03/03/2021	180	228
09/03/2021	128	215
20/03/2021	170	222
23/03/2021	138	221
30/03/2021	148	234
04/05/2021	165	110

Fuente: Elaboración propia.

**Analizar:** Según las muestras levantadas, se puede observar que el tiempo destinado el calentamiento del horno tiene una variabilidad debida a la cantidad de leña empleada y el estado del tiempo en el momento de realizar tal actividad. En el tiempo en minutos se observa un tiempo menor de 128 minutos, como parte de la efectividad operativa del proceso es muy importante ya sea disminuir o permanecer como mínimo en este tiempo empleado, con la finalidad de incrementar la productividad del micronegocio.

**Mejorar:** Como se mencionó con anterioridad, el método para considerar que el horno de pan alcanzó la temperatura óptima para el cocimiento del pan es meramente empírico, que depende del sentido del tacto de operador. La profesionalización de este proceso, se propone la instalación de un termómetro de horno tipo lápiz como el que se muestra en la figura 3, con un rango de lectura de 0° a 300° centígrados. Es un avance muy pequeño peso significativo para alcanzar poco a poco la profesionalización del calentamiento del horno.



Figura 3. Termómetro tipo lápiz. Fuente: (Libre, 2021).

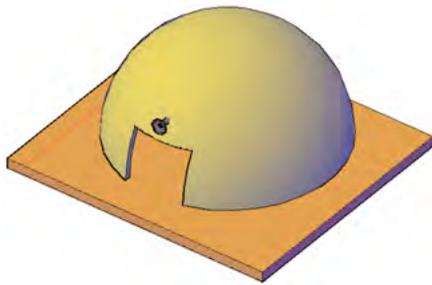


Figura 4. Localización del termómetro del tipo lápiz.

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se muestra en la figura 4, se propone la instalación de un termómetro con la finalidad del monitoreo constante para el calentamiento y así mismo para el proceso de cocimiento del pan, es importante disponer de estos utensilios con la finalidad de facilitar su empleo (Recetas de cocina internacional y consejos de salud, 2021).

**Controlar:** Como parte neurálgica para el control y monitoreo de los tiempos empleados para el calentamiento del horno, se propone llevar un registro del tiempo empleado (tal como se muestra en la tabla 3) en alcanzar la temperatura, los registros de control empleados periódicamente pueden servir para obtener información más fidedigna y confiable para futuras decisiones. Como lo menciona Silva Dionel, Peña María Elena (2010), la manera de evaluar periódicamente el desempeño en el puesto de un empleado versus los requisitos estipulados y supuestos del cargo conllevan a determinar la eficiencia de los resultados, las metas fijadas, recursos, métodos, controles y su forma de operar para darse cuenta del éxito o fracaso.

Tabla 3. Hoja de control de registro.

Hoja de control de registro de tiempo empleado para el calentamiento del horno			
No.	Tiempo empleado para alcanzar los 250 °C	Fecha	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Tal como lo menciona Zapata et al., (2017), La herramienta DMAIC es una metodología para mejorar la productividad, ciertamente, con una medición del proceso y analizar cuál es la causa o causas de los problemas se pueden buscar posibles soluciones, pero debemos de recordar que productividad no siempre es producir más, si no, tener una mejor administración y aprovechamiento de los recursos, con la finalidad de incrementar la eficiencia de los procesos. Ciertamente, utilizando para ello métodos estadísticos que garantizan fundamentar las decisiones basadas en datos como lo sugieren Garza Ríos et al., (2016), en las pequeñas empresas, lo que menos se quiere es tener mediciones tediosas, que sin la capacitación adecuada no se logra su interpretación con lo cual en vez de ser una fortaleza, se puede convertir en una debilidad, ya que primeramente se tiene que partir de lo que realmente se tiene tanto de conocimientos, experiencia y equipo técnico-humano.

## Conclusiones

Tal como lo menciona Flores (2009), "La producción artesanal utiliza herramientas manuales y trabajadores muy cualificados, quienes deben realizar todas las tareas necesari-

rias para la transformación de las materias primas en productos”, en este estudio en particular, el panadero es una persona muy calificada para calentar el horno de pan, ciertamente la producción artesanal tiene un alto componente manual pero como consecuencia natural de los negocios familiares, se pueden profesionalizar los procesos de tal manera, que el génesis de una estandarización es la profesionalización de las actividades neurálgicas del proceso productivo.

Como parte cultural y social, tenemos personas con resistencia al cambio, lo cual detiene el crecimiento de las pequeñas empresas, esta situación hace incompetente con las grandes corporaciones que dominan los mercados de los diferentes productos que usamos o consumimos.

La profesionalización del calentamiento del horno de pan llevara tiempo, ya que se tiene que acceder a ciertos equipos que ayuden a tal actividad, como lo es un termómetro, el cual, en la zona no existen proveedores, lo cual dificulta su ejecución y continuidad. La metodología DMAIC aplicada de manera sencilla ayuda a un análisis más consciente de la situación problemática, lo cual, a un futuro con la finalidad de un seguimiento, se puede realizar nuevamente de una manera más profunda ayudando a complementar con un diseño de experimentos.

## Referencias

- Christian, R. Z., Paredes, L. E., y Rojo, C. M. (2009). La producción artesanal. *Revista Visión Gerencial*, 37-52.
- Delgado T. Marisol, T. A. S. (2013). ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN PARA CUMPLIR CON REQUISITOS DE LA NORMA INTERNACIONAL ISO 9001:2008 MARISOL. In *Journal of Petrology* (Vol. 369, Issue 1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005>
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad* (D. de Santos (ed.)).
- Galvis, R., y Francisco, J. (2011). La profesionalización, elemento clave del éxito de la empresa familiar. *Vision de Futuro*, 1.
- Garza, R. C., González, C. N., Rodríguez, E. L., y Hernández, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa*, 22(1), 19-35.
- Garza Ríos, R. C., González Sanchez, C. N., Rodríguez González, E. L., y Hernández Asco, C. M. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa*, 22(1), 19-35.
- Hernandez M. Juan, V. I. A. (2013). *Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación*. (Politécnica (ed.)). <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.
- Libre, M. (2021). Termometro de cocina. Mercado Libre. [https://listado.mercadolibre.com.mx/termometro-de-cocina#D\[A:Termometro de cocina\]](https://listado.mercadolibre.com.mx/termometro-de-cocina#D[A:Termometro de cocina])
- Mesas, J. M.1 \*; Alegre, M. T. . (2002). Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3, 307-313.
- Recetas de cocina internacional y consejos de salud. (2021). [CocinaSalud.com](http://CocinaSalud.com).
- Silva Dionel, Peña Maria Elena, U. F. (2010). *Revista Científica*. *Revista Científica*, 20, 88-100. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592010000100013&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000100013&lng=es&tlng=es).
- Suárez, E. G. (2011). Conocimiento empírico y conocimiento activo transformador: Algunas de sus relaciones con la gestión del conocimiento. *Acimed*, 22(2), 110-120.
- Zapata, C. B. R., Paredes, L. E., y Rojo, C. M. (2017). Metodología DMAIC - SIX SIGMA para aumentar la productividad del área de producto terminado de la empresa Pesquera Artesanal de Chimbote, 2016. *Revista de Investigación Científica*, 3.



# Evaluación de la estabilidad dimensional de moldes rígidos para la fabricación de tanques resina-fibra de carbón para agua en una empresa aeroespacial

Juan Raúl Venegas Carrillo<sup>1</sup> y Mario Antonio Makita Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Tecnológico Nacional de México/ IT de Chihuahua II

Av. de las Industrias N° 11101, Complejo Industrial

Chih. Chihuahua, México CP 31130



**Correo correspondiente**

juan\_venegas\_10@msn.com

## Resumen

Un análisis fue realizado para estudiar la estabilidad dimensional de un mandril utilizado para la fabricación de tanques aeroespaciales con estructura epoxi resina/fibra de carbono. El material bajo estudio es FR4718, este material es un polímero de alta densidad de la familia de los poliuretanos. Dicho material fue sometido a una simulación del proceso de fabricación a pequeña escala para analizar los efectos de la temperatura en su tamaño. El ciclo en autoclave consiste en un incremento de temperatura gradual hasta alcanzar un máximo de 275 °F ( $\pm 10$  °F) por 120 minutos. Al extraer la muestra se realizaron diferentes mediciones dimensionales a temperatura ambiente (72 °F) con un calibrador Vernier; estos datos fueron colectados después de cada ciclo para evaluar y determinar si el polímero es suficientemente estable para su uso en el proceso de manufactura. De acuerdo a los resultados del análisis estadístico se determinó que el FR4718 mantuvo su geometría estructural dentro de una condición aceptable para su uso en el proceso. Por lo tanto, este herramental podría ser una alternativa viable y se continuará desarrollando su adaptación a grande escala y producción en serie.

## Abstract

An analysis was performed to study the dimensional stability of a mandrel used for the fabrication of epoxy resin/carbon fiber aerospace tanks. The material under study was FR4718 which is a high-density polymer from the polyurethane family. This material underwent a simulation of process conditions in small scale to analysis the temperature effects on its size. The autoclave temperature cycle consists of a gradual increase of temperature until reaching a max of 275 °F ( $\pm 10$  °F) for 120 minutes. When extracting the sample, different dimensional measurements were obtained with a calibrated caliper at room temperature (72 °F). This data was collected after each cycle to correlate and determine if the polymer is sufficiently stable for its use in the manufacturing process. Based on the results obtained from the statistical analysis, it was determined that FR4718 maintained its structural geometry in an acceptable condition for consideration as a tool in the process. Further investigation is to be performed to validate its use in larger scale and serial production.

**Palabras clave:** Espuma de poliuretano, ANOVA, epoxi resina/fibra de carbono, FR4718, análisis dimensional.

**Keywords:** Polyurethane foam, ANOVA, epoxy resin/carbon fiber, FR4718, dimensional analysis.

---

## Introducción

En el diseño de aeronaves, un aspecto de capital importancia es el manejo y gestión del agua al interior del avión. Los pasajeros necesitan instalaciones sanitarias además del suministro de agua potable. A medida que aumenta el número de pasajeros y la duración de los vuelos, también aumenta la demanda de agua potable y la gestión de la eliminación del agua residual. (Kundu, 2010) establece que, por lo general, se requiere de un tercio de galón de agua por pasajero (es decir, 100 galones por 300 pasajeros). Esta cantidad de agua debe transportarse a bordo para utilizarse en los sanitarios (uno por cada 10 a 15 pasajeros) y cubrir la demanda del líquido para beber. Por otra parte, el agua de desecho debe mantenerse en el interior hasta que aterrice la aeronave,

después de lo cual los sistemas se limpian y se vuelven a llenar con suministros frescos para la próxima salida. Aunque los metales se utilizan principalmente en la construcción de estructuras aeroespaciales, los avances en la ciencia de los materiales, especialmente en la ciencia y la tecnología de los compuestos, permitieron el desarrollo de nuevos materiales prometedores para la ingeniería aeroespacial.

El uso de estos materiales compuestos avanzados en el sector aeroespacial está creciendo de manera constante debido a varias ventajas sobre los metales, como el peso ligero, la alta resistencia mecánica, la resistencia a la corrosión y las propiedades superiores de fatiga y fractura, así como otras prestaciones multifuncionales como la salud estructural, la salud geométrica y la auto curación (Fangueiro et al., 2016). Los materiales compuestos son materiales híbridos desarro-

llados mediante la combinación de dos o más componentes, con el fin de utilizar las características ventajosas de cada uno de ellos. Recientemente, los compuestos poliméricos reforzados con fibra, desarrollados mediante el refuerzo de diferentes tipos de matrices (por ejemplo, poliméricas, cerámicas, metálicas, etc.) con materiales fibrosos están ganando una gran atención en la ingeniería aeroespacial (Brown, 2014). Los datos acumulados sobre la resistencia y las características operativas de las estructuras compuestas confirman la posibilidad de asegurar la resistencia estática, la vida útil y la rigidez requerida con una reducción sustancial del peso de la estructura. Las estructuras creadas demuestran la implementación práctica de una reducción sustancial del peso de la estructura hasta de un 40% (Kutyinov y Ionov, 1996).

Las características mencionadas han derivado en el uso de estos materiales compuestos en la fabricación de los tanques utilizados para el suministro de agua fresca en las aeronaves y en el almacenamiento del líquido de desecho, mediante el bobinado de fibras embebidas en una resina, este es un proceso de bajo costo, eficiente, y de madurez relativa que se utiliza generalmente en la producción en masa de productos de simetría rotacional (Koussios et al., 2006) reforzados con fibra (Jia et al., 2013). Este proceso se puede realizar de dos formas diferentes: como métodos recíproco o continuo (Abdalla et al., 2007). En el bobinado continuo se impregna la banda de refuerzo con resina y luego se enrolla sobre un mandril giratorio (Lossie y Van Brussel, 1994; Mutasher et al., 2012); las fibras reforzadas suelen estar hechas de vidrio, kevlar o carbono. El proceso de fabricación es simple y solamente implica dos subsistemas principales, que es el conjunto giratorio y el sistema de entrega de la fibra (Abdalla et al., 2007). En la Figura 1, se muestra el subsistema de la entrega de fibra y un tanque compuesto de resina epoxi/fibra de carbono. Por otro lado, la Figura 2, ilustra el conjunto giratorio como representación gráfica.



Figura 1. Tanque de Material Compuesto en Sistema de Entrega de Fibra.

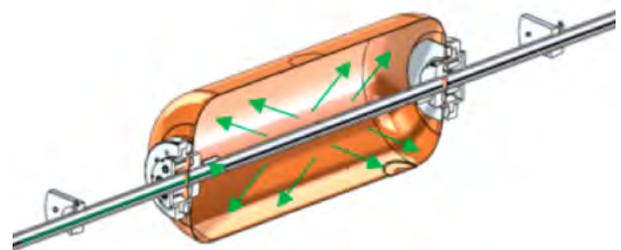


Figura 2. Conjunto Giratorio Para Bobinado de Tanques Con Geometría Regular.

Este conjunto giratorio generalmente consiste en una cámara de aire o "bladder" de silicón con geometría regular, cónica o cilíndrica que va montada sobre un eje giratorio. La cámara se infla hasta una presión que asegure el cumplimiento de las dimensiones requeridas del producto terminado. Sin embargo, la cada vez más evolucionada tecnología en el ensamblaje de las aeronaves con una mayor cantidad de sofisticados equipos requiere del uso racional de los espacios al interior del avión, asignando lugares más irregulares para albergar los tanques de agua. El uso racional de espacios en las aeronaves ha hecho que clientes soliciten la fabricación de tanques con geometría irregular, es decir de geometría distinta a la cilíndrica o cónica. La cámara de aire debido a su composición y funcionamiento neumático fue incapaz de fabricar estos productos. La presión uniforme interna de la cámara manifiesta tolerancias dimensionales fuera de las es-

pecificaciones de los tanques con geometría compleja. Esto es un fenómeno esperado ya que la distribución de fuerzas internas ejercidas por la presión del aire es uniforme y el material es bastante flexible. Debido a los resultados insatisfactorios y a la necesidad de cumplir con las requisiciones de cliente, se ha optado por la búsqueda de alternativas a las cámaras de aire de geometría regular.

Una de estas alternativas es la utilización de moldes rígidos de geometría irregular que se arman como rompecabezas con piezas más pequeñas que puedan ser extraídas al final del proceso por los espacios reservados para la instalación de las válvulas y otros aditamentos. Este estudio trata sobre estabilidad dimensional de una espuma de poliuretano termoestable para su utilización en moldes rígidos cuando se somete a varios ciclos térmicos típicos del proceso de fabricación de tanques de epoxi/fibra de carbono.

## Material

El material analizado en este estudio entra en el grupo de los polímeros, específicamente en la familia del poliuretano. Los polímeros se producen mediante un proceso conocido como la polimerización, según Donald (1999), son producidos creando grandes estructuras moleculares a partir de moléculas orgánicas. La composición química de estas moléculas orgánicas son generalmente uniones de carbono-hidrógeno o carbono-carbono. La diferencia entre un polímero termoestable y un termoplástico, es el tipo de cadena que se forma durante la polimerización, los polímeros termoestables presentan una estructura más ordenada con átomos o grupos de átomos de enlace cruzado, mientras que los termoplásticos tienen una estructura con enlaces aleatorios. En la Figura 3, se muestran estas diferencias. El FR4718 es clasificado como un polímero termoestable.

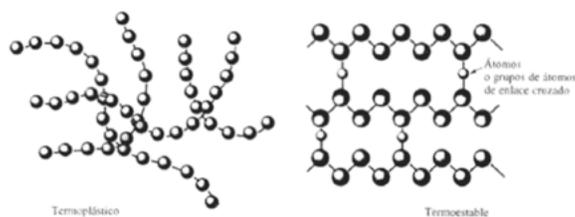


Figura 3. Estructura molecular de polímeros termoplásticos y termoestables.

Fuente: The Science and Engineering of Materials, tercera edición por Askeland, 1999, PWS Publishing Company.

La espuma de poliuretano FR4718, de acuerdo con la ASTM D-1622 y la ASTM D-1621, cuenta con una densidad de 18 lbs/ft<sup>3</sup> y una fuerza compresiva a temperatura ambiente (75°F) de 1,200 psi; estas características son factores determinantes al evaluar un material expuesto a un tratamiento térmico y/o sometido a esfuerzos externos. Otra propiedad clave para esta evaluación es el coeficiente de expansión térmica, el cual para este material es de  $26 \times 10^{-6}$  in/in-°F de -50 a +200°F. La Tabla 1, muestra las principales características físicas del material.

Tabla 1. Caracterización de la espuma de poliuretano FR4718

Propiedad	FR4718	Unidades
Densidad	18	lbs/ft <sup>3</sup>
Fuerza Compresiva	1200	psi
Coefficiente de Expansión Térmica	$26 \times 10^{-6}$	in/in-°F

Fuente: [www.generalplastics.com](http://www.generalplastics.com) publicado en el 2019.

## Método

La preparación de la muestra se realizó como una réplica del proceso a grande escala. Lo primero que se realizó fue maquinar la espuma de poliuretano que se recibe en tamaño "stock" como se muestra en la Figura 4, hasta obtener una

muestra ensamblada y maquinada con dimensiones de 5.7 x 5.4 x 4.0 pulgadas.



Figura 4. Poliuretano Espuma tamaño stock.

A la muestra obtenida se le aplicó una capa de resina poliéster de alta temperatura. Esta resina en su estado líquido se mezcla con un endurecedor para obtener las propiedades necesarias mediante su reacción química. Después de realizar la mezcla se tiene un lapso de 40-50 minutos antes de que solidifique, en este transcurso se realiza su aplicación manual por medio de espátula metálica de 3 pulgadas. Tal resina funcionó como un recubrimiento para dejar la superficie libre de poros. Al terminar la aplicación de dicha resina, se pulió con papel de lija (grano 80 y 180) y se le aplicó una cinta de teflón reforzado con fibra de vidrio. La cinta de politetrafluoroetileno (PTFE) o teflón tiene un sistema de adhesión a base de silicón en una de sus caras y un sistema anti-adhesión en la otra cara, su función consiste en reforzar la herramienta haciéndola más robusta debido al refuerzo de fibra de vidrio y además impide la adhesión del molde o mandril a la primera capa de la estructura del tanque.

En la fabricación del tanque, la primera capa compuesta por una resina fenólica y caucho de nitrilo tiene propiedades protectoras. Está cubierta es muy resistente a altas temperaturas y tiene una excelente estabilidad química para las

aguas grises con las que estará en contacto durante su vida útil. Posteriormente se procede a la aplicación de la resina epoxi/fibra de carbono que simula el cascarón del tanque de almacenamiento utilizando la muestra de poliuretano como mandril. La Figura 5, muestra el cupón hasta esta etapa, de aquí se comienza con el proceso de embolsado para después someterlo al tratamiento térmico en autoclave.

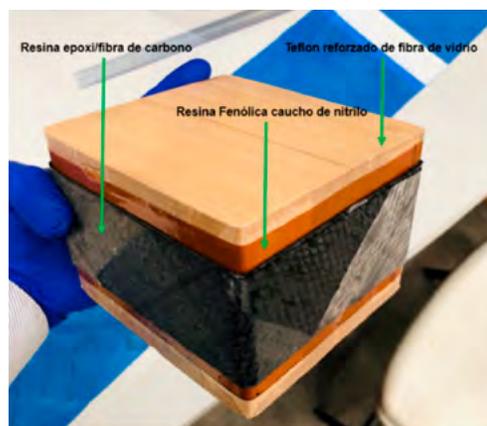


Figura 5. Muestra finalizada hasta pre-embolsado.

## Embolsado

El embolsado en el proceso de manufactura de los tanques de materiales compuestos es fundamental y una de sus principales ventajas es que puede mantener una presión constante sobre el producto mediante el vacío (Carruthers, 2018). El siguiente listado desglosa los principales materiales que se utilizan:

- Peel Ply (Composición – Nylon)
- Película Antiadherente (Composición – Polímero modificado)
- Breather (Composición – Fibra de poliéster)
- Bolsa de Vacío (Composición – Nylon)
- Cinta Selladora (Composición – Cromato alta temperatura)

La secuencia de aplicación se puede apreciar en la Figura 6.

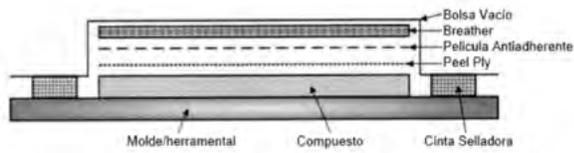


Figura 6. Secuencia de aplicación de Embolsado.

Durante el embolsado se colocan dos puertos, uno sirve para aplicar el vacío y en el segundo se coloca un manómetro para vigilar la presión interior y verificar que no existan fugas de aire. Para asegurar la hermeticidad, el manómetro debe mantener una presión de -19 a -21 pulgadas de mercurio por un lapso mínimo de 5 minutos. Al finalizar esta prueba, se coloca un termopar para vigilar la temperatura del ensamble y se traslada a la autoclave para realizar el curado. La Figura 7, muestra los materiales y componentes antes mencionados.

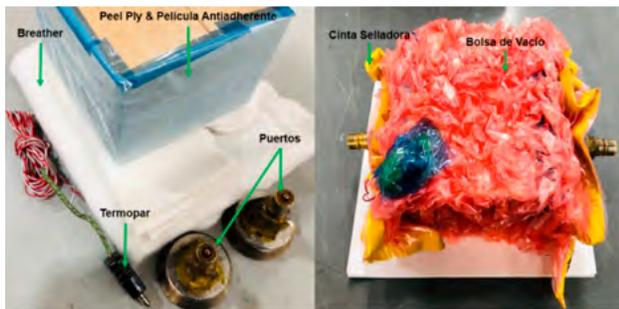


Figura 7. Materiales y Componentes Utilizados en Embolsado.

## Tratamiento Térmico

En esta etapa ocurre el curado o polimerización de la resina epóxica y su adherencia a la fibra de carbono formando la estructura del producto. La autoclave utilizada en este proceso (Figura 8) presuriza la cámara interna a 75 psi durante todo el ciclo, el cual tiene una duración aproximada de 5 horas.



Figura 8. Autoclave para Tratamiento Térmico.

Durante el curado se mantiene el vacío de -19 a -21 pulgadas de mercurio dentro de la bolsa para lograr la compactación de la fibra de carbono. En la Figura 9, se muestra el perfil tiempo-temperatura durante el tratamiento térmico.

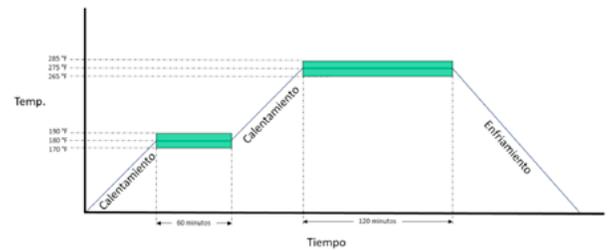


Figura 9. Perfil Tiempo-Temperatura en la Autoclave.

Al terminar el ciclo se extrajo el mandril y se removieron todos los accesorios y envolturas hasta tener el mandril totalmente expuesto. La resina epoxi/fibra de carbono, material que simula la estructura principal del tanque en esta etapa del proceso, ya se encuentra totalmente curada, endurecida y en un estado físico irreversible. En la Figura 10, se puede apreciar dicho material en su estado final.



Figura 10. Geometría de Resina Epoxi/Fibra de Carbono Adaptada por Mandril.

Como se aprecia en la Figura 10, el material compuesto epoxi/fibra de carbono adapta la geometría del mandril, esta es una de las razones por la cual se decidió experimentar con un mandril rígido desarmable para obtener las geometrías irregulares de los tanques. Después de remover el material endurecido se tomaron cinco mediciones dimensionales en tres diferentes caras de la espuma de poliuretano. Para tales mediciones se utilizó un vernier calibrado y se especificó la ubicación para tener consistencia entre ciclos. Este tipo de materiales se pueden contraer o expandir en función de la temperatura de su entorno; (Lerch y Sullivan, 2006) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) analizaron el comportamiento de una espuma de poliuretano bajo diferentes temperaturas. Esos investigadores descubrieron que evidentemente existía un cambio dimensional. La Figura 11, muestra el pequeño molde sin sus accesorios después de haber registrado los datos.



Figura 11. Molde Sin Accesorios Después de Tratamiento Térmico.

## Resultados

El análisis de datos obtenidos se realizó en el software Minitab 17 mediante un análisis de varianza para evaluar la consistencia dimensional del molde en función a los ciclos térmicos. En el ANOVA, la hipótesis nula indica que todas las medias son iguales y la hipótesis alterna que al menos una media es diferente, con un nivel de significancia de 0.05. Los datos de medición se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2. Mediciones Dimensionales

		x									
		Tratamiento Térmico									
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Y	<b>Medición Dimensional A</b>										
	Medición A1	5.660	5.705	5.710	5.682	5.691	5.674	5.756	5.699	5.655	5.699
	Medición A2	5.805	5.716	5.734	5.716	5.725	5.703	5.794	5.700	5.771	5.725
	Medición A3	5.771	5.500	5.776	5.749	5.744	5.737	5.830	5.600	5.856	5.781
	Medición A4	5.780	5.802	5.788	5.787	5.769	5.775	5.730	5.715	5.714	5.787
	Medición A5	5.808	5.816	5.804	5.811	5.786	5.799	5.700	5.750	5.812	5.808
	<b>Medición Dimensional B</b>										
	Medición B1	3.905	3.965	3.955	3.961	3.959	3.958	4.095	3.956	3.995	3.959
	Medición B2	4.005	3.990	4.001	3.991	4.002	3.991	4.097	3.990	3.974	4.010
	Medición B3	4.015	4.005	4.015	4.009	4.019	4.015	4.125	4.101	4.012	4.022
	Medición B4	4.030	4.021	4.027	4.019	4.019	4.013	4.074	4.001	4.014	4.030
	Medición B5	4.011	4.009	4.016	4.006	4.010	4.006	4.084	4.090	4.001	4.022
	<b>Medición Dimensional C</b>										
	Medición C1	5.850	5.855	5.847	5.848	5.840	5.850	5.801	5.870	5.851	5.845
	Medición C2	5.851	5.855	5.853	5.851	5.856	5.849	5.823	5.843	5.848	5.857
Medición C3	5.801	5.811	5.811	5.816	5.809	5.817	5.822	5.803	5.799	5.809	
Medición C4	5.866	5.840	5.838	5.837	5.890	5.835	5.817	5.894	5.766	5.826	
Medición C5	5.822	5.829	5.827	5.821	5.823	5.812	5.806	5.812	5.825	5.830	

Las mediciones dimensionales "A", "B" y "C" de la Tabla 2 corresponden a la longitud, altura y ancho de la pieza respectivamente. Se registraron un total de 5 mediciones de cada aspecto geométrico, medición N1, N2, N3... etc. Al terminar de capturar todos los datos se compararon todas las mediciones de la pieza para analizar el efecto de los múltiples ciclos térmicos en relación al tamaño dimensional de la pieza. Después de haber corrido el análisis se determinó lo siguiente:

- Medición Dimensional 1 – Valor P 0.648
- Medición Dimensional 2 – Valor P 0.445
- Medición Dimensional 3 – Valor P 0.629

Estos resultados enlistados de Valor P nos indican que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, por lo que se puede asumir que la diferencia entre los valores no es significativa y se puede predecir una consistencia di-

mensional en función a los ciclos térmicos. En la Tabla 3 y en la Figura 12, se aprecian a detalle los resultados obtenidos del ANOVA y un gráfico de intervalos de confianza del 95% respectivamente.

Tabla 3. Resultados ANOVA.

Method		One-way ANOVA			
Null hypothesis		All means are equal			
Alternative hypothesis		At least one mean is different			
Significance level		$\alpha = 0.05$			
Equal variances were assumed for the analysis					
Analysis of Variance "Medicion Dimensional A"					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	9	0.02731	0.003034	0.77	0.648
Error	40	0.15841	0.00396		
Total	49	0.18571			
Analysis of Variance "Medicion Dimensional B"					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	9	0.7072	0.07858	1.01	0.445
Error	40	3.098	0.07745		
Total	49	3.8052			
Analysis of Variance "Medicion Dimensional C"					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	9	0.004241	0.000471	0.79	0.629
Error	40	0.023924	0.000598		
Total	49	0.028165			

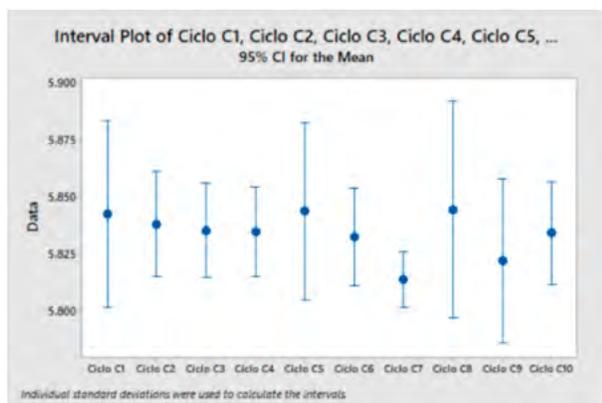


Figura 12. Gráficos de Intervalo de Mediciones "C" en Ciclos 1-10.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta evaluación del comportamiento y estabilidad dimensional del poliuretano FR4718, para su uso como herramental en el embobinado de tanques aeroespaciales, es sensato considerar este polímero para su uso en los moldes rígidos debido a que es posible mantener un dimensionado aceptable. Este material ha mostrado una estabilidad dimensional suficiente para continuar evaluando su funcionalidad a grande escala. De concluir el desarrollo del nuevo herramental satisfactoriamente se podría reemplazar la metodología tradicional y abrir puerta a este nuevo enfoque de manufactura de tanques compuestos el cual podría ser más eficiente y efectivo.

## Referencias

- Abdalla F., Mutasher S., Khalid Y., Sapuan S., Hamouda A., Sahari B., Hamdan M. (2007) "Design and fabrication of low-cost filament winding machine," *Materials & Design*, vol. 28, pp. 234-239.
- Brown G., (2014) The use of composites in aircraft construction. <http://vandaair.com/2014/04/14/the-use-of-composites-in-aircraft-construction>.
- Carruthers J. (2018). What is Vacuum Bagging, de Coventive Composites Sitio web: <https://coventivecomposites.com/explainers/what-is-vacuum-bagging/>
- Donald R. (1999). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Universidad de Rolla, Missouri: International Thomson.
- Jia X., Chen G., Yu Y., Li G., Zhu J., Luo X., Duan C., Yang X., Hui D. (2013) "Effect of geometric factor, winding angle and pre-crack angle on quasi-static crushing behavior of filament wound CFRP cylinder," *Composites Part B: Engineering*, vol. 45, pp. 1336-43.
- Koussios S., Bergsma O., y Beukers A. (2006) "Filament winding: kinematics, collision control and process optimisation through application of dynamic programming," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 37, pp. 2088-2104.

Kundu A. (2010) Aircraft Design. Cambridge University Press, New York: Cambridge Aerospace Series.

Lerch B. Sullivan R. (2006). Thermal Expansion of Polyurethane Foam, de NASA Sitio web: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20070008201>.

Lossie M. y Van Brussel H. 1994 "Design principles in filament winding," Composites Manufacturing, vol. 5, pp. 5-13.

Mutasher S., Mir-Nasiri N., y Lin L. C. (2012) "Small-scale filament winding machine for producing fiber composite products," Journal of Engineering Science and Technology, vol. 7, pp. 156-168.

Fangueiro R., Rana S., Subramani P., Gomes A. (2016) A review on smart self-sensing composite materials for civil engineering applications. AIMS Materials Science, 3, 357-379.

Kutyinov y Ionov (1996) Composite Materials in Aerospace Design. London, UK: Springer-Science.



# Desarrollo de software educativo de realidad aumentada para la materia de Programación Web

Edgar Alfonso Arellanes González<sup>1</sup>, Gregorio Ronquillo Máynez<sup>2</sup>, Leonardo Nevárez Chávez<sup>3</sup>, Marisela Ivette Caldera Franco<sup>4</sup> y Yadira Gochi Ponce<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II.

Av. De las Industrias #11101, Complejo Industrial.

Chihuahua, Chih., México, C.P. 31130.

<sup>5</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II.

Alejandro Von Humbolt 19444.

Tijuana, B.C., México, C.P. 22414



## Correo correspondiente

m14550649@chihuahua2.tecnm.mx

gregorio.rm@chihuahua2.tecnm.mx

leonardo.nc@chihuahua2.tecnm.mx

marisela.cf@chihuahua2.tecnm.mx

yadira.gochi@tectijuana.edu.mx

## Resumen

La Realidad Aumentada es una tecnología con gran potencial en la educación. En este artículo se describe el desarrollo de una aplicación de Realidad Aumentada para de apoyo al aprendizaje de conceptos básicos de HTML en la asignatura "Programación Web" del Tecnológico Nacional de México. Se utilizaron Unity y Vuforia como herramientas de desarrollo. Se usa una estrategia de armar rompecabezas con etiquetas HTML para formar el código solicitado en ejercicios propuestos. Se definieron las características de las imágenes de rompecabezas para que fueran detectadas y se diseñaron ejercicios. El resultado fue una aplicación con un menú intuitivo para acceder a conceptos básicos HTML y actividades interactuando por medio de la tecnología de Realidad Aumentada desde dispositivos con sistema operativo Android. Esta versión se pondrá a prueba con estudiantes del Instituto Tecnológico de Chihuahua II para obtener retroalimentación y considerarse en el diseño de la siguiente versión.

## Abstract

Augmented Reality is a technology with great potential in education. This article describes the development of an Augmented Reality application to support the learning of basic HTML concepts in the subject "Web Programming" at the Tecnológico Nacional de México. Unity and Vuforia were used as development tools. A strategy of assembling puzzles with HTML tags is used to form the code requested in proposed exercises. The characteristics of the puzzle images were defined so that they were detected and exercises were designed. The result was an application with an intuitive menu to access basic HTML concepts and activities interacting through Augmented Reality technology from devices with Android operating system. This version will be tested with students from the Instituto Tecnológico de Chihuahua II to obtain feedback and be considered in the design of the next version.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada, Tecnologías aplicadas a la educación, Aprendizaje de HTML, Software Educativo.

**Keywords:** Augmented Reality, Technologies applied to education, Learning HTML, Educational Software.

---

## Introducción

La Realidad Aumentada cuenta con mucho potencial por explotar, el cual va desde el entretenimiento hasta la utilización como materiales didácticos y actividades de aprendizaje, a consecuencia de que cada vez más personas tienen acceso a esta tecnología desde sus teléfonos inteligentes, tabletas, laptops, computadoras personales, así como también otros dispositivos.

Según Blázquez (2017): "La Realidad Aumentada es la información adicional que se obtiene de la observación de un entorno, captada a través de la cámara de un dispositivo que previamente tiene instalado un software específico".

A lo largo de los años, se realizaron distintos proyectos de Realidad Aumentada en el campo educativo. Estas aplica-

ciones buscan apoyar la enseñanza-aprendizaje tanto para maestros como para alumnos (Lee, 2012).

Un proyecto orientado a el área de Programación fue el propuesto por Natalí Salazar nombrado como "Realidad Aumentada en la Enseñanza de Conceptos Básicos de Programación", que consiste en la motivación y en que los alumnos logren el aprendizaje deseado en temas básicos de programación (Salazar Mesía, 2015).

Otro proyecto orientado en el área de la química, propuesto por Martínez Hung Hassan, García López América, & Escalona Arranz Julio Cesar con el nombre "Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario", el objetivo del trabajo es crear objetos en Realidad Aumentada que se apliquen como medios de enseñanza en el estudio de compuestos químicos (Martínez-Hung, 2017).

Aprender algún lenguaje de programación permite la comunicación con las computadoras por instrucciones escritas en sintaxis que la computadora es capaz de comprender.

El desarrollo web es uno de los campos de la Programación, con el cual se permiten la creación de sitios dinámicos en Internet por medio de lenguajes de programación web.

La encuesta anual para desarrolladores de Stack Overflow (2020) fue aplicada a aproximadamente sesenta y cinco mil desarrolladores de todo el mundo, y se observó que las tecnologías más usadas son Java Script y HTML/CSS que son para el desarrollo de aplicaciones Web (Tabla 1).

Tabla 1. Tecnologías más usadas.

Tecnologías Más Usadas por los Desarrolladores	
JavaScript	67.7%
HTML/CSS	63.1%
SQL	54.7%
Python	44.1%
Java	40.2%

Obtenido de: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020#developer-profile-gender-gender-minorities-by-country>.

Por lo anterior, se reconoce que en el mercado laboral hay una gran demanda de desarrolladores web y en el Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II se tiene la oferta de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales dónde se imparte la materia de Programación Web, por lo que los egresados pueden cubrir esa demanda.

Con el propósito de apoyar la formación de los egresados se propone el aprovechamiento de tecnologías emergentes como la Realidad Aumentada.

En el presente artículo se describe el desarrollo de una aplicación de Realidad Aumentada, con la que se busca apoyar el aprendizaje de temas de la unidad 2 de la materia de Programación Web en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México.

La aplicación de Realidad Aumentada para el aprendizaje básico de Programación Web forma parte de un proyecto de tesis en la Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II y se contó con el apoyo de beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por pertenecer al Padrón Nacional De Posgrados De Calidad (PNPC).

En el campo de la enseñanza de la Programación y Programación Web, se encontraron muy pocos proyectos relacionados, en los que se utilice una aplicación de Realidad Aumentada por lo que es una oportunidad de innovación y desarrollar aplicaciones que aprovechen esta tecnología en beneficio de futuros desarrolladores web.

La aplicación o software educativo que se propone consiste en presentar información de los conceptos básicos de las etiquetas HTML y la solución de ejercicios armando rompecabezas que formen un código solicitado por medio de la interacción con Realidad Aumentada desde teléfonos inteligentes con sistema operativo Android para su uso como apoyo en una clase con la guía del docente.

Los rompecabezas pueden ser una herramienta que aproveche el juego educativo de una manera lúdica que motive al estudiante. Un rompecabezas involucra la participación individual o cooperativa, así como también nos ayudan a incrementar la concentración, disminuir el estrés, ejercitar la memoria (Forbes Staff, 2020).

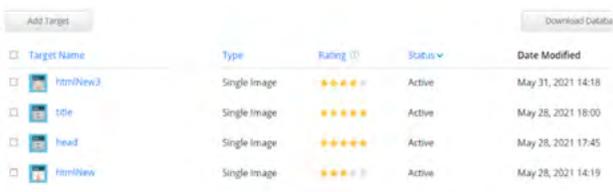
## Materiales y métodos

Las herramientas para desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada que se utilizaron en este proyecto fueron el ambiente de desarrollo Unity y la librería de Vuforia.

Unity es un motor de desarrollo para la creación de videojuegos que ofrece multitud de funcionalidades para desarrolladores, utilizada en realidad virtual y realidad aumentada para la creación de proyectos (Unity Documentation, 2018).

Vuforia es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma, con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware como gafas y cámaras de terceros (Unity Documentation, 2018).

Primeramente, se diseñaron las imágenes de las etiquetas HTML y los códigos de los ejercicios que serán reconocidos por la aplicación de Realidad Aumentada. Luego, se registran en la base de datos del sitio web de Vuforia para el proyecto y automáticamente se muestra una calificación de la calidad de la imagen, mientras más estrellas mejor capacidad de detección se tendrá (Figura 1).



Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
htmlNew3	Single Image	★★★★★	Active	May 31, 2021 14:18
title	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2021 18:00
head	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2021 17:45
htmlNew	Single Image	★★★★★	Active	May 28, 2021 14:19

Figura 1. Ejemplo de imágenes de base de datos creada en Vuforia.

Cada imagen requiere un patrón único para que la cámara determine qué información debe mostrar, por lo que se probaron diferentes patrones de imágenes. En la Figura 2, se muestra el tipo de imágenes que finalmente se incluyeron en la aplicación, este patrón incluye un logotipo y el nombre de la etiqueta. Cabe señalar que los colores no influyen en la eficiencia de detección en la Realidad Aumentada.

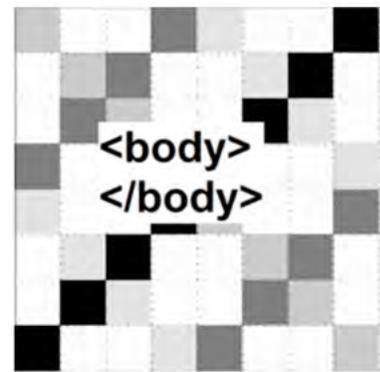


Figura 2. Imagen ya en uso de la aplicación.

Este modelo de patrones con imágenes permite a los estudiantes conocer los conceptos y realizar ejercicios simples de HTML por medio de la aplicación para dispositivos Android.

Al realizar las actividades, se intentó primero comprobar si Vuforia era capaz de reconocer varias etiquetas HTML, cada una de ellas con un patrón diferente.

Después de varias pruebas se encontró que para tener un rango de error bajo se requería que las actividades tuvieran un rompecabezas de 2 por 2 piezas o etiquetas (figura 3).



Figura 3. Actividad.

Unity permite crear distintas escenas, en este caso se decidió crear cada escena para diferentes actividades de la materia, dentro de la escena se pueden poner objetos 3D con los cuales se puede interactuar por medio de Realidad Aumentada (Figura 4).



Figura 4. Unity Modo Diseño.

## Resultados

A continuación, se describen los elementos y operación del software educativo resultado de este proyecto.

El menú de la aplicación quedó conformado por un botón HTML, otro botón CSS (temas iniciales de la materia) y un último botón de Información de la aplicación (Figura 5).



Figura 5. Pantalla principal de la aplicación.

En el botón HTML se muestra un submenú para elegir "Conceptos" por medio de la cámara de nuestro dispositivo o "Actividades" (Figura 6).



Figura 6. Submenú HTML.

En "Conceptos" se pueden escanear las imágenes ("image target") de las etiquetas de elementos HTML y se despliega una descripción del concepto al usuario en pantalla por medio de Realidad Aumentada (Figura 7).

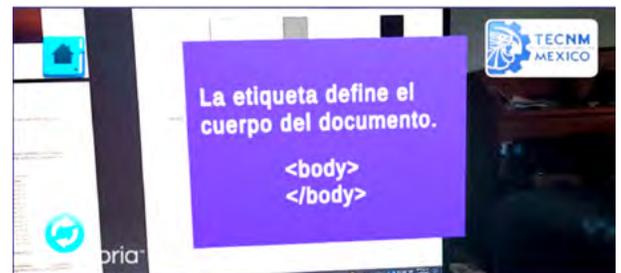


Fig. 7. Pantalla Escanear Conceptos.

En el botón "Actividades", se muestra a continuación una lista de ejercicios con los rompecabezas correspondientes (Figura 8).

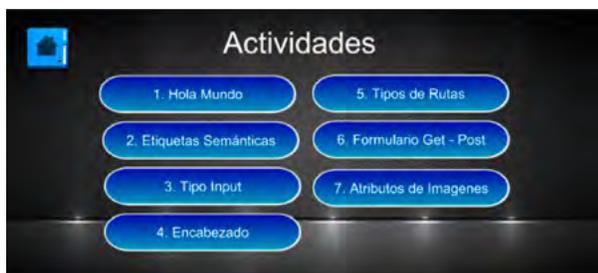


Figura 8. Pantalla Escanear Actividad.

Al seleccionar alguna actividad, el usuario debe escanear, es decir apuntar la cámara del dispositivo móvil hacia el rompecabezas que armó el usuario según la actividad seleccionada. El rompecabezas puede ser armado en el sitio web (Figura 9) o impreso físicamente (Figura 10).



Figura 9. Pantalla Escanear Actividad.

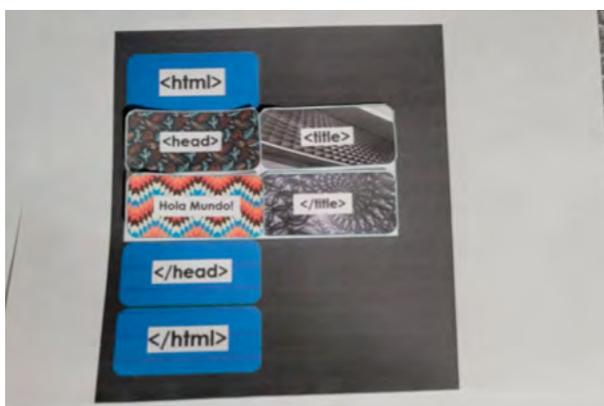


Figura 10. Actividad Realizada impreso en físico.

Al escanear el rompecabezas del ejercicio correspondiente, en la pantalla se despliega un mensaje en Realidad Aumentada indicando si fue realizado de manera correcta y se muestra una vista del resultado como si estuviera en el navegador web (Figura 11). En caso de no ser resuelto de manera correcta el rompecabezas del ejercicio seleccionado, la aplicación muestra el mensaje correspondiente indicando "Incorrecto" y proporciona retroalimentación al usuario.



Figura 11. Actividad Escaneada con la Aplicación.

La segunda y última opción del menú principal en la pantalla inicial, presionando el botón "CSS" se despliega un submenú donde se explican las tres maneras de insertar una hoja de estilo en un archivo HTML (Figura 12).



Figura 12. Submenú CSS.

Al tocar alguno de estos iconos se muestra la información y la forma de insertar ese tipo de hoja de estilo CSS (Figura 13).

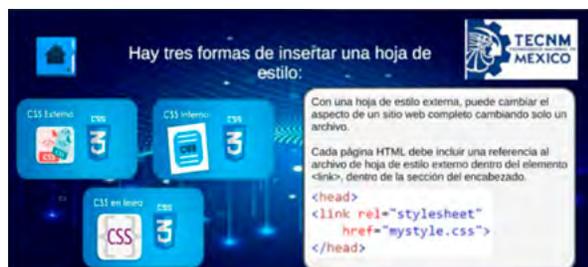


Figura 13. Información CSS.

## Conclusiones

Durante el proceso de desarrollo de este software educativo se reconoce la facilidad que proporcionan las herramientas de Unity y Vuforia para la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada.

Sin embargo, la creación de los patrones que se realizaron para las imágenes de los rompecabezas ("image targets") fue complicado, ya que Vuforia no es muy eficiente en reconocer patrones que son muy parecidos como en el caso de código HTML donde puede variar en una etiqueta que ocupa poco espacio de la imagen total. Por lo cual se decidió utilizar rompecabezas de 2 por 2 piezas donde cada etiqueta ocupa un mayor porcentaje del total, es decir se encontró una sensibilidad del 25 por ciento de diferencia mínima entre imágenes.

En futuros proyectos se buscarán maneras de diseñar los patrones de las imágenes para diferenciarlas con rompecabezas de más piezas.

En esta primera versión de la aplicación, se cubren conceptos básicos de HTML para usarse como apoyo en una sesión de clase donde los estudiantes sean capaces de consultar las etiquetas enfocando la imagen de una etiqueta y se muestra en pantalla el concepto deseado en una imagen de Realidad Aumentada.

Además, los estudiantes pueden realizar ejercicios armando un código básico de HTML en forma de un rompecabezas físico (impreso) o digital recibiendo retroalimentación con Realidad Aumentada.

Se espera que en futuras versiones de esta aplicación se puedan incluir más actividades y otros temas de la asignatura de Programación Web con la retroalimentación después de su uso en grupos de estudiantes del Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

Finalmente, este proyecto explora un área de aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada para el aprendizaje de desarrollo de software de la cual se encuentran muy pocas referencias de proyectos similares, por lo que se aporta a la divulgación de este tipo de aplicación.

## Agradecimientos

Se agradece al CONACYT por el apoyo con la beca de estudios de maestría proporcionada por el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad en el cual se encuentra la Maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II.

Se agradece al Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua por el apoyo técnico y académico para la realización de este proyecto.

## Referencias

- Blázquez Sevilla, A. (22 de 05 de 2017). Realidad Aumentada en Educación. Obtenido de <http://oa.upm.es/45985/>
- Forbes Staff. (2020). Forbes. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/5-beneficios-de-armar-rompecabezas/>

Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. TechTrends. doi:<https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>

Martínez-Hung, Hassan, García-López, América, y Escalona-Arranz, Julio Cesar. (2017). Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario. Revista Cubana de Química, 29(1), 13-25. Recuperado en 29 de noviembre de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212017000100002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000100002&lng=es&tlng=es).

Salazar Mesía, N. (marzo de 2015). Realidad aumentada en la enseñanza de conceptos básicos de programación. Universidad Nacional de La Plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71302>

Stackoverflow. (2020). insights.stackoverflow.com. Obtenido de stackoverflow: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020#overview>

Unity Documentation. (2018). Unity. Obtenido de Unity Documentation: <https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html>



# Evaluación de la digestibilidad in vitro de proteínas de insectos comestibles del valle del mezquital

Carlos Abraham Reynoso Ocampo<sup>1</sup>, Celerino Arroyo Cruz<sup>2</sup>, Luis Salazar Cervantes<sup>3</sup>, Yazmin González Nava<sup>4</sup>, María Isabel Martín Espíritu<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Car. Ixmiquilpan-Capula Km. 4, Col. El Nith.

Ixmiquilpan, Hidalgo, México, C.P. 42300.



**Correo correspondiente**

creynoso@utvm.edu.mx

## Resumen

En Hidalgo se conocen 88 especies de insectos, el 55.8% se consumen en estado inmaduro, y el 44.2% en estado adulto (Ramos-Elorduy, 2004). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el porcentaje de la digestibilidad in vitro de las proteínas de tres insectos comestibles del Valle del Mezquital, para cuantificar las proteínas digeribles.

El análisis de proteína digerible y no digerible del tratamiento in vitro se efectuó con el diseño experimental de bloques completamente al azar, mediante una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias a un nivel de confianza de 95%, estableciendo como tratamientos los estudios de digestibilidad de proteína y como bloques a la especie de insecto.

Se encontró que los escamoles y los chinicuales se destacan por ser fuente de proteínas de calidad por su alto porcentaje de absorción, mientras que los xamues presenta un menor porcentaje de digestibilidad.

## Abstract

In Hidalgo, 88 species of insects are known, 55.8% are consumed in the immature state, and 44.2% in the adult state (Ramos-Elorduy, 2004). Therefore, the objective of this study was to determine the percentage of in vitro digestibility of the proteins of three edible insects from the Mezquital Valley, to quantify the digestible proteins.

The digestible and non-digestible protein analysis of the in vitro treatment was carried out with the experimental design of completely random blocks, by means of a hypothesis test on the equality of the means at a confidence level of 95%, establishing as treatments the studies of protein digestibility and as blocks to the insect species.

It was found that escamoles and chinicuiles stand out for being a source of quality proteins due to their high percentage of absorption, while xamues have a lower percentage of digestibility.

**Palabras clave:** Insectos, digestibilidad, in vitro, proteína.

**Keywords:** Insects, digestibility in vitro, protein.

---

## Introducción

Satisfacer las necesidades alimentarias de la población mundial es un desafío permanente, se prevé que la población mundial aumente hasta alcanzar casi los 9,700 millones de personas para el año 2050 (FAO, 2017). Hidalgo es uno de los estados de la república mexicana que tiene un mayor consumo de insectos debido a la cultura, esta ha sido heredada de generación en generación, de los ochenta y cuatro municipios que conforman el estado la mayoría de estos colectan y consumen los insectos: Singuilucan, Santiago de Anaya, Tasquillo, Tepeapulco, Mineral de la Reforma, Epazoyucan, Ixmiquilpan, Tula de Allende, Huichapan, Actopan y Zimapan, consumen chinches, pulgones, escarabajos, mariposas, hormigas, abejas, chapulines, escamoles, jumiles, y gusanos de

maguey (Ramos- Elorduy, Muñoz, & Morales, 2002).

En la actualidad, la "mala nutrición" afecta drásticamente a la población hidalguense, encontrándose más de mil comunidades en pobreza extrema y marginación, siendo el Valle del Mezquital la zona más afectada, y el municipio de Ixmiquilpan se ubica dentro de los cinco municipios con mayor número de personas en pobreza extrema, representando el 10.3% en el 2015 (CONEVAL, 2020).

El hábito de la entomofagia (hábito de comer insectos) es ampliamente conocido en México (Ramos et al., 2006), además México es el país con mayor número de especies de insectos comestibles, por lo que en la actualidad se ha incrementado de manera significativa su consumo.

La calidad de las proteínas que proporcionan los insectos es considerada por la FAO como bastante buena y los aminoácidos de los que están constituidos los insectos son los pilares de la formación, reparación, inmunización y función celular (Ramos-Elorduy et al., 1997). La digestibilidad es uno de los parámetros más utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación. Este método constituye una excelente medida de calidad de los componentes de un alimento y ello ha suscitado la idea de medirla de diferentes formas, el método in vitro pepsina ácida consiste en someter las proteínas a una digestión artificial por pepsina que es una enzima que se encuentra en el estómago de los animales superiores. La pepsina es una enzima digestiva que en presencia de un medio ácido desdobla las proteínas de los alimentos, midiendo qué cantidad de proteína es digestible, podemos estimar el valor nutritivo relativo de dicha muestra (Castro & Avila, 1994).

## Contexto de los insectos del estudio

Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.), son huevos de insectos himenópteros de la familia Formicidae. A partir de base seca, los tejidos de los escamoles (Figura 1) tienen 67 % de proteína, 12.08 % de extracto etéreo, 5.05 % de sales minerales, y 0.99 % de fibra cruda. Cabe señalar, que 100 g de proteína en base seca de escamoles contienen 8.9 g de leucina, 6.8 g de tirosina, 6.0 g de lisina, 4.8 g de valina, 4.4 g de isoleucina, 3.5 g de fenilalanina, 3.5 g de treonina, 2.9 g de histidina, 1.8 g de metionina y 0.62 de triptófano (Ladrón de Guevara et al., 1995).

Los Gusanos rojos o Chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.) son larvas de un insecto lepidóptero perteneciente a la familia Cossidae, también llamado gusano rojo o rosado del maguey (figura 2), por estar asociado directamente con el

maguey pulquero *A. salmiana*. Estudios bromatológicos del insecto muestran que el contenido proteico de las larvas es hasta de 67.3% en base seca y de los 17 aminoácidos esenciales que contiene sobresale el aporte de ácido glutámico, ácido aspártico, leucina, alanina, serina, valina, arginina, prolina, tirosina e isoleucina, los cuales comparados con el patrón FAO 1973, se encuentran en cantidades adecuadas para los requerimientos de la dieta humana (Granados, 1993).



Figura 1. Escamoles (*Liometopum apiculatum* M.).

Fuente: Escamilla, 2019.



Figura 2. Gusanos rojos de maguey o chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.).

Fuente: Borroso & Aquino, 2014.



Figura 3. Xamues (*Thasus gigas*).

Fuente: Longino, 2020.

El "xamue" (*Thasus gigas*) es un insecto hemíptero que pertenece al género de los coreidos los cuáles son los más abundantes y con mayor distribución geográfica en el país. Dichos insectos se encuentran en zonas semiáridas como es el Valle del Mezquital donde se alimentan y reproducen en los mezquites. Estas "chinchas" se alimentan de las hojas tiernas y vainas verdes de los mezquites. El *Thasus gigas* en estado ninfa contiene 63% de proteína en extracto seco, mientras que en estado adulto puede llegar a contener hasta un 65.90% (Ramos-Elorduy, Pino & Moreno, 2002). Estos insectos se caracterizan por tener un esqueleto externo o exoesqueleto de quitina; patas articuladas y un cuerpo organizado por un número variable de segmentos (Delvare, Aberlenc, Michel, y Figueroa, 2002).

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones de la Uni-

versidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM), ubicada sobre la Carretera Ixmiquilpan-Capula, Nith, 42300, en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo; para la selección de los insectos de estudio, se consideraron los siguientes criterios: a) estados de desarrollo de insectos endémicos de la región del valle del mezquital, b) consumo y popularidad en la población, c) pertenecer a la gastronomía típica de la región del valle del mezquital y d) valor nutricional. Con base a lo anterior, se seleccionaron los insectos siguientes:

1. Escamoles (*Liometopum apiculatum* M.).
2. Xamues (*Thasus gigas*).
3. Gusanos rojos de maguey o chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.).

Para evaluar la digestibilidad in vitro de las proteínas de los tres insectos comestibles, se trabajó en cuatro etapas:

**Recolección de muestras:** se realizó mediante muestreo por conveniencia, al ser un alimento silvestre, las condiciones bióticas y abióticas son difíciles de controlar. Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.) se recolectaron en una superficie irregular de aproximadamente 2.5 km<sup>2</sup> en el municipio de Actopan, ubicada en las coordenadas geográficas 20°16'12" de latitud norte y 98° 56' 42" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud promedio de 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm). La recolecta de los xamues (*Thasus gigas*) se realizó en el municipio de Tula de Allende, ubicado entre los paralelos 20°03' latitud norte y 99°21' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 2020 msnm, en una superficie de terreno irregular de aproximadamente 3.5 km<sup>2</sup>. Por último, la recolecta de los gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri* H.) se realizó en el municipio de Tulancingo de Bravo, ubicado entre los paralelos 20°03' y 20°13' de latitud norte; los meridianos 98°14' y 98°31' de longitud oeste. Los insectos fueron recolectados en su etapa de ninfa.

**Caracterización bromatológica:** una vez recolectadas las muestras de cada insecto (*Liometopum apiculatum* M., *Thasus gigas*, *Comadia redtenbacheri* H.), se emplearon los Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC). El método de prueba en la determinación del porcentaje de humedad es AOAC 930.15, para determinar el contenido de grasa se empleó el método por extracto etéreo AOAC 920.39 y para el porcentaje de cenizas se empleó el método AOAC 942.05. Posteriormente, con los datos obtenidos de las propiedades nutrimentales de cada insecto, se elaboró una tabla de análisis proximal en base seca, con la finalidad de establecer el porcentaje de proteína inicial de la muestra.

**Digestibilidad in vitro:** se evaluó según la metodología descrita por el método prueba de digestibilidad de pepsina ácida (AOAC 971.09), cada ensayo se realizó por triplicado, los resultados obtenidos se plasmaron en tablas para analizar el porcentaje de proteína final, para obtener por diferencia el coeficiente de digestibilidad en cada insecto.

**Diseño experimental:** Se realizó en dos fases. En la primera fase se evaluó por separado cada tratamiento de digestibilidad, para comprobar si existían diferencias significativas en el porcentaje de proteína inicial (testigo), digerible y no digerible de cada insecto. Los datos se analizaron mediante el diseño experimental completamente al azar (DCA). El análisis de varianza (ANOVA) se efectuó con el programa MINITAB® versión 19, mediante una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias las muestras por triplicado, bajo las siguientes presunciones:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 \text{ vs. } H_1: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \quad (1)$$

$H_0$ : No existen diferencias significativas en los porcentajes de proteína en las muestras de insecto.

$H_1$ : Existen diferencias significativas en los porcentajes de proteína en las muestras de insecto.

Asumiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Porcentaje de proteína de la  $j$ -ésima muestra de insecto en cada tratamiento.

$\mu$  = Media general del porcentaje de proteína en las muestras de insectos.

$\tau_i$  = Efecto en la especie de insecto, del tratamiento de digestibilidad de proteína.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental en la determinación de la  $j$ -ésima muestra.

En la segunda fase, se evaluaron los porcentajes de proteína de cada tratamiento de digestibilidad mediante análisis de varianza en el diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA), con una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias de las muestras realizadas por triplicado, teniendo como tratamiento a los estudios de proteína inicial (testigo), digestibilidad de proteína y como bloques a la especie de insecto, bajo las siguientes presunciones:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 \text{ vs. } H_1: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \quad (3)$$

$H_0$ : Los tratamientos de digestibilidad no afectan el porcentaje de proteína en las muestras.

$H_1$ : Los tratamientos de digestibilidad afectan el porcentaje de proteína en las muestras.

Asumiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Es el porcentaje de proteína en la muestra con el i-ésimo tratamiento de digestibilidad.

$\mu$  = Media general del porcentaje de proteína en las muestras, antes de los tratamientos.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento de digestibilidad.

$\beta_j$  = Efecto de la j-ésima especie de insecto.

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental.

Las pruebas de hipótesis se efectuaron con un nivel de confianza de 95%, dónde se utilizó el valor de probabilidad p obtenido en el análisis de varianza y un nivel de significancia  $\alpha = 0.05\%$  para determinar si se aceptaban o rechazan las hipótesis establecidas, de acuerdo a la metodología que describe Gutiérrez y De la Vara (2008)

## Resultados

El estudio de la composición química de los alimentos permite además de conocer la proporción de los elementos y macromoléculas, determinar la calidad nutritiva con el objetivo de establecer su importancia como productos típicos (Ramos et al., 2012). El análisis químico proximal g/100g de muestra en base seca se presentan en la Tabla 1. Según Ramos-Elorduy, Pino & Moreno (2002) para *Thasus gigas* en su estado ninfa el contenido de proteína es de 63%, mismo que concuerda con los datos encontrados en este trabajo. Ramos- Elorduy, Pino y Moreno, (2002) indican que el contenido de proteína para *Liometopum apiculatum* es de 66.5%, en el estudio se encontró que los escamoles tienen un mayor contenido de proteína (67.23%). En *Comadia redtenbacheri*

ri H., se cuantifica 63.85% de proteína, en tanto Granados (1993) reporta 58.3%. El contenido de ceniza (2.33%), grasa (26.56%) y extracto libre (8.82%) en xamues se encuentra dentro de los datos reportados por Ramos-Elorduy, Pino & Moreno (2002), quienes anuncian 26.75% en grasa, 1.84% cenizas y 8.41% de extracto libre de nitrógeno, en lo que respecta a Escamoles reportan 12.19% de grasa, 16.25% extracto etereo de nitrógeno y 5.06% de ceniza, datos simlares se cuantifican en este estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis proximal (g/100g base seca).

Insecto	% Ceniza	%Grasa	% Proteína	%Extracto libre de N
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	2.33	26.56	62.29	8.82
Escamoles ( <i>Liometopum apiculatum M.</i> )	4.93	12.67	67.23	15.17
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri H.</i> )	2.62	25.81	63.85	7.72

Para efectos de este estudio, la cantidad total de proteínas de los insectos estudiados se expresan en base seca, según señala Elorduy et al., (1984) de manera que se puedan comparar con los productos convencionales de obtención proteica.

Recurriendo al método de prueba AOAC 2001.11 se evalúa el contenido porcentual de proteína inicial de los insectos de este estudio, se realiza cada prueba por triplicado (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de proteína inicial en insectos

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio*
	% de proteína			
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	62.25	62.37	62.25	62.29 A
Escamoles ( <i>Liometopum apiculatum M.</i> )	67.38	67.15	67.15	67.23 B
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri H.</i> )	64.18	63.60	63.77	63.85 C

\*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El análisis de varianza de la Tabla 3, muestra que existen diferencias significativas en el contenido de proteína inicial

entre las muestras de las diferentes especies de insectos debido a que el valor de  $F_0 = 514.75$ , es mayor al valor de tabla  $F_6^2(0.05) = 5.143$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . El valor de p mayor a 0.001 indica que existen diferencias altamente significativas para rechazar  $H_0$ . Agrupando la información bajo el método de comparaciones de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se determinó que para el contenido de proteína inicial las medias para cada especie de insecto, son significativamente diferentes.

Tabla 3. Análisis de Varianza\* (ANOVA) para el contenido inicial de proteína en insectos.

Fuente de Variación	GL	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	99.42%	38.2062	19.1031	514.75	0.0001
Error	6	0.58%	0.2227	0.0371		
Total	8	100.00%				

\*En diseño completamente al azar.

En cuanto al porcentaje de proteína después del tratamiento con pepsina ácida, la Tabla 4 muestra que para *Thasus gigas* la proteína equivale a 20.31%, en *Liometopum apiculatum* M., se detecta 14.17% siendo para *Comadia redtenbacheri* H., el de menor contenido de proteína (10.48%) después del procedimiento.

Tabla 4. Contenido de proteína (%) después de tratamiento con pepsina acida.

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio*
	% de proteína			
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	20.01	22.09	18.82	20.31 A
Escamoles ( <i>Liometopum apiculatum</i> M.)	14.48	15.44	12.59	14.17 B
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri</i> H.)	11.04	10.83	9.58	10.48 C

\*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis estadístico ANOVA con nivel de confianza del 95%, indica que hay diferencias en el contenido de proteína después del tratamiento con pepsina, en las muestras de las tres especies de insecto analizadas. El análisis de comparación de medias de Tukey indica que existen diferencias significativas en las muestras de las tres especies de insectos.

En contraste, la proteína no digerible (Tabla 5) bajo el método de digestibilidad in vitro A.O.A.C 971.09 refleja en el xamue el mayor contenido de proteína no digerible (32.60%), en tanto los escamoles y chinicuiles presentan 21.07% y 16.42% respectivamente. Se atribuye el alto contenido de proteína no digerible que presenta el xamue a la composición de su exoesqueleto, según señala Delvare, Aberlenc, Michel, & Figueroa (2002), la quitina es un polisacrido nitrogenado y es el componente principal de la cutícula de los insectos.

Tabla 5. Contenido porcentual de la fracción de proteína no digerible

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
	% de proteína			
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	32.2	35.42	30.23	32.60 A
Escamoles ( <i>Liometopum apiculatum</i> M.)	21.49	22.99	18.74	21.07 B
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri</i> H.)	17.20	17.03	15.02	16.42 B

\*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis estadístico ANOVA con nivel de confianza del 95% indica que hay diferencias en el contenido de porcentual de proteína no digerible en las muestras de las tres especies de insecto. El análisis de comparación de medias de

Tukey indica que existen diferencias significativas de la fracción no digerible en los Xamues en relación con los escamoles y Chinicuales.

En la Tabla 6, se comparan las medias del porcentaje de proteína para cada uno de los tratamientos probados, en un arreglo de diseño en bloques completamente al azar.

Tabla 6. Contenido de proteína (%) después de tratamiento con pepsina ácida.

Insecto (Bloques)	% de proteína en tratamientos T		
	T 1 Testigo	T 2 Con Pepsina	T3 Frac. No digerible
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	62.29	20.31	32.60
Escamoles ( <i>Liomotopum apiculatum M.</i> )	67.23	14.17	21.07
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri H.</i> )	63.85	10.48	16.42
Comparación de medias por método de Tukey con $\alpha=0.05$	A	B	B

El análisis de varianza de la Tabla 7, muestra que existen diferencias significativas en el contenido de proteína inicial (testigo) con respecto al tratamiento de digestibilidad con pepsina y la fracción no digerible entre las muestras de las diferentes especies de insectos (bloques). Esto es debido a que el valor de  $F_0 = 83.15$ , es mayor al valor de tabla  $F_4^2(0.05) = 6.944$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . El valor de p mayor a 0.001 indica que existen diferencias altamente significativas para rechazar  $H_0$ . Agrupando la información bajo el método de comparaciones de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se encontró que para el contenido de proteína inicial las medias, son significativamente diferentes para el tratamiento con pepsina y la fracción no digerible.

Tabla 7. Análisis de Varianza\* (ANOVA) para los trata-

Fuente de Variación	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	99.69	49.85	1.97	0.254
Tratamiento	2	4206.11	2103.06	83.15	0.001
Error	4	101.16	25.29		
Total	8				

\*Diseño en bloques completamente al azar

La proteína digerible de las muestras aleatoriamente estudiadas (Tabla 8), indica que los chinicuales son los insectos con un mayor porcentaje de digestibilidad 83.58% en promedio, en tanto, el xamue solo representa un 67.4 %, y los escamoles el 78.92%, mediante una comparación por parejas de Tukey con un nivel de confianza de 95%, se detecta que el contenido de proteína digerible del xamue es significativamente diferente del resto de las muestras estudiadas, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes considerando  $\alpha = 0.05$

Tabla 8. Contenido porcentual de proteína digerible

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio *
	% de proteína			
Chinicuales ( <i>Comadia redtenbacheri H.</i> )	82.80	82.97	84.98	83.58 A
Escamoles ( <i>Liomotopum apiculatum M.</i> )	78.51	77.01	81.26	78.92 A
Xamues ( <i>Thasus gigas</i> )	67.85	64.58	69.77	67.40 B

\*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El análisis de varianza de la Tabla 9, muestra que existen diferencias significativas en el contenido porcentual de proteína digerible entre las muestras de las diferentes especies de insectos debido a que el valor de  $F_0 = 48.04$ , es mayor al valor de tabla  $F_6^2(0.05) = 5.143$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Tabla 9. Análisis de Varianza\* (ANOVA) para el contenido de proteína digerible

Fuente de Variación	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	416.45	208.224	48.04	0.001
Error	6	26.00	4.334		
Total	8	442.45			

\*Diseño completamente al azar.

## Discusión

La composición química de un alimento no solo muestra la proporción de elementos y macromoléculas que conforman el alimento, también informan sobre la calidad nutritiva, cobrando importancia en la valorización de alimentos típicos (Ramos, et al., 2012). La cuantificación proximal de los tres insectos de este estudio (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) confirman su valor nutritivo por el alto contenido de proteína digerible (tabla 1) en g/100g base seca, bajo esta aseveración Ramos-Elourdy et al., (1984) señalan enfáticamente en la calidad y cantidad de este tipo de macromoléculas sobre once especies estudiadas en México, al respecto reportan un contenido proteínico de entre 55 y 70% en base seca.

Saturino, et al., 2016, señala que hasta ahora gran parte de la atención en los insectos como alimento se ha centrado en su elevado contenido en proteína, al mostrar esta macromolécula un mayor porcentaje del contenido total, destacando la importancia de analizar el porcentaje de proteína digerible de cada uno de los insectos.

El contenido de proteína de los insectos (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) en base seca (Tabla 2) oscila entre 62.29 a 67.23%, estadísticamente hablando, son significativamente diferentes, sin embargo, el porcentaje proteínico de cada insecto los concibe

idóneos en la obtención de proteína de calidad. Asimismo, Ramos-Elourdy y Pino (1990) destacan que el 87% de los insectos comestibles son más energéticos que el maíz, 63% más que la carne de res, 84% de ellos más que las hortalizas, 70% más que el pescado e incluso 100% más que el pollo, por otro lado, el porcentaje promedio de digestión y absorción en proteínas de origen animal es alrededor de un 90%, siendo el de las proteínas de origen vegetal de sólo un 60 a un 70% aproximadamente (González-Torres, Téllez-Valencia, Sanpedro, y Nájera, 2007).

Para validar el aprovechamiento proteínico de los insectos durante su consumo, se obtiene la tabla 7, donde se muestra la cuantificación de proteína digerible, en *Thasus gigas* representa 69.77%, en *Liometopum apiculatum* M., equivale a 81.26% y en *Comadia redtenbacheri* H. corresponde a 84.98%. Estos valores expresan que los insectos son una buena fuente de obtención de aminoácidos esenciales con alto nivel de digestión por encima de los alimentos convencionales de origen vegetal, que aportan un valor de 60% según señala González-Torres, Téllez-Valencia, Sanpedro, y Nájera (2007).

Los insectos poseen 93% de nitrógeno sin ligaduras, esto facilita la degradación enzimática y por ende su digestibilidad in vitro e in vivo (Redford y Dorea, 1984), de acuerdo a Ramos-Elourdy et al., (1981) los insectos comestibles deben ingerirse en menor cantidad que los alimentos convencionales por su alta digestibilidad, desde esta perspectiva pueden considerarse como concentrados proteínicos.

Finalmente, de acuerdo a Conconi, (1993), la importancia de las proteínas radica en su intervención sobre todas las reacciones bioquímicas del cuerpo, en los sistemas hormonal e inmunológico, etc., al mismo tiempo son trascendentales por ser las constructoras y reparadoras de células.

## Conclusiones

En función los resultados derivados de este estudio, se determina que el insecto con mayor porcentaje de digestibilidad es el chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.) donde se aprovecha 83.58%, en función de la comparación de pares por el método Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) este insecto es el que presenta un porcentaje de digestión significativamente diferente. El xamue (*Thasus gigas*) presenta una digestión de 67.40%, bajo esta premisa es el insecto con menor coeficiente de digestibilidad, por lo tanto, se infiere que es debido a la composición del exoesqueleto que contiene quitina, una proteína resistente a ácidos y bases diluidos, según describe Delvare, Aberlenc, Michel, y Figueroa (2002).

Los insectos de este estudio (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) son especies típicas de la región Valle del Mezquital, bajo el diseño experimental se determina que presentan diferencia significativa en el aporte proteínico que aportan, en tanto, su empleo como fuente de alimentación podrá ayudar a contrarrestar el problema de la desnutrición en el estado de Hidalgo. Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.) y los chinicuiles (*Comadia redtenbacheri* H.) se destacan por ser una buena fuente de obtención de proteínas de calidad por su alto porcentaje de absorción, lo anterior coincide con lo señalado por Ramos, et al., (2012) que refiere a los insectos comestibles como una excelente fuente de proteínas.

Los insectos son una fuente ilimitada de proteína animal desaprovechada, estas fuentes asegurarían un insumo alimenticio acorde a los requisitos biológicos para una nutrición aceptable, además, podrían ser la panacea al problema de hambre (Sánchez y Hevia, 1997), no solo en el estado de Hidalgo, sino en el mundo, esto gracias a sus componentes nutritivos.

Además, la FAO menciona que los insectos representarían una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente tanto para la alimentación animal como para la dieta de millones de personas en todo el mundo. En general, constituyen una fuente importante de proteínas, ácidos grasos esenciales, vitaminas, fibra, micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y zinc, así como de otras sustancias bioactivas (FAO, 2013), en adición el aprovechamiento de insectos comestibles cumple con dos aspectos cruciales: disponibilidad y aceptablemente comestibles (Posey, 1987).

Este trabajo proporcionará las bases para futuros estudios de digestibilidad in vitro de insectos para validar el contenido de proteína de calidad absorbida en el consumo directo y la elaboración de productos funcionales, sin olvidar que es importante generar estrategias para evitar la depredación excesiva y modificación del hábitat natural de estas especies.

## Referencias

- Borroso, M., y Aquino, S. (2014). Cría del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* en maguey tóbala. 02,11,2020 de <https://sites.google.com/site/criadegusanorojodemagueytobala/home>
- Castro, C.E., y Avila, M.L. (1994). Determinación de digestibilidad de la proteína por métodos in vitro (Torry- A.O.A.C). Control de Calidad de insumos y dietas acuícolas. septiembre 18, 2020, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S07.htm#ch7>.
- Conconi, M. (1993). Estudio comparativo de 42 especies de insectos comestibles con alimentos convencionales en sus valores, nutritivo, calórico, proteínico y de aminoácidos haciendo énfasis en la aportación de los aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano, Tesis Fac. Ciencias (Biología) UNAM, México D.F. 71 pp.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). Informe de pobreza y

- evaluación 2020. Hidalgo. septiembre 23, 2020, de CONEVAL Sitio web: [https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes\\_de\\_pobreza\\_y\\_evaluacion\\_2020\\_Documentos/Informe\\_Hidalgo\\_2020.pdf](https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Hidalgo_2020.pdf)
- Delvare, G., Aberlenc, H., Michel, B., y Figueroa, A. (2002). Los insectos de África y de América tropical. Claves para la identificación de las principales familias. Montpellier, France: CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.
- Escamilla, M. (2019). Análisis de la composición de ácidos grasos de cuatro especies de insectos antes y después del proceso de freído. Hidalgo, México: UAEH.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura, Tendencias y desafíos. septiembre 23, 2020, de FAO Sitio web: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallg/home\\_149/recursos/general/05052017/semana\\_13\\_fao.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallg/home_149/recursos/general/05052017/semana_13_fao.pdf)
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2013). Insectos comestibles: perspectivas futuras para la seguridad alimentaria y animal. Italia, Roma: FAO Forestry paper.
- Finke, M. (2013). Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biol*, 1, 27-36.
- González, T.L., Téllez, V.A., Sanpedro, J., y Nájera, H. (2007). Las proteínas en la nutrición. *Respyn, Salud Pública y Nutrición*, 8 (2), 1-7.
- Granados, S.D. (1993). Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo, México. ISBN 9688842257.
- Gutiérrez, P.H., y De la Vara, S. (2008). Análisis y diseño de experimentos (2 ed.). México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Ladrón de G. O., Padilla, L. García, J.M., Pino, M., y Ramos-Elorduy, J. (1995). Aminoacid determination in some edible mexican insects. *Aminoacids*, 9, 161-173.
- Longino, Y. (2020). La mirada de Yolanda Longino. La tantarria o xagues. 02,11,2020 de El sol de San Juan del Rio <https://www.elsoldesanjuandelrio.com.mx/cultura/gastronomia/la-mirada-de-yolanda-longinola-tantarria-o-xagues-5179516.html>
- Posey, R. (1987). Temas e inquietudes en entomofagia. (E. G. Antropology, Ed.) *Bol. Mus. Par*, 3(2), 99-134.
- Ramos, R.B., Quintero, S.B., Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M., Ángeles, C.S.C., y Águeda, G.P. (2012). Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el Estado de México. *Interciencia*, 37 (12), 914-920.
- Ramos-Elorduy J (2004). La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. En Llorente BJE, Morrone JJ, Yáñez O, Vargas IF (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 4. UNAM, México. pp. 329-413.
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, M.J.M. (1990). Variation of the nutritive value of *Tenebrio molitor* L. raised on different substrates.. *Proc. Int. Working Conf. Stored Prod. Protec*, 1, 210.
- Ramos-Elorduy, J., y Pino, M.J.M. (1981). Digestibilidad "in vitro" de algunos insectos comestibles en México. *Folia Entomológica*, 53, 111-118.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., y Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45, 291-318. ISSN #0430-8603
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., Márquez, M., Alvarado, M., y Escamilla, E. (1984). Edible insects in Mexico and their protein content. *Journal of Ethnobiology*, 4, 61-72.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., y Morales, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Fol. Entomol*, 41, 15-29.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., Escamilla, P.E., Alvarado, P.J. Lagunez, O., Ladrón de G. O. (1997). Nutritional value of edible insects from the State of Oaxaca, México. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 142-15
- Redford, K., y Dorea, J. (1984). The nutritional value of invetebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. *J. Zool*, 203, 385-395.
- Sánchez, P., y Hevia, P. (1997). Consumo de Insectos Alternativa alimentaria del neotropico. *Boletin. Entomology*, 12(1), 125-127.
- Saturnino, C., García, A., Molina, J., Sierra, P., Castro, M., Calvo, M., y Fontecha, J. (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente activos. *Alimentación, nutrición y salud*, 23, 50-56.



# Análisis y reducción de inventario de resina en empresa de moldeo

Laura Elizabeth Silva Leyva<sup>1</sup>, Carlos Alberto Ronquillo Salas<sup>2</sup>, Pravda Yamille Modesto Piñón<sup>3</sup>, Ericka Berenice Herrera<sup>4</sup> y Mirella Parada Gonzalez<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de

Ciudad Juárez,

Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle,

Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32500.



**Correo correspondiente**

[laura.sl@cdjuarez.tecnm.mx](mailto:laura.sl@cdjuarez.tecnm.mx)

## Resumen

Este trabajo fue desarrollado en una empresa transnacional dedicada al moldeo de piezas por inyección de plástico que fabrica tres diferentes productos finales: piezas creadas con inyección de plástico, piezas moldeadas que posteriormente son pintadas o estampadas, y unidades ensambladas que se componen de piezas moldeadas, pintadas y unidades cromadas que se reciben de proveedor. Ciertas piezas al no cumplir los estándares de calidad se llevan al área de molinos donde se convierten en resina nuevamente. Con el paso del tiempo estas resinas se acumularon en contenedores generando un alto inventario, ocupando espacio y siendo un riesgo ambiental en caso de siniestro. Se realizaron pruebas con las resinas en diferentes moldes a fin de aprovechar el material al reciclarlo, logrando un ahorro promedio de \$150,000.00 MN semanales.

## Abstract

This work was developed in a transnational company dedicated to the molding of plastic injection parts that manufactures three different final products: parts created with plastic injection, molded parts that are later painted or stamped, and assembled units, which are made up of molded parts, painted and chrome units received from supplier. Certain pieces not meeting the quality standards are taken to the mill area where they are converted into resin again. Over time these resins accumulated in containers generating a high inventory, occupying space and being an environmental risk in the event of an accident. Tests were carried out with the resins in different molds in order to take advantage of the material when recycling it, achieving an average saving of \$ 150,000.00 MN per week.

**Palabras clave:** Moldeo, resina, inventario, reciclado.

**Keywords:** Mold, resin, inventory, recycling.

---

## Introducción

La optimización de los procesos es una ventaja competitiva dentro de la administración de las operaciones en cualquier empresa, por tal motivo el uso eficiente de los recursos implica producir valor, disminuir gastos.

Diariamente se toman decisiones, algunas con el paso el tiempo evidencian que no fueron las adecuadas en su momento, como compra de material en exceso o la disposición para materiales producto de rechazos. Ante tales problemáticas se desarrolló el proyecto, al contar en la empresa con un almacén con exceso de inventario de material de resinas, se ideó la estrategia de realizar pruebas de moldeo para determinar en cuales moldes era factible su uso, al disponer el mismo se pretendió un ahorro \$150,000.00 MN.

El proyecto fue desarrollado en una empresa dedicada al moldeo de piezas por medio de inyección de plástico. En la compañía se hacen tres diferentes productos finales: piezas creadas con inyección de plástico, piezas moldeadas que posteriormente son pintadas o estampadas, y unidades ensambladas, que se componen de piezas moldeadas, pintadas y unidades cromos que se reciben de proveedor. Ciertas piezas al no pasan los estándares de calidad se llevan semanalmente al área de molinos donde se muelen y se convierte nuevamente en resina. Durante cuatro años estas resinas se acumularon en contenedores, ocupando espacio, incrementando el costo de mantener el inventario por tanto tiempo y siendo un riesgo ambiental en caso de siniestro. Se realizaron pruebas con las resinas en diferentes moldes a fin de aprovechar el material al reusarlo, pretendiendo un ahorro de \$150,000.00 MN semanales.

## Investigación Previa

Los plásticos son un grupo de materiales orgánicos que en su estado final es sólido pero suave para que en cierta etapa de su manufactura sea moldeado por medio de presión o de calor (Kornish,1997). La industria de los plásticos es de las más utilizadas por las características propias del plástico con respecto a otros materiales; es ligero, su elasticidad al soportar grandes esfuerzos, ante la fricción no se eleva su temperatura de manera importante, su mala conductividad térmica, su economía y la capacidad para reciclarse. Ésta última particularidad y el no ser degradable, en un intento por favorecer el impacto al medio ambiente, influyó para considerar reciclar el material acumulado como inventario en la empresa. Entre otros beneficios del reciclaje se pueden mencionar que elude el consumir nuevas materias primas, disminución de basura plástica, se economiza agua y energía evitando acabar los recursos naturales.

El moldeo por inyección es la técnica más habitual en lo que a manufactura de plásticos se refiere. Este proceso se constituye utilizando moldes donde se depositan las resinas sintéticas (plásticos) al ser calentadas y fundidas, en el mismo depósito se enfrían para tomar la forma diseñada posteriormente se sacan y se les da su acabado. El proceso es similar al de inyectar líquidos con una jeringa, de ahí su termino de moldeo por inyección.

Inventario es una provisión de materiales que se utiliza para satisfacer la demanda de los clientes o apoyar la producción de bienes o servicios, el inventario de materia prima es mantenido en un almacén, donde lo ideal es que las existencias se mantengan al mínimo, ya que el costo anual por mantener un inventario está relacionado con la cantidad de material almacenado.

## Metodología

El objetivo fue reducir el inventario de resinas molidas y obsoletas, pretendiendo generar un ahorro de 150 mil pesos semanales para la empresa. Se plantearon las siguientes hipótesis: Ho: Reduciendo el inventario de resinas molidas, y obsoletas en más de 3 mil kg promedio semanales no se genera un ahorro de 150 mil pesos en el mismo periodo. Ha: Reduciendo el inventario de resinas molidas, y obsoletas en más de 3 mil kg promedio semanales se genera un ahorro 150 mil pesos en el mismo periodo.

## Procedimiento

Tomando como referencia la Rueda de Deming se procedió a planear la estrategia a llevar a cabo. Se identificó la oportunidad del uso de inventario de resina almacenada durante cuatro años, se corrieron pruebas en diferentes moldes para determinar en cuales y bajo que parámetros era viable su uso. Al determinar en cuales moldes se podía utilizar se hizo una base de datos con los números de molde y números de parte que cuando hubiera requisiciones de esos números de parte tomar la materia prima de dicho inventario.

## Resultados y Conclusiones

La cantidad de resina molida y obsoleta utilizada en las trece semanas fue de 77 mil 408 kg, lo que equivale a un 35.37% de material, representando un ahorro de \$337,880.21 dólares, equivalente a \$6,585,285.29 pesos. La Tabla 1. Ahorro económico acumulado contiene los datos de los números de parte moldeados y la relación de cada uno con los kilogramos consumido y el equivalente en dólares.

Tabla 1. Ahorro económico acumulado.

Número de Parte	KGS Consumidos	Ahorro \$
Y3050256	35996	160902.12
Y3050260	1393	6087.41
Y3060022	11204	49857.8
Y310115	3149	8628.26
Y3120232	3887	30629.56
Y3050304	4394	2359.78
Y3080216	1244	5622.88
Y3120280	1257	8371.62
Y3050320	4247	18984.09
Y3080261	2312	10103.44
Y3050281	4265	18.683.05
Y3090214	91	485.64
Y3020212	1014	2271.36
Y3090225	2955	14893.2
<b>Total</b>	<b>77,408</b>	<b>337,880.21 dlls</b>
<b>Total</b>	-	<b>6'585,285.29 MN</b>



Figura 1. Kilogramos de resina molida usada semanalmente en el moldeo de piezas.

Los kilogramos de resina molida usada semanalmente en el moldeo de piezas se reflejan en la Figura 1, Kilogramos de resina molida usada semanalmente en el moldeo de piezas, donde se puede apreciar la línea roja que indica los 3 mil kilogramos promedio de resina que se tienen esperados como objetivo mínimo de uso. Las barras azules representan las cantidades reales de material usado durante las trece semanas. Se evidencia que de las trece semanas solo en la uno y seis no se cumplió con el objetivo de usar más de 3 mil

kilogramos de resina en la semana, lo que muestra individualmente no haber logrado el objetivo en dichos tiempos, pero en promedio de las trece semanas si se logró la finalidad, lo que representa un ahorro promedio de 150 mil semanales.

Con el software Mini Tab se obtuvo la ecuación de regresión y una predicción o pronóstico de la tendencia en tres semanas posteriores (semanas 14,15 y 16), arrojando los siguientes resultados (Tabla 2. Tendencias, Tabla 3. Datos de Pronósticos, Figura 2 Tendencia de Kilogramos de Resina utilizados por semana).

Fitted Trend Equation

$$Y_t = 3088 + 409 \times t \quad (1)$$

Regression Equation

$$kgs = 3088 + 409 \text{ week} \quad (2)$$

Accuracy Measures

MAPE 37

MAD 1390

MSD 3710628

Tabla 2. Tendencias

Time	kgs	Trend	Detrend
1	1167	3497.53	-2330.53
2	3370	3907.02	-537.02
3	4923	4316.51	606.49
4	5783	4725.99	1057.01
5	10300	5135.48	5164.52
6	2735	5544.97	-2809.97
7	4512	5954.46	-1442.46
8	8069	6363.95	1705.05
9	6029	6773.44	-744.44
10	7665	7182.93	482.07
11	7071	7592.42	-521.42
12	7355	8001.91	-646.91
13	8429	8411.40	17.60

Tabla 3. Datos de Pronósticos.  
Forecasts

Period	Forecast
14	8820.88
15	9230.37
16	9639.86

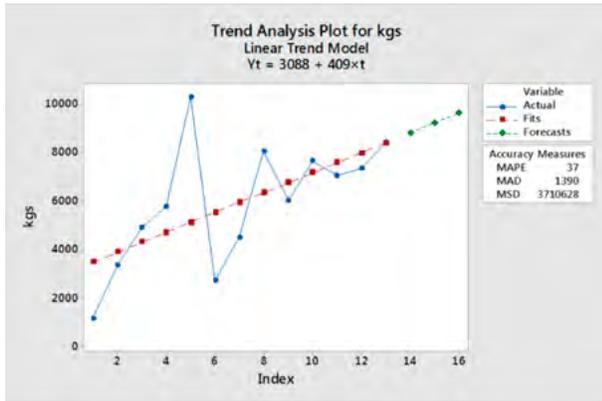


Figura 2. Tendencia de Kilogramos de Resina utilizados por semana.

Se aprecia tanto en la ecuación de regresión como en la de tendencia 3 mil 88 kilogramos como promedio mínimo de uso. Existe una relación directa entre los kilogramos promedio y el tiempo. A medida que transcurren las semanas se va incrementando el uso de los kilogramos de resina, la tendencia en los periodos del 14 al 16 denota consumo al alza. Posteriormente se hizo una prueba t de una cola, para un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

*One-Sample T: kgs*  
*Test of  $\mu = 3000$  vs  $> 3000$*

(3)

Tabla 4. Resultados de la probabilidad en prueba t.

Variable	N	Media	Desviación Estándar	SE Mean	Límite Inferior 95%	T	P
Kilogramos	13	5954	2565	711	4688	4.16	0.001

Como resultados de la prueba tenemos (Tabla 4. Resultados de la probabilidad en prueba t) un valor de probabilidad de .001. Como  $P(0.001) < \alpha (0.05)$  se rechaza la hipótesis nula. Concluyendo que: Reduciendo el inventario de resinas molidas, y obsoletas en más de 3 mil kg. de promedio semanal se genera un ahorro de 150 mil pesos en el mismo periodo.

## Conclusión

Se rechaza la hipótesis nula al reducir el inventario de resinas molidas, y obsoletas si se genera un ahorro de 150 mil pesos semanales en promedio, aunque en las semanas uno y seis, no se logró utilizar los 3 mil kg. promedio de material. Al implementar el uso de resina molida como materia prima para moldear en los moldes aprobados se logró disminuir el inventario y un riesgo ambiental.

## Referencias

- Acosta-Prado, J. C., & Prada Ospina, R. (2016). The Molds in Injection Process for the Achievement of Business Objectives. *Dimensión Empresarial*, 15(1), 169 - 182. <https://doi.org/10.15665/rde.v15i1.1002>
- Agüero Zardón, Liset; Urquiola Garcia, Idalianys y Martínez Delgado, Edith (2016). Propuesta de procedimiento para la gestión de inventarios. ISSN #16661680
- Alethia Vázquez Morillas, Rosa Ma. Espinosa Valdemar,

Margarita Beltrán Villavicencio y Maribel Velasco Pérez (2016). El reciclaje de los plásticos. Universidad Autónoma Metropolitana

Bowersox, Donald; Closs, David y Cooper Bixby, (2007). Administración y Logística en la Cadena de Suministro. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES. ISBN-13 #9789701061329 ISBN-10 #9701061322

Kornish Álvarez, María Laura (1997). El ABC de los plásticos. México: Universidad Iberoamericana. ISBN # 9688592838

Krajewsky, Ritzman y Malhotra Manoj (2008). Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor. México: PEARSON. ISBN 10: 970-26-1217-9 ISBN 13: 978-970-26-1217-9

Lozano-Taylor, José; Ramírez-Ramírez Florencio y Lu Xuewen (2014). Propuesta y Aplicación Metodológica para Mejorar la Calidad de un Componente en un Proceso de Moldeo por Inyección. Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 21-36, 2014

Prada Ospina, Ricardo (2017). El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. Dimensión Empresarial, 15(1), 157-168. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i1.1002>

Taha, Hamdy (2012). Investigación de operaciones. México: PEARSON EDUCACIÓN. ISBN # 9786073207966

Thompson, Arthur A.; Peteraf, Margaret A.; Gamble, John E. y Strickland III (2012). ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES. ISBN # 9786071507570



# Grado de contaminación de agua en humedales del Municipio de Guachochi, Chihuahua

Ángel Ceballos-Chávez<sup>1</sup>, Ivonne Valencia -Mendoza<sup>2</sup>, Leidy Chávez -García<sup>3</sup>, Dagoberto Lara-Marín<sup>4</sup> y Aaron González-Atienzo<sup>5</sup>

<sup>1,3,5</sup> Universidad Tecnológica de la Tarahumara, Carr.

Guachochi-Yoquivo, km. 1.5, Turuseachi, Guachochi, Chihuahua,  
México, C.P. 33180.



**Correo correspondiente**

aceballos@uttarahumara.edu.mx

<sup>2,4</sup> Centro de Desarrollo de Estudios Superiores, Blas cano de

los Ríos 703 Col. San Felipe, Chihuahua, Chihuahua,  
México, C.P. 31203.

## Resumen

La alta contaminación de agua fresca se traduce en problemas de salud pública que afectan no solo las poblaciones humanas y animales, sino también el ambiente natural en general. El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de parámetros físico-químicos e "in-situ" de agua en humedales del municipio de Guachochi. Para ello se tomaron en cuenta las técnicas expuestas por la diversidad de normas para el uso de agua como la NMX-AA-003-Muestreo de aguas residuales, NMX-AA-004 -Sólidos sedimentables, NMX-AA-005-Grasas y aceites, NMX-AA-034-Sólidos y sales disueltas, NMX-AA-036-SCFI-2001-Alcalinidad y acidez. De acuerdo con los resultados obtenidos para el grado de turbidez del Lago las Truchas mostró porcentaje incontable, al determinar grasas y aceites Presa Turuseachi y Lago las Garzas presentaron arriba de 87.5 y 100%, en cuanto a pH todos los humedales presentaron alcalinidad. En relación a la problemática expuesta se debe tomar medidas de sanidad y seguridad para evitar la alteración de las propiedades físico-químicas de este recurso hídrico.

## Abstract

The high contamination of fresh water translates into public health problems that affect not only human and animal populations, but also the natural environment in general. The objective of this work was to perform an analysis of physicochemical and in-situ parameters of water in wetlands. For this, the techniques exposed by the diversity of standards for the use of water such as NMX-AA-003-Wastewater Sampling, NMX-AA-004 -Settable solids, NMX-AA-005-Fats and oils were taken into account. , NMX-AA-034-Solids and dissolved salts, NMX-AA-036-SCFI-2001-Alkalinity and acidity. According to the results obtained for the degree of turbidity of Lago las Truchas, it showed an uncountable percentage, when determining fats and oils, Turuseachi Dam and Lago las Garzas presented above 87.5 and 100%, in terms of pH, all wetlands presented alkalinity. In relation to the exposed problem, health and safety measures must be taken to avoid the alteration of the physicochemical properties of this water resource.

**Palabras clave:** Norma, muestreo, parámetros, humedales.

**Keywords:** Norm, sampling, parameters, wetlands.

---

## Introducción

El agua es un elemento esencial para la vida de todos los seres vivos del planeta, además es un derecho humano fundamental. El 97.2% del agua en el planeta Tierra es salina y solo el 2.5% corresponde a agua fresca; de ese 2.5%, 30% es subterránea, 68% está en los glaciares y otras capas de nieve y solo el 1.2% es superficial y se encuentra en ríos, lagos y otras formas de agua de superficie (Gómez, 2018); en este sentido se comprende que la contaminación ambiental en el mundo se hace cada vez más visible y evidente, por lo que se observa el deterioro del entorno natural, la falta de conciencia y los pocos mecanismos de preservación, sin embargo, no se han tomado medidas necesarias para contrarrestar el problema que se incrementa al pasar de los años

(Vargas, 2005; Contreras, 2020). Uno de los elementos transcendentales que componen el área ambiental es el agua, ya que es el componente fundamental en mayor cantidad de los organismos de los seres vivos, indispensable para la mayoría de las funciones vitales, cabe mencionar que es un elemento esencial en la producción agropecuaria, porcícola y avícola; por lo cual, su calidad incide directamente en la propiedad de los productos alimenticios y debe cumplir con parámetros para ser consumida por seres vivos. El agua requiere estar libre de elementos tóxicos, que pueden acumularse en los tejidos y fluidos de los animales y plantas de granja, convirtiéndose en productos alimenticios nocivos (Tobon et al., 2010), aunado a lo anterior las cifras de contaminación en México son de 70%, encabezando la sobreexplotación de acuíferos el estado de Chihuahua, Guanajuato, Baja California, Sono-

ra, y Zacatecas, con los índices más altos de contaminación (CONAGUA, 2020).

Actualmente, los cuerpos de agua superficiales, presentan una calidad deficiente, debido a todas las descargas que reciben de las actividades domésticas e industriales, que influyen de alguna manera en la salud humana y en aspectos socioeconómicos de las poblaciones adyacentes, sin embargo, una de las dificultades en la planificación de los cuerpos de agua en las cuencas ha sido la poca aplicabilidad de los índices de calidad del agua en los procesos de toma de decisiones. El problema socio ambiental que genera la escasez del agua es muy crítico, a tal punto que muchas de las poblaciones pueden desaparecer; por eso se hace necesario que las autoridades ambientales desarrollen políticas para mejorar la calidad del agua según el uso que se le vaya a dar y para garantizar el abastecimiento del líquido a fin de evitar riesgos sanitarios y ambientales (Miranda et al., 2016).

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis tanto fisicoquímico como in-situ de la calidad del agua, en humedales del municipio de Guachochi.

## Materiales y Métodos

Descripción de los sitios. Se seleccionaron cuatro cuerpos de agua de manera aleatoria (humedales): Laguna de Ochocachi, Lago de las Garzas, Lago las Truchas, Presa Turuseachi (figura 1), todos presentes en el interior del municipio de Guachochi, Chihuahua, en total se consideraron 40 puntos de muestreo, realizando 10 muestreos por sitio, los cuales fueron georreferenciados con un GPS.



Figura 1. Sitios de muestreo de humedales: Laguna de Ochocachi, Lago de las Garzas, Lago las Truchas, Presa Turuseachi.

Muestreo. Para llevar a cabo el muestreo de cada lugar se tomó en cuenta la NMX-AA-3-1980, establece el procedimiento para la toma de muestra en aguas de la siguiente manera: Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes.

Tabla 1. Ubicación de puntos de muestreo georreferenciados con global positioning system (GPS).

Lugar de muestreo	Muestreo	Coordenadas	
<b>Cuerpo de agua(humedal) laguna de Ochocachi</b>			
Laguna de Ochocachi	1	107°05'39.7" W,	26°47'24.0" N
Laguna de Ochocachi	2	107°05'49.2" W,	26°47'23.4"N
Laguna de Ochocachi	3	107°05'49.2" W,	26°47'27.6" N
Laguna de Ochocachi	4	107°05'53.1" W,	26°47'25.0"N
Laguna de Ochocachi	5	107°05'61.2"W,	26°47'24.3"N
Laguna de Ochocachi	6	107°05'68.0"W,	26°47'34.7"N
Laguna de Ochocachi	7	107°05'73.4"W,	26°47'34.0"N
Laguna de Ochocachi	8	107°05'73.4"W,	26°47'34.0"N
Laguna de Ochocachi	9	107°05'62.9"W,	26°47'41.8"N
Laguna de Ochocachi	10	107°05'51.8" W,	26°47'36.6"N
<b>Cuerpo de agua(humedal) lago de las garzas</b>			
Lago las Garzas	1	107° 3' 57.31" W,	26° 49' 12.47" N
Lago las Garzas	2	107° 4' 10.14" W,	26° 49' 31.38" N
Lago las Garzas	3	107° 4' 5.20" W,	26° 49' 33.92" N
Lago las Garzas	4	107° 3' 57.58" W,	26° 49' 28.67" N
Lago las Garzas	5	107° 3' 56.69" W,	26° 49' 13.02" N
Lago las Garzas	6	107° 4' 56.29" W,	26° 49' 29.62" N

Lago las Garzas	7	107°4' 39.63"W,	26°49' 13.29"N
Lago las Garzas	8	107°4' 50.68"W,	26°49' 13.94"N
Lago las Garzas	9	107° 3' 25.24" W,	26°49' 26.41"N
Lago las Garzas	10	107°4' 19.24"W,	26°49' 30.25"N
<b>Cuerpo de agua(humedal) Presa Turuseachi</b>			
Presa Turuseachi	1	107°05' 30"W,	26°49' 22" N
Presa Turuseachi	2	107°05' 17.0"W,	26°49' 23.4"N

Medición de sólidos suspendidos. Para llevar a cabo este análisis consistió en mezclar la muestra a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo del líquido. Las muestras deben estar a temperatura ambiente al momento de su medición, colocar la muestra bien mezclada en un cono Imhoff hasta la marca de 1 L, dejar sedimentar 45 min, una vez transcurrido este tiempo desprender suavemente los sólidos adheridos a las paredes del cono con un agitador; mantener en reposo 15 min más y registrar el volumen de sólidos sedimentables en mL/L, cabe mencionar que el procedimiento se basó en la NMX-AA-034-SCFI-2015 análisis de agua - medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas y método de prueba.

Medición de grasas y aceites. En este estudio se debe medir el pH de las muestras el cual debe ser de dos o menor, si no tiene este valor acidifique con ácido clorhídrico 1:1 o ácido sulfúrico 1:1, Preparar los matraces de extracción introduciéndolos al horno a una temperatura de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , enfriar en desecador y pesarlos, repetir el procedimiento hasta obtener una diferencia de  $< 0,0005\text{ g}$  en dos ciclos consecutivos; para los cálculos utilizar el último valor de la masa, se dejó secar el cartucho en el horno a  $103\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por un período de 30 minutos mínimo; transcurrido este período colocar en el equipo de extracción, Una vez terminada la extracción recuperar la mayor cantidad del disolvente y evaporar el remanente, El recipiente de extracción libre de disolvente se coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente, Pesar el recipiente de extracción y

por diferencia de masa medir las grasas y aceites recuperables, Analizar una muestra control de calidad y un blanco de reactivo, bajo las mismas condiciones de la muestra y realizar los cálculos correspondientes, para el desarrollo complementario del procedimiento se basó en la NMX-AA-005-SCFI-2013, la cual establece la análisis de agua, medición de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas y método de prueba.

Determinación de sólidos y sales disueltas. Para este estudio se utilizó la introducción de capsulas a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 20 min como mínimo, contemplando la NMX-AA-034-SCFI-2015 para el desarrollo complementario del procedimiento de la detección de sólidos en todas sus fases. Únicamente en el caso de la medición de sólidos volátiles, las cápsulas posteriormente se introducen a la mufla a una temperatura de  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , durante 20 min como mínimo. Después de este tiempo transferirlas al horno, se trasladado la cápsula al desecador y dejar enfriar por 20 min como mínimo. Al agitar las muestras para asegurar la homogeneización, para la medición de sólidos totales (ST) y sólidos totales volátiles (STV), medición de sólidos totales (ST) seleccionar el volumen de muestra de tal manera que el residuo seco sobre la cápsula se encuentre en un intervalo de masa de 2,5 mg a 200 mg, transferir la muestra a la cápsula previamente puesta a masa constante y evaporar a sequedad en el horno de secado a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Trasladar la cápsula al desecador y dejar enfriar por 20 min como mínimo. Pasar la cápsula al desecador para llevar a masa constante. Registrar como m5, medición de sólidos suspendidos totales (SST) y Medición de sólidos suspendidos volátiles (SSV), Medición de sólidos suspendidos totales (SST), se recomienda seleccionar el volumen de muestra de acuerdo a las características de esta, Homogeneizar la muestra mediante agitación vigorosa del envase, transferir de forma inmediata y en un solo paso un volumen adecuado de muestra a una probeta y posteriormente realizar los cálculos correspondientes.

Determinación de acidez y alcalinidad. Para llevar a cabo la evaluación de este parámetro se siguió el procedimiento de la norma NOM-AA-36-1980, tomando en cuenta la normalidad del ácido con la siguiente fórmula:  $N=A/BX53X1000$ , valorar el hidróxido de sodio (0.02 N), pesar aproximadamente y con precisión 0,102 g de biftalato de potasio secado a 105°C, añadir unos 25 mL de agua y unas gotas de la disolución de fenolftaleína, titular con la disolución de hidróxido de sodio, hasta el vire del indicador (de incoloro a rosa). Calcular la acidez, tomando en cuenta el vire del indicador (de amarillo a canela) (acidez al anaranjado de metilo).

En función a lo descrito anteriormente cada uno de los procedimientos complementarios se encuentran plasmados en la normatividad correspondiente a cada parámetro, para su determinación final de resultados obtenidos.

## Resultados

Una vez analizado el proceso normativo se determinó los parámetros "in situ", para los cuatro humedales, como se muestran las Tablas 1,2,3 y 4, establecido para conductividad pH, temperatura y turbidez.

Tabla 2. Determinación de parámetros realizados en el momento de la toma de la muestra en lago de las Garzas.

Muestra	Conductividad (µS)	pH	Temperatura (° C)	Turbidez (NTU)
1	112 µS	8.8	22.5° C	10.3 NTU
2	111 µS	8.2	20.6 °C	117 NTU
3	53 µS	8.7	21.2° C	101 NTU
4	103 µS	9.5	20.40 ° C	100 NTU
5	48 µS	9.8	20.8 °C	131 NTU
6	98 µS	9.6	21.6 °C	107 NTU
7	50 µS	9.7	19.6 °C	133 NTU
8	113 µS	9.9	20.8 ° C	100 NTU
9	50 µS	9.9	21.1° C	111 NTU
10	47 µS	9.5	20.6° C	110 NTU

Tabla 3. Determinación de parámetros realizados en el momento de la toma de la muestra en lago de las Truchas.

Muestra	Conductividad(µS)	pH	Temperatura(°C)	Turbidez (NTU)
1	98 µS	10.21	20.6°c	25.9 NTU
2	102 µS	10.49	20.8°c	100 NTU
3	120 µS	9.81	22°c	Valor estándar fuera de rango
4	117 µS	9.86	20.7°c	105 NTU
5	121 µS	10.30	18.20°c	110 NTU
6	112 µS	10.09	23°c	107 NTU
7	118 µS	9.83	22°c	104 NTU
8	120 µS	10.12	21.9°c	102 NTU
9	120 µS	9.63	21.3°c	Negativo
10	106 µS	10.63	22°c	103 NTU

Tabla 4. Determinación de parámetros realizados en el momento de la toma de la muestra en Presa Turuseachi.

Muestra	Conductividad (µS)	PH	Temperatura °C	Turbidez (NTU)
1	10.99 µS	11.79	24.2°C	19.4 NTU
2	11.2 µS	11.74	24.5°C	33.8 NTU
3	12.25 µS	11.84	25.3°C	24.8 NTU
4	10.56 µS	11.07	16°C	45.7 NTU
5	11.21 µS	11.43	26.9°C	72.1 NTU
6	9.97 µS	10.91	26.4°C	43.7 NTU
7	10.62 µS	9.86	25.5°C	21.6 NTU
8	10.28 µS	11.88	25.9°C	18.3 NTU
9	10.53 µS	11.75	20.9°C	18.6 NTU
10	10.8 µS	10.98	21.2°C	17.5 NTU

Tabla 5. Determinación de parámetros realizados en el momento de la toma de la muestra en Laguna de Ochocachi.

Muestra	Conductividad (µS)	pH	Temperatura (° C)	Turbidez (NTU)
1	16.37 µS	7.90	20.1° C	23 NTU
2	16.62 µS	8.45	25.9 °C	25.7 NTU
3	17.82 µS	8.95	25.2° C	47.2 NTU
4	19.86 µS	9.22	23.1 ° C	60.9 NTU
5	17.52 µS	8.58	19.5 °C	31.9 NTU
6	16.24µS	9.45	21.2 °C	21.4 NTU
7	17.22 µS	9.55	23.8 °C	13.2 NTU
8	19.87 µS	9.66	25.8 ° C	15.3 NTU
9	18.98 µS	9.66	27.2° C	23.8 NTU
10	17.53 µS	10.0	24.6° C	10.1 NTU

En cada uno de los sitios se realizaron las pruebas de grasas y aceites a través de la fórmula:  $GVA = m_f - m / v_m$  - Blanco, cabe mencionar que dicha información se encuentra en la norma descrita NMX-AA-005-SCFI-2013, obteniendo los siguientes resultados.

### Lago las Garzas

$$GYA = \frac{(1837012 \text{ g} - 1638965 \text{ g})}{100 \text{ L}} - 1 \text{ ML} = 1818.64 \text{ g/l}$$

= 87.5 % de grasas y aceites

### Presa Turuseachi

$$GYA = \frac{(1837012 \text{ g} - 1638965 \text{ g})}{100 \text{ L}} - 1 \text{ ML} = 1818.64 \text{ g/l}$$

= 87.5 % de grasas y aceites

### Lago las Truchas

$$GYA = \frac{(270.0 \text{ g} - 251.1 \text{ g})}{0.2 \text{ L}} - 50 \text{ ML} = 44.5 \text{ g/l}$$

= 22.5 % de grasas y aceites

### Laguna de Ochocachi

$$GYA = \frac{(270.0 \text{ g} - 251.1 \text{ g})}{0.2 \text{ L}} - 50 \text{ ML} = 44.5 \text{ g/l}$$

= 22.5 % de grasas y aceites

En este mismo orden se determinaron los sólidos suspendidos en todas sus modalidades de cada uno de los sitios como se muestran en las Tablas 5,6,7 y 8.

### Lago las Garzas

ST	STV	SST	SSV	SDT	SDV	SDF	SSF	STF
122.5	12,150	152.5	2940	35	3972.5	-33	142.5	62.5
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

ST=Sólidos Totales, STV=Sólidos Totales Volátiles, SST=Sólidos Suspendidos Totales, SSV= Sólidos Suspendidos Volátiles, SDT=Sólidos Disueltos Totales, SDV=Sólidos Disueltos Volátiles, SDF=Sólidos Disueltos Flotantes, SSF=Sólidos Suspendidos Flotantes, STF= Sólidos Totales Flotantes.

### Lago las Truchas

ST	STV	SST	SSV	SDT	SDV	SDF	SSF	STF
4190	4127.5	297.5	155	3894.5	3972.5	-33	142.5	62.5
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

ST=Sólidos Totales, STV=Sólidos Totales Volátiles, SST=Sólidos Suspendidos Totales, SSV= Sólidos Suspendidos Volátiles, SDT=Sólidos Disueltos Totales, SDV=Sólidos Disueltos Volátiles, SDF=Sólidos Disueltos Flotantes, SSF=Sólidos Suspendidos Flotantes, STF= Sólidos Totales Flotantes.

### Presa Turuseachi

ST	STV	SST	SSV	SDT	SDV	SDF	SSF	STF
29,670	778,557	15,46	16,434	29,770	773,125	30,443mg/l	142.5	30457
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

ST=Sólidos Totales, STV=Sólidos Totales Volátiles, SST=Sólidos Suspendidos Totales, SSV= Sólidos Suspendidos Volátiles, SDT=Sólidos Disueltos Totales, SDV=Sólidos Disueltos Volátiles, SDF=Sólidos Disueltos Flotantes, SSF=Sólidos Suspendidos Flotantes, STF= Sólidos Totales Flotantes.

### Laguna de Ochocachi

ST	STV	SST	SSV	SDT	SDV	SDF	SSF	STF
31810	317047	14093	155	3894.5	3972.5	-33	142.5	204.67
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

ST=Solidos Totales, STV=Solidos Totales Volátiles, SST= Solidos Suspendidos Totales, SSV= Solidos Suspendidos Volátiles, SDT=Solidos Disueltos Totales, SDV=Solidos Disueltos Volátiles, SDF=Solidos Disueltos Flotantes, SSF=Solidos Suspendidos Flotantes, STF= Solidos Totales Flotantes.

## Discusiones

Según la Organización Mundial de la Salud, desde el año 2015 solo el 89% de la población mundial tiene acceso a agua apta para consumo y se anticipa que este porcentaje continuará disminuyendo, aunque se estima que la situación ya es crítica para 260 millones de personas que carecen de agua apta para el consumo (Rodríguez et al., 2016; Gómez, 2018), cabe considerar que los resultados de parámetros "in-situ" realizados en la ciudad de Guachochi, se encuentran fuera de rango de acuerdo a los límites máximos permisibles de la normatividad vigente en dos de los sitios muestreados, por lo tanto, es considerada una fuente no viable para el consumo humano, a diferencia de los estudios realizados en Colombia por Samboni et al., 2007, en el cual se ha determinado los indicadores de calidad y contaminación se presentan como una opción viable para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas de un programa de monitoreo, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar un valor que puede ser interpretado fácilmente tanto por expertos como por la comunidad en general.

De acuerdo a Benavides et al., 2008, realizaron análisis de calidad del agua evaluando diversos parámetros en zonas

laguneras del estado de Chihuahua, donde demuestran a diferencia significativa de las zonas analizadas en Guachochi, destacando que dos (Lago las Garzas y Presa Turuseachi) de los cuatro sitios salieron con alta presencia de estos contaminantes, en el caso del estudio lagunero respecto al análisis realizado de grasas y aceites no se presentó este tipo de contaminación, en el caso de los sólidos suspendidos totales sólo la laguna de Encinillas se encuentra dentro de los límites máximos permisibles por normatividad, siendo la laguna de patos y la laguna de Bustillos las que presentan los valores más altos en este parámetro, por lo que se concluye que tienen una mayor cantidad de sólidos sedimentables y materia orgánica en suspensión que las otras lagunas, en el caso de la conductividad eléctrica (CE) se estima que el contenido de iones disueltos en la laguna de Bustillos es mayor en comparación con el resto de los puntos muestreados. En la laguna de mexicanos y de Encinillas se observa una baja CE en relación a los valores normales conocidos en aguas subterráneas.

Coincidiendo con los estudios realizados en Colombia, en materia de indicadores, el estudio propuso la adaptación de indicadores que agrupan variables que contengan información muy relevante para definir las características físicas, químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua y sedimentos, las cuales no se incluyen en los indicadores actualmente implementados (Rendon et al., 2010); de igual manera en los cuerpos de agua del municipio de Guachochi se recomiendan realizar análisis fisicoquímicos más específicos como la detección de metales pesados para la determinación de la calidad del agua, así como la actualización de datos para análisis microbiológicos, generando con ello nuevos indicadores para la zona de humedales de la sierra Tarahumara.

## Conclusiones

De acuerdo a los cálculos que se obtuvieron al determinar grasas y aceites con las pruebas realizadas en la Presa Turuseachi y Lago las Garzas se llegó a la conclusión de que este recurso hídrico se encuentra con exceso de contaminación, ya que los rangos permisibles son de 50-75% de acuerdo a la NMX-AA-005-2013 de grasas y aceites, y dichas muestras se encuentran rebasando los límites máximos permisibles por arriba de 87.5 y 100%.

En relación con los análisis fisicoquímicos se pudo identificar a la Presa Turuseachi con mayor exceso de alcalinidad con un promedio estadístico de 10.81 en comparación con el Lago las Truchas 10.0, Lago las Garzas 9.3 y Laguna de Ocho-cachi 9.10, por lo antes mencionado es importante dar a conocer que los cuatro humedales muestreados pertenecen a un pH alcalino, traspasando el límite máximo permisible de 7.0.

El grado de turbidez del humedal Lago las Truchas se mostró un porcentaje incontable, referenciado con los estándares de calidad expuestos por la NMX-038-SCFI-2001, cual establece un nivel máximo menor a 100 NTU.

### Símbolos

$\mu\text{S}$ = micro siemens

$^{\circ}\text{C}$ = Grados Celsius

NTU=Unidad nefelométrica de turbidez

Mg=miligramos

mL=Mililitros

%=porcentaje

g/l=Gramos sobre litros

L=Litros

## Referencias

Benavides A, Moreno M, Sosa M, Puga S, Alcalá J y Quintana C.2008. Evaluación de la Calidad del Agua en las Principales Lagunas del Estado de Chihuahua. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 4 (2):84 -88.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2020.Gaseta de la comisión permanente. [https://www.senado.gob.mx/64/gaceta\\_comision\\_permanente/](https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_comision_permanente/)

documento/107341 (Consulta, agosto de 2021).

Contreras VCC. 2020. Potenciar el pensamiento crítico en estudiantes de grado noveno a partir de la problemática de la contaminación por residuos poliméricos en el Canal Arzobispo (Tesis de maestría) Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A Bogotá D.C.

Gómez DOG. 2018. Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. Revista de facultad médica (1)7: 7-8. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

Miranda JPR, Mosquera JAS y Cespedes SJM. 2016. Indices of quality surface water bodies in the planning of water resources. Revista Logos, Ciencia y Tecnología 8:159-167.

NMX-AA-3-1980. Norma mexicana "aguas residuales. - muestreo". Ciudad de México. Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de noviembre de 1992.

NMX-AA-036-SCFI-2000. Análisis de agua - determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. México D.F. 13 de diciembre de 2001.

NMX-AA-004-SCFI-2013. Análisis de agua - medición de sólidos sedimentables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía publicada en el Diario Oficial de la Federación ciudad de México el: 13 de noviembre de 2013.

NMX-AA-005-SCFI-2013. Análisis de agua - medición de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía publicada en el Diario Oficial de la Federación ciudad de México el: 11 de abril de 2014.

NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de agua - medición de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. La dirección general de normas de la secretaria de economía fue publicada en el Diario Oficial de la Federación ciudad de México el: 25 de enero 2015.

Rendón QLA, Edison AA, Hernández QYA, Gallo CSA y Arias OAF.2010. Definition of indicators for marine and coastal water, sediments and soil quality in colombian ports. Revista de Gestión y Ambiente, 13 (3):51-64.

Rodríguez MJP, Serna MJA y Sánchez CJM. 2016. Índices

de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos Revista Logos, Ciencia y Tecnología 8: 159-167.

Samboni RNE, Carbajal EY y Escobar JC. 2007. A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. Revista de ingeniería de investigación 27: 172-181.

Tobon MFA, López GLA y Paniagua SER. 2010. Water pollution caused by pesticides in an area of Antioquia. Revista de salud pública 12 (2): 300-307.

Vargas MF. 2005. La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. Revista española de salud pública 79: 117-127.



# Aplicación de realidad aumentada como herramienta de capacitación dentro del laboratorio de prototipos

Iris Elizabeth Tarín Martínez<sup>1</sup>, Gregorio Ronquillo Máynez<sup>2</sup>, Leonardo Nevárez Chávez<sup>3</sup>, Marisela Ivette Caldera Franco<sup>4</sup> y Hernán De La Garza Gutiérrez<sup>5</sup>



## Correo correspondal

m11550251@chihuahua2.tecnm.mx  
gregorio.rm@chihuahua2.tecnm.mx  
leonardo.nc@chihuahua2.tecnm.mx  
marisela.cf@chihuahua2.tecnm.mx  
hernan.gg@chihuahua2.tecnm.mx

<sup>1,2,3,4,5</sup> Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II.

Av. de las Industrias #11101, Complejo Industrial.

Chihuahua, Chih. México, C.P. 31130

## Resumen

La Realidad Aumentada ofrece soluciones por medio de elementos virtuales sobrepuestos sobre la imagen del mundo real capturado por una cámara. Se han propuesto aplicaciones para guiar el uso y mantenimiento de máquinas o procesos industriales. En este artículo se describe una aplicación de Realidad Aumentada para apoyar la capacitación inicial a estudiantes de Educación Superior en el uso de una cortadora láser de una manera visual e interactiva, dentro del Laboratorio de Prototipos de la Escuela de Ingeniería del ITESM Campus Chihuahua. Con esta aplicación los estudiantes pueden repetir los pasos a seguir de la operación básica de la cortadora láser las veces que necesiten, teniendo un apoyo visual que va indicando detalladamente la operación correcta de la máquina por medio de elementos virtuales, con lo cual se espera generar mayor atractivo e interés en los estudiantes para el uso correcto del equipo en el laboratorio.

## Abstract

Augmented Reality Technology offers solutions through virtual elements superimposed on the real-world image captured by a camera. Applications have been proposed to guide the use and maintenance of machines or industrial processes. This article describes an application of Augmented Reality to support initial training to students of Higher Education in the use of a laser cutter in a visual and interactive way, within the Laboratory of Prototypes of the School of Engineering of the ITESM Campus Chihuahua. With this application students can repeat the steps to follow of the basic operation of the laser cutter as often as they need, having a visual support that goes indicating in detail the correct operation of the machine by means of virtual elements, which is expected to generate greater attractiveness and interest in students for the correct use of equipment in the laboratory.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, tecnologías aplicadas a la educación, entrenamiento, máquina industrial, software educativo.

**Keywords:** Augmented reality, technologies applied to education, training, industrial machine, educational software.

---

## Introducción

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que ha despertado mucho interés en los últimos años, actualmente está al alcance de cualquier persona ya que hoy en día se puede utilizar en teléfonos inteligentes ("smartphones") de uso cotidiano.

La RA consiste en la integración de contenidos gráficos 3D sobre una vista del mundo real. Para ello, se utilizan dispositivos como teléfonos móviles o gafas, que añaden la información virtual al mundo real que ve el usuario (Innovae, 2020).

Esta tecnología combina objetos reales y virtuales, es

interactiva en tiempo real, es decir, incluye elementos virtuales superpuestos a la imagen del entorno en tiempo real, tomada por la cámara. Dicho lo anterior, debe de existir una alineación geoméricamente entre los objetos reales y virtuales para darles coherencia espacial (Heras, 2004).

Según su interacción con el mundo real existen diferentes tipos de indicadores:

Realidad Aumentada basada en el reconocimiento de patrones o marcas, Realidad aumentada basada en el reconocimiento de imágenes, o Realidad aumentada basada en la geolocalización.

En la Realidad Aumentada basada en el reconocimiento

de patrones o marcas se utilizan marcadores que pueden ser símbolos o imágenes que se superponen cuando un software los reconoce y ubicando su posición en el espacio tridimensional basado en un seguimiento ("tracking") al mover la cámara (Rigueros, 2017).

La Realidad Aumentada basada en el reconocimiento de imágenes no se requieren crear marcadores o patrones artificiales, sino imágenes del entorno como elementos activadores para colocar contenido virtual sobre ellas (Rigueros, 2017).

Finalmente, en la Realidad Aumentada en geolocalización se identifica un espacio por sus coordenadas de ubicación y se muestran los elementos aumentados correspondientes (Rigueros, 2017).

El primer sistema de RA fue creado por Iván Sutherland en 1968, usó un dispositivo de despliegue de imágenes de tipo casco, para visualizar gráficos tridimensionales. Empleaba dos sistemas de seguimiento ("tracking") para calcular el registro de la cámara; uno mecánico y otro basado en ultrasonidos (Sutherland, 1968).

A lo largo de los años se han desarrollado aplicaciones de RA que ofrecen soluciones y que tienen como objetivo mostrar o instruir información en diversos campos como las ciencias de la salud, la manufactura, el mantenimiento industrial, la instrucción militar, el entretenimiento, la ubicación geográfica y la publicidad, entre otros. Esta tecnología también se puede aprovechar en la educación mediante interacciones con marcadores los cuales pueden ser identificados desde equipos como: computadoras de escritorio, headset y en dispositivos móviles.

Específicamente en el área industrial se han desarrollado aplicaciones para plantear soluciones y reducir costos

en procesos como el mantenimiento, reparación y operación de maquinaria. Estas aplicaciones y soluciones podrían ser utilizadas en el ámbito educativo para su inclusión en el aprendizaje sobre el uso de las máquinas y/o herramientas que conforman los laboratorios, donde los alumnos complementan su aprendizaje. (Ruíz, Huerta, Mota, Dodero, y Barbosa, 2016).

Un aspecto muy importante de la RA en la educación es que aporta interactividad en la enseñanza-aprendizaje de los alumnos, esto ayuda a la rápida asimilación de procedimientos de aprendizaje, el incremento de la motivación por aprender y la búsqueda de respuestas pedagógicas y creativas (Cabero, Leiva, Moreno, Barroso, y López, 2016).

La mayoría de los alumnos del Tecnológico de Monterrey Campus Chihuahua tienen que llevar una parte práctica dentro de los laboratorios para complementar la parte teórica de la materia del semestre. En estas prácticas o en la realización de proyectos los estudiantes tienen que aprender a usar las máquinas y equipos que están dentro de los laboratorios, en este caso, la cortadora laser que es el equipo más utilizado, es por eso que es primordial el uso adecuado de las mismas para evitar dañar el funcionamiento de la máquina y lo más importante cuidar la seguridad de los estudiantes.

El aprendizaje habitual de la operación de esta máquina se basa en un curso al inicio de cada semestre, sin embargo, los alumnos no muestran interés en dichos cursos y el problema surge cuando tienen que ir al laboratorio a utilizar esta máquina para sus proyectos porque se les olvidó el funcionamiento o simplemente les causa miedo o inseguridad utilizarla ellos solos, por lo que el laboratorista debe estar explicando el funcionamiento tantas veces sea necesario con cada uno de los alumnos. Pero un problema más, es que en ocasiones a los estudiantes les resulta molesto estar esperando a que la persona encargada del laboratorio se desocu-

pe puesto que transcurre el tiempo de su reservación de la máquina.

Por lo anterior, se propone una aplicación de RA que apoye el proceso de capacitación de los alumnos para seguir los pasos de la operación de la máquina cortadora láser de manera visual e interactiva desde sus dispositivos móviles con el objetivo de motivar y estimular el aprendizaje de los estudiantes dentro del Laboratorio de Prototipos del ITESM Campus Chihuahua. El desarrollo de esta aplicación es parte de un proyecto de tesis en la línea de Tecnologías Aplicadas a la Educación de la Maestría en Sistemas Computacionales en el Tecnológico Nacional de México/IT de Chihuahua II.

## Metodología

A continuación, se describen las herramientas utilizadas y el proceso de desarrollo de la aplicación que puede ser de interés para el desarrollo de otros proyectos de Realidad Aumentada.

### Herramientas de desarrollo

Con el fin de promover el uso de la tecnología de Realidad Aumentada para desarrollar aplicaciones, han surgido varias herramientas que se pueden clasificar de acuerdo con los conocimientos y necesidades de programación requeridos por los desarrolladores. Y por otro lado están las librerías que implementan los algoritmos de reconocimiento de imágenes y de visualización de gráficos por computadora (Ruíz, Huerta, Mota, Doderó, y Barbosa, 2016).

En el presente proyecto se utilizó el ambiente de desarrollo Unity, la librería Vuforia y Android como sistema operativo de los dispositivos de usuario.

Unity es un software multiplataforma de desarrollo de

videojuegos que permite hacer animaciones, renderizar gráficos 2D y 3D, incluir sonidos, inteligencia artificial, entre otros. Admite hasta 25 plataformas, entre ellas están: Windows, MAC, Linux, iOS, Android, Play Station, Xbox, etc (Unity, 2020). Para la instalación es recomendable descargar el instalador directamente de la página oficial de Unity.

Vuforia es una librería que permite crear aplicaciones de realidad aumentada, en donde se unen elementos del mundo real con elementos virtuales, estos elementos pueden ser texto, imágenes y animaciones.

Esta librería es la plataforma más utilizada para el desarrollo de RA, con soporte para teléfonos, tabletas y gafas. Los desarrolladores pueden agregar fácilmente la funcionalidad avanzada de visión por computadora a las aplicaciones de Android, iOS y UWP para crear experiencias de realidad aumentada que interactúen de manera realista con los objetos y el entorno (Vuforia Developer Library, 2020).

Como Sistema Operativo Móvil, se utiliza Android por ser una plataforma libre y gratuita. Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android, facilita el desarrollo ya que incluye un emulador rápido y con una variedad de funciones, además provee un conjunto de herramientas que sirven para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de la versión, entre otros (Android Studio, 2020).

Con la ayuda de dichas herramientas de desarrollo se realiza una aplicación de Realidad Aumentada como manual interactivo para la capacitación básica de la cortadora laser del Laboratorio de Prototipos.

### Desarrollo de la aplicación

Para poder llevar a cabo el desarrollo de la aplicación, se utilizaron las herramientas mencionadas anteriormente, de

manera general se da una explicación breve de la realización de esta aplicación.

Una vez que se tiene instalada la librería de Vuforia en el ambiente de desarrollo de Unity, el primer paso es crear los objetivos de imagen ("Image Target") en el sitio web de Vuforia, se deben de definir las imágenes que se utilizan para el rastreo en la aplicación de RA, que son las partes de la máquina. Después, se ingresan a la base de datos indicando el tipo de objetivo: imagen simple, cubo, cilindro, u objeto en 3 dimensiones (Figura 1).

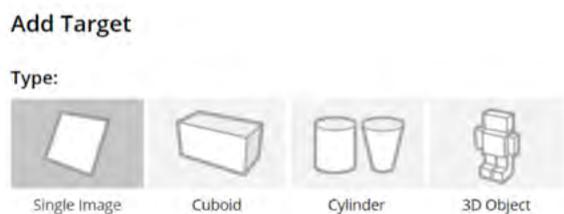


Figura 1. Agregar "Image Target" en Vuforia.

Cuando se trata de objetivos basados en imágenes, hay una variedad de factores que definen su capacidad de seguimiento es por esto que se agrega una calificación de estrellas, entre más estrellas tenga será más fácil la detección, como se muestra en la Figura 2 (Vuforia Developer Library, 2021).

Target Name	Type	Rating	Status	Date Modified
lapa3	Single Image	★★★★★	Active	Jun 28, 2021 13:13
lapa1	Single Image	★★★★★	Active	Jun 28, 2021 12:55
lape	Single Image	★★★★★	Active	Jun 22, 2021 11:29
labezal	Single Image	★★★★★	Active	Jun 22, 2021 11:28
l	Single Image	★★★★★	Active	Jun 15, 2021 12:19
l	Single Image	★★★★★	Active	Jun 15, 2021 12:19
gubon	Single Image	★★★★★	Active	Jun 15, 2021 11:45

Figura 2. Image Target Manager.

También se deben definir los elementos virtuales, que se muestran en pantalla al detectar los objetivos de imagen.

Se crearon objetos 3D para mostrarse en cada paso de la operación de la máquina cortadora. Además, se importaron modelos 3D de la Asset Store para la identificación de los componentes sobre la máquina. Asset Store es el sitio web oficial de Unity, sirve para descargar recursos comerciales y gratuitos.

Posteriormente se crearon imágenes para la interfaz de navegación en la aplicación con botones de inicio, salir, retroceder y avanzar.

Después de identificar y definir los elementos virtuales que serán mostrados en la aplicación de RA se hace el acomodo de los componentes. Todos los elementos virtuales necesitan ser colocados en una posición relativa a los objetos reconocidos por la cámara. Por ejemplo, colocar los objetos 3D con la información requerida e indicadores como flechas sobre el "image target" que identifica al panel de control de la máquina (Figura 3). Finalmente, se integran los elementos de la interfaz de navegación organizando los botones respecto al espacio ("canvas") de la pantalla.

Esta aplicación se caracteriza por la forma en la que se van agregando la secuencia de pasos, conforme se presiona el botón de avanzar, se cambia de escena para mostrar un nuevo paso a seguir o bien con el botón de retroceder que da la oportunidad de regresar al paso anterior.



Figura 3. Elementos virtuales posicionados sobre el Image Target.

Dentro del entorno de desarrollo de Unity se creó una escena para mostrar de primera instancia en la aplicación las reglas de seguridad que todos deben de seguir. En esta escena en particular se agregó una animación llamada "Poin-ting" para incluirla al personaje con movimiento que indica el reglamento de operación de la máquina (Figura 4).



Figura 4. Escena de Reglas de seguridad.

## Resultados

Al iniciar la aplicación se muestra una pantalla de inicio con el nombre, y dos botones de "Iniciar" y "Salir" (Figura 5).



Figura 5. Pantalla de inicio de la aplicación.

Al dar clic en iniciar se muestra una pantalla con las reglas de seguridad junto con el personaje animado, el cual tiene movimiento en cabeza y brazos para apuntar hacia la información aumentada. Es importante que los alumnos recuerden el reglamento que deben de seguir al operar la máquina (Figura 6).



Figura 6. Pantalla de reglas de seguridad.

Los objetos virtuales, como los pasos son objetos 3D, las flechas indicadoras y otros elementos como los círculos tienen animaciones que una vez detectado el objetivo de imagen comienzan a moverse para hacer la indicación del paso a seguir más fácil.

En la Figura 7 se muestra un ejemplo de la aplicación en uso, en donde se indica información de advertencia para el uso del paro de emergencia por medio de un rectángulo 3D de texto y una flecha señalando.



Figura 7. Aplicación en uso. Paro de emergencia.

Dentro de cada paso, además de tener por escrito la instrucción, están los elementos que indican de manera visual cuales son los botones de la máquina que deben de ser presionados, por ejemplo, con círculos en movimiento alrededor de los botones (Figura 8).



Figura 8. Posicionar el cabezal en el lugar de origen.

Cuando se carga una escena con el paso a seguir, si no se está enfocando el objetivo de la imagen, saldrá un mensaje avisando hacia donde enfocar la cámara, en este aviso también se muestra una imagen de la parte de la máquina que se debe enfocar para poder ver la instrucción con sus elementos virtuales o aumentados (Figura 9).



Figura 9. Aviso que indica hacia dónde enfocar la cámara.

## Conclusión

Con la aplicación de RA desarrollada se pretende que los estudiantes muestren más interés en aprender el uso correcto de la máquina cortadora láser, pues proporciona una experiencia novedosa e interactiva en la práctica por lo que aumenta su motivación e impacto en el proceso de aprendizaje.

Además, ahora con esta aplicación los estudiantes pueden repetir los pasos a seguir de la operación básica de la

cortadora láser las veces que así lo deseen, teniendo un apoyo visual que les va diciendo que paso deben de realizar a través de mensajes y elementos 3D.

A partir de la experiencia del desarrollo con esta primera versión se pretende experimentar su uso y obtener retroalimentación de los usuarios para en futuras versiones realizar mejoras en la aplicación y agregar o quitar detalles que se consideren necesarios para enriquecer el aprendizaje, así mismo para impulsar la generación de nuevos proyectos basados en la tecnología de RA.

## Referencias

- Adroid Studio. (2020). Obtenido de Developer Android: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Cabero, J., Leiva, J., Moreno, N., Barroso, J., y López, E. (2016). Realidad aumentada y educación. Innovación en contextos formativos. Barcelona: Octaedro, S.L.
- Heras, L. (2004). La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios. Revista Digital Universitaria, 9.
- Innovae. (2020). Obtenido de Innovae Group S.L.: <https://www.innovae.eu/la-realidad-aumentada/>
- Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 257-261.
- Ruíz, I., Huerta, M., Mota, J., Doderó, J., y Barbosa, I. (2016). Herramienta de autoría con realidad aumentada para la creación de manuales interactivos. Congreso Universitario de innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. New York.
- Unity. (2020). Obtenido de Unity : <https://unity.com/>
- Vuforia Developer Library. (2020). Obtenido de Vuforia Developer Library: <https://library.vuforia.com/getting-started/overview.html>
- Vuforia Developer Library. (2021). Prácticas recomendadas

para diseñar y desarrollar objetivos basados en imágenes. Obtenido de Vuforia Developer Library: <https://library.vuforia.com/features/images/image-targets/best-practices-for-designing-and-developing-image-based-targets.html>



# Evolución del Programa para el Desarrollo Profesional Docente en Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua

Rene Saucedo Silva<sup>1</sup>, Verónica Farías Veloz<sup>2</sup>, Alejandra Herrera Chew<sup>3</sup>, María Concepción Fuentes<sup>4</sup> y Joaquín Godoy Mendoza<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Tecnológico Nacional de México /IT Ciudad Juárez Av.

Tecnológico #1340 Fracc. Fuentes del Valle

Cd. Juárez Chih. México

C.P. 32500



**Correo correspondiente**

vfarias@itcj.edu.mx

<sup>5</sup>Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez

Av. Universidad Tecnológica # 3051, Col. Lote Bravo,

Cd. Juárez Chih. Mexico C.P. 32695

## Resumen

El objetivo de la investigación es visualizar los cambios que ha presentado el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP); que, como política educativa, consiste en elevar la calidad de la educación superior a través del fortalecimiento de los docentes, así como el de los cuerpos académicos de las Instituciones de Educación Superior. Para este estudio se investigaron los periodos del 2015 al 2019 mostrando la cantidad de profesores de tiempo completo, tiempo completo con posgrado y cuerpos académicos incorporados al PRODEP de los institutos tecnológicos del estado de Chihuahua. Los resultados obtenidos muestran un mínimo incremento en el paso de los años, debido a esto se llegó a la conclusión que es necesario investigar las razones por la cuales hay tan poca participación en este programa, ya que los beneficios tanto para los profesores como para la institución son muchas y no se están aprovechando.

## Abstract

The objective of the investigation is to visualize the changes that the Program for Teacher Professional Development (PRODEP) has presented; which, as an educational policy, consists of raising the quality of higher education through the strengthening of teachers, as well as that of the academic bodies of Higher Education Institutions. For this study, the periods from 2015 to 2019 were investigated, showing the number of full-time, full-time professors with postgraduate degrees and academic bodies incorporated into PRODEP of the technological institutes of the state of Chihuahua. The results obtained show a minimal increase over the years, due to this it was concluded that it is necessary to investigate the reasons why there is so little participation in this program, since the benefits for both the teachers and the institution are many and they are not taking advantage.

**Palabras clave:** Docentes, programa de mejoramiento, tiempo completo, calidad educativa, cuerpos académicos.

**Keywords:** Professorship, Improvement Program, Full-Time, educational quality, academic bodies.

---

## Introducción

En este trabajo de investigación se pretende mostrar la tendencia histórica del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), el cual surgió en 1996 cuando la Secretaría de Educación Pública diseñó el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) con los objetivos de mejorar el nivel académico de los docentes, y con esto, fomentar el desarrollo y consolidación de los cuerpos académicos de las instituciones de educación superior; el cumplimiento de estos dos objetivos conduce a cumplir la finalidad de dar soporte para una mejor formación de estudiantes en el sistema de educación superior, así como los cambios que han estado presentes en el programa de mejoramiento del profesorado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua.

Es importante señalar (SEP, 2006) que, en 1996, la Se-

cretaría de Educación Pública (SEP) diseñó el Programa de Mejoramiento del profesorado (PROMEP), cuyos objetivos son:

- Mejorar el nivel de habilitación del personal académico de tiempo completo en activo de las instituciones públicas de educación superior (vertiente individual).
- Fomentar el desarrollo y consolidación de los cuerpos académicos adscritos a las dependencias de educación superior de esas instituciones (vertiente colectiva) y con ello sustentar la mejor formación de los estudiantes en el sistema público de educación superior.

No cabe duda que el programa fue diseñado para que el personal docente visualizara la oportunidad de desarrollarse, mejorando su formación y desempeño en las instituciones, elevando la calidad de la educación que las instituciones proporcionan para mejorar la formación de sus estudiantes, por

lo que se espera encontrar con esta investigación un incremento del número de docentes incorporados al PRODEP en cada periodo escolar, debido a la oportunidad de desarrollo que se presenta a todos los profesores de tiempo completo.

## Materiales y métodos

El PROMEP es un programa del gobierno del presidente Ernesto Zedillo Ponce de León (1995-2000) orientado a mejorar las instituciones de educación superior y que, por tal motivo, cuenta con acciones definidas hacia dicho sector educativo.

Menciona Zogaib que el programa fue constituido y articulado en 1996 por un grupo de trabajo compuesto por representantes de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), de la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas (SEIT) y de la Subsecretaría de Educación Superior e investigación Científica (SESIC). Además, como señalan los documentos oficiales del programa, fue presentado para su discusión en varios foros con participación de académicos y autoridades educativas y universitarias, quienes aportaron y siguen aportando sugerencias que se han ido incorporando al cuerpo del proyecto para mejorarlo; todo ello en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y del Programa de Desarrollo Educativo 1995-2000 (Zogaib 2000, p. 137).

En el Programa Nacional de Desarrollo 1995-2000, PND (1995, p. 51), señala que: La educación media superior y superior requiere de personal académico bien calificado; implica una formación integral que prepare hombres y mujeres responsables, críticos y participativos; exige planes y programas de estudio pertinentes y flexibles, que ofrezcan contenidos relevantes para la vida profesional y técnica. Una educación superior de calidad también significa fortalecer

la capacidad de investigación que permita una mejor comprensión de los problemas nacionales, contribuya al progreso del conocimiento y ofrezca opciones útiles y realistas para el avance de México.

Este programa busca profesionalizar a los Profesores de Tiempo Completo (PTC) para que desarrollen las capacidades de investigación-docencia, desarrollo tecnológico e innovación y con responsabilidad social, se formen y consoliden en cuerpos académicos y con ello generen comunidades académicas, siendo capaces de transformar su entorno en la IES. La cobertura del programa se extiende a todas las Instituciones Públicas de Educación Superior del país, en este artículo solo nos vamos a referir a los institutos tecnológicos del Estado de Chihuahua.

SEP (2006), señala que, en el año 2001, en el marco del proceso de formulación del Programa Nacional de Educación 2001-2006, evaluó la operación del Programa de Mejoramiento del Profesorado y sus impactos en los procesos de mejora del perfil de formación de las plantas académicas de las universidades públicas y su organización en cuerpos académicos.

La evaluación confirmó encontrar puntos que se tenían que fortalecer, así como desarrollar e incluir estrategias para el logro de objetivos e influir en los procesos de desarrollo y consolidación de cuerpos académicos de las instituciones.

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo (2013) menciona que: El PROMEP surge a finales de 1996 siendo su objetivo contribuir a que los Profesores de Tiempo Completo (PTC) de las Instituciones de Educación Superior (IES) públicas alcancen las capacidades para realizar investigación y docencia, se profesionalicen, se articulen y se consoliden en Cuerpos Académicos (CA). Asimismo, también refiere que para ello el PROMEP ofrece apoyos económicos bajo dos modalidades:

a) Individual: becas para estudios de posgrado de alta calidad; apoyo a PTC con Perfil Deseable; apoyo a la reincorporación de ex becarios PROMEP, y apoyo a la incorporación de nuevos PTC.

b) Colectivo: apoyos para el fortalecimiento de los Cuerpos Académicos en Formación (CAF); integración de redes temáticas de colaboración de CA; gastos de publicación; registro de patentes, y becas postdoctorales.

PROMEP tiene como objetivo mejorar las habilidades, actitudes y funciones que desempeñan los docentes en el Sistema de Educación Superior, a través de este programa muchos docentes se motivaron para culminar sus estudios, hasta lograr los grados académicos deseados como maestría y doctorado.

SEP, señala: "cuerpo académico", considerado éste como un grupo de profesores-investigadores de tiempo completo que comparten una o varias líneas de generación o aplicación innovadora del conocimiento (investigación o estudio) en temas disciplinares o multidisciplinarios y un conjunto de objetivos y metas académicas. Adicionalmente, los profesores investigadores que los integran atienden los programas educativos afines a su especialidad en varios niveles, participan en los programas de tutelaje individual o en grupo de estudiantes y realizan actividades de gestión académica. (SEP, 2006).

Las instituciones educativas, al igual que las organizaciones, promueven y fomentan que la labor académica sea colegiada. En cada institución los grupos son formados por docentes que tiene intereses comunes en la investigación, teniendo también sus propias características, se forman dentro del marco de las políticas de la institución, agrupándose por un interés en el desarrollo de sus líneas y aplicación del conocimiento.

Menciona Reyes (2013): y en ese sentido, el PROMEP ha impulsado el desarrollo y consolidación de los Cuerpos Académicos de las instituciones de educación superior del país. Desde su creación y hasta el 30 de septiembre de 2012, había otorgado 8 mil 129 becas. De éstas, 5 mil 600 para estudiar en territorio mexicano, y 2 mil 529 para el extranjero, a profesores de carrera para la realización de estudios de programas de posgrado de alta calidad. Con esto, la eficiencia de obtención de grado del Programa es del 82.8 por ciento.

Debido a ajustes de Programa de Mejoramiento del Profesorado que deben tomar en cuenta el PROMEP en 2014; como parte de un nuevo programa y una nueva estrategia surge la oportunidad para entender que los académicos son la parte esencial de las instituciones y esta a su vez apoyar el desarrollo de su profesionalización surge el Programa para el Desarrollo del Personal Docente (PRODEP).

Por consiguiente, la cobertura del Programa de Desarrollo del Personal Docente (PRODEP) es a nivel nacional para la población educativa; para el nivel superior está limitado y dirigido solo para el Profesorado de Tiempo Completo (PTC) adscritos en Instituciones de Educación Superior, en este artículo se investigaron solo los datos históricos de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua que son:

- Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc.
- Instituto Tecnológico de Cd. Jiménez.
- Instituto Tecnológico de Cd. Juárez.
- Instituto Tecnológico de Chihuahua.
- Instituto Tecnológico de Chihuahua II.
- Instituto Tecnológico de Delicias.
- Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes.
- Instituto Tecnológico de Parral.

En la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, se muestra una recopilación de datos históricos de los Profesores de Tiem-

po Completo y Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua, de los ciclos escolares desde el 2015 hasta el 2019, se puede apreciar que existe una leve variación en Profesores de Tiempo Completo con Posgrado.

INSTITUTO	Docentes			PTC			PTC con posgrado			% PTC's	% PTC's con Posgrado
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total		
I.T. de Cd. Cuahémoc	55	87	142	19	33	52	12	20	32	36.62	61.54
I.T. de Cd. Jiménez	30	37	67	14	18	32	14	9	23	47.76	71.88
I.T. de Cd. Juárez	128	212	340	45	110	155	27	66	93	45.59	60.00
I.T. de Chihuahua	92	187	279	70	141	211	49	87	136	75.63	64.45
I.T. de Chihuahua II	85	123	208	46	58	104	40	35	75	50.00	72.12
I.T. de Delicias	36	67	103	18	29	47	13	12	25	45.63	53.19
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	42	66	108	13	21	34	11	17	28	31.48	82.35
I.T. de Parral	66	131	197	40	91	131	27	47	74	66.50	56.49

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2018.

INSTITUTO	Docentes			PTC			PTC con posgrado			% PTC's	% PTC's con Posgrado
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total		
I.T. de Cd. Cuahémoc	43	77	120	20	33	53	13	20	33	44.17	62.26
I.T. de Cd. Jiménez	28	36	64	12	17	29	12	10	22	45.31	75.86
I.T. de Cd. Juárez	131	215	346	42	114	156	24	68	92	45.09	58.97
I.T. de Chihuahua	100	200	300	76	151	227	55	103	158	75.67	69.60
I.T. de Chihuahua II	96	126	222	46	54	100	40	35	75	45.05	75.00
I.T. de Delicias	37	64	101	18	29	47	13	14	27	46.53	57.45
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	39	61	100	14	19	33	11	13	24	33.00	72.73
I.T. de Parral	55	102	157	40	80	120	24	43	67	76.43	55.83

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2017.

INSTITUTO	Docentes			PTC			PTC con posgrado			% PTC's	% PTC's con Posgrado
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total		
I.T. de Cd. Cuahémoc	53	84	137	19	32	51	13	18	31	37.23	60.78
I.T. de Cd. Jiménez	30	39	69	12	18	30	12	10	22	43.48	73.33
I.T. de Cd. Juárez	136	221	357	43	112	155	25	65	90	43.42	58.06
I.T. de Chihuahua	101	207	308	75	155	230	54	106	160	74.68	69.57
I.T. de Chihuahua II	88	117	205	45	59	104	36	31	67	50.73	64.42
I.T. de Delicias	43	64	107	19	25	44	12	12	24	41.12	54.55
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	33	63	96	11	14	25	8	11	19	26.04	76.00
I.T. de Parral	60	122	182	41	85	126	22	43	65	69.23	51.59

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2016.

INSTITUTO	Docentes			PTC			PTC con posgrado			% PTC's	% PTC's con Posgrado
	M	H	Total	M	H	Total	M	H	Total		
I.T. de Cd. Cuahémoc	53	82	135	19	31	50	13	17	30	37.04	60.00
I.T. de Cd. Jiménez	31	38	69	10	19	29	9	10	19	42.03	65.52
I.T. de Cd. Juárez	136	222	358	41	119	160	23	69	92	44.69	57.50
I.T. de Chihuahua	106	213	319	80	160	240	47	101	148	75.24	61.67
I.T. de Chihuahua II	80	115	195	40	56	96	29	24	53	49.23	55.21
I.T. de Delicias	36	56	92	19	26	45	15	16	31	48.91	68.89
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	31	78	109	13	19	32	9	10	19	29.36	59.38
I.T. de Parral	59	127	186	41	89	130	21	50	71	69.89	54.62

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2015.

Para una mejor visualización de las leves variaciones que se presentan en los ciclos escolares respecto al total de PTC's y el total de PTC's con posgrado se muestran las siguientes 4 Figuras:



Figura 1. Profesores de Tiempo Completo, Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua ciclo escolar 2018-



Figura 2. Profesores de Tiempo Completo, Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua ciclo escolar 2017-2018.

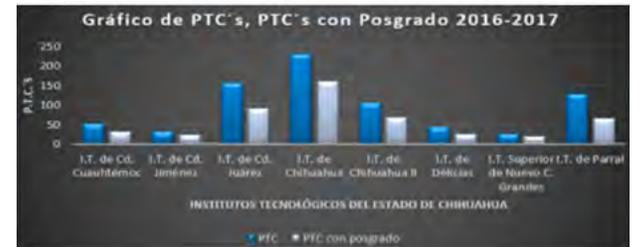


Figura 3. Profesores de Tiempo Completo, Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua ciclo escolar 2016-2017.

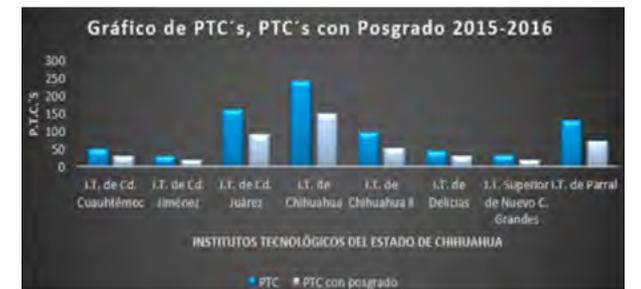


Figura 4. Profesores de Tiempo Completo, Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua ciclo escolar 2015-2016.

En el cálculo del porcentaje de los Profesores de Tiempo Completo con respecto al total de profesores de cada institución del Estado de Chihuahua, se aprecia que I. T. Cd. Cuauhtémoc presenta un ligero incremento de 6.94% con respecto al ciclo escolar de 2016-2017, en cambio del ciclo escolar 2017-2018 al ciclo 2018-2019 presentó un decrecimiento de 7.55% es decir tuvo un retroceso; al analizar el I. T. De Jiménez se nota que el crecimiento es leve variando entre 1.45 % y 2.45 % entre cada ciclo escolar; el I. T. de Cd. Juárez en el ciclo escolar 2016-2017 presentó una disminución respecto al ciclo 2015-2016 1.26%; I. T. de Chihuahua es la institución que muestra un mayor porcentaje de Profesores de Tiempo Completo; I. T. de Delicias disminuyó en 2016-2017 respecto a 2015 7.79%, para el 2017-2018 aumentó 5.41% y disminuyendo para el 2018-2019 un 0.90%; I. T. Superior de Nuevo Casas Grandes presentó una disminución en PTC en 2016-2017 con respecto a 2015-2016 de 3.32%, recuperándose en 2017-2018 con 6.96% y tuvo una disminución para 2018-2019 de 1.52%; y en I. T. de Parral en 2015-2016 tiene un porcentaje de PTC de 69.89%, disminuyendo en 2016-2017 un 0.66%, para 2017-2018 aumentó 7.2% y para 2018-2019 vuelve a disminuir un 9.93%. (Ver

Tabla 5 y Gráfico 5).

INSTITUTO	2018-2019		2017-2018		2016-2017		2015-2016	
	% PTC	% PTC con posgrado						
I.T. de Cd. Cuauhtémoc	36.62	61.54	44.17	62.26	37.23	60.78	37.04	60.00
I.T. de Cd. Jiménez	47.76	71.88	45.31	75.86	43.48	73.33	42.03	65.52
I.T. de Cd. Juárez	45.59	60.00	45.09	58.97	43.42	58.06	44.69	57.50
I.T. de Chihuahua	75.63	64.45	75.67	69.60	74.68	69.57	75.24	61.67
I.T. de Chihuahua II	50.00	72.12	45.05	75.00	50.73	64.42	49.23	55.21
I.T. de Delicias	45.63	53.19	46.53	57.45	41.12	54.55	48.91	68.89
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	31.48	82.35	33.00	72.73	26.04	76.00	29.36	59.38
I.T. de Parral	66.50	56.49	76.43	55.83	69.23	51.59	69.89	54.62

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2015, 2016, 2017 y 2018.

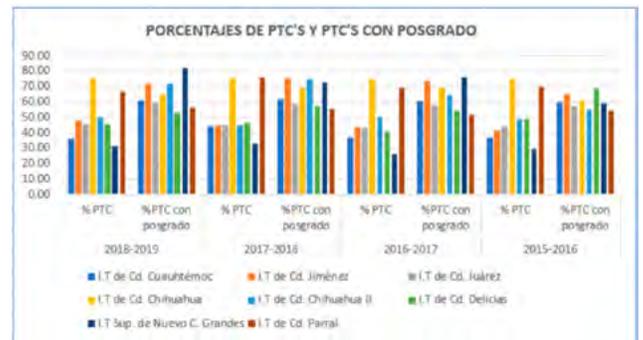


Figura 5. Porcentajes de Profesores de Tiempo Completo, Profesores de Tiempo Completo con Posgrado de los Institutos Tecnológicos del Estado de Chihuahua, de los ciclos escolares 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019.

En las Tablas 6, 7, 8 y 9 se muestra una recopilación de datos históricos de los Cuerpos Académicos: en formación, en consolidación, consolidados y Profesores con Perfil Deseable de los institutos tecnológicos del Estado de Chihuahua, de los ciclos escolares del 2015 al 2019, como se muestra a continuación:

INSTITUTO	Cuerpos Académicos				
	En Formación	En Consolidación	Consolidados	Total	P. Perfil Deseable
I.T. de Cd. Cuauhtémoc	2	0	0	2	6
I.T. de Cd. Jiménez	1	0	0	1	3
I.T. de Cd. Juárez	4	1	0	5	40
I.T. de Chihuahua	8	0	2	10	55
I.T. de Chihuahua II	4	0	0	4	15
I.T. de Delicias	0	0	0	0	5
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	4	0	0	4	21
I.T. de Parral	2	0	0	2	14

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2018.

INSTITUTO	Cuerpos Académicos				
	En Formación	En Consolidación	Consolidados	Total	P. Perfil Deseable
I.T. de Cd. Cuauhtémoc	2	0	0	2	5
I.T. de Cd. Jiménez	1	0	0	1	2
I.T. de Cd. Juárez	3	2	0	5	37
I.T. de Chihuahua	8	1	2	11	45
I.T. de Chihuahua II	4	0	0	4	12
I.T. de Delicias	0	0	0	0	5
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	4	0	0	4	11
I.T. de Parral	3	0	0	3	8

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2017.

Tabla 8.

Tabla 8. Cuerpos Académicos, Profesores con Perfil Deseable Ciclo Escolar 2016-2017					
INSTITUTO	Cuerpos Académicos				P. Perfil Deseable
	En Formación	En Consolidación	Consolidados	Total	
I.T. de Cd. Cuauhtémoc	0	0	0	0	4
I.T. de Cd. Jiménez	1	0	0	1	2
I.T. de Cd. Juárez	3	2	0	5	33
I.T. de Chihuahua	6	1	2	9	41
I.T. de Chihuahua II	4	0	0	4	7
I.T. de Delicias	0	0	0	0	2
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	3	0	0	3	10
I.T. de Parral	3	0	0	3	7

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2016.

Tabla 9. Cuerpos Académicos, Profesores con Perfil Deseable Ciclo Escolar 2015-2016					
INSTITUTO	Cuerpos Académicos				P. Perfil Deseable
	En Formación	En Consolidación	Consolidados	Total	
I.T. de Cd. Cuauhtémoc	0	0	0	0	4
I.T. de Cd. Jiménez	1	0	0	1	2
I.T. de Cd. Juárez	4	1	0	5	29
I.T. de Chihuahua	5	1	2	8	38
I.T. de Chihuahua II	3	0	0	3	6
I.T. de Delicias	0	0	0	0	1
I.T. Superior de Nuevo C. Grandes	0	0	0	0	0
I.T. de Parral	3	0	0	3	6

Fuente: TNM Anuario Estadístico 2015.

En la mayoría de los casos se observa un incremento en los números, tanto de cuerpos académicos como profesores con perfil deseable, aunque es mínimo, cada vez hay más profesores que se integran al PRODEP.

## Resultados

Los resultados de la investigación se muestra en la Figura 6, donde se puede observar que son muy pocos los docentes que obtienen el perfil PRODEP, aunque cada año existe un incremento, sigue siendo mínima la cantidad que participen en este programa, se puede observar que los docentes del Instituto Tecnológico de Nuevo Casas grandes presentan un aumento considerable en los últimos 5 periodos.



Figura 6. Porcentaje de maestros con perfil deseable con respecto al total de docentes en los Institutos Tecnológicos del estado de Chihuahua y porcentaje de maestros con perfil deseable con respecto al total de PTC con posgrado.

Los resultados en relación a los cuerpos académicos, se observa que la mayoría permanecen constantes a través de los años, con un pequeño incremento en el Instituto Tecnológico de Chihuahua, que es donde más PTC con postgrado hay.



Figura 7. Cantidad de Cuerpos Académicos en los Institutos Tecnológicos del estado de Chihuahua.

## Conclusiones

Es necesario que los profesores no solo participen en el desarrollo de los programas educativos, sino que también generen el conocimiento como una forma de actualización docente y mejora en la formación de los estudiantes. La función principal de una buena institución está respaldada por la buena impartición de cursos y el máximo aprovechamiento de los estudiantes. Por estas razones es que PRODEP brinda oportunidades para fortalecer sus plantas académicas de tiempo completo, logrando entre los docentes mejorar su desempeño en la labor académica. Convendría establecer los siguientes cuestionamientos: ¿Por qué la cobertura del programa solo está enfocado a Profesores de Tiempo Completo?, ¿Se ha aprovechado al máximo las ventajas del Programa para el Desarrollo Profesional Docente?, ¿Cuáles fueron las causas por la que hubo institutos que han tenido un marcado incremento en el programa?, Al parecer, en el programa no se ha dado la atención debida, puesto que los datos históricos no presentan una marcada variación positiva, se observa que un ciclo escolar a otro la cantidad se mantiene casi igual. Estos datos nos dan la pauta para investigar que se tiene que realizar para lograr un mayor número de profesores integrados al PRODEP y el porqué de las variaciones negativas.

## Referencias

- Coneval.(2013).Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).Recuperado el 09 de enero de 2020 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25548/Programade\\_Mejoramiento\\_del\\_Profesorado\\_PROMEP.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25548/Programade_Mejoramiento_del_Profesorado_PROMEP.pdf)
- DOF. (1995). Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. Recuperado el 23 de noviembre de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/compila/pnd.htm>
- DOF. (2019). Reglas de Operación del Programa para de Desarrollo Profesional Docente para el ejercicio fiscal 2019. Recuperado el 09 de enero de 2020 de: <https://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/Documentos/DSA%20gobmx/ROP2019.pdf>
- DOF. (2019). Anexo Reglas de Operación del Programa para de Desarrollo Profesional Docente para el ejercicio fiscal 2019. Recuperado el 09 de enero de 2020, de: [http://www.dof.gob.mx/2019/SEP/ANEXO\\_AL\\_ACUERDO\\_07\\_02\\_19.pdf](http://www.dof.gob.mx/2019/SEP/ANEXO_AL_ACUERDO_07_02_19.pdf)
- PRODEP. Dirección de Superación Académica. Recuperado el 19 de octubre 2019 de: <https://www.dgesu.ses.sep.gob.mx/PRODEP.htm>
- Reyes, C. Campus Milenio. (2013). 2014: La reestructuración del Promep. Recuperado el 09 de enero 2020 de: [http://campusmilenio.mx/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1080:2014-la-reestructuracion-del-promep&Itemid=347](http://campusmilenio.mx/index.php?option=com_k2&view=item&id=1080:2014-la-reestructuracion-del-promep&Itemid=347)
- SEP. (2006). Programa de Mejoramiento del Profesorado. Un primer análisis de su operación e impactos en el proceso de fortalecimiento académico de las universidades públicas. México.
- TNM. (2018). Anuario Estadístico 2018. Recuperado el 08 de enero de 2020. De [https://www.tecnm.mx/pdf/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2018.pdf](https://www.tecnm.mx/pdf/ANUARIO_ESTADISTICO_2018.pdf)
- TNM. (2017). Anuario Estadístico 2017. Recuperado el 08 de enero de 2020, de: [https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO\\_2017.pdf](https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO_2017.pdf)
- TNM (2016). Anuario Estadístico 2016. Recuperado el 18 de enero de 2020, de: [https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO\\_2016.pdf](https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO_2016.pdf)
- TNM (2015). Anuario Estadístico 2015. Recuperado el 18 de enero de 2020, de [https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO\\_2015.pdf](https://sne.tecnm.mx/public/files/ANUARIO_2015.pdf)
- Zogaib Achcar, E. (2000). El Programa de Mejoramiento del Profesorado (Promep) y sus críticas. Revista mexicana de ciencias políticas y sociales, 44(177-8), 135-157. Recuperado el 19 de octubre 2019 de: [https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/59612/ssoar-rmcpys-2000-177-8-zogaib\\_achcar-El\\_Programa\\_de\\_Mejoramiento\\_del.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-rmcpys-2000-177-8-zogaib\\_achcar-El\\_Programa\\_de\\_Mejoramiento\\_del.pdf](https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/59612/ssoar-rmcpys-2000-177-8-zogaib_achcar-El_Programa_de_Mejoramiento_del.pdf?sequence=1&isAllowed=y&lnkname=ssoar-rmcpys-2000-177-8-zogaib_achcar-El_Programa_de_Mejoramiento_del.pdf)



# Diseño de un sistema de enfriamiento para análisis térmico de Fourier

Miguel Ángel Morua Ramírez<sup>1</sup>, Irene Palma Sandoval<sup>2</sup>, Cesar Gilberto Cárdenas Franco<sup>3</sup>, Elizabeth Vilchis Padilla<sup>4</sup> y Erick Alonso Valenzuela<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Instituto Tecnológico Nacional / Tecnológico de Iztapalapa

Av. Telecomunicaciones S/N, Col. Chinampac de Juárez,

Alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México

C.P. 09208



**Correo correspondiente**

miguel.mr@iztapalapa.tecnm.mx

## Resumen

Los análisis térmicos suelen ser desarrollados usando muestras de tamaño mínimo que provoca un trabajo de preparación con alta posibilidad de contaminación. Los dispositivos tipo Brigman suelen ser implementados para el análisis durante la solidificación de diversos metales o compuestos de matriz metálica, estos sistemas suelen desarrollados a nivel laboratorio y no en forma industrial, siendo muestras de 150 centímetros cúbicos. Las virtudes de los análisis térmicos de Fourier acoplados con adquirentes de mayor resolución, desarrollados en la última década, permiten un análisis de resultados por las historias térmicas. Buscando acoplar los dispositivos y los análisis térmicos, es necesario tener un control del ciclo térmico capaz de distribuir homogéneamente el enfriamiento o calentamiento. Este trabajo realizó el diseño y simulación de un sistema de distribución térmica mediante flujos de aire enfriando muestras de aluminio de composición eutéctica. El sistema se basa en el diseño de dispositivos tipo Brigman, se realizaron evaluaciones de la flui dinámica considerando un sistema laminar con estratificación térmica de aire, se evaluó la distribución térmica en el sistema solido del que esta construido el dispositivo, se realizo el prototipo colocando

muestras de aluminio para evaluar la curva de enfriamiento durante su solidificación, obteniendo resultados comparables con el escaneo térmico diferencial respecto a la entalpia de fusión con un acercamiento del 95% a los reportados en literatura.

## Abstract

Thermal analyses are usually developed using samples of minimum size that causes a preparation work with high possibility of contamination. Brigman type devices are usually implemented for analysis during the solidification of various metals or metal matrix compounds, these systems are usually developed at the laboratory level and not in industrial form, being samples of 150 cubic centimeters. The virtues of Fourier thermal analyses coupled with higher resolution acquirers, developed in the last decade, allow an analysis of results by thermal histories. Seeking to couple the devices and thermal analysis, it is necessary to have a control of the thermal cycle capable of homogeneously distributing the cooling or heating. This paper carried out the design and simulation of a thermal distribution system using air flows cooling aluminum samples of eutectic composition. The system is based on the design of Brigman type devices, evaluations of the dynamic flow were carried out considering a laminar system with thermal air stratification, the thermal distribution in the solid system from which the device is built was evaluated, the prototype was made by placing aluminum samples to evaluate the cooling curve during its solidification, obtaining results comparable with the differential thermal scanning with respect to fusion enthalpy with an approximation of 95% to those reported in the literature.

**Palabras clave:** Análisis térmico, análisis de Fourier, diseño analizador térmico.

**Keywords:** Thermal analysis, Fourier analysis, thermal analyzer design.

---

## Introducción

La determinación de propiedades de los materiales aporta a la predicción de su comportamiento ante diferentes ambientes de aplicación y con ello determinar el tiempo de vida que tendrán (Stefanescu, 2016).

Definiendo las propiedades como la escala de reacción

que tiene el material ante una fuerza externa, en el caso de la energía térmica que es derivada de vibraciones, dimensiones y distancias interatómicas, se identifica la conductividad, capacidad térmica, expansión térmica, entalpías de transformación de estado y fase, todas estas se han acoplado con sistemas micro-macro modelos para predecir propiedades mecánicas como dureza, elasticidad, fluencia y tenacidad.

En el mercado hay diferentes análisis térmicos con lo que se obtienen las diversas propiedades térmicas como son:

-Termo gravimetría (TG) como la utilizada por (Yu, 2019) que analiza las variaciones de masa ante un cambio de fase.

-Análisis térmico diferencial (DTA) descrito por (Gaiford, 2016), mide los cambios de temperatura en realizando curvas de enfriamiento y/o calentamiento, encontrando zonas sensibles y latentes.

-Análisis térmico de barrido (DSC), como la usada por (Gomes, 2015) compara muestras para encontrar la entalpia de transformación de fase.

-Termo dilatometría (DMT), determina las variaciones de expansión térmica (Hunkel, 2018).

-Análisis termo-mecánico (TMA), es un arreglo que acopla una máquina de tensión-compresión, con hornos de media caña para su control térmico (Yan, 2016).

Todos estos análisis térmicos presentan diferentes muestras, que van desde polvo a muestras de tamaño microscópico en forma de plato o en forma cilíndrica del diámetro de un cabello, en el caso del análisis termo mecánico las muestras son poco representativas a las piezas de tipo industrial, este proceso presenta un reto para estandarización, además de que los análisis son realizados por dispositivos de considerable costo y los técnicos deben ser altamente especializados.

La capacidad de predecir las propiedades deriva de entender cómo evoluciona la microestructura, y la capacidad de medir dicha evolución depende la comprensión de

los fenómenos involucrados. Las predicciones se realizan mediante diversos modelos con distintas características, a continuación, se enuncian las escalas de longitud a las cuales se estudia la solidificación y las observaciones posibles a esa escala (Stefanescu, 2016):

**Atómica:** (nano estructural), es posible caracterizar la estructura cristalina, defectos lineales, puntuales y de superficie. **Microscópica:** es esta escala es posible caracterizar el tipo y tamaño de grano; tipo, morfología y cantidades de fases presentes, espaciamiento interdendrítico, micro rechupes e inclusiones.

**Mesoscópica:** Aquí es observable las estructuras de granos de colada, morfología dendrítica, además de la micro segregación.

**Macroscópica:** en esta escala son apreciables fisuras, calidad superficial, dimensional de la pieza terminada.

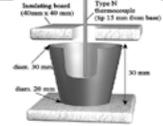
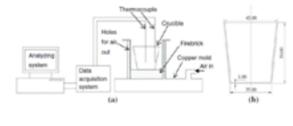
En búsqueda de un arreglo que permita las condiciones necesarias para obtener la información necesaria para la determinación de propiedades térmicas y parámetros cinéticos durante la transformación de fase mediante la implementación del método de Fourier, se enfoca la investigación en dispositivos que promueven la transferencia de calor en una sola dirección y midieran la temperatura en dos posiciones diferentes de una longitud radial. En la literatura existen una amplitud de diseños de diversos tipos como:

- 1- Hedge y Prabhu (2008), Mc Donald, Dahle, Taylor, y StJhon (2004), implementaron un dispositivo direccional radial tipo Bridgman, implementado para obtener curvas de enfriamiento de muestras con un tamaño controlado y se ha usado para aplicar los métodos de Newton y Fourier.

2- Martorano y Biscuola (2009), y Ares, Gueijman, y Scvexov (2010) usaron un dispositivo direccional axial cuyo objetivo principal es la determinación de las longitudes de transición columnar-equiaxial (CET) e información que caracteriza el crecimiento microestructural durante la solidificación, sin embargo, las diferencias en sus estructuras no permiten obtener una muestra característica para aplicar el método de Fourier, (Lora & Diószegi, 2012) aplicaron un arreglo con ciclo térmico, aplicado para obtener diversa información sobre el crecimiento microestructural, destaca por su control de calentamiento y enfriamiento de las muestras; sin embargo, su complejidad es muy alta.

En la Tabla 1, se presentan ejemplos que se acercan a cumplir con las necesidades para el desarrollo experimental de este trabajo.

Tabla 1. Esquema de dispositivos empleados y referencias.

Dispositivo	Características	Referencia
	<p>Se refiere a una copa de acero inoxidable con dos tabletas cerámicas, una de soporte y una de tapa, la tapa tiene agujeros para ingresar un termopar tipo N que ingresa hasta la mitad de la muestra.</p>	<p>(Mc Donald, Dahle, Taylor, &amp; StJhon, 2004)</p>
	<p>El sistema parte de una copa de acero inoxidable que ingresa en un sistema de enfriamiento por aire para controlar con mejor efectividad el enfriamiento.</p>	<p>(Li, Xu, Tao, &amp; Houefa, 2011)</p>

Como base del dispositivo experimental se eligió el direccional radial, aplicando una cámara de enfriamiento capaz de mantener y/o cambiar las condiciones de enfriamiento durante la solidificación de las muestras obtenidas.

Direccional radial (Bridgman) implementado para estructuras orgánicas por Muthuraja (2017), y Ramachandran K. (2020), obteniendo curvas de enfriamiento de muestras con un tamaño controlado y se han utilizados para aplicar los métodos de Newton y Fourier.

El diseño del dispositivo se presenta en la Figura 1, además de controlar la transferencia de calor mediante refractario de alta alúmina, tanto del diseño como del dispositivo terminado.



Figura 1. Esquema de dispositivo desarrollado.

La base del dispositivo experimental se eligió el direccional radial, aplicando una cámara de enfriamiento capaz de mantener y/o cambiar las condiciones de enfriamiento durante la solidificación de las muestras obtenidas. Una versión beta del dispositivo ha sido probado en la elaboración en el modelo matemático denominado NeFu (Mc Donald, Dahle, Taylor, & StJhon, 2004) y (Morua M. R.-A.-R., 2014) obteniendo datos comprobables con calorimetría diferencial de barrido y termo mecánica, siendo probada en metales puros (aluminio, estaño, plomo) y con aleaciones base aluminio con aleantes: silicio, cobre y níquel, a diferentes rapidezces de enfriamiento.

Con respecto al método de Fourier este se basa en el uso de mínimo dos historias térmicas en un mismo plano termopares a una distancia predeterminada entre ellos, con ello se toma en cuenta la presencia de gradientes térmicos durante el enfriamiento y los cambios de fase de la muestra. En este caso se resuelve la ecuación:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T + \frac{1}{Cv} \frac{dQ_s}{dt} \quad (1)$$

Donde  $\alpha$  es el coeficiente de difusividad térmica,  $Cv$  es el coeficiente de calor a volumen constante.

Re-arreglando la ecuación, se puede estimar la curva base.

$$\frac{dQ_s}{dt} = Cv \left( \frac{dT}{dt} - \alpha \nabla^2 T \right) = Cv \left( \frac{dT}{dt} - Z_F \right) \quad (2)$$

La Ecuación 2, muestra que es posible calcular el flujo instantáneo de calor latente si se conoce la derivada de la temperatura en función del tiempo, la curva cero de Fourier, lo cual implica conocer los valores instantáneos de difusividad térmica ( $\alpha$ ) del laplaciano ( $\nabla^2 T$ ) así como el  $C_v$  promedio de la aleación semisólida.

Para evaluar dicha curva se supone la transferencia de calor unidireccional, definiendo el laplaciano como:

Para evaluar dicha curva se supone la transferencia de calor unidireccional, definiendo el laplaciano como:

$$\nabla^2 T = \frac{4(T_2 - T_1)}{R_2^2 - R_1^2} \quad (3)$$

Para obtener el coeficiente de difusividad térmica se determina mediante la ecuación:

$$\alpha = \frac{dT}{\nabla^2 T dt} \quad (4)$$

El área entre la curva cero y la primera derivada de la temperatura respecto al tiempo (que es la integral de la resta de las dos funciones desde el tiempo de inicio,  $t_{INI}$ , hasta el tiempo de fin de transformación de fase,  $t_{FIN}$ ) por el  $C_v$  promedio de la aleación bajo estudio proporciona el valor del calor latente de solidificación:

$$\Delta H_s = \int_{t_{ini}}^{t_{fin}} Cv \left[ \left( \frac{dT}{dt} \right)_{ss} - Z_F \right] dt \quad (5)$$

En la Figura 2, se puede observar un ejemplo de las curvas: enfriamiento con transformación de fase "A", la primera derivada de la temperatura con respecto al tiempo en "B", la curva cero de Newton "C" y la curva cero de Fourier "D".

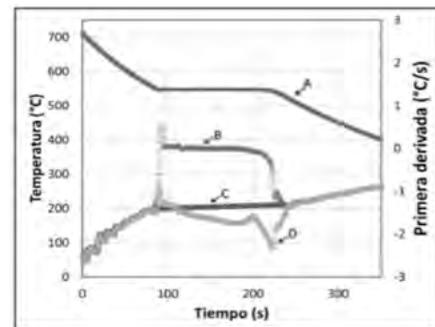


Figura 2. Gráfico de la curva de enfriamiento A, primera derivada de la temperatura en función del tiempo B, curva cero de Newton C y curva cero de Fourier D.

## Transferencia de calor

Se parte del enfriamiento y solidificación de un cilindro aislado térmicamente en la base y tapa. Se asumen: transferencia de calor unidireccional en dirección radial, conducción y generación de calor latente por solidificación, además las propiedades termo físicas se suponen constantes estos expuestos por Morua M. R.-A.-R. (2013). La ecuación a resolver es:

$$Cv \frac{\partial T(r,t)}{\partial t} = k \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T(r,t)}{\partial r} \right) + \Delta H_s \frac{\partial f_s(r,t)}{\partial t} \quad (6)$$

Donde  $T(r,t)$  es la temperatura en el tiempo  $t$  y posición  $r$ .

El dispositivo va acorde a las necesidades de la aplicación del método de Fourier, sin embargo, los sistemas Brigman suelen presentar flujos de extracción de calor en dirección axial, impidiendo la aplicación.

## Descripción metodológica

El diseño se basó en las dimensiones típicas del sistema de Brigman, modificando el sistema de enfriamiento creando un sistema de flujo circular alrededor de la muestra con salidas del medio de enfriamiento con 50% de exceso de área respecto al área de entrada, esto para forzar al medio de enfriamiento a no acumularse. Esto se sometió a un diseño en CAD libre y se sometió a prueba en un simulador CFD.

Para realizar el método de Fourier se necesita de los datos de posición de los termopares, para realizar una medición con mayor precisión, se fijaron los termopares en posiciones específicas de 1mm y 4mm medición realizada desde el centro de la muestra, estas mediciones variaron en hasta 1mm, manteniéndose siempre separados los termopares.

Se sometió a muestras de aluminio-níquel de proporciones eutécticas tomando las historias térmicas y la primera derivada, se comparan con respecto al resultado de la historia térmica del modelo CFD para verificar que el sistema se enfría y cambia de fase en forma similar.

## Resultados y Análisis

Antes de aplicar el dispositivo se realizó simulación de enfriamiento de los materiales involucrados en la cámara de enfriamiento, En la Figura 3, en A se observa una esquema del enfriamiento de la carcasa de la cámara de enfriamiento, B) corresponde al enfriamiento de la parte interna de la cama de dispositivo este último muestra una representación de la iso-superficie de temperaturas mostrando que la temperatura aumenta en la base y tapa cerámica aportando a disminuir la temperatura en la muestra.

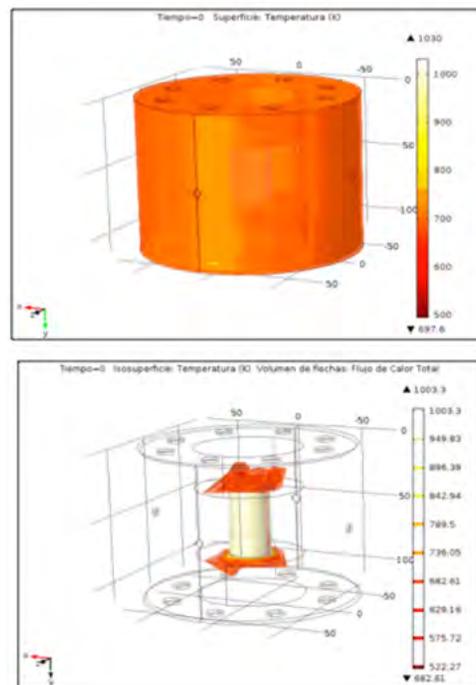


Figura 3. A) Esquema de enfriamiento de la carcasa de la cámara de enfriamiento, B) esquema de enfriamiento de los materiales dentro de la cámara de enfriamiento.

La Figura 4, muestra una representación de las líneas de flujo de aire dentro de la cámara de enfriamiento, en A) vista

superior y B) vista isométrica, cabe mencionar que alrededor de la pieza se forma un remolino, esto se buscó ya que al inyectar el aire directamente al molde se presentaban irregularidades en la información térmica obtenida, esta validación preliminar se realizó en CFD libre.

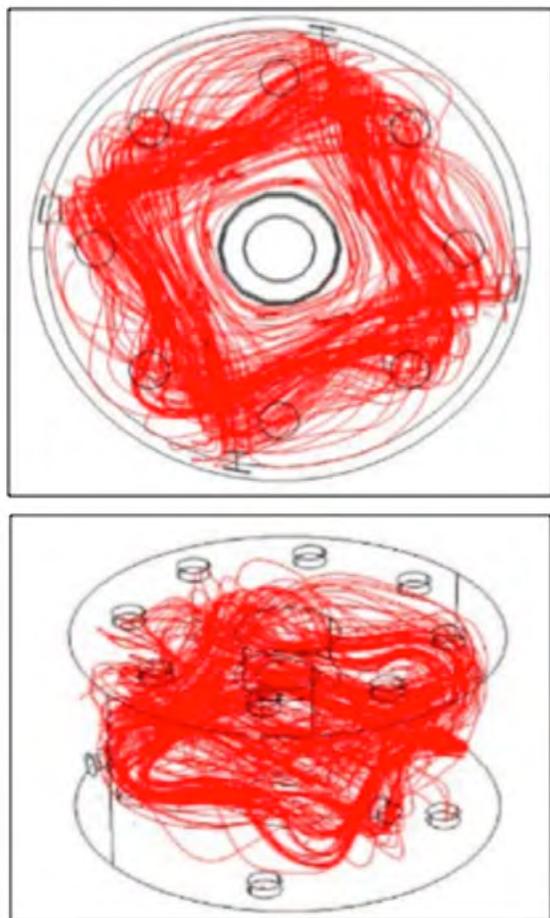


Figura 4. A) Esquema de la vista superior de las líneas de flujo, B) esquema de la vista isométrica de las líneas de flujo.

Para validar el funcionamiento se buscó la optimización del dispositivo, variando el arreglo, la forma de aplicación del medio de enfriamiento, disminuyendo las deficiencias en la extracción de calor, por lo que se modificaron las espesas que permiten la entrada del medio enfriador en el disposi-

tivo y se agregó la tapa. Para verificar su funcionamiento se realizaron pruebas de extracción de calor, obteniendo las curvas de enfriamiento de termopares ubicados en el eje de simetría de la muestra, estas curvas se muestran en la Figura 5, aquí se puede observar que el comportamiento es muy similar a la curva simulada de cada condición.

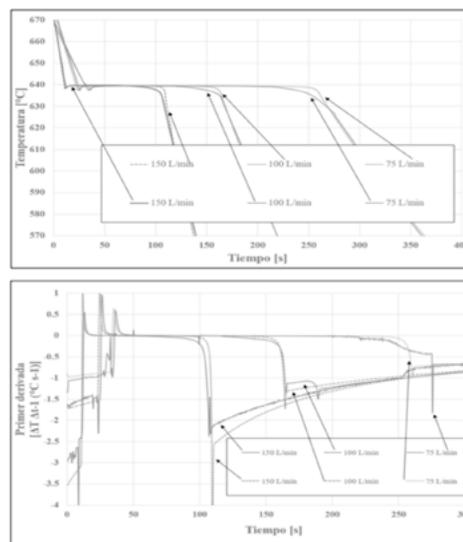


Figura 5. A) Curvas de enfriamiento obtenidas experimentalmente a 75, 100 y 150 litros por minuto en líneas continuas y curvas obtenidas con el resultado del sistema enfriamiento con las condiciones y parámetros experimentales en líneas achuradas. B) Derivadas de las curvas de enfriamiento respecto al tiempo con los mismos flujos de aire en líneas continuas y las derivadas de las curvas obtenidas con modelo CFD en líneas achuradas.

La entalpia que se alimentó al sistema corresponde a 391357 J Kg<sup>-1</sup>, mientras que la evaluación de los resultados térmicos dados por el dispositivo fue de 387573 ± 5%, mostrando un gran acercamiento al dato teórico.

## Conclusiones

La finalidad del uso de un analizador térmico cumple con medir y poner a prueba los materiales utilizados para estudiarlos a medida que van cambiando con la temperatura, con esto se determina la temperatura precisa en la que un material puede sufrir una deformación, o un cambio en su estructura, tomando solo una prueba de este y así poder realizar investigaciones o como prueba de calidad para dar a conocer las especificaciones de un material.

El dispositivo desarrollado en este trabajo aporta al control térmico que permite encontrar una historia térmica, datos cinéticos y muestras confiables para su estudio, mostrando un comportamiento del coeficiente combinado de transporte reproducible a cada flujo de aire.

La información mostrada proveniente del arreglo y procedimiento experimental muestra buena sensibilidad térmica que da como resultado un estudio confiable de la cinética de crecimiento de grano de aleaciones como las estudiadas.

El dispositivo es óptimo respecto al medio de enfriamiento, materiales que lo componen y dimensiones, su estudio permitirá optimizar el método experimental para una mayor sensibilidad de análisis térmicos.

## Referencias

- Ares, A., Gueijman, S., y Scvexov, C. (2010). An experimental investigation of the columnar to equiaxed grain transition in aluminum-copper hypoeutectic and eutectic alloys. *Journal of crystal growth*, 2154-2170.
- Gaiford, S. K. (2016). *Principles of thermal analysis and calorimetry*. United Kingdom: The Royal Society of chemistry.
- Gomes, S. A.-O. (2015). Scanning thermal microscopy: A review. *Applications and materials science*, 477-494.
- Hedge, S., y Prabhu, K. (2008). Modification of wutectic silicon in Al-Si alloys. *Journal mater science*, 3009-3027.
- Hunkel, M. S. (2018). *Handbook of thermal analysis and calorimetry*. Amsterdam: Elsevier.
- Liu, B., Xu, Q., Tao, J., y Houefa, S. (2011). Advaces in multiscale modeling of solidification and casting processes. *Journlas of metals*, 19-63.
- Lora, R., y Diószegi, A. (2012). Dynamic coarsening of 3.3C-1.9Si cast iron. *Met an mater transaction A*, 5165-5172.
- Martorano, M., y Biscuola, V. (2009). Predicting the columnar-to-equiaxed transition for a distribution of nucleation undercoolings. *Acta materialia*, 607-615.
- Mc Donald, S., Dahle, A., Taylor, J., y StJhon, D. (2004). Eutectic grains in unimodified and strontium modified hypoeutectic aluminum silicon alloys. *Metallurgical and materials transactions A*, 1829-1837.
- Morua, M. R.-A.-R. (2013). Experimental determination of grain growth kinetics during eutectic solidification. *Material Science and Indian Journal*, 30-35.
- Morua, M. R.-A.-R. (2014). Determinacion de la cinetica de crecimiento de grano durante la solidificación de una aleación eutéctica Al-Cu. *Revista Mexicana de Física*, 176-183.
- Muthuraja, A. K. (2017). Study on growth, structural, optical, thermal and mechanical properties of organic single crystal ethyl p-amino benzoate (EPAB) grown using vertical Bridgman technique. *Journal of crystal growth*, 31-37.
- Ramachandran, K, A. R. (2020). Structural, optical, thermal and nonlinear optical properties of Triphenylamine (TPA) single crystal grown by Bridgman – Stockbarger method. *Chemical physics letters*, 128-137.
- Stefanescu, D. (2016). *Science and Engineering of Casting Solidification*. Ohio, EUA: Springer.
- Yan, T. K. (2016). Thermomechanical analysis of coal ash fusion behavior. *chemical engineering science*, 74-82.
- Yu, J. W. (2019). Characterization of microplastic in environment by thermal gravimetric analysis coupled with fourier transform infrared spectroscopy. *Marine Pollution Bulletin*, 153-160.



# Modelo de simulación en SIMIO para mejorar el proceso productivo de una empresa fabricante de cebos

Liliana Fuentes Rosas<sup>1</sup>, Ernesto González Martínez<sup>2</sup>, Lucila Guadalupe Tobón Galicia<sup>3</sup> y María del Socorro Flores Serrano<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México /

Instituto Tecnológico de Tierra Blanca

División de estudios de Ingeniería Industrial

Prolongación de Av. Veracruz s/n

Calle Héroes de Puebla, Col. Pemex

Tierra Blanca, Veracruz, México, C.P. 95180.



**Correo correspondiente**

[liliana.fuentes@itstb.edu.mx](mailto:liliana.fuentes@itstb.edu.mx)

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de

Cosamaloapan División de estudios de Ingeniería Industrial

Av. Veracruz s/n, Col. Los Ángeles

Cosamaloapan, Veracruz, México, C.P. 95400

## Resumen

Se realizó un estudio de simulación al proceso productivo de la Planta de Producción y Formulación de Cebos RODICS, S.A. de R.L. de C.V. ubicada en la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, México; el objetivo fue contar con un modelo de simulación (MS). El estudio de simulación se realizó siguiendo el rigor científico de la metodología propuesta por Law y Kelton y haciendo uso del simulador (SIMIO). Con un 95% de confianza se obtuvo un MS representativo del sistema real en el que se probaron dos escenarios factibles de mejora por separado; uno consistió en el reemplazo de la máquina que causa el cuello de botella más significativo en el proceso. El otro escenario fue un estudio de redistribución de planta utilizando para ello la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (Systematic Layout Planning - SLP). Los resultados arrojaron que ambos escenarios mejoran el proceso en 95 y

100% respectivamente. Se concluyó que la simulación resulta útil cuando se trata de probar escenarios sin afectar al sistema real; una vez construido y validado el modelo de simulación pueden experimentarse infinidad de escenarios y a través del análisis de las medidas de desempeño seleccionar los mejores, de tal forma que la simulación ayuda a sustentar la toma de decisiones también se concluyó la importante aportación del simulador SIMIO que además de ofrecer un amplio resumen de los resultados del modelo de simulación posee una animación en tercera dimensión que lo hace muy atractivo.

## Abstract

A simulation study was carried out on the production process of the Production and Formulation Plant of Cebos RODICS, S.A. de R.L. de C.V. located in the Cuenca del Papaloapan. Veracruz, Mexico; the objective was to have a simulation model (MS). The simulation study was carried out following the scientific rigor of the methodology proposed by Law and Kelton and using the simulator (SIMIO). With 95% confidence, a representative MS of the real system was obtained in which two feasible improvement scenarios were tested separately; one consisted of replacing the machine causing the most significant bottleneck in the process. The other scenario was a plant redistribution study using Systematic Layout Planning (SLP). The results showed that both scenarios improve the process by 95 and 100% respectively. It was concluded that simulation is useful when trying to test scenarios without affecting the real system; once the simulation model has been built and validated, an infinity of scenarios can be experienced and through the analysis of the performance measures, selecting the best ones, in such a way that simulation helps support decision-making also concluded the important contribution of the SIMIO simulator that, in addition to offering a broad summary of the results of the simulation model has a 3D animation that makes it very attractive.

**Palabras clave:** Simulación, proceso, SIMIO, mejora.

**Keywords:** Simulation, process, SIMIO, improvement.

---

## Introducción

Las exigencias actuales que impone el mundo globalizado a las organizaciones demanda procesos eficientes alineados con objetivos de alta calidad y productividad. La globalización de los mercados provoca que las empresas to-

men decisiones constantes en busca de mejorar su competitividad (Urbano et al, 2021), sin embargo, antes de tomar decisiones que deriven en implementación de estrategias es recomendable hacer pruebas de su pertinencia para no incurrir en costos innecesarios por una decisión mal tomada (Fernández et al, 2019).

La simulación es una de las técnicas de investigación de operaciones más ampliamente utilizadas (Law y Kelton, 2000), es una herramienta probada para el análisis de procesos productivos, su poder radica en la capacidad de predicción cuando se experimenta con las variables involucradas, situación sumamente valiosa cuando se desea encontrar escenarios de mejora operacional (Cantú et al, 2016). Se entiende por simulación el estudio del sistema o sus partes, por medio de un modelo que se deriva de las variables dominantes (representativas) del sistema o parte del sistema que se pretende estudiar; la mejora se logra por la manipulación de dicho modelo (Himmelblau y Bischoff, 1992). Por las razones antes expuestas, la simulación es una metodología que se ha popularizado en los últimos años y se emplea en la mejora de diversos procesos logísticos, productivos y de servicios (Guerrero y Henriques, 2014).

Los modelos de simulación son muy útiles dado que permiten realizar cambios en los valores de los parámetros, definir y evaluar medidas de desempeño de los sistemas, y realizar análisis de sensibilidad ante dichos cambios (Treviño y Serrano, 2006).

## Planteamiento del problema

La Cuenca del Papaloapan es una región donde se siembran grandes extensiones de caña de azúcar para proveer a los ingenios azucareros (Thiébaud y Montero, 2014). Las temporadas de lluvia en la zona favorecen la reproducción de un alto índice de plagas en la que la rata es una de las más dañinas (Vásquez et al, 2013). Cifras oficiales del Ingenio San Cristóbal, uno de los ingenios más importantes de la zona, indican que en la zafra 2019-2020 se estimó una pérdida de 379 mil 316 toneladas, representando una pérdida promedio de 10.3 toneladas de caña de azúcar por hectárea con

un 17.1% de los tallos roídos. Las agrupaciones cañeras, años atrás producían un cebo denominado torpedo, a base de una combinación de arroz y veneno, su proceso de producción era rudimentario. El proceso contaba entre sus desventajas la alta rotación de mano de obra, principalmente ocasionada por el pago recibido y las condiciones de trabajo, aunado a lo más grave que era no abastecer la demanda.

Con el objetivo de controlar los problemas arriba mencionados, en agosto de 2012, se abrió la planta procesadora de cebos RODICS cuya principal encomienda es la producción de un cebo a base del rodenticida coumatetralil. La planta trabaja bajo un enfoque de sistema de producción continua (Montilva, Chacón y Colina, 2001) tres turnos al día. Cada turno, en promedio, produce 18,000 sobres de cebos. El proceso de la empresa está presentando problemas que provocan la suspensión en la producción. Las pérdidas en producción por paros son considerables, (si la empresa se mantiene en paro por un día se dejan de producir 54000 sobres lo que ocasiona pérdidas hasta \$54,000 pesos diarios).

## Material y método

Este trabajo es de corte cuantitativo, dado que se recogieron, procesaron y analizaron (mediante la utilización de matemática y estadística) datos numéricos sobre variables previamente determinadas (Sarduy, 2007; Hernández et al, 2014 ); es descriptivo dado que describió (a través de las variables) las características del proceso productivo de la empresa (Hernández et al, 2014).

Se definió como población a la empresa RODICS y como muestra a su proceso de producción que incluye las áreas físicas, procesos, operarios, maquinaria y materiales.

## Metodología

Para la realización de la simulación se siguió la metodología propuesta por Law y Kelton (2000), que comprende diez pasos.

### Formulación del problema

En el proceso productivo de la empresa, por turno, intervienen dos operarios, uno de ellos encargado de la realización de la mezcla del cebo y el otro del empaquetado de los bultos. La distribución en planta que actualmente tiene la empresa ocasiona transporte que consume tiempo considerable debido a la distancia, además, una de las máquinas presenta constantes problemas que ocasionan suspensión del proceso productivo. Estas situaciones están desafiando la productividad de la empresa. La Figura 1 muestra, de manera general, el flujo del proceso de producción.



Figura 1. Flujo del proceso productivo de RODICS.

Fuente: Elaboración propia

### Recolección de datos y formulación del modelo

Con el objetivo de conocer el proceso de producción que sigue la empresa se acudió a la misma y mediante observación y posterior elaboración del diagrama de flujo de proceso se tuvo conocimiento de las actividades que deben realizarse para la obtención del producto terminado. Se identificaron 16 variables que corresponden a actividades de transporte (materia prima, producto en proceso, producto terminado), operaciones e inspecciones. Las variables bajo estudio se enlistan en la Tabla 1 y del tiempo que consume

cada una de ellas se recolectaron datos durante 30 días. Se generaron las bases correspondientes en Excel® y posteriormente se procedió al análisis estadístico.

Variables de entrada			
1. Transporte de materia prima al cuarto de formulación	2. Preparación de máquina revolvedora	3. Operación de máquina revolvedora	4. Llenado y pesado del costal de formulado
5. Transporte del cuarto de formulación al cuarto de secado	6. Permanencia en el cuarto de secado	7. Transporte de cuarto de secado a área de envase	8. Espera en el área de envase
9. Transporte a máquina Guther	10. Obtención de encapsulado	11. Transporte al área de inspección y conteo	12. Inspección y conteo
13. Transporte al área de costura	14. Costura de saco	15. Transporte al área de estibas	16. Transporte al almacén de producto terminado

Fuente: Elaboración propia

Dicho análisis consiste en identificar si las bases de los datos de las variables se ajustan a alguna distribución teórica conocida. El tratamiento estadístico supe la realización de pruebas de bondad de ajuste como la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Lilliefors. El uso de Statistica 13.0 permitió realizar el análisis estadístico.



Figura 2. Tratamiento estadístico a la variable tiempo promedio de transporte de materia prima al cuarto de formulación

Fuente: Elaboración propia a partir de Stat::Fit

Del tratamiento estadístico a las 16 variables se encontró que todas se ajustaron a distribuciones teóricas conocidas.

### Verificación del modelo conceptual

La Figura 3, muestra el croquis de la planta y las flechas indican el flujo del proceso de producción. En la producción por turno de la empresa intervienen dos operarios, uno de ellos encargado de la realización de la mezcla del cebo y el otro del empaquetado de los bultos.



Figura 3. Croquis de la Planta RODICS con el diagrama de recorrido del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia a partir de Visio 2016

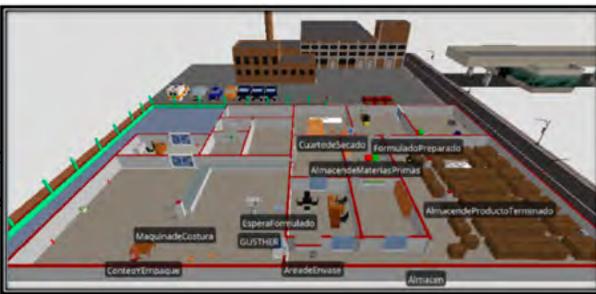


Figura 4. Modelo de simulación de la Planta RODICS

Fuente: Elaboración propia a partir de SIMIO

### Pruebas piloto

Se corrieron diez pruebas piloto para verificar que el modelo conceptual estuviera perfectamente traducido a lenguaje del simulador y también para recabar información para el siguiente paso. La determinación del número de pruebas piloto obedeció a la conveniencia de que el tamaño mínimo de muestras recomendables para la validación de las variables es diez (Law y Kelton, 2000).

### Validación del modelo de simulación

La validación del modelo es un procedimiento matemático cuya importancia radica en asegurar que los datos que arroja el MS son estadísticamente iguales a los del sistema real (Fuentes et al, 2019). El procedimiento de validación del

MS se hizo mediante la prueba t-pareada, prueba de hipótesis que compara una muestra aleatoria del sistema real contra una muestra aleatoria del modelo de simulación.

La prueba requiere la recolección de m conjunto de datos independientes del sistema y n conjunto de datos del modelo; siendo  $X_j$  el promedio de las observaciones en el j-ésimo conjunto del sistema y  $Y_j$  el promedio de las observaciones en el j-ésimo conjunto de datos del modelo. Las  $X_j$ 's son variables aleatorias IID (Independiente e Idénticamente Distribuidas) con media  $\mu_x = E(X_j)$ , y las  $Y_j$ 's son variables aleatorias IID (asumiendo que los n conjuntos de datos se obtuvieron de replicaciones diferentes) con media  $\mu_y = E(Y_j)$ , se trata de comparar el modelo con el sistema construyendo un intervalo de confianza para:

$$Z = \mu_x - \mu_y \quad (1)$$

La Tabla 2 contiene las muestras apareadas de la variable tiempo promedio de transporte de materia prima al cuarto de formulación.

Tabla 2. Muestras apareadas de la variable tiempo promedio de transporte de materia prima al cuarto de formulación

Corridas	DATOS		$Z_i = X_i - Y_j$	$(Z_i - \bar{Z}_{10})^2$
	Reales	Simulados		
1	4.42	4.401	0.019	0.0011628
2	4.43	4.51	-0.08	0.004212
3	4.37	4.44	-0.07	0.003014
4	4.50	4.42	0.08	0.009044
5	4.46	4.42	0.04	0.003036
6	4.51	4.40	0.11	0.01565
7	4.35	4.53	-0.18	0.027192
8	4.45	4.48	-0.03	0.000222
9	4.35	4.46	-0.11	0.009006
10	4.42	4.35	0.07	0.007242
	SUMA		-0.151	0.079781
	PROMEDIO		-0.0151	

Fuente: Elaboración propia

Se definieron las siguientes hipótesis:

$H_0$ : No existe una diferencia significativa entre la media del conjunto de datos del sistema real y la media del conjunto de datos del MS

$H_1$ : Existe una diferencia significativa entre la media del conjunto de datos del sistema real y la media del conjunto de datos del MS

Se utilizó un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ) y se determinó el intervalo de confianza (Ecuación 2):

$$\bar{Z}_{10} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\widehat{\text{Var}}(\bar{Z}_n)} = (-0.08245, +0.0522) \quad (2)$$

Dado que el intervalo resultante incluyó al cero, no se puede rechazar la  $H_0$ , concluyendo con un 95% de nivel de confianza que cualquier diferencia observada entre los datos del sistema real y los del modelo de simulación no es estadísticamente significativa y puede deberse a fluctuaciones aleatorias, aceptando que el modelo es válido.

La prueba t-pareada se aplicó a las 16 variables de entrada, los resultados de todas ellas derivaron intervalos que incluyen al cero lo que robustece la utilidad y veracidad del modelo.

### Diseño de experimentos y corrida del modelo

Una vez validado el MS es necesario determinar el número óptimo de corridas o replicaciones a realizar previo al análisis de resultados, para tal propósito se tomaron 10 corridas usando un nivel de confianza ( $1 - \alpha$ ) del 95% (Chung, 2004). La Tabla 2 muestra los resultados de los cálculos de la media, varianza y  $\beta$ , datos que son necesarios para el diseño de experimentos.

Tabla 3. Resultados de las corridas independientes

Corridas	Tiempo promedio simulado
1	4.42
2	4.43
3	4.37
4	4.50
5	4.46
6	4.51
7	4.35
8	4.45
9	4.35
10	4.42
<b>Media</b>	<b>4.426</b>
<b>Varianza</b>	<b>0.003226667</b>
<b><math>\beta=5\%</math></b>	<b>0.02</b>

Fuente: Elaboración propia

Una expresión aproximada para el número total de replicaciones  $n^*(\beta)$  requerido para obtener un error absoluto  $\beta$  es dado por:

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n : t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \right\} \quad (3)$$

Donde:

$i$  = Número óptimo de corridas

$\beta$  = Error absoluto

$\alpha$  = Nivel de significancia

$1 - \alpha$  = Nivel de confianza

$s^2_n$  = varianza de las corridas de la variable

$t$  = valor de tablas de la distribución t-student

$n$  = Número de corridas piloto

Es posible determinar  $n^*(\beta)$  incrementando  $i$  en uno hasta que un valor de  $i$  se obtiene para el cual:

$$t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2(n)}{i}} \leq \beta \quad (4)$$

Utilizando la ecuación 3 y los datos de la tabla 3, resultó que el número de replicaciones óptimas es 31, incrementando  $i$ , en uno hasta que se cumpla la ecuación 4.

$$1.96 \sqrt{\frac{0.003226667}{31}} = 0.0199 \leq 0.020 \quad (5)$$

El modelo se corrió 31 veces.

### Análisis de resultados

Resultados que arroja el MS con respecto a producción, fueron 18 bultos por turno, en promedio dos paros por turno que consumen en conjunto 102 minutos, de tal suerte que, del tiempo disponible por turno, el 21% se consume en reparaciones por paro, lo cual sin duda es inconveniente para la empresa.

## Resultados

Partiendo de la base del MS validado, se probaron dos alternativas, la primera fue a solicitud de la Planta:

1. Adquisición de la máquina Gusther
2. Redistribución de planta

Para la primera alternativa fue necesario contactar al proveedor de estos equipos. La nueva máquina Gusther de modelo 4SP, tiene un costo de 325 mil 450.50 incluyendo gastos de envío, los costos de instalación corren por cuenta del cliente. Se cotizaron los costos correspondientes a pago por concepto de instalación, ascendieron a 15 mil.

Para la segunda alternativa se utilizó el Método de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP por sus

siglas en inglés). La Figura 5, muestra la relación de actividades SLP en donde se aprecia el listado de las 14 áreas que conforman la planta.

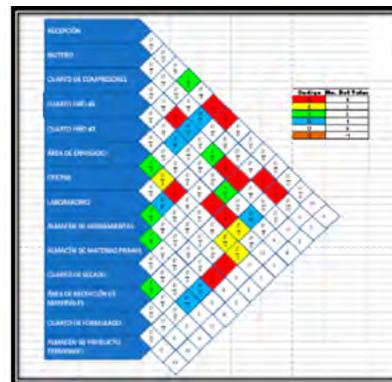


Figura 5. Diagrama de relaciones de la Planta RODICS

Fuente: Elaboración propia

Con el diagrama de relaciones elaborado se procedió a realizar la distribución derivada (Figura 6).



Figura 6. Redistribución de Planta derivada de la aplicación del SLP

Fuente: Elaboración propia a partir de SIMIO

Los resultados de ambas alternativas una vez implementadas en el MS y comparadas con el sistema actual (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de los resultados del sistema

Medida de desempeño	Sistema Real	Alternativa 1	Alternativa 2
Número de bultos (por turno)	18	35	36
Número de paros	2	0	0
Tiempo por paros	102	0	0

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 4, se tiene que, en cuanto a producción la Alternativa 1 mejora en un 95% y la Alternativa 2 en un 100% la situación actual. En lo referente a tiempo de producción, las Alternativas 1 y 2 mejoran en un 465% la situación actual. Finalmente, en cuanto a número de paros y tiempo por paros, las alternativas no los presentan por lo que mejoran este rubro a un 100%.

## Conclusión

Una vez realizado el estudio de simulación, se tuvo, con un 95% de confianza, un MS representativo del sistema real en el cual se probaron dos alternativas, ambas lograron mejoras importantes al sistema productivo.

Se comprobó la utilidad de la técnica de simulación para la evaluación de alternativas y apoyar la toma de decisiones efectivas. Dichas alternativas se generaron utilizando conocimientos compatibles con la simulación, ambas alternativas no afectaron al sistema real con lo que se refuerza el poder de la técnica ante cambios en las variables de sistema solamente en el MS con una capacidad de responder a la pregunta ¿Qué pasaría sí? De manera eficiente de tal manera que se es capaz de evaluar las consecuencias de las decisiones antes de tomarlas, situación altamente deseada por los administradores.

El simulador SIMIO posee una animación realista realmente impresionante, su programación es relativamente sencilla ya que se encuentra en un ambiente Windows, por lo que se recomienda ampliamente su uso.

Finalmente, se recomienda a la Planta de cebos, aplicar técnicas de manufactura esbelta que ayuden a reducir las actividades que no agregan valor, de tal manera que se inicie un proceso de mejora continua.

## Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación son equiparables a los de Sánchez et al (2015), quienes condujeron un estudio de simulación para el análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones, obtuvieron un MS que representó al sistema real, identificaron partes de los procesos responsables de atrasos y cuellos de botella y plantearon escenarios de mejora. Por su parte, Zapata et al (2019), analizaron el proceso productivo de una empresa de plástico en donde encontraron varias áreas de oportunidad y probaron en el MS alternativas viables, todas ellas contribuyendo a la mejora de la productividad del sistema. Peña y Felizzola (2020) probaron escenarios de mejora en un MS representativo del sistema de una empresa de alimentos, a través de los escenarios propuestos lograron la optimización de la capacidad de producción.

## Trabajo a futuro

Al escenario de mejora correspondiente a la redistribución de planta será conveniente aplicar herramientas de Lean Manufacturing para tener un proceso ágil que reditúe beneficios a la empresa. Es importante subrayar que el tener un MS válido del sistema real abre la oportunidad de probar múltiples escenarios mismos que pueden experimentarse y aprovechar que SIMIO posee la técnica de inteligencia artificial de algoritmos genéticos para obtener los mejores escenarios.

## Referencias

- Cantú, J.R.; Guardado, M.C. y Balderas, J.R. Luis (2016). Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4, 1-21. ISSN: 2007-8412.
- Chung, C.A. (2004). *Simulation Modeling Handbook a Practical Approach*. Washington D.C.: CRC Pres ISBN-13: 978-0849312410
- Fuentes, L., López, A.G., Tobón, L.G. y Moras, C.G.(2019). Análisis de la red logística de un cruceo vial utilizando simulación en simio para evaluar la alternativa de colocar un semáforo. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo*, 1(5), 1-6. ISSN: 2448-623X.
- Fernández, S.A., Pérez, A.L. y Medina, P.D. (2019). Uso integral de simulación, diseño de experimentos y KANBAN para evaluar y mejorar el rendimiento de una línea de producción. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 13(26), 9-16. ISSN 1909-8367.
- Guerrero, M. y Henriques, A. (2014). Simulación de eventos discretos de la cadena logística de exportación de commodities. *Ingeniare*, 22(2), 257-262. ISSN: 0718-3305.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, M.P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGrawHill. ISBN: 978-607-15-0291-9.
- Himmelblau, D.M. y Bischoff, K. B. (1992). *Análisis y simulación de procesos*. México: Reverté. ISBN: 84-291-7235-1.
- Law, A.M. y Kelton, W.D. (2000). *Simulation Modeling & Analysis*. USA: McGraw-Hill. ISBN-13: 978-0073401324.
- Montilva, J., Chacón, E. y Colina, E. (2001). Un método para la automatización integral de empresas de producción continua. *Revista Información Tecnológica*, 12(6), 147-156. ISSN: 0716-8756.
- Sánchez, P.A., Ceballos, F. y Sánchez G. (2015). Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y simulación. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 137-150 Doi: 10.18359/rcin.1436
- Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista cubana de salud pública*, 33(2), 1-11. ISSN: 1561-3127.
- Thiébaud, V. Y Montero-García, L.A. (2014). Cañaverales, trapiches e ingenios en México. *Dinámicas históricas y procesos actuales*. *Úlua*, 23, 11-19. ISSN: 16665-8973.
- Peña, L.V. y Felizzola, H.A. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 277-292. ISSN: 0718-3305.
- Treviño, J.E. y Serrano, L.A. (2006). Simulación de sistemas de transporte público masivo. *Ingeniería e Investigación*, 26(1), 51-57. ISSN: 0120-5609.
- Urbano-Aparicio, J., García-Santamaría, L.E., De la Mora-Ramírez, T., Vargas-González, J. y Cruz-García, V. (2021). Mejora de la productividad en una empresa manufacturera del norte del Estado de Veracruz. *Conciencia Tecnológica*, 61, ISSN 1405-5597.
- Vásquez, I., Monterrubio, C.L. y Catalán, J.B. (2013). *Roedores que habitan de los agro-ecosistemas cañeros. Guía de campo*. Fundación de la Universidad Veracruzana, A.C. ISBN: 6786079609900
- Zapata, D., Ortiz, R.A. y Guerra, D. (2019). Análisis del proceso productivo en una empresa de plásticos usando simulación discreta. *Avances*, 16(2), 36-51 Doi: 10.18041/1794-4953/avances.1.5203



# Aplicación del algoritmo A\* con inteligencia colectiva para planificar rutas en sistema de transporte público

*Arnulfo Castro Vásquez<sup>1</sup>, Raúl Ojeda Luna<sup>1</sup>, Israel Hernández Hernández<sup>1</sup>, Mayra V. Linares Gil<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Avenida del

Charro 450 Norte, Ciudad Juárez,

Chihuahua, México,

C.P. 32310.



**Correo correspondiente**

arncastr@uacj.mx

## Resumen

En los últimos años, el transporte público de Ciudad Juárez ha crecido considerablemente ofreciendo el servicio a miles de usuarios cada día. El tiempo de traslado es importante para los usuarios que buscan llegar a su destino existiendo diversos factores que pueden retrasar su traslado. Este trabajo aplica el algoritmo A\* en combinación con la técnica de inteligencia colectiva para encontrar una ruta óptima y planificar rutas en el sistema de transporte público de la ciudad. Para esto, se construyó un software prototipo de aplicación móvil para sugerir la mejor ruta, considerando la participación de los ciudadanos. La idea es que los usuarios, desde su celular, aporten conocimiento útil en tiempo real sobre el estado de las rutas del transporte público, de manera que, otros usuarios puedan enterarse y puedan planificar su ruta para llegar a su destino en el menor tiempo posible. Para lograr lo anterior, fue necesario recolectar información de las diferentes rutas que componen el sistema de transporte público. La aplicación se configuró con un registro de 16 rutas y más de 250 nodos ubicados en la ciudad. La propuesta de este artículo se validó con diversos usuarios localizados en diferentes nodos, los cuales interactuaron con la aplicación para crear inteligencia colectiva y permitir a otros usuarios poder planificar sus rutas.

Se presentan los resultados obtenidos durante las pruebas, los cuales confirman que la aplicación del algoritmo A\* en combinación con la inteligencia colectiva es una alternativa efectiva en la planificación de rutas para los usuarios en un sistema de transporte público.

## Abstract

In recent years, public transportation in Ciudad Juarez has grown considerably, offering service to thousands of users every day. Travel time is important for users seeking to reach their destination and there are several factors that can delay their travel. This work applies the A\* algorithm in combination with the collective intelligence technique to find an optimal route and plan routes in the city's public transportation system. For this, a prototype mobile application software was built to suggest the best route, considering the participation of citizens. The idea is that users, from their cell phones, provide useful knowledge in real time about the status of public transport routes, so that other users can find out and plan their route to reach their destination in the shortest possible time. To achieve the above, it was necessary to collect information from the different routes that make up the public transportation system. The application was configured with a record of 16 routes and more than 250 nodes located in the city. The proposal of this article was validated with various users located in different nodes, whom interacted with the application to create collective intelligence and allow other users to plan their routes. The results obtained during the tests are presented, which confirm that the application of the A\* algorithm in combination with collective intelligence is an effective alternative in route planning for users in a public transportation system.

**Palabras clave:** Sistema de transporte público, inteligencia colectiva, aplicaciones móviles.

**Keywords:** Public transportation system, collective intelligence, mobile applications.

---

## Introducción

Las ciudades crecen día a día, por lo cual deben adaptarse y resolver problemas cotidianos que afectan a sus ciudadanos. Un problema recurrente se refiere al transporte público en donde cada ciudad posee diferentes rutas de

recorridos, que a su vez están compuestas por nodos (o estaciones) donde la gente sube y baja del transporte. El mayor reto consiste en realizar un traslado eficiente desde un nodo origen a un nodo destino en el menor tiempo posible. Existen factores que pueden afectar el tiempo de traslado de los usuarios, tales como el tráfico vehicular en determinadas horas del día, accidentes de tránsito, entre otros. En la ma-

yoría de las veces los usuarios desconocen estos factores, lo cual les ocasiona problemas para llegar a su destino y todo lo que ello implica.

En la literatura los algoritmos de trayectorias utilizados para aplicaciones informáticas orientadas al transporte público, iniciaron con el estudio de la trayectoria algebraica (Bellman, 1958) (Dijkstra, 1959). Este algoritmo es aplicable a múltiples problemas en la vida cotidiana, tales como: recorridos de vuelos entre ciudades, interacción en líneas de metro, entrega de paquetes, por mencionar algunos. El algoritmo de trayectoria aplicado al transporte utiliza: distancias, tráfico, tipo de transporte, urgencia de viaje, etc. para determinar la mejor ruta entre el punto de inicio del recorrido y el punto final.

En Siuhi y Mwakalonge (2016), se describen aplicaciones para procesar datos y sugerir rutas, tales como: Easy Route Finder, Runtastic Road Bike Tracker, Voyager Route Planner, Journey Pro, Drivieng Route Finder.

Por su parte, Salcedo y Battistuti (2013), desarrolla el manejo de rutas de transporte aplicando un algoritmo discreto con dependencia heurística, este algoritmo aplica la selección de la mejor ruta considerando algunos de los siguientes aspectos: tiempo de intercambio de los servicios de transporte, promedio de velocidad de cada transporte, fecha y hora en la cual fue realizado un viaje específico y tiempo de espera para cada línea de transporte.

Otro enfoque que trata el manejo de rutas de transporte se aprecia en Sun et al. (2016), quien utiliza una aplicación móvil la cual accede a datos proporcionados mediante cámaras y sensores, que registran el estado del tráfico en las calles de la ciudad, procesa la información y notifica las mejores rutas a los usuarios para desplazarse de un punto a otro en la ciudad.

Por otro lado, Caggiani et al. (2017), presenta un sistema de navegación que obtiene las mejores rutas de transporte, basado en un modelo con sistema embebido de inferencia difusa, el cual es accesado mediante una aplicación móvil que ofrece las mejores rutas de destino a ciclistas y personas que caminan al aire libre. Así mismo, la aplicación permite guardar y compartir rutas.

Otra solución es presentada por Gallup et al. (2015), que hace uso de una aplicación móvil desarrollada para manejar rutas de transporte, lo que permite definir la mejor ruta, en base a sus necesidades y las problemáticas que se presentan en la zona de selección.

Por otro lado, Harriehausen-Muhlbauer (2017), desarrollo la aplicación denominada WheelScout la cual considera factores como: inconvenientes de rampas, superficies desiguales, obstáculos, etc. Esta aplicación está enfocada principalmente para personas discapacitadas, cuyos recursos pueden ser configurados para ser utilizados con una silla de ruedas.

Así mismo Dharani et al. (2019), desarrollo una aplicación que maneja diferentes tipos de sensores inteligentes y capas de abstracción de información, para aplicaciones que manejan sistemas de navegación en una ciudad. La aplicación funciona en tiempo real procesando la información de los sensores y genera sugerencias para transporte en la ciudad de México, esta aplicación es denominada "Transit Colectivo y Metro", maneja la información de los medios de transporte para ayudar a las aplicaciones móviles en el proceso de desplazamientos en la ciudad. Algunas de las fuentes de información que coadyuvan en esta aplicación son: Maps - Aplicaciones Android en Google Play, TranzMate: info de bus y tren, Aplicaciones Android en Google Play.

Otro aspecto de interés es la inteligencia colectiva, esta

se sustenta en la participación de los miembros de un entorno particular, aportando su conocimiento sobre un dominio que se trata de resolver, en algunos casos cada miembro participa aportando sus experiencias y vivencias, tal es el caso reportado en In-Soo (2020), en donde los médicos de una comunidad abordan, desde su perspectiva, la interpretación de electrocardiogramas realizados a algunos pacientes. En este contexto, cada médico responde a los cuestionamientos expuestos en una aplicación web, indicando su forma de interpretar los electrocardiogramas. Cada respuesta es presentada a la comunidad en un plazo relativamente pequeño de tiempo. La suma de las interpretaciones va generando inteligencia colectiva sobre el dominio.

Por su parte Guilbeault y Centola (2020), aplica el proceso de reflexión basado en inteligencia colectiva, en donde demuestra que los fumadores responden mejor a los tratamientos anti-fumar en base a compartir la experiencia a través de una red social. Específicamente las personas que participan activamente reducen el riesgo de fumar hasta 10 veces más, comparado con las personas que afrontan de manera personal el superar el no fumar. Por tanto, la capacidad del impacto de la inteligencia colectiva estructurada a través de la red social ha demostrado su efectividad en este contexto. Los investigadores han demostrado recientemente que el rendimiento de un grupo de individuos, al resolver una tarea en equipo, está correlacionado con la inteligencia colectiva, lo cual motiva su estudio en diferentes ámbitos (Krafft, 2019). La inteligencia colectiva se puede concebir como un resumen del rendimiento de un grupo o equipo en un conjunto de tareas heterogéneas.

En el presente trabajo, se aplica el algoritmo  $A^*$  en combinación con la inteligencia colectiva para realizar dos funciones básicas, la primera: contar con la capacidad de obtener diferentes opciones de trayectoria en base a un punto de partida y un punto de destino. La segunda: modificar las

rutas de transporte en base a la aplicación de inteligencia colectiva, la cual está soportada por el comportamiento de los usuarios, estos pueden plantear modificaciones a las rutas y dichos cambios pueden ser votados por los mismos usuarios reflejando dichos cambios en las rutas en tiempo real.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. La Sección II describe el algoritmo  $A^*$  en un entorno de planificación de rutas en el transporte público. La Sección III describe el desarrollo de la aplicación. La Sección IV muestra los resultados obtenidos y finalmente la Sección V presenta las conclusiones y trabajo a futuro.

## El Algoritmo $A^*$ en un entorno de planificación de rutas

La aplicación del algoritmo de búsqueda  $A^*$  funciona de manera óptima en problemas no lineales como el caso de búsqueda de nodos en rutas de transporte. Dada su eficiente búsqueda de interconexiones manipuladas por las distancias entre nodos y las interconexiones de estos en las rutas de transporte (Krawiec, 2012). El método de búsqueda  $A^*$  puede ser, dinámico no lineal y de tiempo continuo, y puede ser representado por la siguiente función:

$$\dot{x} = f(x, u) \tag{1}$$

Donde  $x$  es el vector de estado del sistema que contiene información de la configuración dinámica del sistema,  $u$  es el vector de entradas o acciones que se aplican al sistema. La función describe cómo  $x$  y  $u$  afectan a la dinámica del sistema, y  $\dot{x}$  es la derivada del vector de estado  $x$ , respecto al tiempo.

Aunque el modelo continuo (1) proporciona una representación compacta de un sistema, la planificación de una trayectoria en nodos sería bastante difícil debido a la natura-

leza discreta de los espacios implicados, las entradas parcialmente infinitas  $u \in U(x)$  que podrían aplicarse en el sistema en cualquier momento, y las integraciones que deben realizarse para cada transición de estado. Por lo tanto, el sistema puede ser representado en forma discreta como se muestra a continuación.

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) \\ y(k) &= Cx(k) + Du(k) \end{aligned} \quad (2)$$

En esta ecuación,  $x$  sigue representando el vector de estados del sistema y contiene la colección de todos los estados posibles de  $x$ , de igual manera,  $u$  sigue representando una acción que puede aplicarse a un sistema.

Con esta formulación, es importante definir un espacio de estados o nodos  $X$  y un espacio de acciones  $U(x)$  para el sistema de interés. Lo cual puede ser aplicado en cualquier sistema de búsqueda, siempre que contenga todos los nodos del sistema. Por lo tanto, si nos referimos a la figura 1, el espacio de nodos sería  $X = \{1, 2, 3, 4\}$  y el espacio de acción en  $X(1) = 1$ , sería  $U(1) = \{R1, R2\}$ .

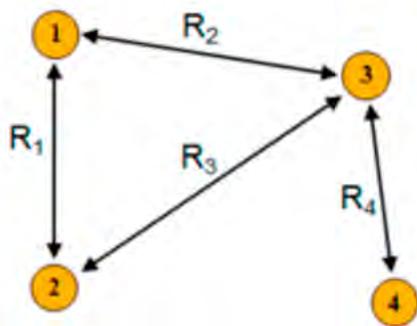


Figura 1. Ejemplo del problema del vendedor.

Si observamos en el ejemplo de un vendedor, el espacio de estados  $X$  no es más que una colección de lugares y el espacio de acción  $U(x)$  depende en gran medida del estado actual  $x$ . Desde el punto de vista computacional, se puede

implementar el proceso de búsqueda almacenando un conjunto de estado  $x \in X$ , que si el sistema es pequeño no habría problema, pero si es grande se vuelve complejo y difícil de manejar. Sería más eficiente un proceso de búsqueda, si un espacio de acciones pudiera ser independiente de  $x$  y se pudiera aplicar un conjunto común de acciones a cada estado.

En base a este argumento se puede formular un espacio de estado como una cuadrícula ordenada y el espacio de acción como independiente de  $x$ . En base a esta formulación se puede tener una matriz que permite almacenar fácilmente el espacio de estados en una matriz y sólo es necesario almacenar el conjunto de acciones.

Por lo tanto, aunque el algoritmo  $A^*$  es aplicable a un espacio de estado discreto y su espacio de acción, en el formato basado en la matriz. Por lo tanto, el espacio de estados puede definirse como:

$$X = \{x \in R^n \mid |x_i - x_j| = r, x \in X\}, \text{ donde } r_i = \begin{cases} 0, & \text{si } x_i = \dot{x}_i \\ \Delta x_i, & \text{si } x_i \neq \dot{x}_i \end{cases}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

En donde  $x_i$  y  $r_i$  representan las componentes  $i$ th de  $x$  y  $r$  respectivamente, y  $\Delta x_i$  representa la resolución de la matriz para la  $i$ th coordenada. Del mismo modo, el espacio de acción puede definirse como los movimientos a cada estado vecino en la cuadrícula.

$$U = \{u \in R^n \mid u_i \in \{-\Delta x_i, 0, \Delta x_i\}, i = 1, 2, 3, \dots, n\} - \{0\} \quad (4)$$

En la Figura 2, se muestra una matriz simple de  $3 \times 3$  que presenta el espacio de estado y el espacio de acción.

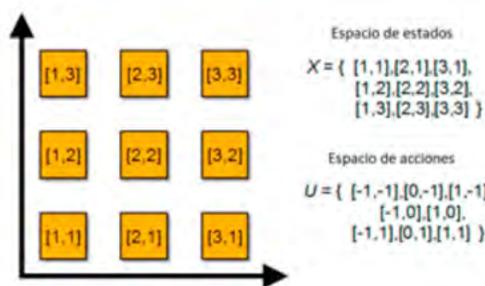


Figura 2. Ejemplo de matriz de estados y acción.

Con el espacio de estado y de acción basado en una cuadrícula, el problema de planificación del camino a través del espacio de estados puede ser implementado. La idea de la planificación de trayectorias o recorridos implica encontrar una trayectoria óptima a través del espacio de estados a partir de un estado inicial hacia un estado objetivo bajo la formulación  $xI \square X$  para lograr un estado meta  $xG \square X$  (Michel, 2006).

## Diseño de la aplicación

Se construyó un prototipo para aplicar el algoritmo  $A^*$  en combinación con la inteligencia colectiva para la planificación de rutas por parte de los usuarios. Para esto se utilizó la metodología en espiral, la cual se compone de diversas iteraciones y en cada iteración se va obteniendo un prototipo mejorado hasta llegar a la aplicación final. La Figura 3, muestra un diagrama general del prototipo, donde se observa del lado izquierdo a los usuarios que se conectan con la aplicación móvil, posteriormente el servidor que soporta la aplicación "Aplicación inteligencia colectiva de trazo de rutas", responde en base a lo que se programó para la navegación entre rutas de la ciudad.

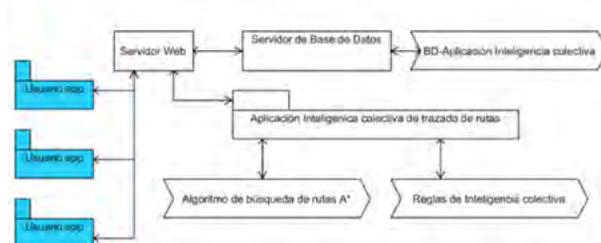


Figura 3. Diagrama principal de la aplicación de trazado de rutas con inteligencia colectiva.

La aplicación tiene embebida las acciones propias para administrar y manejar los datos de la aplicación, así mismo la interacción con el API de Google Maps. Con la combinación de estas plataformas se da respuesta a diferentes acciones que se tienen implementadas y son utilizadas por los usuarios mediante el uso de sus celulares, previa instalación de la aplicación web (App). Las diferentes acciones a las que responde la aplicación están documentadas en base a diagramas de clase, interfaces de usuario, diagrama relacional de base de datos y diagramas de flujos de datos entre los componentes que conforman la aplicación.

La aplicación se realizó en iteraciones en donde la primera iteración creo funcionalidad básica y planteo retos, la siguiente implementó los retos de la previa y creo nuevas funcionalidades, hasta terminar con un prototipo funcional en la última iteración. Para la primera iteración se analizaron los requerimientos, en base a estos, se creó una primera versión de base de datos para almacenar los datos básicos que hace uso la aplicación. En la Figura 4, se presentan las entidades básicas: usuario, ruta, polilinea, nodo y enlace. Algunas de las funcionalidades que se implementaron en esta interacción tienen que ver con las rutas y los nodos que forman dichas rutas, para cada uno de estos dos elementos se puede crear una nueva ruta o nodo, modificar, unir y eliminar una ruta o nodos, además también puede modificarse el cambio de dirección de las rutas. Cada una de estas funcionalidades repercute en el mapa de navegación de la aplicación.

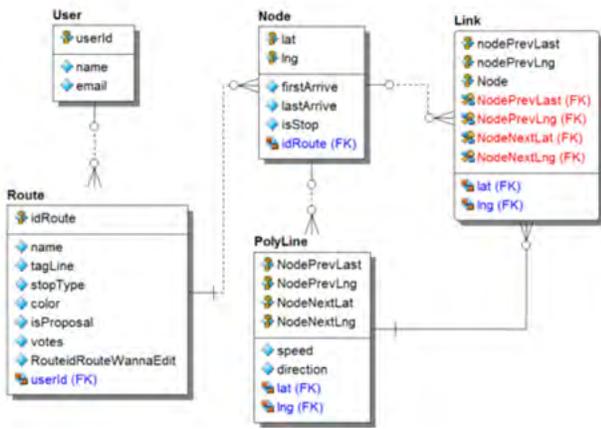


Figura 4. Esquema lógico de rutas.

Para el manejo de la funcionalidad de la aplicación en el lado del servidor, así como implementar las funcionalidades, ya antes mencionadas, se desarrollaron las siguientes clases: NewRouteAttributesActivity, DrawOnMapActivity, Route, EditOBusPolyDialog, PostCaller, ToolButton y OBusPolyline. También se realizaron diferentes interfases de usuarios para interactuar con la aplicación montada en el servidor web. La primera interfaz creada para interactuar con la aplicación se presenta en la Figura 5, en esta se pueden visualizar dos pantallas, en la primera se registra un nuevo recorrido o ruta en donde se le asignan sus datos básicos y en la segunda se traza la ruta en base a los nodos que representan las paradas de la ruta que se está registrando.



Figura 5. Representación de un recorrido y sus paradas.

La funcionalidad de la aplicación se basa en el envío de datos y procesamiento de los mismos, incluyendo la interacción con la base de datos y respuesta del servidor a los usuarios. Para el manejo del flujo de datos en la aplicación se desarrollaron diferentes diagramas de secuencia, la figura 6 presenta el diagrama de secuencias de la primera iteración, en donde se aprecian las diferentes validaciones que se realizan por parte de la aplicación.

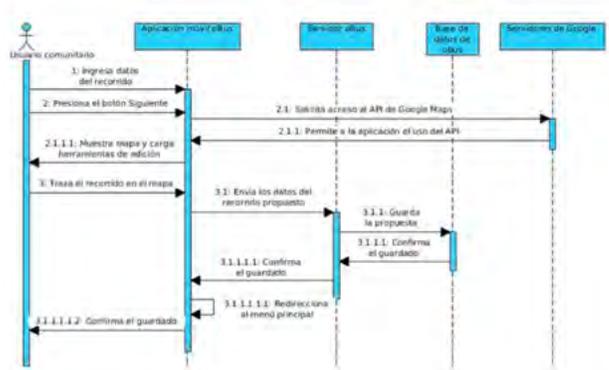


Figura 6. Diagrama de secuencia de la primera iteración.

En el diagrama de secuencia de la primera iteración se pueden apreciar las diferentes acciones que se implementaron en la aplicación para crear la funcionalidad "registro de recorrido" propuesto por el usuario con privilegios de modificación. Para cada una de las funcionalidades se tiene un diagrama de secuencia, un diagrama de clases e interfaces de usuario, que soportan dicha funcionalidad.

Para la segunda iteración, se implementó la clase SignUpRequestSender, mientras que en la base de datos se agregó la entidad User, polyline y WalkingLink con sus atributos básicos. Se creó la forma SignUpRequest.php que permite la inserción del usuario en el sistema y le asigna un rol básico. Se crearon los procesos que permiten crear cambios en las rutas de polylines, los cuales permiten la interacción entre dos rutas con un nodo de intersección. Estas nuevas inser-

ciones en la aplicación pueden provocar cambios en algunas de las clases, así como la creación de los distintos diagramas de secuencia que describen el comportamiento de los datos entre los usuarios y la aplicación web, además de la interacción con la base de datos.

En la tercera iteración, se creó el proceso para cambiar el estatus de los usuarios en base a reglas creadas por tiempo, participación y veracidad confirmada por otros usuarios. Se modificó la clase que controla los usuarios agregando la funcionalidad LoginActivity, la cual permite controlar las acciones que realiza cada usuario en su interacción con la aplicación y determinar posteriormente su capacidad para ser cambiado de nivel básico a nivel con permisos de generar sugerencias de cambio. Los usuarios podrán modificar su estatus o nivel en base a las votaciones de otros usuarios, estas votaciones son registradas por la clase y almacenadas en la base de datos, una vez registradas son utilizadas por un proceso que las contabiliza y evalúa; cuando cumplen una normativa de veracidad cambian el estatus del usuario y puede pasar a nivel editor. Las votaciones también pueden ser modificadas por el administrador directamente.

Para la cuarta iteración, se agregan funcionalidades a la clase de control de recorridos en base al nuevo rol de usuario que podrá: proponer, editar y borrar un recorrido, incluyendo los flujos de acciones a realizar para cada cambio. Algunas de las acciones tienen su repercusión en las interfaces de usuarios que se presentan en la Figura 7.



Figura 7. Interfaz de modificaciones a ruta por usuario no básico.

En esta iteración se realizaron cambios en las clases: Route, DrawOnMapActivity, ViewOfficialRoutesActivitiy y PostCaller, además se crearon los archivos: getOfficialRoutes.php, getRouteInfo.php, saveRequest.php y getNodesAndPolysFromRoutes.php, que agregan funcionalidad a la aplicación web.

Para la quinta iteración, se presenta a los usuarios una lista de propuestas de modificaciones de recorridos y se pueden generar votaciones de aceptación o rechazo a dichos cambios. Cada uno de los posibles cambios tiene la posibilidad de edición, creación y eliminación de un recorrido. La aplicación responde informando sobre las votaciones en base a la colectividad de los usuarios. Las principales clases que participaron en esta iteración fueron: Route, ViewRequestActivity, GetRequestSender, RoutesViewAdapter, DeleteRouteDetailsActivity, EditRouteDetailsActivity NewRouteAttributesActivity, EditNodeDialog y EditOBusPolyDialog. Estas clases fueron procesadas con los siguientes archivos: getRequestRoutes.php, getNodesAndPolysFromRoutes.php y SendVote.php. De igual forma se desarrollaron los diferentes diagramas de comportamiento y secuencia de actividades para cada una de las funcionalidades implementadas.

La sexta iteración realiza las acciones para manejar las consultas de los viajes, en donde se plantean los nodos de inicio y fin de recorrido y estos datos se procesan por el algoritmo A\*. El algoritmo toma como base los pesos de los recorridos y las intersecciones entre nodos de las rutas participantes. Cuando el usuario elige un nodo de inicio y un nodo de destino, se realiza la búsqueda entre ambos puntos determinando la mejor opción de ruta, dentro de un grupo de opciones de ruta.

Al elegir uno de los recorridos, la aplicación responderá dibujando en el mapa dicha ruta. Para esta interacción par-

participaron las clases: Node, ObusPolyline y SetMarkerDialog. Aunadas a las demás clases que forman toda la aplicación y que son: DrawOnMapActivity, EditObusPoliDialog, newRouteAttributesActivity, EditNodeDialog, PostCaller, toolButton, SignUpActivity, SignUpRequestSender, LoginRequestSender, GetRequestRouteSender, Route, UserAccount, OfficialRoutesListAdapter, OfficialRoutesDetailsActivity, NewRouteDetailsActivity, EditRouteAttributeActivity, LookOfficialRouteActivity, DeleteRouteDetailsActivity y EditRouteDetailsActivity.

Las peticiones a la aplicación fueron procesadas por los siguientes archivos: takeATrip.php y getNodesAndPolysFromRoutes.php. En la figura 8 se presenta el diagrama de secuencia que expresa el comportamiento de la funcionalidad consultar viaje. El Usuario Comunitario ingresa una consulta a la interfaz gráfica, la cual responde y realiza una solicitud de acceso al API de Google Maps, este responde y regresa una vista parcial del mapa a la interfaz en donde presenta la ruta trazada del recorrido, la cual es mostrada al usuario final. Posteriormente, el usuario ingresa datos de inicio y fin de recorrido, estos son utilizados para realizar el proceso de cálculo de trayecto en la parte de oBus, la cual obtiene todos los nodos de conexión almacenados en la base de datos de cada ruta que participa en dicha solicitud.

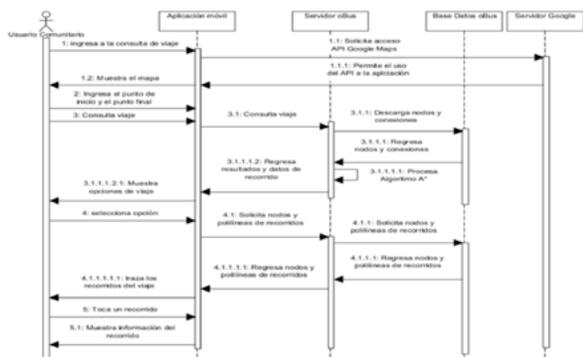


Figura 8. Diagrama de secuencias para consultar viaje.

En la Figura 9, se presenta una secuencia de imágenes que describen el proceso de consulta de una ruta.

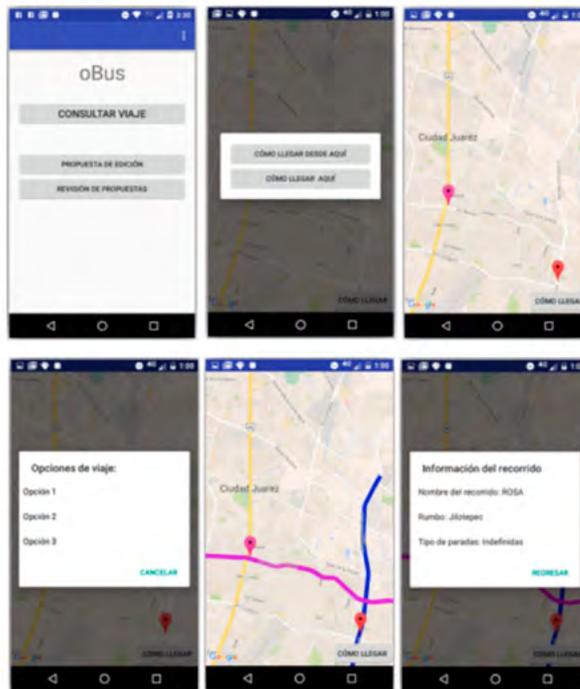


Figura 9. Secuencia de pantallas de aprobación o rechazo de propuesta de recorrido.

En la Figura 9, se aprecia la consulta de un viaje, la secuencia se presenta en imágenes de izquierda a derecha, además se pueden registrar y modificar rutas en tiempo real. Así mismo, se presenta la ubicación actual del usuario en el mapa y la distancia a la ruta. Cuando se registra el inicio del viaje, se presentan las opciones generadas por el algoritmo A\* y una vez elegida una opción, la aplicación presenta el trazado de la ruta elegida y el proceso de avance de la misma del autobús en la ruta.

## Resultados y discusión

Se obtuvo una aplicación móvil con acceso al API de Google utilizando una metodología basada en iteraciones, que la hacen funcional y permite registrar rutas de transpor-

te público con la interacción de usuarios previamente registrados. Se implementó el algoritmo A\* para la funcionalidad de la aplicación, el cual se utiliza del lado del servidor para dar respuesta a los usuarios en el proceso de selección de rutas y generar opciones de destino, en base a los registros de nodos que se tienen para cada una de las rutas registradas.

La aplicación móvil es capaz de generar cambios en las rutas registradas, en base a sugerencias de los usuarios en tiempo real. Mediante un proceso de votación de usuarios registrados aplicando la inteligencia colectiva se generan los cambios en base a las sugerencias proporcionadas por los usuarios, las cuales se reflejan en la Interfaz Gráfica de la aplicación móvil.

Se probó la aplicación con un registro de cinco rutas considerando que las rutas se intersectan en algunos nodos, tomando como base el inicio y fin del recorrido. Se generaron resultados esperados en cuanto a la respuesta de las posibles sugerencias proporcionadas por el algoritmo A\*, el cual generó sugerencias de recorrido entre los puntos de partida y destino.

Se procedió a modificar una ruta por parte de un usuario con permisos, quien cambió la posición de un nodo, y dicho cambio fue validado por el administrador. Una vez realizado el cambio se aplicó nuevamente la búsqueda de la ruta, y se generaron los mismos resultados de inicio y fin de la ruta.

Se realizó y aplicó una encuesta piloto a estudiantes, docentes y ciudadanos, usuarios de cinco distintas rutas establecidas en la ciudad, las preguntas estuvieron enfocadas en la funcionalidad de la aplicación, la usabilidad del software y si harían uso de la aplicación si estuviera en función, cuyos resultados arrojan un índice de satisfacción del 85% para los temas encuestados.

La aplicación permite que los usuarios, desde su celular, aporten conocimiento útil en tiempo real sobre el estado del transporte público, tal que, otros usuarios puedan enterarse y puedan planificar su ruta para llegar a su destino en el menor tiempo posible. La aplicación considera las rutas representadas por nodos y verifica si estas tienen puntos de intersección una vez que se hace una solicitud de un punto de partida a un punto de destino, el algoritmo A\* toma estos puntos y los aproxima al nodo más cercano, estos nodos serán el punto inicial y el punto final que el algoritmo toma para realizar los cálculos de los recorridos, las distancias entre nodo y nodo representan los pesos o coste de recorrido. Con los datos de búsqueda registrados se eligen las mejores opciones y se generan las sugerencias de recorrido, si existe una o más sugerencias se presentan en el mapa de google en la aplicación del celular. Los pesos o coste se determinan por la distancia de separación y las sugerencias generadas por los usuarios en sus reportes de colectividad.

Esta aplicación se probó en Ciudad Juárez, Chihuahua, con un registro de 16 rutas hipotéticas y más de 250 nodos. Se simularon pruebas de modificación de pesos entre nodo y nodo simulando accidentes y bloqueos de paso, modificando la ruta con alteración de recorrido, se obtuvieron resultados favorables de comportamiento en el software ya que al realizar consultas de recorrido estas alteraciones cambian la sugerencia de recorrido en base a las modificaciones.

## Conclusiones

Este trabajo explora el uso del algoritmo A\*, el cual permite encontrar la ruta óptima en combinación con la inteligencia colectiva, para que un usuario pueda planificar su ruta en el sistema de transporte público de la ciudad. Para esto, se construyó una aplicación móvil para sugerir la mejor ruta,

considerando la participación ciudadana con aporte de sugerencias. Los resultados indican que el uso del algoritmo A\* junto con la inteligencia colectiva son una buena alternativa en la planificación de rutas en un sistema de transporte público de una ciudad.

Como trabajo futuro se espera instalar la aplicación en trabajo real y probar con rutas y usuarios reales registrando las funcionalidades de la aplicación. Además, se propone aplicar procedimientos de usabilidad, mejoras de rendimiento, y diseño de la interfaz gráfica de la aplicación móvil, la cual se implementó con los elementos mínimos necesarios para su funcionamiento básico.

## Referencias

- Bellman, R. (1958). On a routing problem. *Quarterly of Applied Mathematics*, 16(1), 87–90. <https://doi.org/10.1090/qam/102435>
- Caggiani, L., Camporeale, R., Ottomanelli, M., y Bari, P. (2017). Model for a Bike-Sharing Mobile Application. 645–650.
- Dharani, A., Vijaylakshmi, M. N., y Narasimha Swamy, S. (2019). Mobile as a sensor in intelligent transportation system for street route. 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies, GUCON 2018, 138–141. <https://doi.org/10.1109/GUCON.2018.8674986>
- Dijkstra, E. W. (1959). A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. 271, 269–271.
- Gallup, J., Lamothe, S. N., y Gallup, A. (2015). Enhancing Transportation Education Using Mobile Devices and Applications. *TEACHING Exceptional Children*, 48(1), 54–61. <https://doi.org/10.1177/0040059915580027>
- Guilbeault, D., y Centola, D. (2020). Networked collective intelligence improves dissemination of scientific information regarding smoking risks. In *PLoS ONE* (Vol. 15, Issue 2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227813>
- Harriehausen-Muhlbauer, B. (2017). Communicating with Wheelscout via voice: Speech technology in a mobile navigation app computing barrier-free routes. *FTC 2016 - Proceedings of Future Technologies Conference*, December, 488–493. <https://doi.org/10.1109/FTC.2016.7821652>
- In-Soo, kim y M. (2020). Mobile Application Can Now Assist to Diagnose Arrhythmias with collective intelligence. *Nature*, 388, 1–14.
- Krafft, P. M. (2019). A Simple Computational Theory of General Collective Intelligence. *Topics in Cognitive Science*, 11(2), 374–392. <https://doi.org/10.1111/tops.12341>
- Krawiec, B. M. (2012). A\*-Based Path Planning for an Unmanned Aerial and Ground Vehicle Team in a Radio Repeating Operation [Virginia Polytechnic Institute]. <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/32545>
- Michel, S. (2006). *Planning Algorithms* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Salcedo, J. S., y Battistuti, O. C. (2013). Heuristic for unscheduled public transport navigation system. *Proceedings of the European Conference on Knowledge Management, ECKM*, 2, 607–615.
- Siuhi, S., y Mwakalonge, J. (2016). Opportunities and challenges of smart mobile applications in transportation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(6), 582–592. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.11.001>
- Sun, N., Han, G., Duan, P., y Tan, J. (2016). A Global and Dynamic Route Planning Application for Smart Transportation. *Proceedings - 2015 1st International Conference on Computational Intelligence Theory, Systems and Applications, CCITSA 2015*, 203–208. <https://doi.org/10.1109/CCITSA.2015.43>



# Diseño y manufactura aditiva de una careta automatizada

José Itzerai Rodríguez Salcedo<sup>1</sup>, Jorge Carlos León Anaya<sup>2</sup> y Erick Barrón Alcántara<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Politécnica del Valle de México, División de Ingeniería Industrial, Av. Mexiquense s/n esquina Av. Universidad Politécnica, Col. Villa Esmeralda, Tultitlán, C.P. 54910, Estado de México.



**Correo correspondiente**

itzerai.rodriguez@upvm.edu.mx

jorge.leon@upvm.edu.mx

erick.barron.alcantara@upvm.edu.mx

## Resumen

El presente trabajo está orientado al diseño y manufactura aditiva de una careta automatizada. La metodología muestra el diseño, pre-procesamiento, manufactura aditiva, post-procesamiento y ensamble, cuya función es monitorear mediante un sensor infrarrojo la temperatura de una persona, esta información se muestra en un display OLED 128x32, que se encuentra colocado en la parte frontal de la diadema. El dispositivo cuenta con un servomotor el cual se encarga del abre y cierre automático de la careta, está programado para activarse a una distancia de dos metros con la presencia de otra persona. Se utilizó una impresora 3d Anet Et4, con el slicer Cura, utilizando ácido poliláctico (PLA) con boquilla extrusora de 0.4 mm y filamento de 1.75mm. En los resultados se muestran: 1) Tiempos de diseño, manufactura y ensamble; 2) Cantidad de material utilizado y peso de las piezas. En las conclusiones se describen las ventajas que ofrece la careta automatizada.

## Abstract

The present work is oriented to the design and additive manufacturing of an automated face mask. The methodology shows the design, pre-processing, additive manufacturing, post-processing and assembly, whose function is to monitor human temperature through an infrared sensor, this information is displayed on a 128x32 OLED screen placed on the front of a headband. The device has a servomotor which is responsible for the automatic opening and closing of the mask, it is programmed to get activated two meters before the presence of another person. An Anet Et4 3d printer was used, with a Cura slicer, using polylactic acid (PLA) with a 0.4 mm extruder nozzle and 1.75mm filament. The results shows: 1) Design, manufacturing and assembly times; 2) Amount of material used and weight of the pieces. The conclusions describe the advantages offered by the automated mask.

**Palabras clave:** Diseño, Manufactura Aditiva, Careta, Automatización, Ensamble.

**Keywords:** Design, Additive Manufacturing, Protective Mask, Automation, Assembly.

---

## Introducción

En la actualidad la sociedad se ha visto afectada por el virus Sars-Cov-2. Este virus afecta a la población de todo el mundo. Según la OMS COVID-19 es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2. La OMS tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus el 31 de diciembre de 2019, al ser informada de un grupo de casos de «neumonía vírica» que se habían declarado en Wuhan República Popular China (OMS, 2020).

La OMS menciona que los síntomas más habituales del COVID-19 son: 1) Fiebre; 2) Tos Seca; 3) Cansancio. Otros síntomas menos frecuentes y que pueden afectar a algunos pacientes son: 1) Pérdida del gusto o el olfato; 2) Congestión nasal; 3) Conjuntivitis (enrojecimiento ocular); 4) Dolor de garganta; 5) Dolor de cabeza; 6) Dolores musculares o articulares; 7) Diferentes tipos de erupciones cutáneas Náuseas o vómitos; 8) Diarrea; 9) Escalofríos o vértigo (OMS, 2020). En función de las recomendaciones se propone la creación de esta careta automatizada.

En el presente trabajo se muestra el diseño y la manufactura aditiva con el objetivo de ofrecer una solución preventiva para prevenir la propagación al SARS CoV-2 y pueda ser utilizada por personas con amputación de sus extremidades (manos), apoyándose de sensores que realizan la función de abre y cierre de la careta de forma automática.

El diseño y manufactura son una fase esencial para el desarrollo del presente proyecto. Se realiza una comparación de caretas convencionales vs Careta automatizada, fabricada por el proceso de manufactura Aditiva.

La manufactura aditiva es un método de producción digitalizada que consiste en fabricar objetos previamente modelados, mediante la deposición de capa por capa de material, hasta conformar un objeto tridimensional (Hernández, Muñoz y Rainer, 2016). Esta es utilizada en el sector industrial, biomédica, aeronáutica, entre otros, para la creación del prototipado rápido (Figura 1).

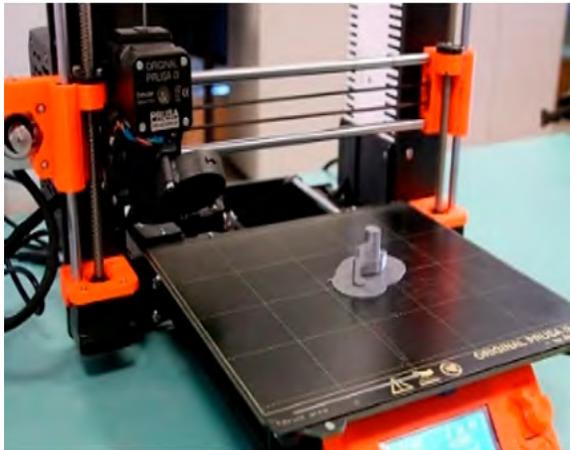


Figura 1. Pieza impresa en 3D (IQS Tech, 2019).

## Materiales y Métodos

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de una careta automática, la cual tiene la capacidad de abrir automáticamente el plástico protector facial por medio de un servomotor colocado en la parte lateral de la careta, el cual se activará a una distancia de dos metros, monitoreado por un sensor ultrasónico de presencia. Además, cuenta con un sensor termómetro infrarrojo de temperatura en la parte frontal interna de la careta, para monitorear en todo momento la temperatura corporal del individuo, esta se visualizará a través de un display oled frontal para que cualquier persona ajena pueda revisar la temperatura del individuo. Se presenta la metodología de diseño y manufactura para el desarrollo de la careta automática (Figura 2).

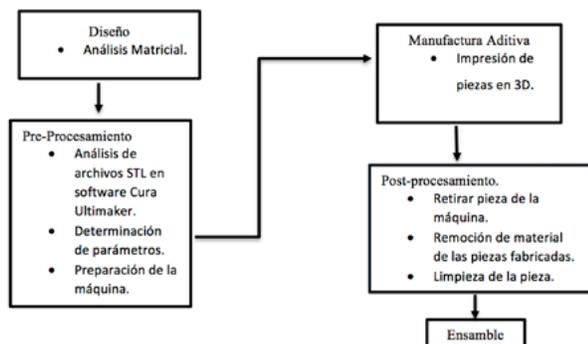


Figura 2. Metodología de Diseño y Manufactura.

## Diseño

En el contexto actual de pandemia global, el satisfacer las necesidades de los clientes de manera casi inmediata, implica un cambio en los procesos de fabricación de productos. Por ello el proceso de diseño de los productos, se debe de cambiar de los modelos tradicionales, que funcionan de manera lineal y jerárquico, a la implementación del diseño concurrente. En la Tabla 1, se describe un comparativo de Caretas vs Careta automatizada.

Tabla 1. Comparativo de Caretas vs Careta automatizada.

Caretas	Imagen	Ventajas
Careta Inteligente de Temperatura		Impresión de partes 3D con material de PLA. Careta Inteligente para monitoreo de temperatura corporal con sensor infrarrojo MLX90614 Visualización de temperatura corporal display OLED 128X64 (BioMakers Industries, 2020)
Máscara Anti-COVID-19 QM-Safe		Evita el contacto directo o indirecto de cualquier tipo de fluido dirigido hacia el rostro del usuario desde diferentes ángulos. Tiene un sistema electrónico e inteligente que realiza un monitoreo periódico de la temperatura Los datos adquiridos en el dispositivo, se descargan al celular para la vigilancia (Paxel Ingeniería S.A.S, 2021)
Careta Automatizada protección Covid-19		Impresión de partes 3D con material de PLA. Abre y cierra automático por medio de un actuador (miniservo) a través de una lectura del sensor ultrasónico, para detectar a una persona con distancia de 2 metros. Monitoreo de temperatura corporal por medio de sensor infrarrojo de temperatura MLX90614. Visualización de temperatura corporal y distancia de presencia a través de un display OLED 128X32. Puede ser utilizada en persona que cuentan con una discapacidad en amputación de brazos. Peso ligero, tamaño compacto.

Aunado a lo anterior, el diseñador deberá desarrollar el proyecto en función de aspectos como el acceso a materiales, ya que, por situaciones globales, la disponibilidad y tiempo de entrega de componentes y materias primas ha sido restringida, esto implica que el diseñador debe de minimizar dentro de lo posible los componentes del producto, los procesos a los que debe someterse y finalmente debe tener en cuenta la sustentabilidad del producto.

Para este proyecto, inicialmente se propone un análisis de necesidades de los clientes, convirtiendo está en parámetros cuantitativos, por ejemplo, un requerimiento es: "la mascarilla debe ser ligera", lo cual se convertirá en un parámetro de peso máximo de 200 gramos.

El Método de convergencia controlada o DATUM permite las decisiones en función de parámetros bien definidos, desarrollado por Pugh a principios de los años 80's, en el que se construye una matriz de decisiones (Aguayo y Soltero, 2003).

La primera etapa para construir esta matriz de decisiones es identificar las necesidades del cliente, las cuales se denominarán criterios, colocándolos en la primera columna, en tanto las posibles soluciones se colocan de manera horizontal. Para el desarrollo se toma como base el procedimiento que se puede encontrar en el libro de Aguayo F., y Soltero V. (2003), por lo que inicialmente se deberán considerar un número posible de soluciones, todas ellas con el mismo nivel de detalle y que todos los criterios de evaluación sean claros y entendidos por el equipo de diseño.

Una vez establecido lo anterior es importante utilizar uno o más productos de referencia, que se encuentren disponibles en el mercado, y al compararlos se sugiere colocar la siguiente simbología (Tabla 2).

Tabla 2. Simbología de diseño.

+1	Significa mejor con relación al referente
-1	Significa peor con relación al referente

Posteriormente se debe llenar la matriz y realizar una sumatoria, al diseño con mayor puntaje se le considera una solución fuerte, en tanto los de menor puntaje o soluciones débiles deben de desecharse. En la Tabla 3, se muestra el análisis matricial de diseño, donde SD significa simbología de diseño.

Tabla 3. Análisis Matricial.

No	Función	Careta Inteligente de Temperatura	SD	Máscara Anti-COVID-19 QM-Safe	SD	Careta automatizada para protección contra el Covid-19	SD
1	Peso	No especificado	-1	No especificado	-1	120 gr	+1
2	Medidas	No especificado	-1	No especificado	-1	L -30 cm, W -19 cm, H - 2 cm	+1
3	Espesor	No especificado	-1	No especificado	-1	5 mm	+1
4	Monitoreo de Temperatura corporal	SI	+1	SI	+1	SI	+1
5	Visualización de datos	SI	+1	NO	-1	SI	+1
6	Operación de abertura	Manual	-1	Manual	-1	Automático	+1
7	Tamaño	Compacto	+1	Grande	-1	Compacto	+1
8	Alimentación	Batería recargable	+1	Batería recargable	+1	Batería recargable	+1
9	Total	Resultado	0	Resultado	-4	Resultado	8

Como resultado del análisis matricial mencionado en la tabla 3, se determina que la careta automatizada para protección contra el COVID-19 es la mejor, obteniendo un puntaje de 8 en comparación de otras dos caretas con un puntaje de 0 para la careta inteligente de temperatura y -4 para la Máscara Anti-COVID-19 QM-Safe. El diseño de la careta propuesta es desarrollado en el software SolidWorks (Figura 3).



Figura 3. Diseño de Careta automatizada en SolidWorks.

## Pre-procesamiento

El diseño de piezas desarrollado en SolidWorks, parte para el Preprocesamiento. Consiste en el análisis de archivos STL, este formato permite realizar la comunicación entre los dos softwares. Estos archivos de las distintas partes de la careta son cargados en el software Ultimaker Cura. En la Figura 4, se muestra el análisis de archivos STL.

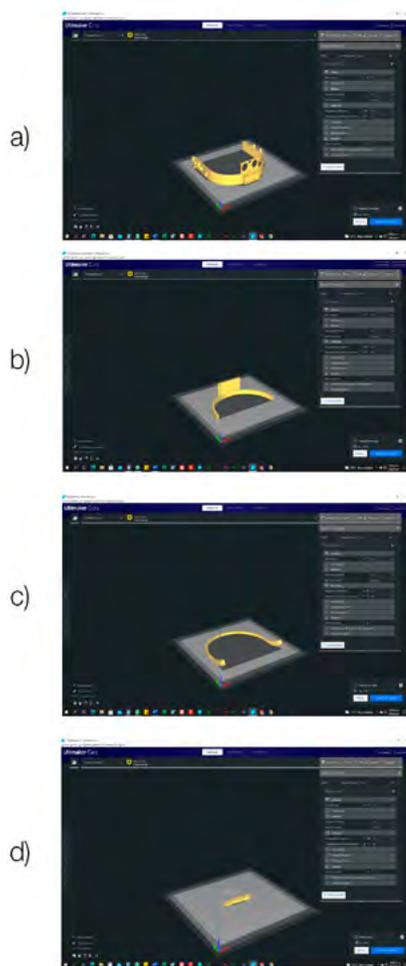


Figura 4. Partes. a) Base; b) Soporte trasero c) Diadema; d) Base trasera.

Dentro del análisis de preprocesamiento se determinan los parámetros de impresión los cuales son: 1) Calidad; 2) Perímetro; 3) Relleno; 4) Temperatura (cama base y extrusor); 5) Retracción; 6) Velocidad. En la tabla 4 se muestran los parámetros de impresión en el software Cura Ultimaker.

Tabla 4. Parámetros de impresión.

Parámetros de impresión en 3D	
Parámetros	Material (PLA)
CALIDAD	
Altura de Capa	0.3 mm
Ancho de línea	1.1 mm
PERÍMETRO	
Grosor de pared	1.2 mm
Grosor Sup/Inf	1.1 mm
RELLENO	
Densidad de relleno	20%
Grosor capa de relleno	1 mm
TEMPERATURA	
Impresión	210°
RETRACCIÓN (mm)	
Desplazamiento	SI
VELOCIDAD (mm/s)	
Impresión	50 mm/s
Desplazamiento	0.1mm
SOPORTE	
Colocación	SI
ADHERENCIA PLACA IMPRESIÓN	
Tipo de adherencia	Falda

Posteriormente se generan los códigos G y M y se guardan en una memoria SD, esta es colocada en la máquina para la lectura de los códigos de cada pieza para iniciar la etapa de manufactura.

## Manufactura Aditiva

La manufactura Aditiva (AM) es utilizada para la fabricación de la careta, basándose en el FDM (Fused Deposition Modeling), esta es una técnica de tecnología de manufactura por adición de capas que produce piezas y partes con geo-

metrías complejas mediante la extrusión y deposición de un material fundido, normalmente ABS o PLA (Álvarez, Lagos y Aizpun, 2016). El material utilizado para la impresión 3D es PLA. La máquina utilizada para la fabricación es una impresora 3D Anet Et4, ver figura 5.

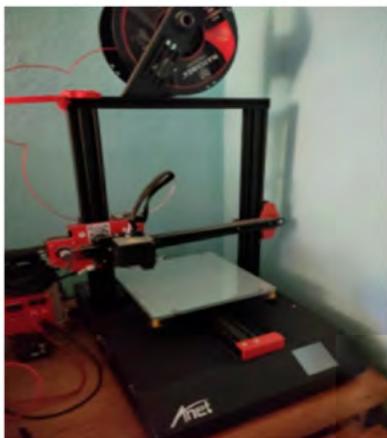


Figura 5. Impresora 3D Anet Et4.

Se realiza la preparación de la máquina para la manufactura, donde se nivela la cama base y se revisa que este en las condiciones adecuadas para su procesamiento. Se fabrican 5 elementos, donde se puede observar: 1) Cantidad de piezas fabricadas y tiempo total de la impresión en minutos (Tabla 5).

Tabla 5. Cantidad de piezas y tiempos de impresión.

Elemento	Cantidad (Piezas)	Tiempo total de impresión (min)
Base	1	197
Diadema	1	63
Base trasera	1	95
Soporte trasero	2	28
Total	5	383

### Post-Procesamiento.

La etapa de post-procesamiento consiste en la remoción del material o limpieza. Se realiza una limpieza de excesos de material que no son ofrecen ninguna función del componente impreso en 3D.

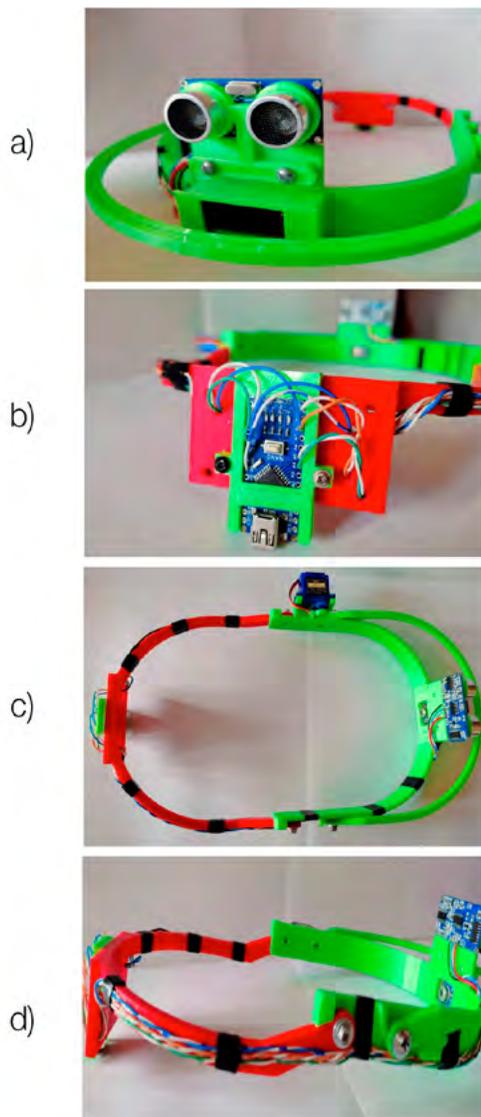


Figura 6. Ensamble de la careta automatizada. Vista a); Vista b); Vista C); Vista d).

## Resultados

La metodología de diseño y manufactura utilizadas en el trabajo presentado, permiten generar la innovación de nuevos productos. La manufactura Aditiva hoy en día acelerara el proceso de fabricación para prototipos de manera segura y eficiente. En la Tabla 6, se determina el tiempo total del diseño, manufactura y ensamble.

Tabla 6. Tiempos de diseño, manufactura y ensamble.

Proceso	Tiempo (hrs)
Diseño	9
Manufactura	3.1
Ensamble	1.6
Total	13.7

La Tabla 7, muestra el material utilizado y el peso de los componentes impresos en 3D. Con un total de 20.43 metros de material utilizado (filamento PLA) y un peso de 62 gramos.

Tabla 7. Material utilizado y peso.

Elemento	Material Utilizado (metros)	Peso (gramos)
Base	10.22	30
Diadema	3.2	10
Base trasera	5.33	16
SopORTE trasero	1.68	6
Total	20.43	62

Se tiene un peso total contemplando los componentes electrónicos de 120 gramos. Esto hace que no sobrepase el peso máximo de los 200 gramos y cumpla con los requerimientos de que la mascarilla debe de ser ligera.

## Conclusiones

El proceso de Manufactura Aditiva es involucrado en la industria 4.0. la cual permite fabricar productos con geometrías complejas. La técnica (FDM), utiliza polímeros de dife-

rentes marcas accesibles a bajo costo, esta permite hacer prototipos funcionales con buena resistencia mecánica que permanecen en el tiempo (Torreblanca, 2016). El prototipo de careta automática fue creado por manufactura aditiva y la técnica (FDM), la cual es una tecnología de punta para su procesamiento. Esta puede ser utilizada en personas con amputación de sus extremidades (manos). La cual le da un valor agregado al desarrollo de este nuevo producto. A continuación, se enuncian las ventajas que ofrece la careta automatizada.

1. No es necesario tener contacto con la careta para retirar el plástico protector.
2. Monitoreo continuo de temperatura corporal.
3. Visualización de temperatura y distancia de presencia.
4. Peso ligero y fácil colocación.
5. Batería recargable.

En investigaciones futuras se pretende mejorar el diseño inicial de la careta automatizada con otro tipo de materiales, como son: ABS, PTG, PLA/FC, y otras geometrías complejas.

## Referencias

- Aguayo F., Soltero V. (2003). Metodología del Diseño Industrial, Un enfoque desde la ingeniería concurrente, México, Editorial Alfaomega-RaMa.
- Álvarez Kenny L. C.1 \* Lagos Rodrigo F. C.1 Aizpun Miguel 1 (2016) Influence of infill parameter on the mechanical resistance in 3D printing, using the Fused Deposition Modeling method, Ingeniare. Revista chilena de ingeniería. A. versión On-line ISSN 0718-3305,
- BioMakers Industries (2020) Careta Inteligente de

Temperatura corporal, recuperado el 10 de septiembre de 2021, disponible en: <https://biomakers.tech/>

Hernández Ángel, Muñoz Romeo, Rainer Christoph (2016) Manufactura Aditiva, realidad reflexión año 16, n° 43, san salvador, el salvador, Centroamérica. revista semestral.

IQS Tech (2019). Impresión 3D/Fabricación aditiva. Innovando el presente. Universitat Ramon Lull, recuperado el 15 de agosto de 2021, disponible en: <https://www.iqs.edu/es/noticia/impresi%C3%B3n-3dfabricaci%C3%B3n-aditiva-innovando-el-presente>.

Organización Mundial de la Salud (2020), Información básica sobre la COVID-19. recuperado el 10 de agosto de 2021, disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>

Pixel Ingeniería S.A.S (2021) Mascara. Anti-COVID-19 QM-Safe, recuperado el 15 de septiembre de 2021, disponible en: <http://www.pixelingenieria.com.co/>

Torreblanca Díaz David (2016) Additive Digital Manufacturing Technologies, advantages for the construction of models, prototypes and short series in the process of product design Iconofacto Vol. 12 N. ° 18 / Páginas 118 - 143



# Índices de calidad de industria productora de carbonato de sodio

Lorena Santos Espinosa<sup>1</sup>, Ricardo Piña Salgado<sup>2</sup>, Filemón Carreño Reyna<sup>3</sup> y Miriam Silvia López Vigil<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico

Superior de la Sierra Negra de Ajalpan

Av. Rafael Ávila Camacho Oriente No 3509 Col. Barrio La Fátima

Ajalpan, Puebla, México, C.P. 75700.

<sup>4</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de

Tehuacán Libramiento Tecnológico S/N, A.P 247,

Sta María Coapan

Tehuacán, Puebla, México,

C.P. 75770.



**Correo correspondiente**

lorenasantosespinosa@ajalpan.tecnm.mx

## Resumen

Este proyecto se elaboró mediante una mecánica de trabajo que disminuye el rechazo de producto terminado determinando áreas de oportunidad en secciones clave del proceso Solvay para producción de carbonato de sodio, para lo cual fue de vital importancia entender la química de la planta de carbonatos. Al concluir el período de observaciones y análisis estadísticos se encontraron ligeras desviaciones en las secciones de carbonatación, filtración y purificación de salmuera, áreas en las cuales se enfatizó el uso del manual de operaciones y procedimientos con lo cual se logró generar un cambio que resulto favorable al reducir el rechazo en el carbonato.

## Abstract

The project was developed using a mechanism of action that reduces the rejection of the finished product, key sections of the Solvay process for the production of sodium carbonate represent an area of opportunity for which it was vitally important to understand the chemistry of the carbonate plant. At the end of the period of observations and statistical analysis, small deviations were found in the sections of carbonation, filtration and brine purification.

In this way, the use of the operations and procedures manual was recommended to these areas, which was achieved generate a change that was favorable by reducing the rejection in carbonate production.

**Palabras clave:** Mejora de la calidad, proceso Solvay, Rechazo en Carbonato Ligero y Carbonato Denso.

**Keywords:** Quality improvement, Solvay process, Light Carbonate Rejection and Dense Carbonate Rejection.

---

## Introducción

El carbonato sódico  $Na_2CO_3$ , es una sal de sodio conocida como carbonato de sodio, barilla, natrón, soda ash, ceniza de sodio o sosa. Físicamente es un polvo translúcido, inodoro, soluble en agua, químicamente estable. En la antigüedad se utilizaba para fabricación de cerámica y limpieza, en Egipto servía para la momificación. En Tanzania surge de géiseres, la sosa se acumula en las orillas de un lago.

A principios del siglo XVIII se había logrado desarrollar un gran número de industrias manufactureras, que necesitaban disponer de productos básicos en elevadas cantidades, principalmente ácidos y bases, entre ellos la sosa que no se encontraba libre en la naturaleza. Nicolas Leblanc en

1787 ideó obtener sosa a escala industrial, logrando poner al alcance un proceso básico en la industria química pesada del siglo XIX. Desde un punto de vista químico este procedimiento implica esencialmente la realización de dos procesos: 1. Reacción de doble descomposición entre el cloruro sódico y el ácido sulfúrico y 2. Reducción del sulfato con coque y reacción del sulfuro producido con caliza (Rodríguez Guarnizo y Rodríguez Barrantes, 1999).

A principios de la década de 1860, dos hermanos belgas, Ernest y Alfred Solvay, desarrollaron un proceso de amoníaco-sosa para fabricar carbonato de sodio que era menos costoso y complicado. En 1890, la mayoría de las empresas británicas se combinaron para formar United Alkali Co. En el siglo XX, el proceso Leblanc estaba obsoleto. La última plan-

ta británica cerró a principios de la década de 1920 (Kiefer, 2002).

En el proceso de soda Solvay, la reacción no ocurre en forma espontánea, sino en dirección inversa por la insolubilidad del carbonato de calcio. Es necesario realizar diferentes procesos como la pirolisis del carbonato de calcio, el dióxido de carbono se fija con amoníaco dando bicarbonato de amonio que a su vez puede intercambiar cationes con el cloruro de sodio. El óxido de calcio producido puede hacer reaccionar con el cloruro de amonio. El bicarbonato de sodio produce soda Solvay por calentamiento (Blesa, 2017).

Los yacimientos de carbonato de sodio más comunes se encuentran en el norte de África (Egipto) con el nombre de Natrón o Trona; en Venezuela, con el nombre de Urao y en México con el nombre de Tequezquite. También se puede encontrar en las aguas de algunos lagos de California y Oregón en Estados Unidos y en embalses de la antigua África Inglesa (Fagundo Castillo, González Hernández, Ferrera León, Benitez Pacheco y Furet Bridón, 2001).

También se puede obtener de la planta álcali (Salsola Kali) especies de este tipo se dan en lugares ricos en sales y yesos las cuales tienen un alto contenido de sosa, antiguamente en la Sierra de Baza se cultivaban una docena de especies, al secar sus flores se quemaban y se obtenía la piedra barilla que contiene arena, salitre, cenizas y carbonato de sodio con el que se elaboraban jabones y se cree que con ellas se fabricaban los cristales de alta calidad de Venecia (Rodríguez, 2021).

El objetivo del proyecto es reducir la cantidad de rechazo interno en toneladas de producción en el carbonato de sodio ligero y denso, tomando como referencia el rechazo interno del año anterior y las exigencias del producto no alcanzadas, para poder investigar y determinar cuáles eran las que se tomarían en cuenta, en el año en curso del proyecto y poder establecer valores más continuos en las áreas de im-

portancia para no incidir en desperfectos que hicieran estar fuera del rango de aceptabilidad.

## Aplicaciones del carbonato sódico

Se cuenta con dos grados de carbonato de sodio. El carbonato de sodio ligero se utiliza en el cuidado de la casa: en la fabricación de detergentes, en la Industria alimenticia tiene diferentes aplicaciones como polvos para hornear, elaboración de sales y bebidas efervescentes, aguas minerales artificiales, conservador de alimentos, eliminador de olores. En la Industria farmacéutica en la elaboración de productos medicinales y en la Textil en curtiduría y en el tratamiento de lana y seda.

El carbonato de sodio denso se usa para la fabricación de vidrio debido a sus propiedades granulares, para que sea ampliamente libre de polvo y se puedan reducir los riesgos de segregación durante el transporte y la manipulación, además tiene aplicaciones en la industria siderúrgica y metalúrgica es usado para tostar el cromo y otros extractos y disminuye el contenido de azufre y fósforo de la fundición y del acero. En tratamiento de aguas se usa para la regulación del pH. Se utiliza en el vidrio y cerámica para bajar el punto de fusión del silicio y poder trabajarlo mejor, también aporta el sólido necesario para formar la red. Asimismo, tiene uso en la industria química para la fabricación de silicatos, fosfatos, polifosfatos, percarbonatos, sulfitos sódicos (MANUCHAR, 2021).

La industria de baterías de litio para la producción de carbonato de Li necesita de diversos recursos que podrán condicionar el del producto comercial:  $CaO$  y  $Na_2CO_3$ . En función que en la región del noroeste de Argentina contiene diversas canteras de carbonatos en rocas Neoproterozoicas y Mesozoicas, adecuadas para la producción de  $CaO$ , se analiza el potencial de instalación de una industria de  $Na_2CO_3$  por proceso SOLVAY (Azarevich, López de Azarevich, Schalamuk, & Azarevich, 2020).

## Problemática

El producto fabricado por la Industria de este caso de estudio tiene una capacidad de producción mensual de 26,000 a 27,000 Toneladas métricas. La empresa produce otros productos, como lo son: Bicarbonato de Sodio, Cloruro de Sodio, Cloruro de Calcio. Las principales materias primas utilizadas en la planta Carbonato son: Piedra Caliza: 36,400 – 37,800 Ton/mes, Amoniaco: 250 – 300 Ton/mes, Coke: 3000 – 3300 Ton/mes, Sulfhidrato de Sodio: 15 – 25 Ton/mes.

El año pasado se presentó una ligera desviación en los resultados de calidad del carbonato de sodio generando la necesidad de corregir las causas que originaron la desviación que llevó al producto fuera del rango establecido.

## Metodología

Se utilizó el manual de operación de la planta donde se encuentran establecidos los índices de aceptación que el carbonato de sodio debe tener para considerarse de calidad, dependiendo del cliente. Para esto, se toma una muestra del producto terminado y se verifica que cumpla con los índices de calidad. Para detectar las áreas de oportunidad se realizó una revisión sobre los archivos de reporte del año anterior como fuente de información, se señalaron los valores que tuvieron un sobresalto excediendo el rango establecido como permitido y se graficaron. Posteriormente se estableció una mesa de diálogo con los operarios de las áreas con mayor repercusión en la especificación del producto y que generan desviaciones en los valores frecuentemente. Entonces se realizó una comparación mensual del rechazo interno del año anterior con el vigente para comprobar los resultados inferiores de rechazo.

Como se puede observar en la Figura 1, la gráfica muestra números elevados en porcentajes de rechazo sobre la granulometría del carbonato ligero igualmente en el carbonato denso muestran un rechazo mayor en la especificación sobre la granulometría.

## Materiales e insumos

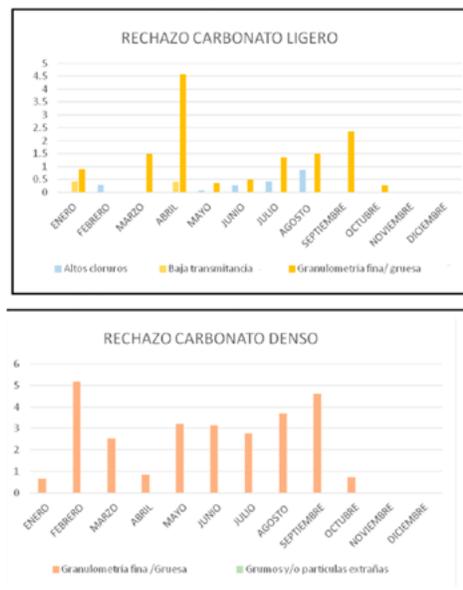


Figura 1. Rechazo Carbonato Ligero y Carbonato Denso.

Se cuentan con 7 pozos para el abastecimiento de agua cruda a la planta. El consumo promedio de agua cruda es de 3,858,335 metros cúbicos anuales a un gasto promedio de 143.29 litros por segundo, la energía eléctrica requerida por la Industria de este caso es proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad en 110 KV, se cuenta con una subestación principal que reduce de 110 a 13.8 KV, a través de dos transformadores de enfriamiento en aceite de capacidad de 15/20/25 MVA. La instalación es de tipo abierta a la intemperie y se alimentan 28 transformadores instalados en diferentes subestaciones secundarias que tienen capacidades desde 2000 KVA hasta 225 KVA en aceite. Existen dos bancos de capacitores en 13.8 KV, de 1200 KVAR cada uno.

El proceso Solvay para la manufactura de Carbonato de Sodio utiliza las siguientes especies químicas como materias primas e insumos: Sal (Cloruro de Sodio,  $NaCl$ ), Agua ( $H_2O$ ), Piedra Caliza (Carbonato de Calcio,  $CaCO_3$ ), Coke (Carbón mineral coquizado), Amoníaco ( $NH_3$ ), Gas natural, Sulfuro de Sodio ( $Na_2S$ ).

La concentración de excesos de reactivos requeridos produce la turbidez adecuada (purificación) de la Salmuera. Una turbidez baja (0-10 ppm) en la Salmuera pura es el resultado de una buena operación del proceso de purificación. Si no se controlaran los excesos de reactivos, un incremento de estos además de ocasionar descontrol en el proceso también da lugar a pérdidas de reactivos al purgar los lodos del sedimentador. Las cantidades ideales para una buena conversión de la reacción son de 4-5 T/100 de Cal por cada 15-20 T/100 de Carbonato.

## Descripción del Proceso en la Sección de Secado.

En la Figura 2, se muestra la sección de secadores de ligera o de secado, el bicarbonato crudo que proviene de la sección de filtración es mezclado inicialmente con carbonato de sodio caliente (retorno) con temperaturas de  $180^{\circ}C$  a  $220^{\circ}C$ , para después ser transformado dentro del secador mediante calor en carbonato de sodio, soda ligera, soda ash o ceniza de sosa.

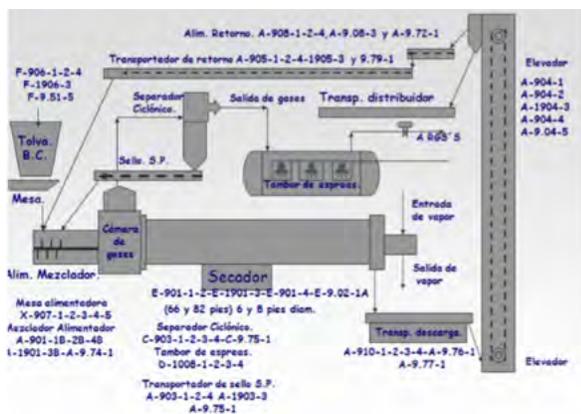


Figura 2. Proceso de secadores.

El bicarbonato crudo es una mezcla de productos químicos originados en las reacciones que tienen lugar dentro de las columnas de carbonatación y está compuesta por bicarbonato de sodio ( $NaHCO_3$ ), cloruro de sodio ( $NaCl$ ), bicarbonato de amonio ( $NH_4HCO_3$ ), carbonato de amonio ( $(NH_4)_2CO_3$ ) y agua ( $H_2O$ ).

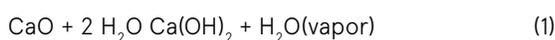
La calcinación o secado de bicarbonato crudo, se hace mediante calor, cubriendo dos objetivos básicos que son los siguientes:

1. Convertir el bicarbonato de sodio a carbonato de sodio, con un mínimo de contenido de humedad y de bicarbonato de sodio.
2. Que los gases resultantes de las reacciones dentro del secador sean recuperados al máximo y aprovechados de nuevo adentro del proceso para que este tenga una buena rentabilidad.

El sistema de secado trabaja al vacío para evitar pérdidas de producto: pero también se debe evitar la entrada de aire al sistema para evitar dilución del bióxido de carbono ( $CO_2$ ), lo cual provocaría una baja eficiencia en la carbonatación de columnas, lo cual traería como consecuencia cristales o sólidos finos, alto porcentaje de humedad en filtración y por último problemas en la operación de los secadores.

La cal que producen los cuatro hornos de cal, es descargada por los mismos a las bandas de cal de cada horno o en forma directa al elevador de cal; un elevador inclinado que recoge la cal caliente en el 1er. piso y la deposita en las tolvas de cal en el 5o. piso del edificio, las cuales alimentan de cal a cada uno de los hidratadores o apagadores de cal, mediante un alimentador de oruga de velocidad variable, la cual es controlada mediante un inversor de velocidad ins-

talada su perilla en el cuarto de control del operador y que controla la velocidad del motor. El hidratador es un cilindro giratorio de placa de acero de 3/8" de espesor donde la cal caliente es alimentada por el frente junto con el agua caliente (condensado secundario de Planta  $CaC_2$  al 38%) que es proporcionada por un tanque de almacén instalado en el 3er. piso y al ser mezcladas en su interior se produce la Lechada de Cal, de acuerdo con la reacción siguiente:



La Lechada de Cal que es descargada por la parte frontal inferior del MLT es cribada en su interior por una criba concéntrica instalada en su parte media, las piedras que no se lograron apagar en el MLT son desalojadas en la parte posterior de la descarga del MLT donde antes de ser descargados son lavadas con agua caliente para quitarles la lechada que las cubre en su superficie externa. Las piedras grandes son mandadas mediante un ducto a la tolva de crudos y las arenas o piedras pequeñas son tiradas al piso para ser enviadas al área de desperdicio de la planta, o bien al molino de bolas.

La Lechada de Cal que descarga cada hidratador es cribada en una criba frontal para separarle los carbones y las piedras pequeñas que arrastra la lechada, que descarga el hidratador hacia su tanque de almacén instalado abajo de cada hidratador, en el 1er. piso.

Para que la reacción de la lechada se termine de efectuar, cada tanque está provisto de capacidad suficiente y con un agitador para mantener la lechada en agitación y que se consume su reacción completa antes de su uso. Posteriormente la lechada es cribada en dos cribas instaladas en serie para terminar de eliminar las arenas, las cuales son desalojadas y enviadas por un transportador de banda hacia el molino de bolas, o bien hacia el área de desperdicio de la planta.

La lechada, después de cribada es enviada a un tanque de almacén, donde mediante una bomba se alimenta a la sección de Destilación, donde se mezcla en los pre-caladores con el licor RH para liberar el  $NH_3$  fijo del licor y también es enviada a la sección de Purificación de Salmuera para eliminar las impurezas del magnesio de la salmuera cruda. Otra mínima parte de la lechada es empleada para ablandar el agua en la sección de tratamiento de Agua.

## Análisis de los índices de calidad

Se llevó a cabo un análisis de las diferentes causas que generan las desviaciones que posicionan fuera del rango aceptable en granulometría, altos cloruros, al carbonato de sodio en su fase final, para su corrección y posterior evaluación estadística.

En caso de presentarse un pico fuera de los rangos establecidos se realiza un muestreo al producto saliente y se determina si aún sigue fuera de especificaciones, si esta condición es continua se procede a corregir valores en los materiales y dosificaciones, posterior a esto se efectúa un muestreo de confirmación si este mantienen valores aceptables se cambia de recipiente final para mantener material 100% aceptable y el material que presenta desperfectos es evaluado según la exigencia del cliente, si el material no presenta problema para las especificaciones del cliente este pasa a ser material terminado en caso contrario el material es vendido a otro cliente que lo tenga dentro de sus rangos establecidos en caso de no existir oportunidad de venta del material como primera este es vendido en rango de segunda o reprocesado. Sin embargo, manteniendo las áreas del complejo funcionando con los valores dentro de los rangos establecidos en los manuales de operación y procedimiento es totalmente posible controlar las especificaciones del producto (Ver Figura 3).

Con un estudio conciso enfatizando en mediciones y señalización de puntos fuera del rango aceptable en las áreas del proceso del carbonato ligero y denso, es posible disminuir las desviaciones en la calidad del producto que lo hacen estar fuera de la especificación dada por el cliente, con esto se pueden detectar y corregir desviaciones en los valores de las áreas y alcanzar la calidad que caracteriza a la empresa. Es prioritario el uso de manuales de procedimiento y la constante comunicación entre las áreas del complejo, teniendo como principal el área de monitoreo e ingeniería de la planta carbonatos.

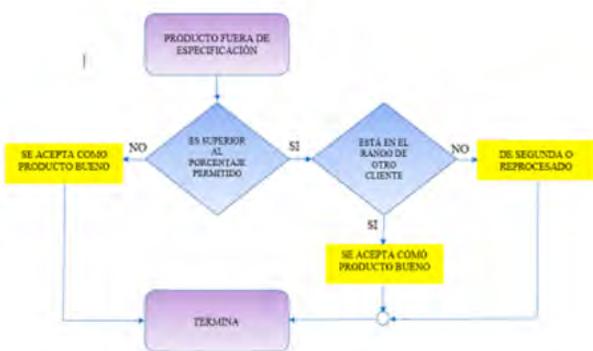


Figura 3. Diagrama de rechazos.

Tabla 1. – Rechazo interno anual.

Nombre de la especificación	Porcentaje de rechazo del total producido de carbonato ligero	Porcentaje de rechazo del total producido de carbonato denso
TRANSMITANCIA	0.09%	0.44%
CLORUROS	0.18%	0%
GRANULOMETRÍA	1.84%	2.67%

## Resultados

Los valores en los meses finales del año anterior se encuentran variables con picos elevados que no exceden el 10% y se mantienen dentro de la especificación lo cual da un resultado aceptable.

Con el trabajo realizado se observa en las gráficas que los valores en los meses finales del año anterior se encuentran variables con picos elevados que no exceden el 10% y se mantienen dentro de la especificación lo cual da un resultado aceptable. La turbidez en la salmuera se mantuvo inferior a las 10 partes por millón en los meses posteriores al estudio y puesta en práctica del manual de procedimiento. Los niveles en la pureza de la salmuera se mantuvieron con variabilidad superior al 2.5% mostrando una estabilidad en los meses siguientes a la puesta en marcha de la información.

La grafica arroja niveles aceptables con poca variabilidad y superiores al nivel inferior generando completa aceptabilidad. Los puntos en la granulometría se encuentran marcados con superioridad al nivel inferior con un 100% de aceptabilidad en el carbonato ligero. La granulometría del carbonato denso tanto en la malla 100% como en la 200% se mantiene estable y bajo del límite generando aceptabilidad y un menor número de desviaciones lo cual comprueba que el proyecto tanto en estudio como en la puesta en práctica de la información fueron correctos y ayudaron a disminuir el rechazo por granulometría en el carbonato denso.

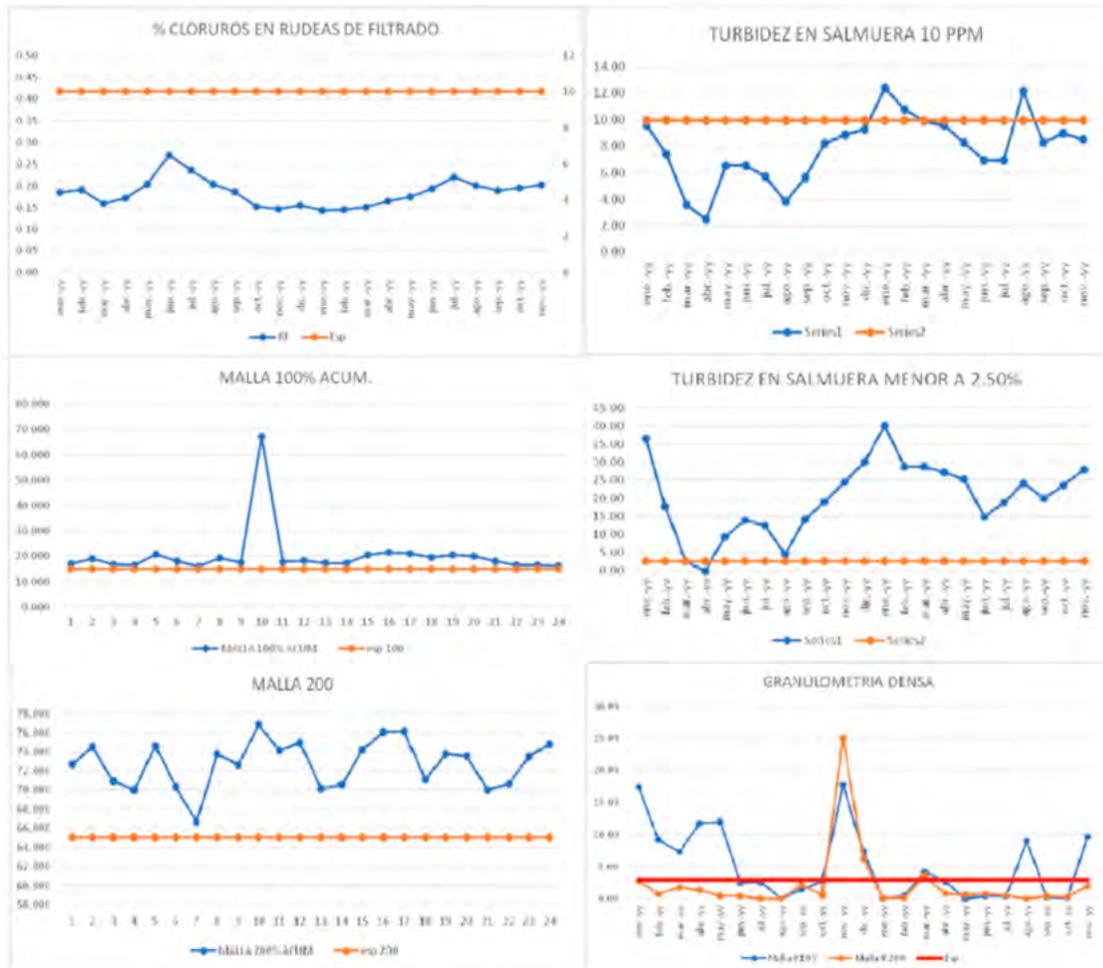


Figura 4. Gráficas.

Tabla 2. Rechazo interno anual.

NOMBRE DE LA ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE DE RECHAZO DEL TOTAL PRODUCIDO AÑO ANTERIOR	PORCENTAJE DE RECHAZO DEL TOTAL PRODUCIDO AÑO ACTUAL	PORCENTAJE DE RECHAZO DEL TOTAL PRODUCIDO AÑO ANTERIOR	PORCENTAJE DE RECHAZO DEL TOTAL PRODUCIDO AÑO ACTUAL
	CARBONATO LIGERO		CARBONATO DENSO	
TRANSMITANCIA	0.09%	0.03%	0.44%	0%
CLORUROS	0.18%	0.49%	0%	0%
GRANULOMETRIA	1.34%	1.27%	2.67%	0.78%
<b>TOTAL:</b>	<b>1.81%</b>	<b>1.78%</b>	<b>3.11%</b>	<b>0.78%</b>
	MAXIMO ACEPTABLE <b>3.00</b>		MAXIMO ACEPTABLE <b>1.60</b>	

## Conclusión

Los resultados obtenidos en este proyecto demuestran que después de haberse estudiado y corregido las desviaciones en los valores químicos de la planta con ayuda del manual de operaciones, fue posible disminuir el número de rechazo interno del producto por tener valores fuera de especificación sobre la efectividad del proyecto y su repercusión en áreas terceras a las estudiadas e intervenidas por el mismo, al mantenerse datos constantes en la maquinaria también fue posible disminuir el desgaste por sobreesfuerzos en la misma y en las múltiples partes del complejo, directamente al tener un mejor control sobre la pureza de la salmuera se ha podido aligerar la carga a las bombas de succión y llenado implicadas en la salmuera y las tuberías registraron menos incrustaciones.

El proyecto ha generado un resultado altamente efectivo al demostrar que se puede mejorar la calidad en el proceso y así disminuir el rechazo del carbonato de sodio en sus dos variantes ligero y denso, disminuyendo costos en reprocesos y maximizando números de producto terminado sin ningún problema para aprobar las especificaciones de un público altamente exigente, dejando muy en claro que la empresa cuenta con ingenieros altamente calificados capaces de superar cualquier reto del mercado.

## Referencias

ANDRITZ. Engineered Success. (2018). Separation. Pioneering Drying Technology. Fluidized bed drying and cooling for the soda ash industry. Graz, Austria. Obtenido de <https://www.andritz.com/resource/blob/271840/990e81d16567b1858b73b30be05281e2/pas-fbd-soda-ash-en-web-data.pdf>

Azarevich, L. d., López de Azarevich, V. L., Schalamuk, I., y Azarevich, M. (2020). Instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio. En *El litio en la Argentina: Visiones y aportes multidisciplinares desde la UNLP* (págs. 221-231).

Blesa, M. A. (2017). Asociación argentina para el progreso de las ciencias. Obtenido de la industria química pesada y la contaminación evolución de la producción de soda Solvay: <https://aargentinpaciencias.org/grandes-temas-ambientales/la-industria-quimica-pesada-y-la-contaminacion-evolucion-de-la-produccion-de-soda-solvay/>

Canónico, P. (2014). Aplicación de Six Sigma para la reducción de rechazos de entrega de producto terminado de una empresa multinacional de alimentos. BUENOS AIRES: Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Fagundo Castillo, J., González Hernández, P., Ferrera León, V., Benitez Pacheco, G., y Furet Bridón, N. (2001). Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14878988/fagundo-jr-p-gonzalez-v-ferrera-g-benitez-nr-furet-j-/2>

Kiefer, D. M. (January de 2002). It was all about alkali. Today's Chemist at work, 45-46,49. Obtenido de [http://pubsapp.acs.org/subscribe/journals/tcaw/11/i01/toc/toc\\_i01.html](http://pubsapp.acs.org/subscribe/journals/tcaw/11/i01/toc/toc_i01.html)

MANUCHAR. (2021). Obtenido de <https://manuchar.com.mx/productos/cuidado-de-casa-y-detergentes/carbonato-de-sodio/>

Muñoz, S. R. (2015). Análisis de rechazos en una línea de producción del sector automóvil. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

Pacheco, L. R. (2018). Proceso químico del carbonato de sodio. Monterrey n.l: alcali industria química.

Peña, R. M. (2013). Proyecto de mejora continua de un proceso de fabricación en serie para componentes de automóvil. Burgos: Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.

POCHTECA. (Noviembre de 2014). Obtenido de <https://mexico.pochteca.net/carbonato-de-sodio/>

Rodríguez Guarnizo, J., y Rodríguez Barrantes, D. (1999).

Los procedimientos clásicos de fabricación de la sosa.  
Dialnet, 293-310. ISSN 0214-4842, ISSN-e 2171-9098

Rodríguez , J. (2021). Proyecto Sierra de Baza. Revista Digital. Obtenido de <https://sierradebaza.org/fichas-tecnicas/fichas-flora-plantas/flora-a-b/barrilla-o-salsola-salsola-sps>

Santiago Espinoza, A., Perez Olguin, I., Ruíz Sánchez , M. M., y Guevara Fierro, N. F. (2014). Reducción de Defectos por Medio de Seis Sigma. En Ingeniería de Procesos: Casos Prácticos (págs. 76-83). Ciudad Juárez: UTCJ.

Villanueva-Flores, R. (1). Efecto de la granulometría del bicarbonato de sodio en la producción de galletas tipo soda. Ingeniería Industrial, (023), 23-33. <https://doi.org/10.26439/ing.ind1999.n023.518>

Veliev, E.I. & L.Vaserman, y O.Sytnik, y et.al, Z.. (2010). World soda ash manufacturers Reference catalogue. ISBN: 978-966-8855-66-5



# Modelado de una chapa metálica de acero estructural en el proceso de rolado por simulación numérica

Emmanuel Sandoval<sup>1</sup>, Jorge León<sup>2</sup>, Ismael Pérez<sup>3</sup> y Eloy Dimas<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Politécnica del Valle de México

Av. Mexiquense s/n Esquina Universidad Politécnica

Tultitlan, Estado de México, País,

C.P. 54910.



**Correo correspondiente**

jorge.leon@upvm.edu.mx

## Resumen

El propósito es analizar el comportamiento de una chapa metálica de acero estructural en la deformación plástica producida en el laminado, a través del modelado de un proceso en simulación numérica para determinar esfuerzos en la cara superior e inferior de la chapa, así como la deformación total y equivalente y determinar si es factible. En esta investigación se muestra la modelación y simulación numérica del proceso de laminado de una plancha de acero estructural. Se realizó el modelado de la pieza en la plataforma de ANSYS Workbench. Los valores obtenidos mostraron que los esfuerzos de deformación y la deformación de la plancha son muy cercanos a los que se obtiene de manera analítica, por lo que se concluyó que la simulación numérica del proceso es confiable, sin la necesidad de llegar a las pruebas destructivas, que pueden ser costosas y con tiempos de respuestas grandes, y además mejora la toma de decisiones en el área de conformados.

## Abstract

The purpose is to analyze the behavior of a structural steel metal sheet in the plastic deformation produced in the rolling, through the modeling of a process in numerical simulation to determine forces on the upper and lower face of the sheet, as well

as the total deformation and equivalent and determine if it is feasible. This research shows the modeling and numerical simulation of the rolling process of a structural steel plate. The part was modeled on the ANSYS Workbench platform. The values obtained showed that the deformation efforts and the deformation of the plate are very close obtained analytically, so it was concluded that the numerical simulation of the process is reliable, without the need to reach destructive tests, wich can be expensive and with long response times, an also improves decision making in the forming area.

**Palabras clave:** Rolado en frío, esfuerzo de deformación, deformación plástica, simulación numérica.

**Keywords:** Cold Rolled, deformation effort, plastic deformation, numerical simulation.

## Introducción

El laminado es un proceso muy utilizado para la obtención de diferentes productos en la industria metal mecánico, en forma general este proceso involucra un par de rodillos que se hacen pasar sobre una chapa metálica de acero, aplicándole presión en ambos extremos de las caras para ir reduciendo su espesor (Kalpakjian, S.; Schmid, S. 2002), hasta obtener el ancho deseado (Figura 1.). Este proceso se puede llevar a cabo en dos vertientes, en frío y en caliente, dependiendo de las especificaciones finales del producto.

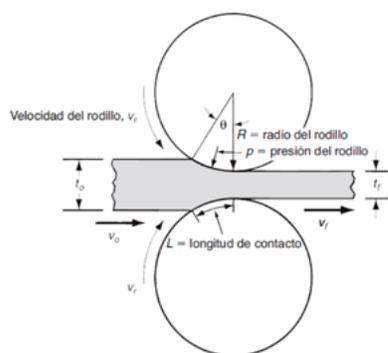


Figura 1. Vista lateral del laminado en frío (Fuente:

Groover 2007, pág. 394).

En la Figura 1, se puede ver que el proceso de laminado está compuesto por dos rodillos de radio  $R$  de igual magnitud que comprimen la chapa metálica que está dispuesta entre estos. La chapa tiene un espesor inicial que es llevada hasta un espesor final por la acción de compresión de los rodillos, cuando se hace pasar la chapa entre ellos, obteniendo una velocidad final a la salida (Groover M., 2007).

La reducción del espesor de la chapa, puede ser evaluada en forma teórica a partir del coeficiente de fricción o el ángulo de mordedura de los rodillos. Estos parámetros muestran que el esfuerzo de las caras de la plancha pueda llegar a ser crítico y afectar la deformación total y equivalente; obviamente los parámetros en función de la reducción del espesor de la chapa son solo un inicio en el análisis más profundo de la situación, que al final son muy confiables. Sin embargo este procedimiento analítico es complejo y requiere de un gran número de horas de desarrollo.

La simulación numérica con software ha sido aplicada a

diferentes procesos, y es una opción de diseño y en la toma de decisiones de esa índole, pues ofrece reducir costes de desarrollo e incrementado la eficiencia operativa del proceso. Existen numerosos ejemplos de trabajos desarrollados, como por ejemplo el desarrollado Mejía (2004), o por el equipo de Fernández (2012).

## Marco Teórico

El proceso de laminado consiste en reducir el espesor de la sección transversal de una pieza larga de material mediante la aplicación de fuerzas de compresión, a través de un par de rodillos (Kalpakjian, 2002, pág.320). El laminado es uno de los procesos de conformado mayormente utilizado en la industria para obtener materias primas como placas, laminas, barras, tubos, entre otros, que después serán utilizados en la industria metalmeccánica, aeronáutica, automovilística, entre otros, para obtener piezas de los productos que se elaboran en estas industrias.

Existen varios procesos de laminado que se clasifican de acuerdo con los laminadores utilizados para su conformación. El laminado plano es el más común para el proceso, en forma general se conforma la lámina haciéndola pasar por entre dos rodillos como se muestra en la Figura 1, para que se pueda llevar a cabo es necesario conocer que tanto trabajo se puede realizar sin afectar las propiedades microscópicas y mecánicas, para ello se utiliza un parámetro conocido como draft, que es la relación entre el espesor original menos el espeso a la salida de los rodillos y otra variable denominada reducción máxima permisible que toma en cuenta el coeficiente de fricción entre el rodillo y la chapa metálica (Vázquez, 2015, pág. 135), dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta h_{max} = \mu^2 R \quad (1)$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción y  $R$  es el diámetro exterior del rodillo utilizado para el proceso. Por lo tanto, si

$$d < \Delta h_{max} \quad (2)$$

No se puede realizar la reducción del espesor.

El coeficiente de fricción está relacionado con el ángulo de mordida  $\theta$ , o de entrada, como se muestra en la Figura 1.

$$\mu = \text{tg } \theta \quad (3)$$

Estas variables son importantes para determinar la deformación real en el trabajo de laminado, el esfuerzo de fluencia promedio y finalmente el estimar la fuerza y potencia de laminado.

La anisotropía es la dependencia direccional de las propiedades de un material y está asociada con la discrepancia de la dirección cristalográfica dentro de una celda unitaria del material dado (Callister, 2016, pág. 67). Las propiedades mecánicas, magnéticas, ópticas y dieléctricas pueden ser diferentes al medirlas en distintas direcciones o planos cristalográficos dentro de un cristal; en este caso, se dice que el metal es anisotrópico. Si las propiedades son idénticas en todas direcciones, el cristal es isotrópico. El efecto de la anisotropía cristalográfica se puede enmascarar en un material policristalino por la orientación aleatoria de los granos (Askeland, 2004, pág. 117). Hay dos tipos de anisotropía que ayudan a describir el comportamiento plástico del material, que está en función de la dirección de la presión que se aplica, y son la anisotropía uniaxial y la anisotropía biaxial.

Los materiales metálicos tienen diferentes propiedades y dependiendo de la aplicación el uso de uno o de otra. Estas propiedades se obtienen esencialmente del diagrama de esfuerzo deformación (Figura 2), en el que se pueden dis-

tinguir dos zonas principales: la zona de la elasticidad donde la deformación del material es directamente proporcional al esfuerzo que provoca dicha deformación y que se utiliza para obtener el módulo de elasticidad, utilizado en aplicaciones de diseño, y la segunda conocida como plasticidad y que está relacionada con la forma en que el material absorbe grandes cantidades de energía y es la de más uso común para el diseño de procesos de conformado metálico.

La plasticidad se puede considerar como una propiedad de los materiales, principalmente los metálicos, y es utilizada para poder predecir el comportamiento en el formado de productos laminados, independiente del material que se trate (Vázquez, 2018, pág. 123), para los metales y sus aleaciones, se pueden establecer relaciones esfuerzo-deformación, en función del esfuerzo, la deformación, la rapidez de deformación, la temperatura y la estructura, respectivamente.

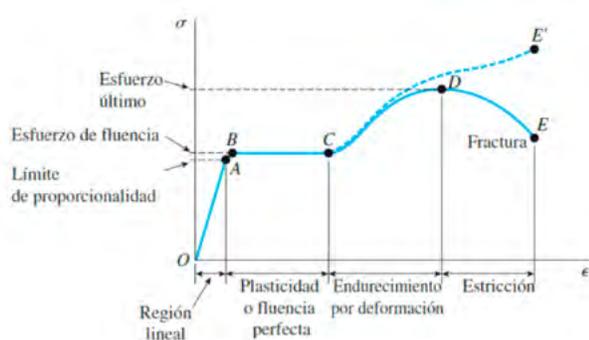


Figura 2. Diagrama esfuerzo-deformación unitaria para un acero estructural en tensión (Fuente: Gere, 2009, pág. 19).

En la gráfica de la Figura 2, se muestra el comportamiento plástico ideal de los metales, y no se observa el real, es decir, que es la forma idealizada de la deformación plástica. Durante el ensayo la tensión real se forma un cuello en la zona de la deformación de la probeta conocida como estricción, la disminución de la tensión necesaria para continuar con la

deformación de la probeta, pasando por el punto máximo, parece indicar que el metal sea más débil. Y no es así, sino que, de hecho, está aumentando su resistencia. Sin embargo, el área de la sección transversal se reduce rápidamente en la zona de estricción, donde se produce la deformación. Esto induce una disminución de la capacidad de carga de la probeta. El valor de la tensión, que se calcula normalmente con la ecuación de esfuerzo, contempla un cociente con la sección inicial, antes de cualquier deformación, y no tiene en cuenta esta reducción en la zona de estricción (Callister, 2016, pág. 227).

El esfuerzo real es la carga dividida entre el área transversal real del espécimen con esa carga y a la deformación real como la deformación calculada con las dimensiones reales, y no las originales; ambas quedan definidas como (Askeland, 2004, pág. 299-300):

$$\sigma_t = \frac{P}{A_t} \tag{4}$$

$$\epsilon_t = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$$

El acero estructural es un tipo de acero utilizado para bastidores y estructuras en la industria automotriz, aeronáutica, marítima, en sí, en aquellas donde la parte estructural es importante para soportar grandes cargas estáticas como dinámicas, dependiendo de la aplicación. La designación ASTM, está basada en la numeración designada por la asociación norteamericana con las mismas siglas que es American Society Testing Materials, por sus siglas en inglés (Sociedad Americana de Ensayo de Materiales) la designación se basa en el punto de fluencia promedio del material de que se trate. El acero ASTM A36 tiene un punto de fluencia de 36 ksi (248 Mpa) y es muy dúctil. Es un acero de bajo carbono y laminado caliente, disponible en láminas, placas, barras y perfi-

les estructurales; por ejemplo, algunas vigas I, vigas estándar estadounidense, canales y ángulos (Mott, 2006, pág. 54). La soldabilidad es muy buena.

Cuando los componentes de la hoja estampada se retiran de las herramientas de formación, las tensiones internas residuales se relajarán y se alcanzará un nuevo estado de equilibrio. Como resultado, la forma final de la pieza dibujada se desviará de la forma impuesta por la herramienta de formación. Este fenómeno es conocido como la recuperación elástica (springback), (Banadic, 2015, pág. 268). Este fenómeno, también conocido como recuperación elástica, provocará que las dimensiones de dibujo no concuerden con las obtenidas en la pieza final, provocando una discrepancia en las medidas, y por ende una desviación en la calidad final del producto, así como otros problemas que pueden ser: desviación de tolerancias, problemas de ensamble y una relación baja entre peso y resistencia, lo que provoca un bajo rendimiento de combustible en aplicaciones automotrices.

Existen dos métodos básicos para la compensación geométrica dentro de la simulación. El primero de ellos se llama compensación spring-forward, y el segundo spring-back, ambos siguen un proceso iterativo.

## Descripción del Método

El proceso de modelado requirió de una serie de pasos a seguir, de forma estricta cumpliendo los puntos requeridos por el software de simulación, utilizado en el presente trabajo.

**Pre-proceso.** Donde se lleva a cabo la construcción de la geometría del proceso de rolado; realización del croquis de los rodillos, tanto el superior, como el inferior y de la plancha del material para procesar. En esta parte se decidió que la simulación fuera en 2D, ya que el problema se puede considerar en forma simétrica. La geometría del modelo consis-

tió en dos rodillos uno superior y otro dispuesto en la parte inferior de la plancha, ambos elementos tienen un radio interior de 140 mm y un diámetro exterior de 200 mm; la plancha tiene las dimensiones lineales de 400 mm en el eje x, es decir, de longitud y, de 80 mm de espesor, dispuesto en el eje y, de acuerdo con el sistema de coordenadas dado por el sistema.

Se realizó en uno de los extremos de la plancha un croquis, con un espesor de 68 mm, esto para que hubiera superficies de contacto entre los rodillos y la plancha. También corresponde al espesor inicial de entrada de los rodillos en la pieza de trabajo.

La conexión se da en las superficies de los dos rodillos con dos caras de tamaño pequeño, que tienen un ángulo de inclinación, para facilitar la entrada de la plancha entre los dos rodillos.

El contacto principal se llevó a cabo a 13.5 grados, es decir, la cara superior e inferior de la plancha se conectan a esta en dos caras pequeñas, que son normales al eje de los rodillos.

Los rodillos se modelaron en forma estática, colocando un coeficiente de fricción de 0.1, para que pudiese deslizarse la plancha a través de ellos, de tal manera que asemejara lo más real el proceso de laminado y, es el más recomendado para contacto entre acero estructural.

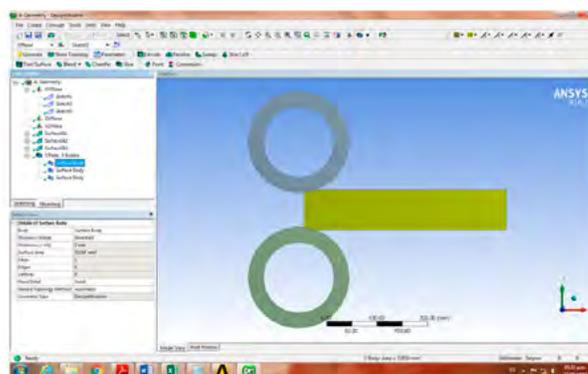


Figura 3. Modelo de rodillos de rolado y plancha.

**Proceso.** Se definieron las condiciones del problema, estableciendo las restricciones de movimiento, tanto de los rodillos como de la plancha.

Por lo regular las simulaciones se llevan a cabo en 3D, pero existen una gran variedad de problemas que se pueden simular en 2D (Chandrupatla, T.; Belegundu, A. 1999), la principal característica para que se pueda hacer esto, es que el proceso sea simétrico en su geometría y también, cuando se coloquen las cargas. Estas ventajas son:

- a. Simplificación en la realización de la geometría.
- b. Una mejor calidad en el mallado inclusive.
- c. El tiempo de cómputo es mucho menor.
- d. Los resultados que se obtienen son muy fáciles de interpretar.

Otra característica importante definida en este paso es el método de control del módulo de Solver, para controlar la deformación de la pieza que se está procesando. La gráfica de la Figura 4, nos muestra que fueron necesarias 943 iteraciones para encontrar la solución del modelo.

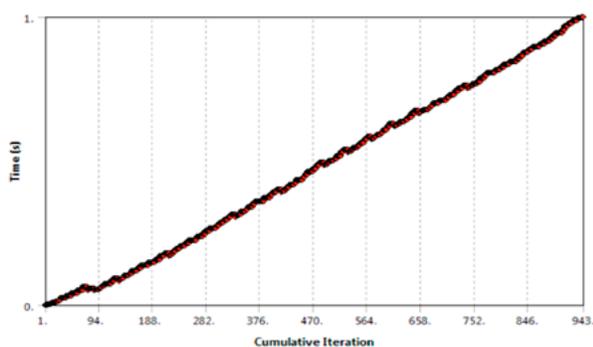


Figura 4. Número de iteración por paso (Fuente: ANSYS R16.2)

**Post-proceso.** En esta parte se visualizan los resultados obtenidos; la deformación de la plancha cuando se desplaza entre los rodillos, y el esfuerzo de Von Mises, que se induce en las caras de la plancha, obteniendo estas dos características mecánicas.

Se utilizó la interfaz gráfica del software de simulación conocido como ANSYS® Workbench Static Structural, reconocido por su confiabilidad en el diseño y simulación por elemento finito (FEA, Finite Element Analysis), soportado por APDL (ANSYS Parametric Design Language). Los resultados obtenidos se discutirán en la siguiente sección.

## Resultados

Son tres los resultados de interés: la deformación total de la plancha durante el proceso, la deformación elástica equivalente y el esfuerzo equivalente.

La deformación total es la que se da en toda la pieza de trabajo, tanto en forma longitudinal y en forma transversal, esto para que ocurra un desplazamiento de material, para reducir la sección transversal de este, es decir, su espesor.

La deformación total es un parámetro necesario para conocer cómo se deforma el material cuando está sujeto a una fuerza de compresión causada por los rodillos. La Figura 5 muestra la gráfica de deformación obtenida en la simulación. El eje "x" indica el tiempo en cual ocurre la deformación para este caso de 1 segundo, en el eje "y" se representa la deformación total sufrida por la plancha en mm.

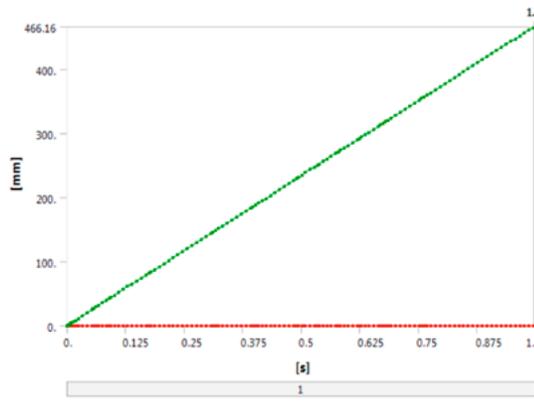


Figura 5. Deformación total (Fuente: ANSYS R16.2).

La deformación elástica equivalente nos describe como se desplazan pequeños elementos adyacentes entre puntos vecinos del material, ayudándonos a observar el comportamiento de la deformación de este.

El esfuerzo en forma particular describe la intensidad de la fuerza que se le aplica a la plancha, a partir de la compresión que ejercen los rodillos sobre esta. El criterio utilizado para evaluar este parámetro es el Esfuerzo Equivalente de Von Mises, con el que se puede predecir la falla de un material (por lo regular metales), tomando como criterio que este esfuerzo sea menor que el esfuerzo de fluencia del material en cuestión. La Figura 6, muestra la gráfica del esfuerzo equivalente obtenida en la simulación.

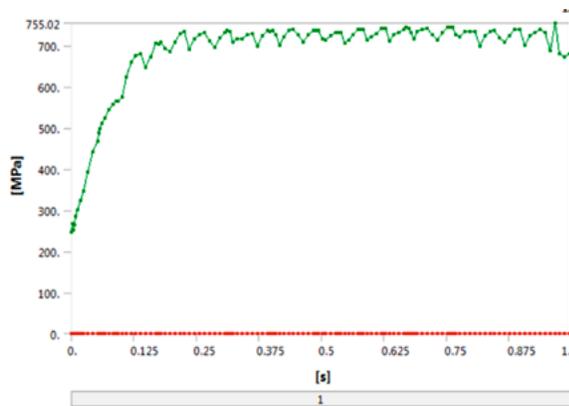


Figura 6. Curva de esfuerzo equivalente de Von Mises (Fuente: ANSYS R16.2)

La deformación total presentada en la plancha fue de 466.16 mm con respecto a su longitud inicial. Esta deformación representa el cambio de dimensiones como se observa

en la Figura 7, indicando que habría un cambio dimensional considerable en las medidas finales de la plancha, provocando que haya un ensanchamiento en la parte lateral de las caras de la pieza y, también se presta atención que hay una aglomeración en la parte frontal, es decir, la generación de una curvatura cóncava, al parecer este fenómeno se presentaría por causa del deslizamiento de material hacia enfrente provocada por la presión de los rodillos.

Finalmente, se puede observar en las caras superior e inferior de la plancha, que hubo una deformación homogénea, y podemos considerar que la restitución del material, mejor conocida como "spring back" no se presentó en esta zona de la plancha.

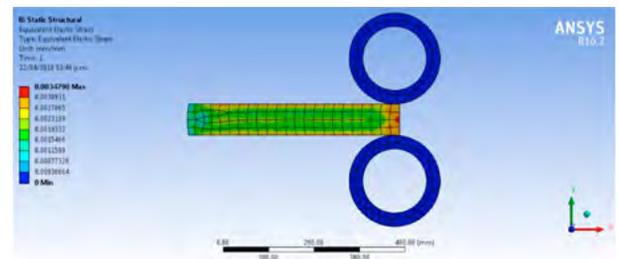


Figura 7. Deformación elástica equivalente de la plancha después del proceso de laminado (fuente: ANSYS R16.2).

### Comparativos de resultados encontrados

Como comparativo del resultado obtenido, con respecto al obtenido por Díaz Samaniego (2004) y el grupo de trabajo de Ping Lu (2015).

Tabla 1. Comparación del esfuerzo equivalente (fuente propia).

Trabajo	Numero de pasadas	Esfuerzo obtenido (MPa)
Díaz Samaniego (2004)	1	314.00
	2	547.00
	3	650.00
Equipo de Ping Lu (2015)	1	324.75
	2	574.30
	3	597.64
Emmanuel Sandoval Reza (2019)	1	682.86

Esto indica que no se podría realizar la reducción propuesta, por lo tanto, queda nuevamente de manifiesto que la simulación si es consistente con los cálculos teóricos y los resultados mostrados en los estudios de Díaz Samaniego (2004) y por el equipo de Ping Lu (2015) son confiables.

## Conclusión

En la actualidad las simulaciones numéricas son una alternativa para modelar, simular y analizar diferentes fenómenos, productos y procesos casi de cualquier índole y ámbito científico y tecnológico, resulta de fácil acceso para la obtención de datos que son muy confiables, casi como si se hiciera en forma real. Ayuda a disminuir tiempos de producción y costes, pero tiene la desventaja de que se requiere personal altamente calificado. La simulación numérica del proceso de laminado presentado en esta investigación se realizó aumentando el doble del draft requerido para poder analizar y observar si los resultados obtenidos por esta simulación pudieran ser confiables.

En futuras aplicaciones, se recomienda, realizar la simulación en tercera dimensión, para poder considerar más variables en el proceso, como pueden ser las deformaciones y esfuerzos en las caras laterales, frontal y posterior, ya que en la investigación se consideró la parte superior e inferior

de la plancha. También se recomienda que se puedan ensayar diferentes valores numéricos del coeficiente de fricción entre los rodillos y las caras de la plancha, para estudiar esas configuraciones y analizar su comportamiento.

## Referencias

- Banadic, D. (2010) Sheet metal forming processes: constitutive modelling and numerical simulation, Berling Heidelberg, Springer-Verlang.
- Callister, W.D., Jr; Rethwish, D. (2016) Ciencia e ingeniería de materiales. 2° ed. Barcelona, Reverté
- Chandrupatla, T.; Belegundu, A. (1999) Introducción al estudio del elemento finito en ingeniería, 2° ed., México, Prentice Hall.
- Díaz Samaniego, Luis Gerardo y Cruz Fierro, Carlos Augusto de la y Guerrero Mata, Martha Patricia y Colás Ortíz, Rafael y Viramontes Brown, Ricardo y Lizcano Zulaica, Carlos Javier (2004) Simulación de laminado en frío de aceros al carbono usando ABAQUS. Ingenierías, 7 (24), pp. 35-41.
- Fernández, T.; Rodríguez, I.; Alcántara, D. y Fernández, E. (2012) Tensiones de contacto por el método de elementos finitos del acero AISI 1045 endurecido por rodillo, [Internet] Revista de metalurgia, Disponible desde <<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/1220/1231>> [Acceso 04 de septiembre de 2018].
- Groover, M. (2007) Fundamentos de manufactura moderna, 3° ed. México, Mc Graw Hill.
- Kalpakjian, S.; Schmid, S. (2002) Manufactura, ingeniería y tecnología, 4° ed. México, Pearson Educación.
- Mott, R. (2006) Diseño de elementos de máquinas, 4° edición, México, Pearson Education.
- Vázquez, L.; (2015) Formado de metales, México, Pearson Educación.



# Tecnología disruptiva, metodología SAFe: Casos de análisis

*Icela Mendoza Lozano<sup>1</sup>, Claudia Ángles Barrios<sup>2</sup>, Juan Carlos Pizarro Martínez<sup>3</sup> y Guillermina Yanet Rojas López<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3,4</sup> Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Juárez

Av. Tecnológico #1340, Cd. Juárez Chihuahua México,

C.P. 32500.



**Correo correspondiente**

imendoza@itcj.edu.mx

## Resumen

Las aplicaciones emergentes, dan paso nuevas metodologías de diseño de software, lo cual se puede ver con los grandes cambios tecnológicos y en el desarrollo de aplicaciones; la pandemia ha sacado a flote nuevas tecnologías que se fueron mermando y olvidando. La empresa que se presenta en esta investigación observó mercados nuevos y casos simples para atacar necesidades específicas y olvidadas por las grandes empresas desarrolladoras. Sinnaps le da una oportunidad al modelo ágil y a sus beneficios; además de Scaled Agile como empresa emprendedora y con innovadoras metodologías. El objetivo de este estudio es conocer los beneficios para las pequeñas y medianas empresas, ventajas que ofrece una empresa desarrolladora con un mercado orientado a las grandes compañías y las innovaciones tecnológicas implícitas en ello. Esto utilizando la metodología SAFe la cual garantiza la seguridad y estabilidad en cualquier situación que se exponga para el desarrollo de software.

## Abstract

Emerging applications give way to new software design methodologies, which can be seen with the great technological changes and in the development of applications; the pandemic has brought out new technologies that have been diminished and forgotten. The company that is presented in this research observed new markets and simple cases to attack specific needs forgotten by large developer companies. Sinnaps gives the agile model and its benefits a chance; in addition to Scaled Agile as an entrepreneurial company and with innovative methodologies. The objective of this study is to know the benefits for small and medium-sized companies, advantages offered by a developer with a market oriented to large companies and the technological innovations implicit in this. This using the SAFe methodology which guarantees security and stability in any situation that is exposed for software development.

**Palabras clave:** Tecnología disruptiva, ágil, Scaled Agile Framework Enterprise.

**Keywords:** Disruptive Technologies, Agile, Scaled Agile Framework Enterprise.

---

## Introducción

El desarrollo de Software, específicamente, tiene gran evolución en la última década; las nuevas tecnologías emergentes llevan a evolucionar a las empresas, tanto desarrolladoras como a aquellas que requieren sistemas integrales o sistemas específicos para el buen manejo de la información en la empresa.

En el campo del desarrollo se tienen varios modelos o metodologías a seguir, algunas muy recientes, otras muy extremas; pero de todas las que se pueden tener, se conoce una que ha rebasado el tiempo y las condiciones del mercado cambiante. Las metodologías ágiles se conocen por abar-

car gran cantidad de modelos, Sommerville (2005) explica con detalle como estas metodologías son dependientes de los enfoques iterativos y su nacimiento se gesta a partir de los requerimientos, especificaciones y entrega del software a partir de las necesidades de los negocios; esto debido al cambiante y vertiginoso desarrollo de las empresas. Las entregas se visualizan con maneras rápidas pero eficaces de propuestas a los sistemas y sus cambios (p. 362).

El más exitoso o utilizado de todos los modelos ágiles de proceso es la programación extrema (XP); se tienen algunos otros y están en uso en diferentes rubros de la industria. Se pueden tener algunos de estos en palabras de Roger Pressman (2010):

- Desarrollo adaptativo de software (DAS)
- Scrum
- Método de desarrollo de sistemas dinámicos (MDSD)
- Cristal
- Desarrollo impulsado por las características (DIC)
- Desarrollo esbelto de software (DES)
- Modelado ágil (MA)
- Proceso unificado ágil (PUA)

## Objetivo

Plantear como alternativa para el desarrollo de software un modelo empleado en un caso de éxito relacionado con la empresa Sinnaps, tomando como base la metodología SAFe, puesto que es un modelo ágil para el desarrollo de aplicaciones en pequeñas y medianas empresas.

## Descripción del Método

La naturaleza de la investigación es pura y cualitativa, debido a que el desarrollo de este estudio solo recupera datos para el análisis de herramientas ágiles las cuales solo expresan cualidades. Dichas herramientas son estudiadas en relación a sus propiedades. Debido a la complejidad de la investigación se denota correlacional al identificar los vínculos entre las variables, que, en este caso, la relación entre las características de cada una de las herramientas o modelos descritos y su grado de variabilidad para el uso en un entorno comercial.

El diseño de esta investigación se conoce transeccional (también identificado como transversal), esto debido a que la recolección de información solo es realizada una sola vez, para este caso, el análisis de los modelos se realizó en el mismo tiempo y forma sin realizar captura de información por diferentes periodos. El carácter de la investigación es no experimental, ya que la variable solo es observada, no hubo

intervención alguna o modificación y los hechos recabados sucedieron en el pasado.

## Fundamentos Teóricos

**Manifiesto Ágil.** Las metodologías ágiles evolucionaron como un esfuerzo por superar el debilitamiento de la ingeniería de software convencional de los 90's. Es por esto que un grupo de dieciséis expertos "decretaron" su conocimiento en el desarrollo de software y crearon la Alianza Ágil, creando un "Manifiesto Ágil" con el cual se dice que estos modelos acentúan la maniobrabilidad y la adaptabilidad. Son adecuados y adaptables a gran diversidad de proyectos y son útiles en particular cuando se hace ingeniería sobre aplicaciones web. (Scrum México, 2018).

El manifiesto establece o expone cuatro pilares que se basan en la mejora de los procesos usados en aquella época y que versan como:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- Software funcionando sobre documentación extensiva.
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan.

Basándose en los decretos anteriores y reflexionando sobre estas sentencias, se dieron a conocer doce principios basándose en los cuatro pilares del manifiesto:

1. Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
2. Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágil-

les aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.

3. Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
4. Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
5. Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
6. El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
7. El software funcionando es la medida principal de progreso.
8. Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
10. La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos autoorganizados.
12. A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre

cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia (Agilmanifiesto, s.f.)

**Tecnologías Disruptivas.** Los decretos del Manifiesto Ágil son una visión global de las carencias a los modelos tradicionales de ingeniería de software, por eso el grupo de expertos analizó estas carencias y las adaptó a las necesidades de los clientes y del poder que tienen como herramienta o tecnología para esta nueva generación o sociedad de la información en la que estamos inmersos actualmente (Christensen, 1997).

Las tecnologías disruptivas son un parteaguas para esta nueva ola, como lo describen Christensen y Bower (1995), para las tecnologías emergentes o aquellas que quebrantan el orden de los competidores actuales o las tecnologías tradicionalmente utilizadas. Como se menciona, la ingeniería ágil, se está transportando en estos momentos a la utilización de la "nube" para lograr llegar a más personas o empresas. (Fernández y Esteban, 2018)

Tecnología disruptiva se ayuda de cualquier tecnología o innovación que pone en jaque u obsoleta la tecnología anterior. Se utiliza el término disruptivo porque produce una rotura violenta, lo que en ocasiones ha causado cambios abismales en nuestro modo de vida; uno de los grandes ejemplos de tecnologías disruptivas es el Internet. (ClinicCloud, s.f.)

Centrar los cambios actuales como innovadores, solo se pueden tener a partir de la aparición de nuevos mercados o tecnologías innovadoras, entonces, las tecnologías disruptivas tienden a usarse y valorarse sólo en nuevos mercados o nuevas aplicaciones que tienden a caer en necesidades existentes no valoradas; este hecho, en general hace posible la aparición de nuevos mercados; esta es la parte disruptiva de la tecnología que alcanzo a la anterior a aquella con un mercado cautivo. Los clientes centran su mirada en estas nuevas

opciones debido a que hubo quien tuviera la osadía de reaccionar a las nuevas tendencias (Villeda, 2017).

Los cambios de paradigma se centran en estos momentos en las tecnologías web, por lo que el uso de la nube le añade nuevas energías a las TICs; como menciona La Alianza Ágil, en su Instituto Gestor de Proyectos por sus siglas en inglés Project Management Institute (PMI) (PMI, 2017), la plataforma e infraestructura actuales son liberados a la nube de una manera iterativa e incremental, llevando el ritmo de las nuevas tecnologías y evolucionando a demanda de los clientes.

**Metodología SAFe.** Los modelos conocidos como Ágiles, no tienen la fuerza necesaria para ser mayoritariamente disruptivos; el modelo que se conoce como Scaled Agile Framework Enterprise (por sus siglas en inglés SAFe) se aplica principalmente en el desarrollo de software de grandes empresas. Y esto permite propiciar como base del conocimiento del trabajo de la ingeniería del software el escalonado en todos los niveles de la empresa. En palabras de la Alianza Ágil, los principios de SAFe® son:

1. Tener una visión económica.
2. Aplicar el pensamiento sistémico.
3. Asuma la variabilidad; conservar opciones.
4. Construir incrementalmente con ciclos de aprendizaje rápidos e integrados.
5. Basar los hitos en la evaluación objetiva de los sistemas funcionales.
6. Visualizar y limitar el trabajo en progreso, reducir el tamaño de los lotes y administrar las longitudes de cola.

7. Aplicar la cadencia; sincronizar con la planificación entre dominios.
8. Liberar la motivación intrínseca de los trabajadores del conocimiento.
9. Descentralizar la toma de decisiones.
10. Organizarse en torno al valor (PMI, 2017, p. 112).

Aunado a esto se tiene el objetivo de SAFe, el cual es reducir los conocimientos y las lecciones de los expertos en Ágil y Lean; la calidad de las soluciones y la productividad en equipo son las prácticas ya probadas por los empleados y su compromiso. Con los principios de SAFe se garantiza una práctica que conjuntamente sea estable y segura para cualquier situación; además de basarse en los diez conceptos fundamentales y los métodos ágiles, conjuntamente con los productos Lean (SAFe, s.f.).

En el sitio web oficial, se pueden ver estadísticas sobre los beneficios de adoptar SAFe®, tales como (HR Connect, s.f.):

1. 20-50% de incremento en la productividad.
2. + del 50% de incremento en la calidad.
3. 30-75% más rapidez en lanzar productos al mercado.

Esta metodología proporciona a las organizaciones que lo utilicen una organización efectiva en donde la agilidad es la premisa principal. La gestión de estos cambios en la empresa aumentará la eficiencia y obtendrá proyectos en tiempo mínimos y sin fallos (ViewNext, s.f.).



Figura 1. Niveles de implementación de SAFe (View-Next, s.f.).

## Casos de Éxito

**Scaled Agile.** Una empresa con gran presencia en el desarrollo de software y con la utilización de la metodología SAFe es conocida como Scaled Agile, la cual ha evolucionado a través de más de una década; permite a sus socios hacer carrera en la empresa ya que proporciona también un programa para los socios y sus necesidades específicas (Scaled Agile, s.f.).



Figura 2. Niveles de implementación de SAFe (View-Next, s.f.).

- Tiempo de comercialización más rápido.
- Mejoras en la calidad.
- Aumento de la productividad.
- Mejor compromiso de los empleados.

Los beneficios con los que la empresa se desarrolla dan confiabilidad y seguridad a las empresas a las que proporciona calidad y productividad. Algunos de los clientes satisfechos de Scaled Agile por mencionar algunos son:

1. Johnson Controls
2. Centros de servicio Medicaid y Medicare
3. Cisco
4. Chevron
5. Air France
6. Nokia Software
7. SproutLoud

**Sinnaps.** Empresa española que desarrolla software gestor de proyectos, que tiene como nichos de mercado las pequeñas y medianas empresas, las cuales requieren recuperar el control de sus proyectos, mediante la utilización de una herramienta online. La idea de la empresa es proporcionar una herramienta predictiva y flexible para la gestión de los proyectos.

Algunas de las características que tiene la herramienta en la nube son:

- Optimiza la duración del proyecto.
- Determina la prioridad de las actividades.
- Identifica las tareas más importantes para evitar retrasos, a lo que se le denomina camino crítico o ruta crítica.
- Detecta cuellos de botella o actividades, que determinan la continuidad y holgura del proyecto.
- Chat.
- Sistema de notificaciones personalizadas.
- Muro de proyecto y muro de actividad.

- Gestión de permisos y roles de equipo.
- Comparte los documentos y enlaces externos.
- Genera informes de proyecto e informes de recursos.
- Evalúa el desarrollo del proyecto de forma continuada y a tiempo real, basándose en técnicas de EVM (Earned Value Management).
- Plantillas.
- Disponible para dispositivos Android.
- Lenguaje del soporte en inglés y español. (sinnaps, s.f.).

“Tu equipo puede gestionar sus tareas diarias de una manera fácil, rápida y colaborativa. Descubre todo lo que pueden hacer tus colaboradores para cumplir con la planificación del proyecto. Desde visualizar sus tareas hasta imputar los recursos reales que están gastando.”



Figura 3. Costos de aplicación de sinnaps (Sinnaps, s.f.).

## Discusión

Como se puede conocer en los pilares o manifiestos de la metodología ágil, uno de los principales procesos que se exponen es la funcionalidad de la aplicación o software final sin problemática por encima de la documentación. Para Kendall y Kendall (2005), la documentación comienza desde el momento en que se hace funcional el software o desarrollo; se conoce que la documentación le permitirá al usuario conocer el funcionamiento del software, y de esta manera, saber qué hacer en caso de que se presentase algún problema.

Por lo que en este caso para la metodología ágil el manifestar que la documentación no es prioridad para el éxito de un sistema, se contrapone con lo que comenta Saffady (1986) puesto que menciona que la documentación es fundamental, ya que es la información que el usuario final recibirá y permitirá que el software tenga garantizado el manejo adecuado o la comprensión total del mismo.

Se describen en los decretos de la metodología que los proyectos pueden entregarse de manera temprana, con funcionalidad de manera simple y con arquitecturas robustas; por todo esto es esencial tener una visión clara de la documentación justo con la finalización del software. Esto finalmente le dará al usuario la certeza que su aplicación está realizando lo que se pidió de manera puntual y clara.

Finalmente, para el usuario final la metodología o el enfoque de desarrollo no es de gran trascendencia, lo que si se busca es tener entregas puntuales y en la medida que se van liberando, con su debida capacitación y documentación; por lo que se le pide al usuario tener en cuenta estos aspectos antes de buscar empresas desarrolladoras de aplicaciones para evitar que la rotación del personal merme la finalización total del software.

## Conclusión

Como se pudo observar a lo largo de este trabajo, existe una gran variedad de metodologías para el desarrollo de software, el paso del tiempo ha demostrado que no hay una metodología universal que se adapte a todos los posibles escenarios; aunque algunas de las metodologías ágiles han permitido abordar múltiples escenarios. El esquema ágil es adecuado para proyectos de desarrollo pequeños y medianos, un proyecto grande en donde se involucren equipos de trabajo con múltiples participantes pueden dificultar su implementación, además es importante destacar que las metodologías ágiles como: la programación extrema y SCRUM, aunque cada uno presenta sus propios procesos, ambos se basan en entregas incrementales, lo cual implica no mantener documentación al estilo tradicional, por ende debe tomarse en cuenta que al momento de que algún miembro del equipo deba abandonar el proyecto, se llevará consigo la experiencia adquirida; y al no haber una documentación formal en donde se tengan descritos de manera clara los requisitos del negocio, el nuevo integrante tendrá que enfocarse solo en el código fuente.

## Recomendaciones

Aunque exista la tendencia hacia la elección de una metodología ágil en el desarrollo de software, se debe tomar en cuenta un factor clave: el nivel de compromiso de las partes involucradas en todo el proceso, y partiendo del punto de que las metodologías ágiles exigen una alta disponibilidad de todo el equipo ya que esto representa un eje central que permite que la comunicación fluya de manera eficiente.

Cuando el personal involucrado no pueda estar presente por diversas razones, hay escenarios en donde un modelo híbrido (ágil y tradicional) pudiera ser el más apropiado,

el cual permitiría tener un plan de referencia y avanzar en las entregas aun cuando no se tengan reuniones obligatorias diariamente, solo teniendo cuidado de que la distancia entre una entrega y otra no supere los dos meses, ya que de lo contrario se corre el riesgo de que ocurran cambios sustanciales en los procesos del modelo de negocio original.

Por lo anterior, antes de elegir alguna metodología en particular recomendamos hacer uso de técnicas de elicitación de requisitos como: entrevistas, sondeos, talleres de trabajo, observación, entre otras, para con ello conocer un escenario más real que permita elegir la metodología más adecuada. La clave está en elegir una metodología que además de ágil sea flexible, de modo que se adapte al modelo de negocio, pero contemplando un plan de referencia. Entre más grande sea el proyecto más debe tomarse en cuenta la recomendación anterior ya que la etapa de mantenimiento del sistema desarrollado puede verse afectada ya que la metodología ágil se centra principalmente en el desarrollo, dejando el mantenimiento en segundo término, por lo cual durante esta última etapa es difícil mantener al cliente involucrado, afectando la escalabilidad del proyecto.

## Referencias

- Agilmanifiesto (s.f.). Principios del Manifiesto Ágil. Recuperado de: <https://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html>
- Bower, J. L., y Christensen, C. M. (1995). Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, 73(1), 43-53.
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School.
- ClinicCloud (s.f.). Tecnología Disruptiva. Recuperado de: <https://clinic-cloud.com/blog/tecnologia-disruptiva-definicion-ejemplos-salud/>
- Fernández, Esteban, y Valle, Sandra (2018). Tecnología

disruptiva: la derrota de las empresas establecidas. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, 28(70),9-21. [fecha de Consulta 2 de octubre de 2021]. ISSN: 0121-5051. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81857786002>

HR Connect (s.f.). ¿Qué es SAFe® y qué tiene que ver con agilidad Recuperado de: <https://www.hrconnect.cl/tendencias/que-es-safe-y-que-tiene-que-ver-con-agilidad/>

Kendall, K. E. Kendall, J. E. (2005) Análisis y diseño de sistemas. México: Pearson Educación.

PMI (2017). Agile Practice Guide (Spanish). USA: Project Management Institute. ISBN # 978-1-62825-414-3.

Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software. España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L. ISBN # 978-60-7150-314-5

Saffady, W. (1986) Informática documental para bibliotecas. España: Ediciones Díaz de Santos.

SAFe (s.f.). Scaled Agile. Recuperado de: [https://www.scaledagileframework.com/safe-lean-agile-principles/?\\_ga=2.121151759.668635194.1633308069-1635502416.1633134076](https://www.scaledagileframework.com/safe-lean-agile-principles/?_ga=2.121151759.668635194.1633308069-1635502416.1633134076)

Scaled Agile. (s.f.) Scaled Agile. Recuperado de: <https://scaledagile.com/what-is-safe/scaled-agile-benefits/>

Scrum México (2018). Breve historia del manifiesto ágil. Recuperado de: <https://scrum.mx/informate/historia-del-manifiesto-agil>

Sinnaps. (s.f.). Aprende con nuestra experiencia. Recuperado de: <https://www.sinnaps.com/empresa>

Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. México: Pearson Educación. ISBN # 978-84-7829-074-1

ViewNext (s.f.). SAFe (Scaled Agile Framework). Recuperado de: <https://www.viewnext.com/safe-scaled-agile-framework/>

Villeda, K. (2017) ¿Qué rayos es "lo disruptivo"? Recuperado de: <https://www.entrepreneur.com/article/293913>



# Análisis para la obtención de recubrimiento de Titanio aplicado a implantes biodegradables de Magnesio

Cecilio Santos Hernández<sup>1</sup>, Lidilia Cruz Rivero<sup>2</sup> y Alejandro Del Ángel Domínguez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca Desviación Lindero Tametate S/N, La Morita, C.P. 92100 Tantoyuca, Ver.



**Correo correspondiente**  
lidilia.cruz@itsta.edu.mx

## Resumen

El presente trabajo muestra los resultados de un análisis para la obtención de recubrimientos de titanio (Ti) para su aplicación en implantes ortopédicos biodegradables de magnesio (Mg). Los recubrimientos obtenidos se caracterizaron por difracción de rayos X (DRX), perfilometría y transmitancia. Los recubrimientos se sintetizaron con la técnica de depósito rociado pirolítico en su versión ultrasónica (SPU) aplicable para superficies irregulares. Para la evaluación de los recubrimientos a la resistencia de la corrosión, se realizó un estudio electroquímico en solución salina de Hank con la configuración de tres electrodos simulado en un medio fisiológico. Los resultados experimentales mostraron que los recubrimientos depositados a tiempos prolongados, flujos altos y temperatura de 300 °C, redujeron de manera significativa la velocidad de degradación de las piezas del Mg. Así mismo se observó que los parámetros más importantes en este diseño son la temperatura y el tiempo de depósito.

## Abstract

This paper shows the results of an analysis to obtain titanium (Ti) coatings for application in biodegradable magnesium (Mg) orthopedic implants. The coatings obtained were characterized by X-ray diffraction (DRX), profilometry, and transmittance. The coatings were synthesized with the spray technique pyrolytic spray in its ultrasonic version (SPU) applicable for irregular surfaces. For the evaluation of the corrosion resistance coatings, an electrochemical study in Hank's saline solution was performed, with the simulated three-electrode configuration in a physiological medium. The experimental results showed that the coatings deposited at prolonged times, high flows and temperature of 300 ° C, significantly reduced the degradation rate of the Mg pieces. Likewise, it was observed that the most important parameters in this design are the temperature and the deposit time.

**Palabras clave:** Recubrimientos TiO<sub>2</sub>; implantes biodegradables; SPU; Magnesio.

**Keywords:** TiO<sub>2</sub> coatings; biodegradable implants; SPU; Magnesium.

---

## Introducción

La utilización de prótesis e implantes biomédicos para suplantar la función original de algún componente del sistema humano, tiene un enfoque primordial, el de la biocompatibilidad de los materiales empleados en la fabricación de prótesis para prevenir impactos negativos como la corrosión [1]. Otro de los factores importantes es la longevidad humana [2], ya que en México, el riesgo de sufrir una fractura de fémur es de alrededor de 8.5% en mujeres y 3.8% en hombres, esto es, una de cada 12 mujeres y uno de cada 20 hombres mayores a 50 años respectivamente sufrirán fractura en la edad adulta [3] [4]. Debido a estas incidencias, la atención de los pacientes con fractura genera altos costos para la salud pública y para los propios pacientes, lo cual

incrementará en los próximos años ya que los datos de la proyección demográfica en México estiman que para el 2020 habrá 20,000,000 de habitantes con edad mayor a 50 años de los 120,000,000 habitantes proyectados [3] [5].

En la actualidad, la amplia utilización de biomateriales en el área biomédica es uno de los avances más notables en el área de salud [6][7][8]. Por ello, se propone el uso de Mg como uno de los materiales candidatos para esta área de investigación. Esto se debe a la gran expectativa que muestra para la integración en el hueso humano, así como la similitud del módulo de Young [9]. Pero la baja resistencia a la corrosión que presenta el Mg en medios fisiológicos, lo hace poco aplicable como implante biodegradable en la reparación de sistema óseo [10].

Debido a la cinética de degradación, se plantea la aplicación de un recubrimiento superficial que permita la estabilidad química [11] [12] [13], este debe tener como requisito una elevada resistencia a la corrosión [14], alta adherencia y biocompatibilidad. Para ello se propone la técnica de Rocío Pirolítico Ultrasónico (SPU), una técnica de síntesis de bajo costo y capaz de cubrir superficies irregulares [15]. Para determinar la viabilidad del recubrimiento se corre un diseño factorial completamente al azar, que investiga todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores [16]. Estos factores (flujo, tiempo, temperatura y porcentaje de solución del compuesto) determinan las condiciones ideales para la obtención de dicho recubrimiento, y así encontrar las condiciones ideales.

## Metodología

### Materiales fuente

En este trabajo se utilizaron piezas de magnesio puro con medidas de 2.5 x 2.5 cm, con 0.1 cm de espesor. Estos se prepararon superficialmente con lijas de número: 400, 600, 800, 1000, 1500 y 2000 sucesivamente hasta tener un acabado espejo. La limpieza del material se llevó a cabo en baño ultrasónico con etanol durante 5 minutos y posteriormente secados. Se prepararon 0.018 moles de oxiacetilacetato de titanio IV por cada 100 ml de metanol, posteriormente se agitó durante 60 minutos.

### Técnica de síntesis

La técnica de síntesis para la obtención de los recubrimientos es rocío pirolítico en su versión ultrasónica, con tres fases de operación. La primera fase es la generación del geiser de la solución, la segunda fase es la interacción de la solución con un gas de arrastre inerte para evitar la formación de subproductos químicos y por último la pirolisis, el depósito de la solución sobre un sustrato caliente (ver imagen 1).



Imagen 1. Equipo para depositar recubrimientos.

## Caracterización de los recubrimientos obtenidos

La caracterización de las piezas de Mg y los recubrimientos obtenidos se realizó mediante difracción de rayos X (DRX), perfilometro de la marca ContourGT modelo BRUKER, con una resolución vertical máxima de 20X y barridos longitudinales mayores a 30 micras. Así como equipo de trasmisividad para medir el band gap de los recubrimientos obtenidos a diferentes condiciones de depósito (ver Tabla 1).

Tabla 1. Corrida de diseño factorial.

Orden Est	Orden Corrida	Pt Central	Bloques	Flujo (L/min)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
2	1	1	1	3	30	300
8	2	1	1	3	60	400
5	3	1	1	2	30	400
6	4	1	1	3	30	400
7	5	1	1	2	60	400
3	6	1	1	2	60	300
1	7	1	1	2	30	300
9	8	0	1	2.5	45	350
4	9	1	1	3	60	300

## Aplicación del diseño factorial

Para optimizar los recursos materiales y trabajos de laboratorios, se realiza un diseño de experimentos factorial empleando software Minitab. Con esto se pretende determinar las iteraciones de todos los parámetros y la reproducibilidad de estos. Los parámetros usados son: flujo (L/min), temperatura (° C) y tiempo (min) con una variable de respuesta Icor (uA).

## Evaluación de la resistencia a la corrosión

Para evaluar la protección contra la corrosión de los recubrimientos obtenidos se realizan pruebas usando un potenciostato VersaSTAT 300. Se utilizó una configuración de tres electros: de trabajo, de referencia y electrodo de plata. Las muestras se simularon en solución salina de Hank por una hora para su estabilidad, 40 minutos para EIS y 1 hora para la prueba Tafel.

## Resultados

En la imagen 2 se presentan las muestras de recubiertos con oxiacetilacetato de titanio IV a 300 y 400 ° C, flujos de 2 y 3 L/min, así como tiempos de depósito de 30 y 60 minutos. La muestra sin recubrir tiene color gris y las recubiertas a mayor temperatura muestran tonos de color café.



Imagen 2. Piezas de magnesio recubiertas a diferentes temperaturas.

El análisis del band gap de los recubrimientos muestran la presencia de Oxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) con bandas de energía que van desde 3.19 a 3.21 eV, confirmando la presencia de TiO<sub>2</sub> con estructura cristalina anatasa (ver imagen 3).

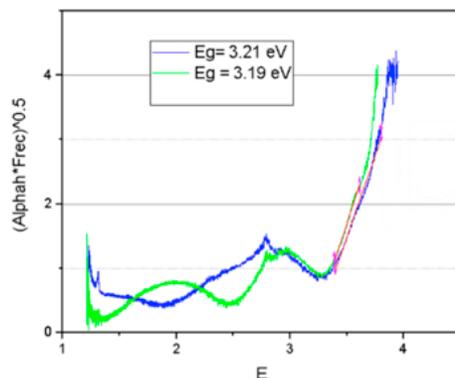


Imagen 3. Banda de energía de los recubrimientos.

La imagen 4 presenta el análisis de difractogramas de las muestras con recubrimiento, así como la muestra sin recubrir, la muestra recubierta presenta óxido de titanio en estructura cristalina anatasa a altas temperaturas y a bajas temperaturas muestra el recubrimiento amorfo.

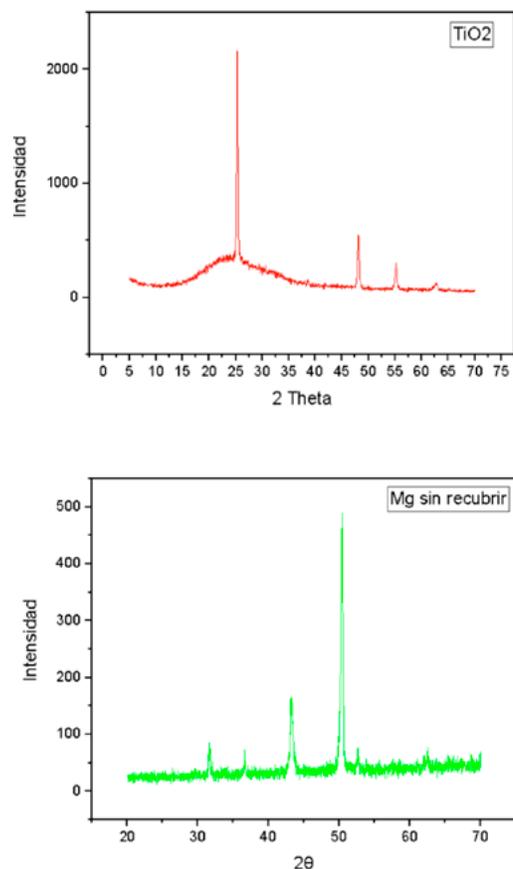


Imagen 4. DRX de la pieza de magnesio con recubrimiento de titanio y sin cubrir.

La imagen 5 muestra el espesor de recubrimiento para tiempos de depósito de 60 minutos, este representa 0.22  $\mu\text{m}$ .

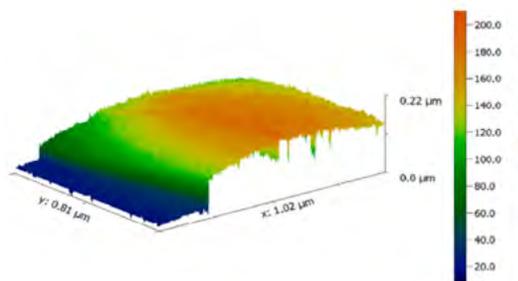


Imagen 5. Espesor de recubrimiento de 219.6 nm.

En la imagen 6 se muestran los resultados de los ensayos electroquímicos, donde se observan las curvas de polarización Tafel de los recubrimientos se desplazan en densidades de corriente entre -1.4 y -0.1 volts. De esta manera se indica que los recubrimientos muestran características protectoras, siendo este comportamiento más evidente en el recubrimiento en la muestra 5 con un Icor de 3.84  $\mu\text{A}$ . Este resultado se compara con la pieza de Mg puro evidenciando un alto grado de protección frente a la corrosión.

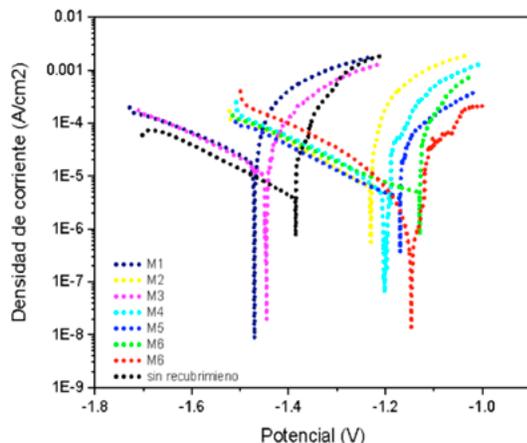


Imagen 6. Comparación de la densidad de corriente vs potenciales de las piezas recubiertas con titanio.

El análisis tuvo la variación de los siguientes parámetros con una sola replica, flujo, temperatura y el tiempo de depósito, evaluado con dos niveles y un punto central como se muestra en la tabla (ver Tabla 1). Analizando la gráfica 1 de los efectos para la Icor, se muestra la distribución normal de los datos para los efectos principales. La condición de depósito para disminuir la Icor es realizar depósitos de los recubrimientos con los siguientes parámetros: flujos altos, tiempos bajos y temperatura bajas, tomando como consideración la gráfica de las interacciones para la Icor.

Tabla 2. Pruebas ANOVA para Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Criterio	Estadística de prueba	F	Núm	GL Denom	P
De Wilks	0.24044	9.477	2	6	0.014
Lawley-Hotelling	3.15898	9.477	2	6	0.014
De Pillai	0.75956	9.477	2	6	0.014
De Roy	3.15898				

s = 1 m = 0.0 n = 2.0

La siguiente gráfica muestra las interacciones entre los parámetros de los efectos principales y la Icor, con ello se determina que el parámetro más importante es la temperatura del sustrato.

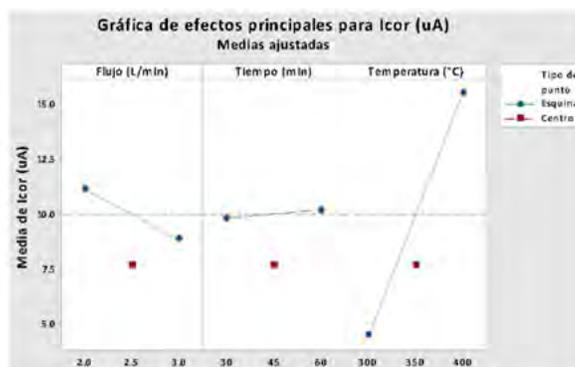


Imagen 7. Efectos principales para la Icor.

Se realiza un análisis para el depósito de Ti, los parámetros a considerar para un Icor bajo es flujo de 3 L/min, tiempo de depósito 60 minutos y temperatura de 300 ° C. para mejorar este resultado se realizan replicas con estos parámetros optimizados. La siguiente imagen muestra la curvatura, debido a que se obtiene un óptimo local con el diseño empleado.

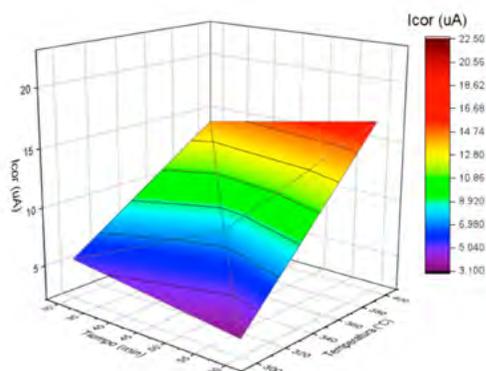


Imagen 8. Superficie de respuesta del diseño factorial.

## Conclusiones

Para el resultado de la prueba electroquímica Tafel las piezas fueron recubiertas independientemente de las condiciones de depósito, uno de los factores a considerar es la temperatura del sustrato. Esto debido a que cuando la temperatura de depósito es menor a 300° C los recubrimientos son amorfos, caso contrario sucede cuando la temperatura es mayor a 400° C, en este caso, las piezas presentan pandeo por el cambio térmico brusco y poca adherencia del recubrimiento al sustrato. Es posible mejorar la resistencia a la corrosión de las piezas de magnesio mediante la aplicación de recubrimientos de TiO<sub>2</sub> preparados mediante la técnica de síntesis rocío Piro-lítico ultrasónico. Con esta técnica se sintetizó dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) con estructura cristalina anatasa

Syn. El diseño de experimentos muestra que los parámetros más importantes en el depósito de los recubrimientos son la temperatura y el tiempo de depósito. La mejor resistencia a la corrosión fue obtenida a 300 °C de temperatura y con tiempos prolongados. De acuerdo con las piezas de Mg recubiertas con TiO<sub>2</sub> con mayor resistencia al fenómeno de corrosión, muestra una pérdida de masa de 2.750 g/m<sup>2</sup>d. Los resultados con mejor resistencia a la corrosión por la prueba Tafel son las muestras depositados con 25%Ti-75%Mg [21].

## Referencias

- [1]. Lopez G. Biodeterioration and corrosion of metallic implants and prostheses. 2014;(February 1993).
- [2]. Irving Josué Tovar Solís TEFG. Síntesis de TiO<sub>2</sub> a partir de Isipropoxido de Titanio por sol-gel: Evaluación del solvente. Química Joven. 2017;1:13-26.
- [3]. Lj E-A, Jr E-Z, Fj Z-J. Serum levels of vitamin D in healthy postmenopausal women at 4 cities in Mexico. Rev Metab Oseo Min. 2006;4:389-98.
- [4]. Siris ES, Miller PD, Barrett-Connor E, Faulkner KG, Wehren LE, Abbott TA, et al. Identification and fracture outcomes of undiagnosed low bone mineral density in postmenopausal women - Results from the National Osteoporosis Risk Assessment. Jama-J Am Med Assoc. 2001;286(22):2815-22.
- [5]. Antonio J, Cervera Z. Instituto Mexicano del seguro social. Manejo Médico Integr Fract Cadena en el Adulto Mayor Durango. 2009;1:96.
- [6]. Sáenz A. Biomateriales. Tecnol en Marcha. 2004;17(1):34-45.
- [7]. Chen Y, Zhao S, Chen M, Zhang W, Mao J, Zhao Y, et al. Sandwiched polydopamine (PDA) layer for titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) coating on magnesium to enhance corrosion protection. Corros Sci [Internet]. 2015;96:67-73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2015.03.020>
- [8]. Viejo F, Coy AE. Revista Colombiana de Materiales N. 5 pp. 256-261 Edición Especial Artículos Cortos. :256-61.
- [9]. Song G, Song S. A possible biodegradable magnesium

- implant material. *Adv Eng Mater.* 2007;9(4):298–302.
- [10]. Liu LJ, Schlesinger M. Corrosion of magnesium and its alloys. *Corros Sci* [Internet]. 2009;51(8):1733–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2009.04.025>
- [11]. Henry A. Briceño, Ludwing F. Cáceres, Juan C. Joya JDBF. Aleaciones de magnesio: una alternativa potencial en la fabricación de implantes biomédicos. *Rev Colomb Mater.* 5:256–61.
- [12]. Kainer KU, Bala Srinivasan P, Blawert C, Dietzel W. Corrosion of magnesium and its alloys. *Shreir's Corros* [Internet]. 2010;51(8):2011–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2009.04.025>
- [13]. Córdoba LC, Montemor MF, Coradin T. Silane/TiO<sub>2</sub> coating to control the corrosion rate of magnesium alloys in simulated body fluid. *Corros Sci* [Internet]. 2016;104:152–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2015.12.006>
- [14]. Mauricio I, Torres P, Aperador IW. Nuevos materiales para mejorar los niveles de corrosión New materials for reduction of corrosion levels. 2015;34(3):264–77.
- [15]. D.R. Acosta y J.M. Ortega. Propiedades estructurales, ópticas y eléctricas de películas delgadas de SnO<sub>2</sub>: F depositadas por rocío pirolítico pulsado. *Rev Mex Fis* [Internet]. 2007;53(5):29–34. Available from: [http://rmf.smf.mx/pdf/rmf-s/53/5/53\\_5\\_0029.pdf](http://rmf.smf.mx/pdf/rmf-s/53/5/53_5_0029.pdf)
- [16]. Montgomery DC. *Design and Analysis of Experiments Eighth Edition* [Internet]. Vol. 2, Design. 2012. 757 p. Available from: [http://cataleg.uab.cat/record=b1764873~\\$1\\*cat](http://cataleg.uab.cat/record=b1764873~$1*cat)
- [17]. López EV. Uso de métodos electroquímicos como de interfase en sistemas heterogéneos metal / medio acuoso. *Rev Acad Colomb Cienc.* 2010;34:241–51.
- [18]. Fekry AM, Ameer MA. Electrochemistry and Impedance Studies on Titanium and Magnesium Alloys in Ringer's Solution. *Int J Electrochem Sci.* 2011;6:1342–54.
- [19]. Amador AS, Piratoba U. Evaluación de la resistencia a la corrosión de recubrimientos obtenidos por pulverización de un blanco de cromo mediante técnicas electroquímicas Evaluation of corrosion resistance on coatings obtained by sputtering of a chromium cathode by electrochemica. *Res gate.* 2014;11(July):183–9.
- [20]. Astm. Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information. *Astm G 102* [Internet]. 1999;89(Reapproved):1–7. Available from: <http://www.astm.org/Standards/G102.htm>
- [21]. Turk, M. C., Walters, M. J., y Roy, D. (2016). Experimental considerations for using electrochemical spectroscopy to study chemical mechanical planarization systems. *Electrochimica Acta.* <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.12.062>



# Mecanismos de control interno en materia de prevención de lavado de dinero

Mónica Leticia Acosta Miranda<sup>1</sup> y Leonor Ángeles Hernández<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cuautla, Libramiento Cuautla – Oaxaca S/N, Col. Juan Morales, Yecapixtla, Morelos, México, C.P. 62826



**Correo correspondiente**

monica.acosta@cuautla.tecnm.mx

## Resumen

La Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita (LFPIORPI) en la Fracción XI de su artículo 17, considera como actividad vulnerable a los Despachos Contables por la prestación de servicios profesionales de manera independiente y, dentro de las obligaciones contempladas en la misma ley, encontramos la Identificación de Clientes y Usuarios lo que genera la necesidad de implementar mecanismos de información y control que permitan prevenir ser involucrados en actividades delictivas y dar cumplimiento a las disposiciones legales. El presente artículo de divulgación muestra como una herramienta de control interno, los Manuales de políticas y procedimientos, con la finalidad de informar y concientizar al personal sobre el desarrollo de sus actividades. Su estructuración partió de la investigación documental en materia de Prevención de lavado de dinero (PLD) y la realización de entrevistas a directivos y colaboradores del despacho contable. El Manual consta de cuatro apartados referentes a las políticas y procedimientos de identificación de clientes y usuarios, manejo de documentación, detección de actividades inusuales y capacitación al personal.

## Abstract

The Federal Law for the Prevention and Identification of Operations with Resources of Illicit Origin (LFPIORPI) in Section XI of its article 17, considers Accounting Firms as a vulnerable activity for the provision of professional services independently and, within the obligations contemplated in The same law, we find the Identification of Clients and Users, which generates the need to implement information and control mechanisms that prevent being involved in criminal activities and comply with the legal provisions. This disclosure article shows the Policies and Procedures Manual as an internal control tool, in order to inform and raise awareness among staff about the development of their activities. Its structuring started from the documentary investigation in the matter of Prevention of money laundering (PLD) and the conducting of interviews with managers and collaborators of one accounting firm. The Manual consists of four sections referring to the policies and procedures for identifying clients and users, handling documentation, detecting unusual activities and training staff.

**Palabras clave:** Prevención de lavado de dinero, actividades vulnerables, control interno, gestión de riesgos.

**Keywords:** Money laundering prevention, vulnerable activities, internal control, risk management.

---

## Introducción

El lavado de dinero representa uno de los más grandes riesgos económicos, políticos y sociales en el mundo, puesto que es una forma en la que el crimen organizado buscan introducir al sistema financiero los recursos monetarios obtenidos por secuestros, prostitución, venta de drogas, entre otras acciones ilegales. El Fondo Monetario Internacional lo define de la siguiente forma: "El lavado de dinero es un proceso mediante el cual la fuente ilícita de activos obtenidos o generados a través de actividades delictivas se encubre para disimular el vínculo entre los fondos y la actividad original" (FMI, 2005). A lo largo de la historia, diferentes países se han unido para combatirlo, creando así una serie de organismos

cuya función principal es combatir toda acción ilícita y establecer mecanismos de regulación y control.

La expresión "Lavado de dinero" surge en los Estados Unidos de América a principios del siglo XX por una pandilla de delincuentes entre los que se encontraba Alphonse Gabriel Capone más conocido como Al Capone, Charles "Lucy" Luciano y Meyer Lanski, entre otros, quienes compraron lavanderías para tener un negocio legal a modo de que las ganancias que obtenían de actividades ilícitas, como eran el tráfico de alcohol, la venta de drogas y la prostitución, aparentaran provenir de las lavanderías. De esta manera surgieron poderosas organizaciones que pronto extendieron su modalidad delictiva por el mundo, haciendo muy difícil a las autoridades identificar el dinero que provenía de actos ilegales.

les y el que se generaba de la operación normal del negocio (Tondini, 2013, pág. 5).

Los delitos financieros y económicos han ido en aumento en los últimos años, lo cual es una amenaza constante para las empresas, el gobierno y para todos los ciudadanos. Contemplan una diversidad de conductas e involucran a diversas personas, estructuras jurídicas, actos comerciales y operaciones financieras con el objetivo de ocultar el origen y destino de los recursos, bienes o derechos para darles la apariencia de legalidad. De acuerdo con la Asociación de Especialistas Certificados en Delitos Financieros (ACFCS, por sus siglas en inglés), dichos delitos incluyen lavado de dinero y financiamiento al terrorismo, fraude, corrupción, evasión fiscal, entre otras actividades (KPMG, 2020). Ante este incremento de las operaciones delictivas relacionadas con lavado de dinero, las autoridades se han visto en la necesidad de implementar nuevos mecanismos de control, así como promover la entrada en vigor de nuevas leyes y reglamentos tratando de contrarrestar los efectos de dichos riesgos.

Para ello, en el año 2000, México se incorporó al Grupo de Acción Financiera Internacional (GAFI) que mediante sus 40 Recomendaciones proporciona medidas que los países miembros deben seguir con la finalidad de combatir el lavado de dinero. En el año 2004, en el país se crea un sistema jurídico mexicano llamado "Prevención de Lavado de Dinero" además de la "Unidad de Inteligencia Financiera" (UIF) a fin de optimizar la detección de actividades ilícitas como lo marca el artículo 400 bis del Código Penal Federal (CPF). Dichas acciones no resultaron suficientes para el GAFI ya que no se cumplía con los estándares internacionales, lo que provocó que el gobierno mexicano creara una Ley especial para controlar dichas actividades con recursos de procedencia ilícita y fue así cuando, el 17 de Octubre del 2012, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la "Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos

de Procedencia Ilícita" (LFPIORPI), también conocida como Ley contra el Lavado de Dinero, misma que entró en vigor en el mes de julio de 2013 y tiene como propósito proteger el desarrollo económico de nuestro país de una forma digna y transparente, mediante reglas que permiten a las autoridades obtener información para detectar, investigar, denunciar, juzgar y sancionar las conductas que pudieran estar relacionadas con recursos de procedencia ilícita (SAT, 2021).

Entre los aspectos más sobresalientes de la LFPIORPI encontramos la clasificación de las "actividades vulnerables" de su artículo 17, cuyo listado se refiere a aquellas actividades que podrían, por su naturaleza, ser sujetas de operar con recursos ilícitos con el objetivo de "lavarlos" para su reincorporación a la economía. La fracción XI del artículo 17 de la LFPIORPI se refiere a "La prestación de servicios profesionales, de manera independiente, sin que medie relación laboral con el cliente respectivo, en aquellos casos en los que se prepare para un cliente o se lleven a cabo en nombre y representación del cliente" (DOF, 2018, pág. 9). Dentro de este tipo de prestación de servicios profesionales se encuentran los despachos de contadores públicos, que a su vez tienen entre sus clientes a contribuyentes que pueden ser considerados dentro de algunas de las fracciones del artículo 17 por las actividades que realizan, como es el caso de quienes se dedican al arrendamiento de inmuebles (fracción XV) o las donatarias (Fracción XIII).

Los despachos contables son el modelo de organización empresarial más importante en México en materia financiera y la razón por la que la recomendación 12 de GAFI y la fracción XI del artículo 17 de la LFPIORPI catalogan a los contadores públicos dentro de las actividades vulnerables es por que realizan actividades como asesorías, cumplimiento de obligaciones fiscales, contabilidad, uso y manejo de cuentas bancarias, entre otras, y en muchos de estos casos las realizan a nombre del cliente, aumentando considerablemente el

riesgo de ser involucrados en acciones ilegales, creándoles problemas con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, por lo cual es importante establecer mecanismos de control que permitan atender correctamente dichas regulaciones y hacer frente a los riesgos o problemas en los que pudiesen ser involucrados.

Dentro de las obligaciones de quienes realizan actividades vulnerables encontramos la identificación de clientes y usuarios (SAT, 2021), por lo que muchos despachos de contadores y otras empresas están incorporando la gestión de riesgos y el control interno a la estrategia de su negocio para, de esta manera, dar cumplimiento a las obligaciones en materia de prevención de lavado de dinero (PLD) así como gestionar sus riesgos, amenazas y vulnerabilidades en lo operacional, financiero, legal, informático, de cumplimiento, fraude y reputacional; adoptando un conjunto de métodos y medidas para minimizar los riesgos en las operaciones que celebra, proteger su imagen, prestigio y recursos, verificar la exactitud y veracidad de su información, promover la eficiencia en sus operaciones y cumplir con las políticas y regulación aplicable. "En México, 67% de las empresas consideran que los controles implementados actualmente para moderar los riesgos de los delitos financieros que pudieran presentarse son inadecuados o necesitan reajustarse, y únicamente 33% considera que son adecuados" (KPMG, 2020).

Los elementos que componen el sistema de control interno deben girar alrededor de los principios de calidad e idoneidad: Planeación, Organización, Procedimientos, Personal, Autorización, Sistema de información y Supervisión; teniendo como los objetivos y planes perfectamente definidos que deben contener las siguientes características: posibles y razonables, definidos claramente y por escrito, ser útiles, aceptados y utilizados, flexibles, comunicados a todo el personal y ser controlables. Entre sus componentes podemos mencionar: el ambiente de control, la valoración de

riesgos, las actividades de control, información y comunicación, así como el monitoreo. El control interno se apoya en el establecimiento de manuales de políticas y procedimientos como la herramienta que facilita mantener informado al personal y concientizarlo sobre el desarrollo adecuado de sus actividades (Corvo, 2021).

## Marco Legal

La lucha contra el lavado de dinero no solo se encuentra establecida en la LFPIORPI, existe diversas leyes que se relacionan con el tema y justifican la necesidad de las empresas y, en este caso específico los despachos contables, de establecer mecanismos de control interno para evitar verse implicado o asociado con actividades ilícitas relacionadas con el lavado de dinero. Estas leyes contemplan tanto las facultades que tiene la autoridad en el tema como las sanciones o penalizaciones a las que son acreedoras las personas que infrinjan estas normas.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Nuestra Constitución, en la fracción XXI del artículo 73, menciona la facultad que tiene el Congreso de la Unión para expedir:

- a) Las leyes generales que establezcan como mínimo, los tipos penales y sus sanciones en las materias de secuestro, desaparición forzada de personas, otras formas de privación de la libertad contrarias a la ley, trata de personas, tortura y otros tratos o penas crueles, inhumanos o degradantes, así como electoral.
- b) La legislación que establezca los delitos y las faltas contra la Federación y las penas y sanciones que por ellos deban imponerse; así como legislar en materia de delincuencia organizada; (CPEUM, 2021, pág. 69).

## Código Penal Federal

En materia de prevención de lavado de dinero los artículos 400 Bis y 401 Bis de Capítulo II del Título Vigésimo Tercero del Código Penal Federal, estipulan las sanciones que incluyen prisión, multas e inhabilitación para desempeñar empleos, cargos o comisiones. Dichas sanciones podrían aumentar desde un tercio hasta en una mitad si se desempeñan como servidores públicos. De igual manera faculta a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para que cuando:

...en ejercicio de sus facultades de fiscalización, encuentre elementos que permitan presumir la comisión de alguno de los delitos referidos en este Capítulo, deberá ejercer respecto de los mismos las facultades de comprobación que le confieren las leyes y denunciar los hechos que probablemente puedan constituir dichos ilícitos (CPF, 2021, pág. 130).

Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita (LFPIORPI).

Como ya se ha mencionado, la LFPIORPI es la Legislación específica en materia de antilavado. En ella se especifican las facultades de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Fiscalía General de la República y la Unidad de Inteligencia Financiera. En su capítulo III regula las actividades de las Entidades Financieras y las actividades vulnerables y en los capítulos VII y VIII se refiere a las sanciones administrativas y los Delitos respectivamente.

Tomando como base la Legislación vigente se procedió a la elaboración de los mecanismos de control interno en materia de prevención de lavado de dinero para un despacho contable.

## Materiales y métodos

La revisión documental, realizada en las páginas de los organismos nacionales e internacionales que trabajan en materia de Prevención de Lavado de Dinero, así como en la legislación vigente, permitió identificar la información que se debe recabar para presentar a las autoridades en el caso de realizar una actividad vulnerable, así como los plazos y las formas de presentarla, los delitos y sus sanciones administrativas que se imponen, entre otros; para con esto elaborar el perfil transaccional y calificar el grado de riesgo de cada actividad. Posteriormente se elaboraron dos cédulas de entrevistas enfocadas concretamente al tema de PLD, cuidando que las preguntas mantuvieran la confidencialidad de datos de los clientes del despacho. La primera se dirigió al área de supervisión (dos personas) y la segunda a los ejecutivos de cuentas (cinco personas) con el objetivo de recabar información respecto a los criterios y procedimientos que se llevan a cabo en las operaciones y trato con los clientes.

La finalidad de las entrevistas fue contar con un panorama amplio y coherente de la estructura interna de despacho, así como contar con información específica que será el soporte para la realización del Manual. Se optó por este esquema debido a que el personal a entrevistar no es mucho y la entrevista permitió recopilar la manera en que cada elemento del personal entiende el proceso a seguir en la prestación de servicios, permitiendo de esta manera estandarizarlos en el Manual. La cédula prediseñada para supervisores abarcó diversos ámbitos como: el nivel de responsabilidad de cada área, el esquema de servicios que presta el despacho, el tipo de información que se considera necesaria para el desarrollo de las actividades de cada área y que es solicitada al cliente, los criterios para la asignación de los ejecutivos de cuenta, así como, la capacitación y supervisión que reciben los ejecutivos de cuenta por parte del responsable del área.

Respecto a las Cédulas de entrevistas para los ejecutivos de cuenta, el objetivo planteado fue identificar el proceso de recopilación, verificación y actualización de datos y documentos del cliente, la normativa de la ética profesional que aplica en sus actividades y los procesos de supervisión y capacitación por parte de sus superiores.

Analizados los fundamentos legales para la prevención del lavado de dinero, recopilada y analizada la información directa con el personal, se procedió a redactar las políticas a aplicar en el despacho, que incluyen las políticas de identificación del cliente, que permiten obtener información y documentación necesaria para conocer y clasificar el tipo de cliente de acuerdo a su perfil transaccional, es decir: el promedio de operaciones que realiza, el origen y destino de sus recursos monetarios y, con esto, determinar el grado de riesgo del cliente según la naturaleza de sus operaciones.

Otro grupo de políticas que se incluyeron son las de monitoreo y reporte, las cuales reflejan la normativa que se debe de aplicar para generar una constante revisión de las operaciones que realizan los clientes y, en caso de encontrar algún cambio o alteración determinar las medidas necesarias como pueden ser: la generación de un reporte interno o, incluso, presentar la información ante las autoridades correspondientes.

Finalmente se diseñaron las políticas de capacitación en las que se estipula una actualización constante al personal del despacho en el tema de prevención de lavado de dinero, lo que servirá para mejorar la prestación de servicio a los clientes además de generar una medida de control interno para prevenir ser involucrado en actividades ilícitas.

Con el mismo orden de definición de las políticas se procedió a elaborar los procedimientos que se tienen que seguir para dar cumplimiento a la normatividad en materia de PLD

iniciando con los procedimientos de identificación del cliente, donde se presentan los pasos a seguir para la obtención de la información del cliente, la revisión de la información y documentación solicitada, así como, la integración de cada uno de los expedientes. En lo referente a los procedimientos de conocimiento del cliente fue necesarios dividirlo en dos partes, uno enfocado a la creación de un perfil transaccional del cliente de acuerdo con la información que el mismo proporciona de las operaciones que realiza y otro sobre los procedimientos para la determinación de grado de riesgo, la manera de atender los cambios en las operaciones y las evaluaciones constantes. Se incluyeron procedimientos de monitoreo y reporte respecto a los cambios o variables que se pueden presentar en función de las operaciones del cliente, y como se debe de realizar el llenado de los reportes. Por último, respecto a los procedimientos de capacitación se contempla la actualización constante del personal sobre todo en temas relacionados con la prevención de lavado de dinero, ya sea por una reforma a las leyes o por el ingreso de nuevo personal.

## Resultados

Una vez elaborado el borrador del Manual, se presentó para su revisión al socio director del despacho para su análisis y aprobación, concentrando la información en el "Manual de políticas y procedimientos para la prevención de lavado de dinero, aplicado a los clientes" que incluye la normativa y lineamientos que se deben seguir con cada cliente para prevenir verse involucrados en operaciones ilícitas en el desarrollo de las actividades cotidianas del despacho, siendo el objetivo del Manual:

Establecer, coordinar e implementar lineamientos que permitan al despacho contable y a su personal, prevenir y detectar los actos y operaciones con recursos de procedencia

ilícita realizados por sus clientes, para no caer en supuestos de complicidad de acuerdo con lo que establece el artículo 400 Bis del Código Penal Federal.

El manual contiene 4 apartados básicos para la Prevención de Lavado de Dinero:

I. Con fundamento en el artículo 21 de la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, donde hace mención de la documentación e información necesaria para el cumplimiento de la obligación en materia de lavado de dinero, se presentan las políticas y procedimientos enfocadas a la identificación del cliente solicitando los documentos que permitan verificar su identidad y veracidad, así como integrar su expediente de acuerdo a lo indicado por la Ley, con la finalidad de conocer con quién se establece la relación directa en la celebración y/o contratación de prestación de servicios.

II. Integrado por las políticas y procedimientos de conocimiento del cliente, lo cual permite al ejecutivo de cuentas conocer el manejo y las operaciones que realiza el cliente para con ello realizar el perfil transaccional de cada uno de los clientes y clasificar el grado de riesgo según las operaciones que realizan, esto como establecer medidas preventivas.

III. Como mecanismo preventivo y para dar seguimiento a aquellos clientes que presenten actividades sospechosas o inusuales o que no coincidan con el perfil que se tenía de ellos, se presentan las políticas y procedimientos de monitoreo y reporte, que son las acciones que los ejecutivos de cuenta deben realizar para vigilar las actividades que realice el cliente y, de ser necesario, presentar un reporte especificando las actividades que se consideran sospechosas o inusuales, mismo que determinará si es necesario informar a las autoridades correspondientes.

IV. Enfocado a la capacitación que debe recibir el personal respecto al tema de Prevención de Lavado de Dinero, sea de nuevo ingreso o no. Dichas capacitaciones tienen el objetivo de actualizar al personal en la materia en cuanto a la manera de proceder cuando se presente una operación inusual o sospechosa, así como cuando la normatividad sufra algún cambio o actualización.

## Discusión

Con el desarrollo de este trabajo se destaca la importancia que tiene el prevenir las operaciones con recursos de procedencia ilícita para impedir que dichos recursos se incorporen al sistema financiero mexicano y con ello puedan perjudicar no solo al despacho, sino también al país en general. De igual manera es importante considerar el cuidado que se debe tener a la información que proporciona el cliente, puesto que, es una información de carácter confidencial, la cual debe ser utilizada de una forma ética permitiendo salvaguardar el funcionamiento e integridad del despacho y del mismo cliente. Independientemente que la LFPIORPI señala como obligaciones de quienes realizan actividades vulnerables la Identificación de Clientes y Usuarios, la presentación de Avisos e informes a la UIF y la custodia, protección, resguardo de la información y documentación soporte de la realización de Actividades Vulnerables, así como la que identifique a sus Clientes o Usuarios durante 5 años (SAT, 2021) se hace necesario contar con un documento de esta naturaleza que se encuentre a la disposición de todo el personal de la organización con la intención de controlar de manera efectiva los tipos de cliente que posee, las operaciones que realizan y la constante vigilancia que establece la ley para evitar ser implicado o acusado de complicidad en alguna operación con recursos de procedencia ilícita.

Al ser este un tema relativamente nuevo existe poca información documental al respecto, lo que muchas veces dificulta

la realización de este tipo de actividades que, por lo regular, son realizadas por diversos despachos de consultoría.

Dada la relevancia del tema y los constantes cambios que se están presentando a nivel nacional e internacional se plantean las siguientes recomendaciones para todos aquellos contribuyentes que realizan actividades vulnerables:

- Dar a conocer e implementar este tipo de manuales o documentos a todo el personal de manera que todos los empleados apliquen la misma normativa y forma de proceder en el trato con sus clientes ante la prevención operaciones ilícitas.
- Realizar convenios o buscar apoyos de aquellas instituciones encargadas de la capacitación y actualización en este tipo de temas como puede ser las Comisiones de Prevención de Lavado de Dinero de los Colegios de Contadores Públicos Federados al Instituto Mexicano de Contadores Públicos, para que impartan cursos al personal en materia de prevención de lavado de dinero y sus actualizaciones.
- Mantener actualizados sus manuales o procedimientos de acuerdo con las situaciones que se presenten y por las actualizaciones legales y cambios en la normatividad respecto a la prevención de lavado de dinero.

## Referencias

Corvo, H. S. (15 de julio de 2021). Control interno contable. Recuperado el 28 de septiembre de 2021, de Liferder: <https://www.liferder.com/control-interno-contable/>

CPEUM. (28 de mayo de 2021). CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. Obtenido de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_280521.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_280521.pdf)

CPF. (1 de junio de 2021). Código Penal Federal. Obtenido de Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/9\\_010621.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/9_010621.pdf)

DOF. (9 de marzo de 2018). Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita. LFPIORPI. CDMX, México: H. CONGRESO DE LA UNIÓN.

FMI. (s/f). Unidades de Inteligencia Financiera. Panorama General,. Obtenido de Fondo Monetario Internacional: <https://www.cnbv.gob.mx/PrevenccionDeLavadoDeDinero/Documents/R%C3%A9gimen%20Internacional%20Jornada%20PLD.pdf>

KPMG. (25 de junio de 2020). KPMG presenta: El impacto de los delitos financieros en México. Obtenido de KPMG Cárdenas Dosal, S.C.: <https://home.kpmg/mx/es/home/sala-de-prensa/press-releases/2020/06/kpmg-presenta-el-impacto-de-los-delitos-financieros-en-mexico.html>

SAT. (2021). Conoce la Ley Antilavado. Obtenido de Portal de Trámites y servicios: <https://www.matnp.sat.gob.mx/consulta/10022/conoce-la-ley-antilavado>

SAT. (2021). Obligaciones Contempladas en la LFPIORPI. Obtenido de Portal LFPIORPI: <https://sppld.sat.gob.mx/pld/interiores/obligaciones.html>

SAT. (s/f). Sistema del portal en Internet. Recuperado el septiembre de 2020, de Preguntas frecuentes y criterios: <https://sppld.sat.gob.mx/pld/interiores/preguntas.html>

Tondini, B. (julio de 2013). Blanqueo de capitales y lavado de dinero: su concepto, historia y aspectos operativos. Obtenido de Centro Argentino de Estudios Internacionales : <https://cuentasclarasdigital.org/wp-content/uploads/2013/07/3-BLANQUEO.pdf>



# Proceso de control permanente para ubicar auto-transportes por medio de un GPS alimentado con celdas solares

Angélica Murillo-Ramírez<sup>1</sup>, María Del Rosario Moreno-Fernández<sup>2</sup> y Eva Mora-Colorado<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca.

Pról. Av. Veracruz esq. héroes de Puebla S/N, Col. Pemex.

Tierra Blanca, Veracruz, México,

C.P. 95180.



**Correo correspondal**  
a\_17\_mr\_@hotmail.com

## Resumen

Brindar seguridad a las empresas en México es de vital importancia, el mantener en constante monitoreo los auto transportes de mercancía logrará que se disminuyan los índices de robo, así mismo se podrá identificar los auto robos, el proyecto que se presenta ha desarrollado un sistema que permite controlar de forma permanente el seguimiento y ubicación de los auto transportes, utilizando un sistema de posicionamiento global conocido como GPS, alimentado través de celdas solares, estas últimas están teniendo gran impacto debido a que son dispositivos tecnológicos que pueden aprovechar la energía solar convirtiéndola en energía utilizable, misma que alimentará de manera permanente el GPS para identificar durante todo momento la posición donde se encuentra la unidad de autotransporte.

Con la presente investigación se contribuye en la disminución de los casos de robo de carros cargados con mercancías que van del estado de Veracruz a distintas partes del país, que en su largo trayecto son hurtados por delincuentes. Ellos saben que al remolcar las unidades con el motor apagado los sistemas de rastreo son burlados y pueden llevar a cabo sus malas intenciones. Se pretende que en un futuro se pueda brindar a más empresas de la región un proceso de control permanente para ubicar auto-transportes de mercancías, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS), a través de celdas solares, lo que permite dar confianza a la empresa para dar seguimiento a sus autotransportes en tiempo real.

## Abstract

Providing security to companies in Mexico is of vital importance, keeping in constant monitoring the auto transports of merchandise will reduce the rates of theft, likewise it will be possible to identify auto thefts, the project that is presented has developed a system that allows you to permanently control the tracking and location of auto transports, using a global positioning system known as GPS, powered by solar cells, the latter are having a great impact because they are technological devices that can take advantage of solar energy by converting it into usable energy, which will permanently feed the GPS to identify the position of the motor transport unit at all times.

This investigation contributes to the reduction of cases of theft of cars loaded with merchandise that go from the state of Veracruz to different parts of the country, which in their long journey are stolen by criminals. They know that by towing units with the engine off the tracking systems are bypassed and can carry out their malicious intentions. It is intended that in the future it will be possible to provide more companies in the region with a permanent control process to locate motor transport of goods, using a global positioning system (GPS), through solar cells, which allows to give confidence to the company to track your motor carriers in real time.

**Palabras clave:** GPS, Celdas solares, Autotransporte, Seguridad, ISIS, TrakerHome, GPS TK104, GPS-Trackerxy.

**Keywords:** GPS, Solar cells, Motor transport, Security, ISIS, TrakerHome, GPS TK104, GPSTrackerxy.

---

## Introducción

En las empresas de Transportes Internacionales, gran parte de los camiones llevan remolque o semirremolque llamado encortinado, el cual tiene instalado en una parte oculta un GPS de rastreo, que va conectado directamente a la batería del camión (unidad). Mientras la unidad está encendida, dicho equipo de GPS trabaja de forma correcta, una vez

apagada la unidad el GPS se deshabilita y la plataforma GPS tracker mobile no recibe la señal.

Durante el tiempo en que la unidad se encuentra apagada la empresa ha sufrido varios robos, tanto en la mercancía que transporta como en sus unidades. Se pretende que dicho proyecto compruebe que tan factible y funcional es el conectar el GPS a una fuente de energía renovable, como

lo es la energía solar, ya que al ser autosuficiente permitirá mantener encendido el dispositivo en todo momento, lo cual dará como resultado, que los índices de robo disminuyan en un 90% las pérdidas de la empresa.

El proyecto pretende demostrar que al aprovechar la energía proporcionada por los rayos solares durante el día y almacenarla en un acumulador con la finalidad de poder disponer de ella en cualquier momento. También llevará una conexión alternativa directa a la unidad, para que en el momento que ésta sea arrancada proporcione la energía que mantenga en ese instante encendido al GPS, permitiendo estar encendido en todo momento y bajo cualquier circunstancia.

#### **Antecedentes**

Al abordar el tema del transporte en México es necesario tomar como marco de referencia al Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007- 2012 de México, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de enero de 2008, aborda, entre otros aspectos, las políticas y progresos en materia de transporte y su alineación con los objetivos de los ejes de política pública del Programa Nacional de Desarrollo 2007-2012 y el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012, así como las estrategias y líneas de acción en materia de: infraestructura carretera, autotransporte federal, sistema ferroviario nacional, sistema marítimo portuario, transporte multimodal, medicina preventiva en el transporte, investigación científica e innovación tecnológica, entre otras (Programa sectorial de comunicaciones y transporte, 2007).

Asimismo, el manejo de la sustentabilidad ambiental del Transporte le compete a la SEMARNAT. Esta es una signatura muy amplia y compleja si se piensa que existen múltiples modos de Transporte: Aéreo, Ferroviario, Carretero, Marítimo y Multimodal. En el Carretero existen el Transporte Foráneo, el Transporte Regional, Interregional y el Urbano y dentro de

ellos el Transporte de Carga y el Transporte de Pasajeros. Todos ellos con especificaciones propias, complejidades propias, distintos agentes operativos y con vinculaciones con el medio ambiente y el uso de los recursos naturales propios y diferentes, que hay que analizar y solucionar por igual. Basta señalar que en México existen alrededor de 25 millones de vehículos automotores circulando; 3,000 aeronaves de pasajeros y de carga surcando el espacio aéreo del país; 2,500 locomotoras operando y 1,500 embarcaciones de carga principalmente, en operación y más de un millón de motocicletas circulando. Derivado de lo anterior, el manejo integral de sus efectos e implicaciones ambientales de estos modos de transporte es uno de los retos de México (Aguillón Martínez, 2015).

#### **Problemas de seguridad en el transporte en México**

En México el 55.89% de los productos que se comercializan en México, se mueven a través de autotransporte de acuerdo con datos de la Comisión de Transporte, Seguridad y Autotransporte de carga, lo que posiciona a nuestro país en el sexto lugar en transportación de toneladas de mercancía de las 35 naciones de la OCDE. Cifras de la Cámara Nacional del Autotransporte de Carga (CANACAR), en 2015 registraron más de 800 mil vehículos de autotransportes que trasladaron alrededor de 523 mil toneladas de mercancía a lo largo de la República Mexicana; sin embargo, el robo a transporte de carga se ha incrementado 50% en los últimos meses del 2017 (Rodríguez, 2017).

En la página de la CANACAR se informa que de acuerdo con la Asociación Nacional de Empresas de Rastreo y Protección Vehicular (ANERPV), al cierre de abril, se registraron a nivel nacional un total de 324 robos a camiones pesados y 192 a vehículos de menor tonelaje utilizados comúnmente para reparto y distribución local, lo que representa un alza nacional del 7% comparando el segundo periodo de marzo-abril, contra el primero de enero-febrero, ambos de este año (CANACAR, 2020).

A través de un comunicado, la organización confirmó que la pandemia provocada por el COVID-19 ha comenzado a afectar significativamente al transporte carretero de mercancías, principalmente al relacionado con víveres y alimentos no perecederos con empaque. Estado de México, Veracruz, Puebla y Guanajuato son las entidades con el mayor porcentaje de hurtos. (CANACAR, 2020) los a ANERPV afirman que las bandas de asaltantes, portando batas blancas, cubre bocas y equipo sanitizante han empleado la técnica del retén sanitario falso para detener camiones bajo el argumento de “desinfectar” la unidad y/o checar la temperatura del operador. “El miedo y la incertidumbre de los operadores ante el brote del COVID-19, es aprovechado por los delincuentes para efectuar los asaltos con armas de alto poder, despojándoles de vehículos, mercancías e inclusive sus pertenencias personales. Otra modalidad es colocar rocas en las vías para obligar a los transportes a detenerse y poder ejecutar el atraco”, según confirma la ANERP (CANACAR, 2020).

#### **Protección de mercancías y transportistas**

A partir de 2016, se implementó que todos los vehículos que circulen en la Ciudad de México y en carreteras federales, deberán contar obligatoriamente con un seguro de responsabilidad civil. Todo transportista (comprador o vendedor) debe garantizar el valor de sus bienes o mercancía por daños o pérdidas durante su traslado (Rodríguez, 2017).

#### **Monitoreo de autotransportes**

Asegurar el transporte de mercancía e invertir en localización satelital son clave para cualquier empresa de auto-transporte. Tener un monitoreo de las flotas, mejora la capacidad para gestionar la logística en el negocio, ofrecer un óptimo servicio al cliente que reduzca gastos y riesgos en la operación, así como brindar eficiencia en los tiempos muertos y ciclos de cargado. Incluso con el uso de la tecnología

satelital y con ayuda de los drones, se minimiza el riesgo de pérdida de mercancía al mismo tiempo que es posible monitorear la ruta de traslado y ser advertidos si el transportista se sale de la ruta estipulada; lo que evitará también paradas no autorizadas. Con apoyo de las autoridades, las herramientas de las aseguradoras y los servicios de geolocalización ahora es posible conocer las zonas con altos índices de delincuencia o aquellos que están en reparación (Rodríguez, 2017).

#### **Seguridad en cadenas de suministro**

Cuando hablamos de cadenas de suministro nos referimos a todos los factores que intervienen en el proceso de obtención de mercancías, su transformación, distribución y venta de un producto final (Rodríguez, 2017).

#### **Capacitación del conductor y mantenimiento del vehículo**

Dar mantenimiento preventivo a las unidades, reduce las eventualidades por averías en el transporte. También el conductor debe ser capacitado para conocer las medidas de seguridad necesarias antes y durante el traslado; en caso de algún accidente o eventualidad conozca el protocolo a seguir para una reacción oportuna y efectiva (Rodríguez, 2017).

#### **Situación actual de inseguridad en los estados de Puebla y Veracruz**

Aumenta un 116% el robo de transporte de carga en Puebla y Orizaba. Este delito pasó de 83 tracto camiones sustraídos en 2015 a 233 en 2017; la mayoría de los robos se concentran en el triángulo de las Bermudas conformado Texmelucan, Esperanza y Orizaba. El robo de transporte de carga en el estado de Puebla se concentra en la capital del estado y cinco municipios que generó que este delito se disparara en un 116% en el último año (Flores Martínez, 2018).

De acuerdo con las estadísticas de la Asociación Nacio-

nal de Empresas de Rastreo y Protección Vehicular (ANERP), el robo de transporte de carga pasó de 83 tracto camiones sustraídos en 2015 a 233 en 2017. Para Mario Espinosa Boulogne, el entonces presidente ANERP, la mayoría de los robos se concentran en el llamado triángulo de las Bermudas que lo componen los municipios de Texmelucan, Esperanza y Orizaba. En ese triángulo famoso de las Bermudas que ya le tienen mal nombre conocido, el tema entre Texmelucan, San Martín, Esperanza y Orizaba, suceden no nada más los robos de la carga como antes sucedía, hoy se roban el camión completo, lo desvalijan y ni el camión aparece, es un tema muy dramático que ha subido de una forma muy alarmante”, indicó. Sin embargo, las estadísticas realizadas con las cifras oficiales de la Fiscalía General del Estado de Puebla señalan que la capital poblana y cinco municipios concentran el mayor número de tracto camiones robados con mercancía.

La ciudad de Puebla se encuentra en primer lugar con 40 unidades, le siguen los municipios de Tecamachalco con 16 unidades, Cañada de Morelos con 14 tráileres, Palmar de Bravo y Tehuacán con 12 tracto camiones; San Martín Texmelucan con 11 unidades de carga. Le siguen los municipios de Esperanza con 10 unidades robadas, Tepeaca con 8, Acatzingo con 7, Oriental con 6, Los Reyes de Juárez, Amozóc, Zaragoza con 4 cada uno y Acatzingo, Atlixco, Tlachichuca, Teziutlán, Zacatepec y Zacatlán con tres tracto-camiones robados. Para Rodolfo Ruiz, quien transporta material de construcción, las casetas de entrada al estado de Puebla sirven para que algunos delincuentes con teléfonos pasen la información para que sean asaltados dentro de la entidad. Ante el incremento de robo de mercancía y unidades, algunos choferes de tracto camiones han preferido tomar algunas medidas de seguridad ante el nulo accionar de las autoridades de Puebla. Entre las que sobresalen solo conducir de día, viajar en convoy y evitar determinadas zonas del estado. La mercancía más robada en la ciudad de Puebla son

los abarrotes y los tracto-camiones que son utilizados para la comisión de diversos delitos (Flores Martínez, 2018).

## Metodología

Realizar el desarrollo de un proceso de control permanente para ubicar autotransportes, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS), a través de celdas solares.

El presente proyecto desarrolla un proceso de control permanente para ubicar autotransportes, con ello se podrá comprobar los beneficios que aportaría a la sociedad y las ventajas de poder reducir los índices de robo a las unidades de autotransportes en el estado de Veracruz, a continuación, se detallan las etapas en cómo se realizará este proyecto empleando las técnicas y métodos apoyado con la siguiente metodología:

### **Diseño del prototipo GPS para la demostración de la implementación, realizado en el software CAD SolidWorks**

Se diseñó la estructura tal como se muestra en la figura 1, sobre la cual será montado el prototipo, tomando en cuenta la medida del panel solar (de 160 watts a 12 v). El diseño es elaborado en el software CAD SolidWorks.

Con el uso de este software fue posible crear una idea clara del diseño del módulo que se pretendía realizar para la presentación del prototipo, un conjunto de diferentes elementos los cuales se encargan de sujetar los componentes que son parte del módulo y mantenerlos a la vista para una cómoda demostración a los interesados.

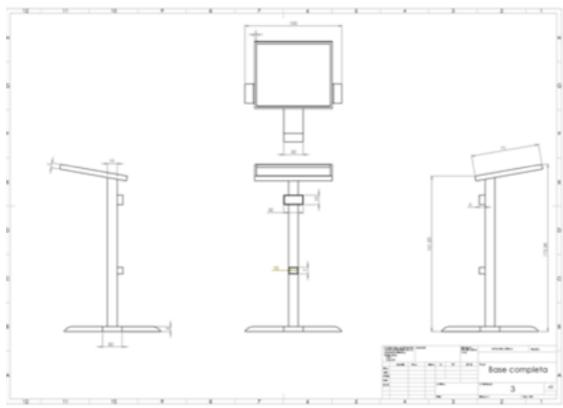


Figura 1. Diseño de la base en el software CAD Solid-Works (Elaboración propia).

Los planos se tienen en formato \*.PDF y \*.SLDPRT en por cualquier modificación.

### Desarrollo del Prototipo

Con apoyo del software ISIS de Proteus, se realizó la simulación del circuito necesario para realizar el cambio de la fuente de alimentación que viene del vehículo automotor y la batería recargada por medio de la celda solar presentado en la Figura 2.

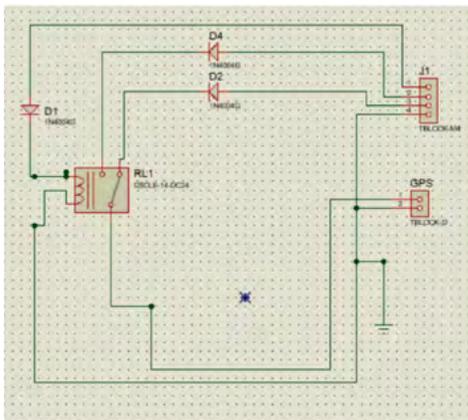


Figura 2. Circuito para simulación en ISIS de Proteus (Elaboración propia).

Cuando la simulación del circuito comprueba que todas

las conexiones fueron exitosas y que el funcionamiento es el esperado, en la Figura 3 se puede observar que apoyándose del software ARES de Proteus, se realizan las pistas que darán forma y funcionamiento a la tarjeta electrónica.

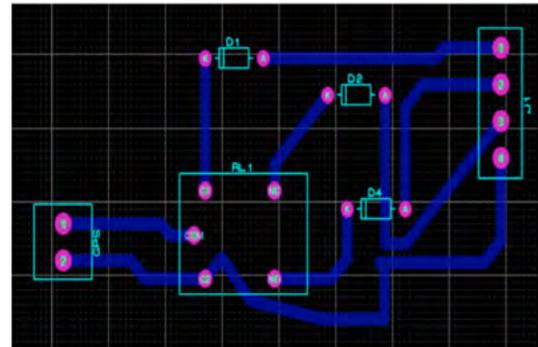


Figura 3. PCB del circuito (Elaboración propia).

La Placa de Circuito impreso o PCB (del inglés: Printed Circuit Board, PCB) queda lista para ser transferida a la placa fenólica con recubrimiento en cobre por el método deseado y se puede notar en la Figura 4 su forma física con los componentes ya montados.



Figura 4. Colocación de los componentes electrónicos (Elaboración propia).

Para poder apreciar la placa final, en el mismo software se tiene una vista de componentes, la cual se encuentra en 3D para visualizar claramente la posición de cada elemento. Esto permite al diseñador asegurarse de que los espacios son suficientes para evitar choques entre componentes, por espacios reducidos o malas conexiones.

Después de haber revisado detenidamente que el circuito realizado en Proteus este correctamente diseñado; sin fallas y malas conexiones, el siguiente paso fue la impresión

en papel Couche para su posterior planchado en la placa fé-nólica.

La siguiente tarea fue la elaboración del módulo y el montaje de cada uno de los dispositivos, así como sus respectivas conexiones y el sistema de alimentación por medio de una celda solar.

Para lo cual se diseñó una base como soporte para cada elemento que compone a este proyecto. Cabe mencionar que la base únicamente es para dar una presentación del funcionamiento del dispositivo en cuestión sin ser montado en los vehículos, pues a la hora de colocarlo en un carro de carga, no necesitará de ningún soporte, ya que este irá montado directamente sobre el mismo chasis o tracto del camión.

En la Figura 5 se cuidó que las conexiones quedaran ocultas y que el cableado pasara por la parte central del PTR, para una mejor presentación y evitar problemas o fallas por malas conexiones.



Figura 5. Instalación y fijado de material, conexiones para su correcto funcionamiento.

Se perforó y se fijó cada elemento a la base, para evitar accidentes.



Figura 6. Colocado frontal para una vista cómoda.

La colocación de cada dispositivo fue pensada de forma que sea fácilmente visible para los visitantes y alumnos de la carrera de Ingeniería Electrónica y Sistemas Computacionales, tal como se puede ver en la Figura 6.



Figura 7. Instalación completa de los componentes eléctricos y electrónicos.

La Figura 7 presenta la posición en la que se encuentra instalada la celda solar y esta misma base permite poner a cargar la batería durante el día, para realizar las demostraciones durante las presentaciones del proyecto.

**Configuración y funcionamiento del sistema de rastreo por GPS TK104 por medio de su plataforma GPSTrackerxy por medio de internet**

Para el correcto funcionamiento del dispositivo de rastreo por GPS TK104, se debe realizar el procedimiento que se muestra a continuación, siguiendo las instrucciones en ese orden, cabe mencionar que el proceso debe comenzarse con el dispositivo de rastreo por GPS ya en funcionamiento, es decir, con la batería previamente cargada, el chip dado de alta en la compañía y con saldo precargado para navegar por internet.

El chip telefónico se inserta en la ranura del rastreador GPS antes de ser encendido.

Entrar al navegador y colocar la siguiente dirección en el URL: [www.gpstrackerxy.com/](http://www.gpstrackerxy.com/)

En la página principal se muestran 4 servidores. En el caso de la República Mexicana se selecciona el servidor 3 y enseguida se mostrará una ventana donde se solicitan el ID de usuario y contraseña del operador. La primera vez que se use el GPS, se debe dar clic en "Registro" y seguir las instrucciones (TrackerHome, s.f.).

Una vez hecho el registro como se indica en la figura 8, se mostrará una ventana que solicita ID de usuario, contraseña y el número de serie del GPS (IMEI) que se encuentra en el código de barras de este, los cuales deben ser capturados sin errores. Al finalizar el llenado de los datos se hace clic en "Guardar"



Figura 8. Ventana que emerge para crear una cuenta de usuario con el número específico del GPS (trackerHome, s.f.) .

Tras la creación de la cuenta de usuario, vuelve a la página del servidor 3 y se introduce la ID de usuario creada con su respectiva contraseña y se da clic en "Inicio de sesión".

Una vez iniciada la sesión por primera vez, se presentará la plataforma sin mapa y con la lista de terminales vacía.

A continuación, para registrar el GPS y poder dar seguimiento a su ubicación, se debe seleccionar la barra "Configuración del sistema" y seleccionar "Administración de terminales".

En la ventana emergente se aprecian tres recuadros, seleccionar el que contiene la leyenda "Anadir" y enseguida saldrá una línea que solicitará los siguientes datos: IMEI de la terminal, Nombre, Ícono, Modelo, Nombre del grupo y fecha de caducidad.

En el espacio para el IMEI se introduce el mismo número que se introdujo en la creación de la cuenta (el número que trae la etiqueta del GPS); en el campo "nombre" se declara aquel que identifique que vehículo se mantiene visualizando, puede ser cualquier dato que ayude al usuario a llevar un control de los distintos vehículos; en ícono se selecciona el tipo de dispositivo u objeto que se necesita monitorear, si es coche, mascota, bicicleta, etc.; en modelo se selecciona el tipo de GPS que se adquirió (en este caso es modelo "Track"); para agregar un nombre de grupo es necesario primero la creación del mismo y finalmente en la fecha de caducidad no se altera nada.

Una vez finalizado y teniendo los campos completos, se da clic en la flecha verde que se encuentra al final de la línea y se quedará guardado el dispositivo.

Una vez cerrada la página de "Administración de terminales" se podrá observar que en la lista de terminales aparece el nombre del dispositivo agregado con una esfera gris en

su lado izquierdo (esa esfera representa si el dispositivo está activo en color verde o desactivado en color gris).

La plataforma muestra la ubicación con ayuda de un mapa, para visualizar fácilmente la posición del vehículo de transporte. El uso de la plataforma es muy sencillo y eficiente, ya que muestra las ubicaciones con muy poco desfase por el movimiento y el tiempo de envío y recepción de la información pudiendo constatar en la figura 9 un ejemplo de la vista de usuario.

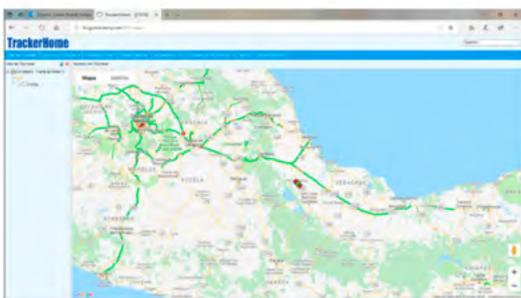


Figura 9. Sistema funcionando correctamente (TrackerHome, s.f.).

## Pruebas y resultados

La empresa FERROSUR S.A. DE C.V. abrió las puertas a los miembros del proyecto, para realizar el montaje y las pruebas de funcionamiento del prototipo. Para lo cual fue necesario definirles con anticipación el tipo de pruebas que se requerían realizar y las características del proyecto que se deseaba implementar.

El desarrollo de las pruebas se llevó a cabo en dos partes, la primera en la que se levantaron los datos sobre el tipo de vehículo en el que se montaría el prototipo y la ruta que este seguiría durante 3 días. Pues el punto más importante del proyecto es el monitoreo durante ese trayecto, en la figura 10 se muestra el vehículo autorizado por la empresa

para realizar las pruebas. Se llevaron a cabo las conexiones con la batería del vehículo y la de la celda solar. Se fijó al chasis del vehículo la base de la celda solar para que, con el movimiento en carretera, no se cayera.

Se mencionó que el recorrido de la grúa es de acuerdo con un plan de trabajo o en ocasiones por situaciones inesperadas, como lo son accidentes, daños por desgaste ambiental o problemas en vías por situaciones naturales (grietas).



Figura 10. Grúa propiedad de FERROSUR S.A. DE C.V., que transporta el prototipo con el GPS.

El desarrollo de un proceso de control permanente para ubicar autotransportes de mercancía, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS) alimentado con celdas solares, permitió que se diseñará un plan de trabajo, bajo el cual fue posible integrar diversos elementos, para identificar qué factores provocan el robo y auto robo de autotransportes, y darle solución al problema, teniendo como propuesta el control permanente para ubicación de autotransportes, conforme se fueron identificando los elementos necesario para el desarrollo de la investigación, se descubrió la forma de poder realizar dicho seguimiento y ubicación utilizando un sistema de posicionamiento global, seleccionando el que mejor se adaptará a las necesidades y recurso con los que se contaba.

Es necesario puntualizar que el proyecto fue sometido a la convocatoria Apoyo a proyectos de investigación científica y tecnológica en los programas educativos 2018-2, y este proyecto obtuvo el beneficio económico, es por ello por lo que fue posible adquirir el equipo necesario para la realización, desarrollo y puesta en marcha. También es importante señalar que los alumnos de la carrera de Ingeniería Electrónica aplicaron los conocimientos adquiridos durante sus estudios, mostrando una participación proactiva y entusiasta, con ello se pudo constatar que con este proyecto los alumnos son capaces de generar nuevos dispositivos con innovación y calidad. Con la implementación del proyecto se logró alcanzar el objetivo que era el realizar el desarrollo de un proceso de control permanente para ubicar autotransportes de mercancías, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS), a través de celdas solares, la cual permite dar confianza a la empresa para dar seguimiento a sus autotransportes en tiempo real.

#### Aplicaciones futuras

Se tiene pensado en un futuro combinar la tecnología del posicionamiento del GPS con sistemas que pueden reflejar en pantalla información geográfica o con sistemas que automáticamente transmiten datos a pantallas u ordenadores, se ha abierto una nueva dimensión al transporte de superficie” (GPS, 2006).

#### Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca Veracruz y a la empresa FERROSUR S.A. DE C.V., todas las facilidades brindadas para la realización del presente artículo.

## Referencias

Aguillón Martínez, J. E. (2015). Manual de buenas prácticas ambientales y de manejo de motociclistas en México. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD002474.pdf>

CANACAR. (14 de mayo de 2020). CANACAR. Obtenido de Cámara Nacional de Autotransportes de Carga: <https://canacar.com.mx/general/sube-7-robo-transporte-contingencia-anerpv/>

Flores Martínez, R. (29 de Enero de 2018). Aumenta un 116% el robo de transporte de carga en Puebla. Recuperado el 22 de Junio de 2018, de <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2018/01/29/1216796>.

GPS, I. o. (2006). GPS.GOV. Obtenido de <https://www.gps.gov/applications/roads/spanish.php>

Impacto de la inseguridad en el autotransporte de carga. (19 de Junio de 2018). Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de <https://canacar.com.mx/general/presenta-canacar-impacto-la-inseguridad-autotransporte-carga/>

Programa sectorial de comunicaciones y transporte. (2007 de Noviembre de 2007). Recuperado el 7 de Enero de 2018, de Programa sectorial de comunicaciones y transporte: [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/SCT\\_PS\\_2007-2012.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/SCT_PS_2007-2012.pdf)

Rodríguez, J. (22 de Agosto de 2017). Recuperado el 20 de Junio de 2018, de <https://www.forbes.com.mx/seguridad-en-autotransportes-de-carga/>

TrackerHome. (s.f.). Recuperado el 22 de Diciembre de 2018, de trackerHome: [https://www-gpstrackerxy-com.translate.goog/Login.aspx?Server=3&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=nui,sc&\\_x\\_tr\\_sch=http](https://www-gpstrackerxy-com.translate.goog/Login.aspx?Server=3&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=nui,sc&_x_tr_sch=http)



# Propuesta de mejora para la optimización de una posición remota híbrida y su simulación

*Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<sup>1</sup>, Juan Ernesto Chávez Pierce<sup>2</sup>, Carlos Alberto Gómez Álvarez<sup>3</sup> y Gabriela Álvarez Vega<sup>4</sup>*

<sup>1,2,3</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Avenida del Charro, C. Henry Dunant s/n

<sup>4</sup> JBT AEROTECH EMD, S.A. DE C.V.

Av. Antonio J. Bermúdez #720

Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32584



**Correo correspondiente**

barbara.anaya@uacj.mx

## Resumen

La prestación de servicios aeroportuarios hacia sus principales clientes, las aerolíneas, se ha vuelto un verdadero reto, debido a las exigencias del cliente y la versatilidad de la industria de la aviación, en busca de atender las operaciones aéreas de forma segura, ordenada y expedita. La presente investigación se ha desarrollado con el objetivo de optimizar las condiciones actuales de la plataforma comercial de un aeropuerto regional, con base al crecimiento operacional y la tendencia estadística se busca mejorar la distribución de espacios, creando una posición remota híbrida que contribuya y favorezca al flujo de las operaciones; tomando como directriz lo establecido por el marco regulatorio de nuestro país, otorgado por la Agencia Federal de Aviación Civil AFAC y sustentado por la simulación dinámica de eventos discretos, basados en el marco metodológico propuesto para el desarrollo de la investigación que establece tres fases individuales y continuas en busca del objetivo.

## Abstract

The provision of airport services to its main customers, the airlines, has become a real challenge, due to customer demands and the versatility of the aviation industry, seeking to attend to air operations in a safe, orderly and expeditious manner. This research has been developed with the objective of optimizing the current conditions of the commercial platform of a regional airport, based on operational growth and the statistical trend seeks to improve the distribution of spaces, creating a remote hybrid position that contributes and favors the flow of operations; taking as a guideline what is established by the regulatory framework of our country, granted by the Federal Civil Aviation Agency AFAC and supported by the dynamic simulation of discrete events, based on the methodological framework proposed for the development of the investigation that established three phases and continuous in search of the objective.

**Palabras clave:** Aeropuerto, plataforma comercial, directriz, marco regulatorio, posición remota híbrida.

**Keywords:** Airport, commercial platform, guideline, regulatory framework, hybrid remote position.

---

## Introducción

Los aeropuertos son espacios de tierra que permiten el encuentro entre aviones, pasajeros y carga, generando diversas actividades para que esto sea posible; a estas actividades se les conoce como operaciones aéreas, la infraestructura que brinda soporte a estas operaciones se dividen en lado tierra y lado aire, la diferencia entre estas son, a quien van dirigidas las funciones. (Bazargan Massoud, 2010).

El lado aire busca atender las necesidades de las aeronaves y se encuentra constituida principalmente de pistas, plataformas y calles de rodaje y tienen como objetivo facilitar el movimiento de la aeronave, mientras que el lado tierra concentra una infraestructura que busca atender las necesi-

dades de los usuarios del aeropuerto. (Kasada, Caves, 2012).

A menudo es común que el lado tierra refleje mejoras en su cimiento, en busca de un mayor confort y seguridad para el usuario, sin embargo, las innovaciones del lado aire son escasas y se deben principalmente a las grandes inversiones económicas que esto exige. (Álvarez Vega, 2019).

A través del presente escrito se aborda un análisis del lado aire de la infraestructura de un aeropuerto regional de la zona norte de México, específicamente en la plataforma comercial, con el objetivo de identificar el flujo de las operaciones aéreas y visualizar los problemas que se derivan principalmente de la creciente demanda de operaciones; se

busca implementar una mejora en la distribución de espacios dentro de la plataforma, que implique la menor inversión posible, dicha propuesta basada en el marco regulatorio otorgado por la autoridad aeronáutica en nuestro país. (Agencia Federal de Aviación Civil, 2020)

La investigación desarrollada permite evaluar las condiciones físicas y la infraestructura del aeropuerto en colaboración, así como identificar las normas, leyes y documentos de interés para el desarrollo de la propuesta; adicionalmente se implementa un software de Simulación Logística Discreta (SIMIO) que permite visualizar el flujo de las operaciones con la propuesta realizada, brindando una idea sólida del resultado esperado del planteamiento. (Felez Blasco, 2014)

## Metodología

La investigación se desarrolló con base a la metodología propuesta, en busca de cubrir tres fases indispensables para el correcto abordaje del proyecto, la primera fase consiste en la investigación documental y de campo, mientras que la segunda fase considera la validación de la propuesta con base a la simulación proyectada, finalmente la tercer fase se enfoca en la descripción de los resultados de las primeras dos fases, dando lugar a las conclusiones.

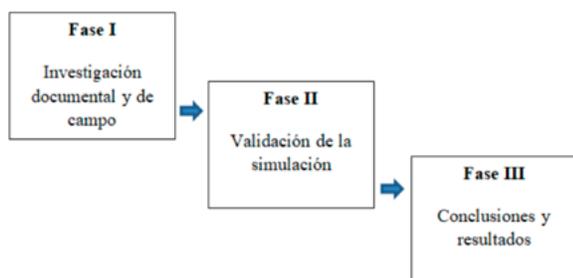


Figura 1. Cuadro metodológico.

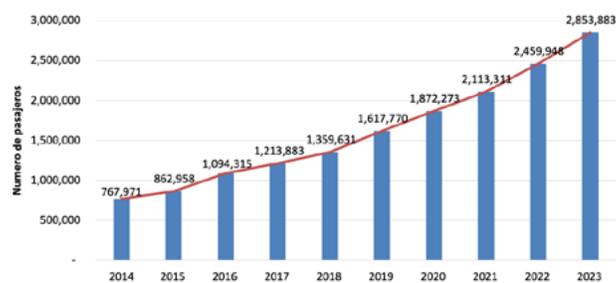
Fuente: Elaboración propia.

## Fase I. Investigación documental y de campo

A través de la primera fase se recopiló información documental, que describe las características físicas de la plataforma comercial del aeropuerto en cuestión, siendo la categoría del mismo 4D, según la Organización de Aviación Civil Internacional OACI, ya que logra albergar aeronaves de más de 1800 m de longitud, con envergaduras desde 36 hasta 52 m; datos que describen la capacidad de recepción de aeronaves, siendo el Airbus A321 la aeronave crítica del aeropuerto en colaboración. (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2004)

El desarrollo de la investigación se enfocó principalmente en la plataforma comercial, lugar donde se atienden las necesidades operacionales de la aeronave y se desarrolla el movimiento de pasajeros; la plataforma actualmente cuenta con 7 puestos de estacionamiento, con capacidades diversas, dos posiciones son de contacto y el resto remotas; bajo esta primera fase es imperante la identificación de un problema latente. Este problema radica en el congestionamiento de la plataforma comercial en horas pico de movimientos operacionales, derivado de la demanda creciente de las aerolíneas que operan en el aeródromo, la tabla 1 muestra la proyección del crecimiento de pasajeros a corto plazo, cabe resaltar que se desarrolló un análisis de campo, que permitió identificar las posibles soluciones al problema, mismas que son fundamentadas en el marco regulatorio de la AFAC, quien emite como directriz los parámetros para planteamientos de diseño, rediseño y planificación de aeropuertos.

Tabla 1. Proyección del crecimiento de pasajeros a



Elaboración propia con base a información de <http://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/aeronautica-civil/5-estadisticas/>

Después de la evaluación de la zona de plataforma y de la verificación de datos, se concluye que de las posiciones existentes, la número 7, sería una opción factible de rediseño, principalmente por limitantes de espacio en la plataforma, la figura 2 muestra el plano en AutoCAD de la plataforma comercial, evidenciando únicamente las posiciones remotas, de la 3 a la 7.

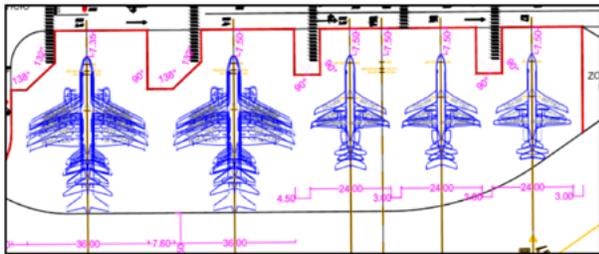


Figura 2. Posiciones remotas de la plataforma comercial en AutoCAD. Elaboración propia.

El siguiente diagrama muestra con detalle el proceso metodológico abordado en la fase I de la investigación. Siendo este el de mayor amplitud, en busca de una base sólida de gran fundamento.

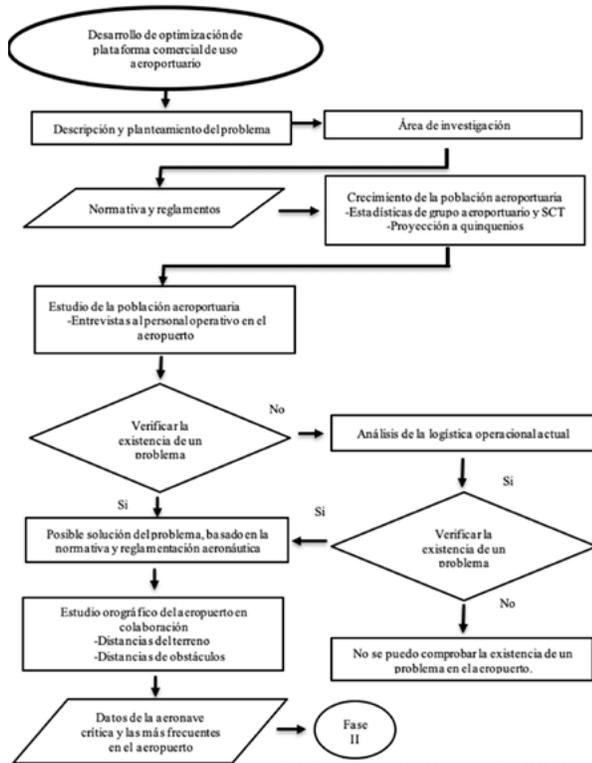


Figura 3. Diagrama metodológico de la fase I. Elaboración propia.

## Fase II. Validación de la simulación

Por medio de la fase II, se demostró el proceso de ejecución, a través del programa de simulación SIMIO para aeropuertos, permitiendo validar la propuesta con base al análisis hecho en la fase anterior. Un modelo de simulación dinámica resulta esencial para el desarrollo de esta fase, ya que no requiere de inversiones para proyecciones del desempeño de la propuesta realizada, naturalmente es factible como medio predictivo. La Figura 4 muestra el diagrama metodológico de la fase II.

El uso del programa SIMIO permite el modelado, simulación y animación 3D de eventos discretos, como el flujo operacional de los procesos que se desarrollan en la plataforma comercial, usando lenguajes de programación previamente establecidos, como flujos gráficos, para la evaluación de diseño o rediseño. (Herrera García, 2012) (Hernández Mosso 2014).

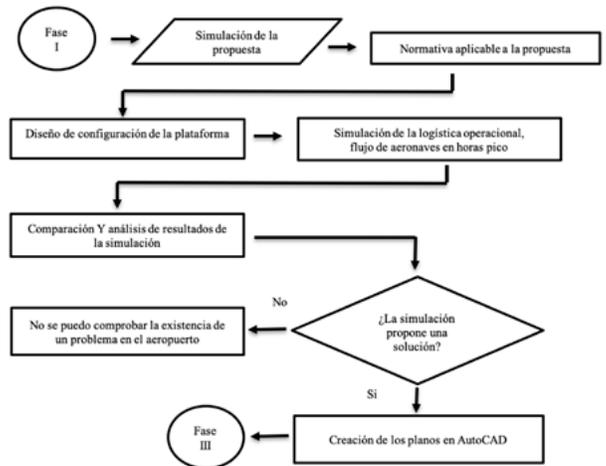


Figura 4. Diagrama metodológico de la fase II. Elaboración propia.

Parte fundamental del desarrollo de la fase II, radica en el estudio orográfico para identificar los datos y parámetros a utilizar a través de la simulación, principalmente características físicas con las que la plataforma cuenta; como por ejemplo dimensiones, tipo de superficies, flexibilidad en los puestos de estacionamiento, líneas de seguridad, señalización, vehículos terrestres de apoyo en la operación, método

de embarque de pasajeros, distancias libres mínimas entre aeronaves, etc. La Figura 5 muestra la posición remota 7, área que se evaluó como recurso principal para el desarrollo de la investigación.



Figura 5. Panorámica de la posición remota 7 de la plataforma comercial del Aeropuerto de Ciudad Juárez (2019).

Recuperado de <https://earth.google.com/web/@31.635723,-106.435702,1192.9878298>

6a,883.51478887d,35y,75.9978834h,0t,0r/data=C-m8abRJCiUweDg2ZTc2NzU5YjBiYWZIM2I6MHhiOWE5M-TQ3NDY1M2I2ZDk1GaRQFr6-oj9AIVazplrim1rAKipBZXJv-cHVlcnRvIEludGVybmFjaW9uYWwgZGUgQ2I1ZGFkIEp1w-6FyZXoYAiABKAI

La Figura 6 muestra el esquema actual de la simulación a través de una vista isométrica tridimensional por medio del software SIMIO, con apoyo de las herramientas gráficas del programa es posible reflejar el flujo operacional que atiende la infraestructura aeroportuaria en el lado aire.

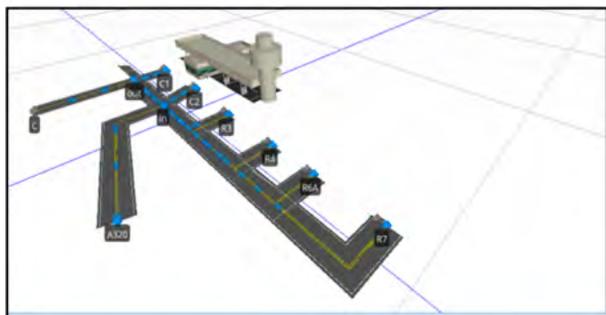


Figura 6. Vista isométrica de plataforma y rodajes en SIMIO.

Elaboración propia.

### 2.3 Fase III. Resultados

La finalidad principal de la fase III, busca simplificar los resultados de la propuesta y evidenciar las ventajas de implementar el rediseño en el área de plataforma comercial, específicamente la optimización de la posición remota 7, que incrementa de capacidad, a categoría B, aumentando significativamente.

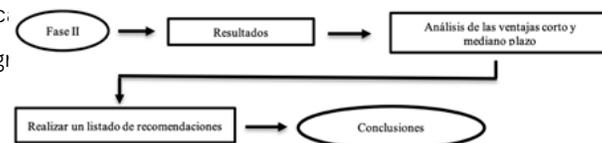


Figura 7. Diagrama metodológico de la fase III. Elaboración propia.

### Análisis de resultados

Se desarrolló una posición remota híbrida, antes conocida como posición remota 7, ahora, la posición remota 7A, ha modificado el ángulo de entrada de las aeronaves, que anteriormente era recto, por un ángulo de 30°, para albergar aviones de mayor capacidad, siendo su nueva categoría B, logra aparcar aeronaves de hasta 30 m de envergadura, como el E190, siendo una de las aeronaves más utilizadas por las aerolíneas Mexicanas. La Figura 8 muestra un vistazo de la simulación de la posición 6 y 7 en condiciones actuales de la plataforma; mientras que la figura 9 refleja una vista implementando la propuesta, ambas a través de la plataforma SIMIO

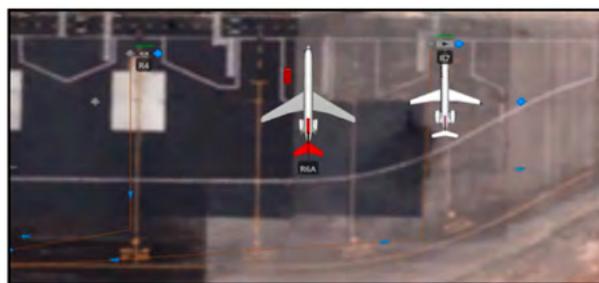


Figura 8. Vista de la plataforma actual, vista de SIMIO. Elaboración propia.

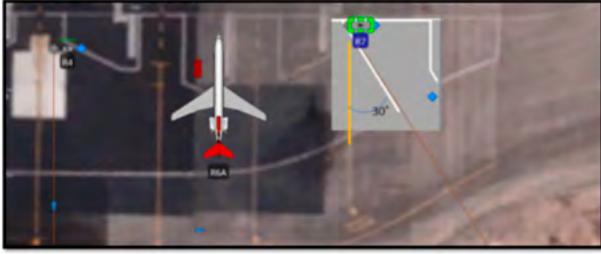


Figura 9. Vista de la propuesta, vista de SIMIO. Elaboración propia.

## Conclusión

Las aeronaves representan un medio de transporte con demandas crecientes a nivel nacional e internacional y es un gran reto atender las nuevas necesidades de las operaciones aéreas con infraestructuras que requieren de grandes tiempos e inversiones, que implican la búsqueda de medidas alternas y económicas; la simulación es una herramienta de gran utilidad para evaluar las proyecciones de diseño y rediseño y de bajo costo.

Específicamente el resultado de la modificación del ángulo de entrada a la posición remota 7, resultó ser satisfactorio, la distribución del espacio en la plataforma comercial se optimizó y se garantizó el incremento de categoría en la posición de aparcamiento, contribuyendo con la organización y el correcto flujo de las operaciones; lo deriva la reducción significativa de los tiempos de espera por parte de las aeronaves para un puesto de estacionamiento.

## Bibliografía

- Kasada, A. Caves, Robert E. Airport Design and Operation. Second edition, Amsterdam Elsevier, 2012, ISBN # 987-0-08-045104-6, p.539.
- Álvarez Vega Gabriela, Análisis logístico de la plataforma dentro de un Aeropuerto (licenciatura), Ciudad Juárez, Chihuahua, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, diciembre 2019, p. 158.
- T. Wells, Alexander, Airport Planning & Management. Fifth edition, United States of America:McGraw-Hill. 2009, ISBN # 0-07-141301-4, p. 593.
- Bazargan, Massoud. Airline Operations and Scheduling. Second edition, Embry-Riddle Aeronautical University USA: Ashgate Publishing Company. 2010, ISBN # 978-0-7546-9772-5, p. 303.
- Christopher Schaberg. The textual life of airports. Reading the culture of flight. Typeset by Newgen Systems Pvt Ltd, Chennai, India. Printed in the United States of America. 2012. ISBN # 9781441135278
- OACI, Organización de la Aviación Civil Internacional, Líneas de entrada, Manual de Diseño de Aeródromos - Parte 4, Chicago, IL, 2004, pp. 2-3, 2-6.
- Galíndez López, D. Aeropuertos Modernos Ingeniería y Certificación. Primera edición. México, Instituto Politécnico Nacional, 2006. p. 333.
- Felez Blasco Alejandro, Oliveros Colay Maria Jose, Modelización y simulación con SIMIO de procesos industriales y logísticos, (licenciatura), Zaragoza, Universidad de Zaragoza, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial, marzo 2014, p. 145.
- Herrera García, A. Modelo de simulación de operaciones aéreas en aeropuertos saturados. El caso del aeropuerto internacional de la ciudad de México, (licenciatura), Sanfandilia, Querétaro, Instituto Mexicano del Transporte, 2012, p. 108.
- Hernandez Mosso Jose Mauricio, Analisis de flujos logísticos en la plataforma del aeropuerto internacional de Puerto escondido con software de simulación discreta, (licenciatura), Ciudad de Mexico, Instituto Politecnico Nacional, marzo 2014, p. 129.
- Airports: Equipment, Operation, Construction, Administration. Volume three, Michigan, Universidad de Michigan, enero 2007
- García C. Marcos. Aeropuertos: planificación, diseño y medio ambiente, S.L., Ibergarceta Publicaciones, 2013, ISBN # 8415452799, p. 428.
- García C. Marcos. Airport Operations. Second edition, AENA, 2008, ISBN # 8492499079, p. 200.



# Electrooxidación de telururos-arseniuros-seleniuros de Oro-plata en medio ácido perclórico y sulfúrico

Y. Besares-Sánchez<sup>1</sup>, M.A. Alatorre Ordaz<sup>2</sup>, Ma. M. Salazar-Hernández<sup>3</sup> y E. Elorza-Rodríguez<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología  
Lascuráin de Retana No. 5, Col. Centro  
C.P. 36000, Guanajuato, Gto., México.

<sup>2</sup> Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y

Exactas. Lascuráin de Retana No. 5, Col. Centro  
C.P. 36000, Guanajuato, Gto., México.



**Correo correspondiente**  
erelorza@ugto.mx

## Resumen

El  $Ag_2Te$ , es un mineral refractario difícil de lixiviar, siendo la oxidación electroquímica una alternativa para la recuperación de la Ag en dichos minerales; el presente trabajo muestra el estudio voltamperométrico en ácido perclórico y sulfúrico del telururo de plata sintético ( $Ag_2Te$ ) y de una muestra de jal del distrito minero "El Oro-Tlalpujahuá" previamente concentrada por flotación ( $41.61 \text{ g Au/Ton}$  y  $314.88 \text{ g Ag/Ton}$ ). Los estudios realizados, mostraron una recuperación significativa de plata en ácido perclórico, no obstante, el jal de "El Oro-Tlalpujahuá", mostró en ambos medios la pasivación de la superficie, lo que impide la recuperación cuantitativa del Au presente en el mineral.

## Abstract

This paper describes the electrochemical oxidation of synthetic silver telluride with the chemical formula  $Ag_2Te$  and the mine tailings of El Oro-Tlalpujahua mining district concentrated by froth flotation process in order to increase the ore grade to  $41.6 g Au/Ton$  and  $314.9 g Ag/Ton$ , facilitating the interpretation of voltamperograms obtained in perchloric and sulfuric acid media. Determining a significative recovery of silver in perchloric acid media, nevertheless gold in both systems presents passivation on the surface, which prevents its complete oxidation, hindering the electrooxidation process and the recovery of said element.

**Palabras clave:** Telururos de Oro y Plata, Electrolixiviación ácida, recuperación de Ag.

**Keywords:** Silver and gold tellurium, electrochemical oxidation, silver recovery.

## Introducción

Tradicionalmente, México es un país que ha mostrado un alto interés en la producción de oro y plata, lo que ha conllevando a la expansión y/o construcción de plantas de concentración-extracción para la recuperación de estos. No obstante, los yacimientos existentes muestran cambios de mineralización, por ejemplo, la presencia de materia carbonosa, compleja-íntima asociación con minerales de pirita-arsenopirita, telururos de oro-plata, entre otros. Los telururos de metales preciosos, son minerales de variada refractariedad que, pese a su complicada extracción en algunos medios lixiviantes, poseen un alto interés económico, tanto por su contenido de oro como de telurio (Woodcock, Sparrow et al. 2004, Adams 2005, Ellis and Deschenes 2016, Wadsworth and Miller 1979, Habashi 1999). En algunas partes del mundo, los telururos han aportado una significativa proporción de la producción de oro, entre los más notables se tienen Golden Mile, Cripple Creek, Carson Hill, entre otros. Las menas de

telururo-oro pueden ser clasificadas en seis grupos minerales: calaverita ( $AuTe_2$ ), silvanita  $[(Au,Ag)_2Te_3]$ , montbrayita  $[(AuSb)_2Te_3]$ , krennerita  $[(Au_{1-x}Ag_x)Te_2]$ , petzita ( $Ag_3AuTe_2$ ) y muthmanita  $[(Ag,Au)Te]$  (Zhang, Zhang et al. 2010).

A diferencia del oro libre o electrum, los telururos no disuelven rápido en una cianuración convencional, deben aplicarse tratamientos que rompan la estructura  $Au-Te$  y liberen el oro, entre los principales métodos propuestos se tienen: oxidación, flotación, y lixiviación. El telurio más simple y común es la calaverita, su lixiviación en una cianuración estándar apenas alcanza 5% de extracción del oro, las bajas recuperaciones observadas son debidas a una capa pasivante sobre la superficie mineral que evita su oxidación. El uso de sales de plomo y alta alcalinidad durante su cianuración, reporta extracciones superiores al 90% en un tiempo de 48 horas, la concentración de oxígeno disuelto en solución no parece ser relevante (Deschenes, Pratt et al. 2005).

## Caracterización Mineralógica

El material de estudio fue el jal del distrito minero de El Oro-Tlalpujahuá, al cual se le realizó una caracterización química por vía seca, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de tamaño de partícula valorado por gravimetría.

No. Malla	Tamaño $\mu\text{m}$	Peso (g)	Ley (g/Ton)		Distribución %	
			Au	Ag	Au	Ag
+70	210	7.5	-	-	-	-
+100	149	6.9	-	-	-	-
+140	105	44.1	3.28	56.45	4.93	4.37
+200	74	115.0	2.76	41.36	10.84	8.35
+230	63	56.9	2.42	41.41	4.70	4.14
+325	44	100.0	2.31	37.03	7.88	6.50
-325	-44	605.6	3.47	72.08	71.64	76.64
		<b>938.5</b>	<b>3.12</b>	<b>60.69</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

La lixiviación de menas de telururos de oro siempre ha sido difícil y controversial, la pregunta de si el cianuro es un medio adecuado para el tratamiento de telururos tiene mucho tiempo en debate, operadores e investigadores también discrepan en la recuperación de oro en cianuro. Jayasekera (1996) y Marsden-House (2006), coinciden que la pasividad mostrada por la calaverita es debida a la formación de ácido teluroso sólido ( $\text{H}_2\text{TeO}_3$ ), no obstante, discrepan en la especie de oro resultante (Jayasekera, Avraamides et al. 1996, Marsden and House 2006). Debido a estas discrepancias y controversias, se decidió realizar un estudio del comportamiento electroquímico de los telururos oro, su conocimiento será útil en la selección del agente oxidante apropiado que pueda mejorar su disolución en soluciones de cianuro o algún otro sistema lixivante alternativo (Ellis and Deschenes 2016).

El presente trabajo, muestra el estudio de la oxidación electroquímica de  $\text{Ag}_2\text{Te}$  y de la  $\text{Ag}$  y  $\text{Au}$  presente en los telururos de en una muestra de jales provenientes del distrito minero de "El Oro-Tlalpujahuá". El estudio de las voltametrías cíclicas sobre este telururo de plata en diferentes sistemas acuosos; son comparados con las correspondiente obtenidos sobre un concentrado de los residuos de operaciones pasadas del distrito minero de El Oro-Tlalpujahuá, todo ello con vistas a extender la investigación en el tratamiento de telururos y posteriormente definir un esquema de extracción para estos minerales.

Con el fin de obtener un estudio voltamperométrico claro y preciso respecto al mineral de Telururo de Oro-Plata, se realizó una concentración de oro-plata por flotación sobre el jal. La prueba se realizó utilizando un circuito de 3 etapas: primario, agotativo y limpia, con un periodo de acondicionamiento de 2 minutos, las flotaciones se realizaron a 4, 3 y 2 minutos consecutivamente, dicho circuito se muestra en la Figura 1. Aumentando así, el grado de mineral a 41.61 g/Ton de Au y 314.88 g/Ton de Ag (Análisis Gravimétrico).

La caracterización por Fluorescencia de Rayos X (XRF), se resume en la Tabla 2, observándose una composición en el concentrado del mineral de un 0.03%w de Ag y un 0.01%w de Au, así como un composición mayoritaria de especies de hierro en un 11.26%w.

## Metodología y Procedimiento Experimental

### Materiales y Reactivos

En el curso de la experimentación de este estudio, se hizo uso de una muestra de Telururos-Arseniuros-Seleniuros de  $\text{Au-Ag}$ , proveniente de los jales del distrito minero El Oro-Tlalpujahuá y hesita ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ ) grado reactivo.

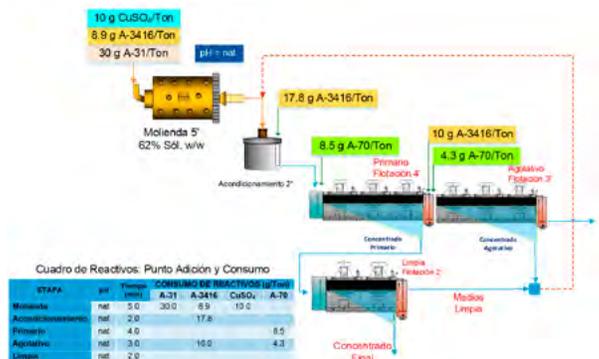


Figura 1. Prueba estándar de flotación colectiva.

Tabla 2. Análisis por XRF.

Elemento	%Peso	Elemento	%Peso
Al	1.38	As	0.03
Ca	8.71	Ag	0.03
Mn	0.11	Au	0.01
Fe	11.26	Otros	78.47

La Figura 2, muestra la caracterización por DRX del concentrado obtenido y las fases cristalográficas observadas se resumen en la Tabla 3, observándose como principales fases presentes en el jal, cuarzo, calcita y ortoclasa.

Tabla 3. Análisis por XRD.

Mineral	%	Fórmula
Cuarzo	76.9	$SiO_2$
Calcita	15.2	$CaCO_3$
Muscovita	3.7	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Cristobalita	0.8	$SiO_2$
Ortoclasa	3.4	$KAlSi_3O_8$
	<b>100.0</b>	

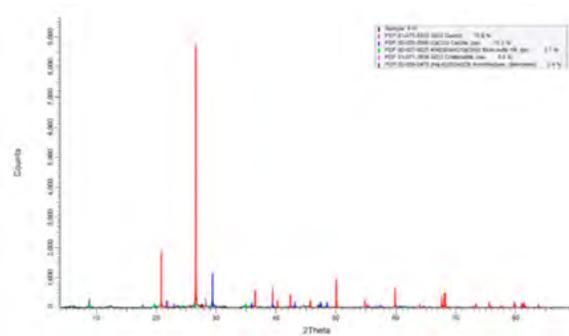


Figura 2. Espectro de Difracción de Rayos X, concentración mayor a 5%.

### Voltamperometrías cíclicas

El estudio voltamperométrico del  $Ag_2Te$  sintético y del mineral, tiene como objetivo evaluar la factible recuperación de la Ag mediante procesos de oxidación electroquímica en

un mineral modelo ( $Ag_2Te$  sintético) y en el jal del distrito minero de El Oro-Tlalpujahua.

El estudio se llevó a cabo en una celda de tres electrodos: Electrodo de Calomel (RE, Electrodo de Referencia), Electrodo de Platino (CE, Contraelectrodo) y Electrodo de Pasta de carbono (WE, Electrodo de Trabajo). Los estudios voltamperométricos del  $Ag_2Te$  sintético y del mineral se evaluaron con electrodos de pasta de carbono (electrodo de trabajo), para lo cual se prepararon tres electrodos de pasta de carbono con diferentes fines, de Carbono Vulcan como blanco que permite evaluar las propiedades Oxido-Redox del electrodo (blanco en el estudio), de Carbono- $Ag_2Te$  sintético, que permitirá evaluar las condiciones Oxido-Redox del mineral modelo en el estudio y de Carbono-Mineral que permitirá evaluar la factible recuperación de la Ag mediante procesos de oxidación electroquímica en el mineral en estudio.

Para la elaboración de cada electrodo de pasta de carbono se hace uso de Carbono Vulcan de alta pureza, aceite de silicón como aglutinante y el material problema ( $Ag_2Te$  o Concentrado Mineral), que se encuentra a un tamaño de partícula de 100% a -150 mallas y con una relación de peso Carbón-Material de 1:1; logrando la homogeneidad de la pasta al integrarla-molerla en un mortero de ágata.

El estudio electroquímico se llevó a cabo en dos soluciones ácidas, una solución 1.0 M de Ácido Perclórico ( $HClO_4$ ) y en una solución 1.0 M de Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), ambas con agua desionizada; se desoxigenaron las soluciones electrolíticas con nitrógeno gas durante 5 min.

## Resultados y Discusión

### Estudio electroquímico en medio $HClO_4$

A continuación, se presentan los voltamperogramas obtenidos para los electrodos de pasta de carbono de  $Ag_2Te$

sintético y concentrado de flotación en medio ácido perclórico. En la Figura 3 se observa la respuesta electroquímica de  $Ag_2Te$  sintético en una ventana de potencial de  $-0.6$  a  $0.7$  Voltios en sentido catódico con una velocidad de barrido de  $100$  mV/s, produciendo dos picos de oxidación, donde D corresponde a la oxidación de  $Ag$  dentro del sistema y A a su reducción en el telururo, por esto mismo se determina que los picos C y B pertenecen a la respuesta electroquímica de oxidación y reducción del telurio ( $Te$ ), respectivamente.

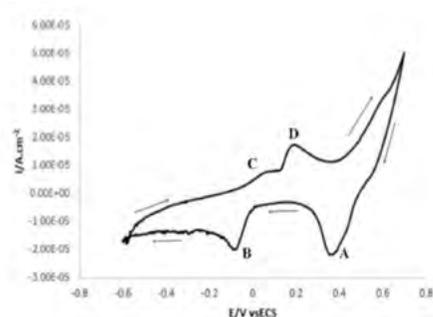


Figura 3. Voltamograma cíclico de electrodo  $AgTe_2$  en  $1M HClO_4$ , entre  $-0.6$  a  $0.7V$  y  $100$  mVs.

Así mismo, en la Figura 4 se muestra la respuesta del concentrado mineral en el estudio de voltamperometría cíclica con la misma ventana de potencial usada en el estudio con  $Ag_2Te$ . Al realizar una comparación de la respuesta de  $Ag_2Te$  y el concentrado, se observa que el pico C de la 3 y el pico B de la Figura 4 se encuentran en el mismo potencial de  $-0.1$  V, indicando la oxidación y presencia de telurio en el material de estudio (jal).

Ley	Tamaño $\mu m$	Peso (g)	Ley (g/Ton)		Distribución	
			Au	Ag	Au	Ag
0	210	7.5	-	-	-	-
0	149	6.9	-	-	-	-
0	105	44.1	3.28	56.45	4.93	71.64
0	74	115.0	2.76	41.36	10.84	15.12
0	63	56.9	2.42	41.41	4.70	6.55
5	44	100.0	2.31	37.03	7.88	10.95
5	-44	605.6	3.47	72.08	71.64	71.64
		<b>938.5</b>	<b>3.12</b>	<b>60.69</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Figura 4. Voltamograma cíclico de electrodo de Concentrado Mineral en  $1M HClO_4$ , entre  $-0.6$  a  $0.7V$  y  $100$  mVs.

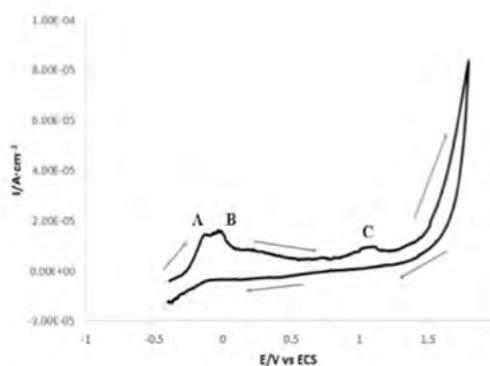


Figura 5. Voltamograma cíclico de electrodo de concentrado en  $1 M HClO_4$ , entre  $-0.4$  a  $1.8V$  y  $100$  mVs.

Finalmente se realiza un barrido al material problema con una ventana de  $-0.4$  a  $1.8$  V y barrido de  $100$  mV/s, con el fin de determinar la presencia de oro en el sistema. El voltamograma obtenido es presentado en la Figura 5, donde se observan tres picos de oxidación, los picos A y B se encuentran cercanos entre sí, por lo que al ser un potencial cercano a  $-0.1$  V este indica nuevamente la oxidación de telurio en el sistema, mientras que el nuevo pico C se asigna a la oxidación de oro en el sistema, sin embargo la corriente que este presenta es muy baja, lo que indicaría una pasivación en la superficie del electrodo, esta puede deberse al telurio asociado a este metal precioso.

## Estudio electroquímico en medio $H_2SO_4$

Enseguida, se presentan las voltamperometrías obtenidas para los electrodos de pasta de carbono de  $Ag_2Te$  sintético y concentrado de flotación en medio ácido sulfúrico 1 M. En la Figura 6 se presenta la respuesta del material grado reactivo, con una ventana de potencial de -0.6 a 1.5V, determinando que el pico D y el pico F son asignados a la oxidación de plata en el medio y su reducción dada por los picos B y C. Por lo que los picos restantes representan la respuesta del telurio en el sistema, siendo estos E y F correspondientes a su oxidación y A a su reducción, presentando una mayor actividad en este sistema que en el sistema ácido perclórico, para telururo de plata.

Así mismo, en la Figura 7, se observa la respuesta del concentrado mineral con la misma ventana de potencial usada en el electrodo de  $Ag_2Te$ , pero con una velocidad de barrido de 10 mV/s. Al realizar una comparación de la respuesta de  $Ag_2Te$  y el concentrado, se observa que el pico C y D del concentrado se deben a la oxidación de plata presente en el mineral telurio, el cual representa una etapa de reducción atribuida al pico A. Dando como resultado que el pico B, se debe a la oxidación de otro elemento presente en el concentrado no atribuido a oro, plata o telurio.

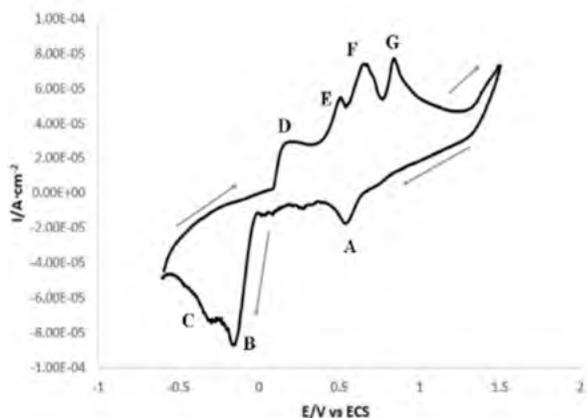


Figura 6. Voltamograma cíclico de electrodo de  $Ag_2Te$  en 1 M  $H_2SO_4$ , entre -0.6 a 1.5V y 100 mV/s.

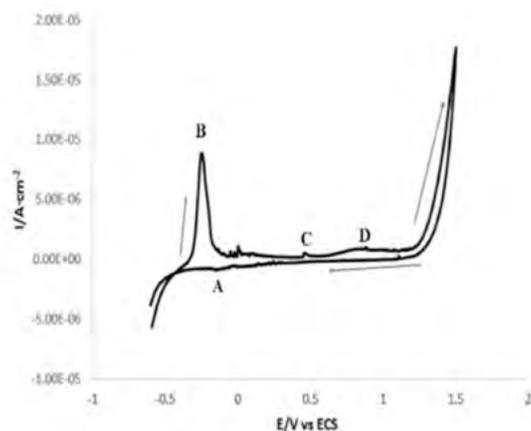


Figura 7. Voltamograma cíclico de electrodo de concentrado en 1 M  $H_2SO_4$ , entre -0.6 a 1.5V y 10 mV/s.

Finalmente se realiza una voltametría cíclica al material de estudio en una ventana de potencial de -0.5 a 1.95V, y una velocidad de barrido de 100 mV/s. Véase la Figura 8, en esta se determina que los picos C y D corresponden a la oxidación de oro en el sistema, sin embargo, estos nuevamente presentan una baja corriente, al igual que en medio ácido perclórico, lo que indica una pasivación en superficie de las especies minerales en la electrooxidación en estos medios.

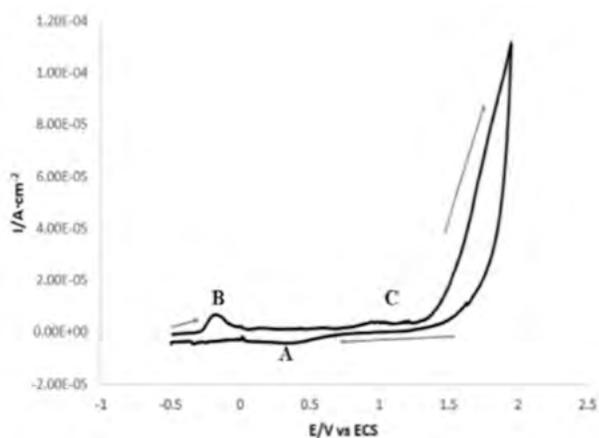


Figura 8.- Voltamograma cíclico de electrodo de concentrado mineral en 1M  $H_2SO_4$ , entre -0.5 a 1.95V y 100 mVs.

Así mismo los picos A y B pueden corresponder a un elemento dentro de la mena que en este medio comienza un proceso de oxidación y reducción, por lo que es importante evaluar posteriormente el estudio de estos picos para evaluar la posible oxidación de otros componentes de la mena.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados observados en ambos medios, una alternativa de electrooxidación de telururos de oro y plata en medios ácidos, es viable para la recuperación de plata en un medio ácido perclórico, esto debido a la corriente desarrollada durante el estudio en este medio. Sin embargo, en la recuperación de oro se presentan bajas corrientes, lo que indican una pasivación de la superficie dentro del sistema, es importante la búsqueda de alternativas que sean viables para el aumento de la recuperación del oro para este mineral refractario con un interés económico que haga rentable dicho proceso.

## Referencias

- Adams, Mike D. (2005). *Advances in Gold Ore Processing*. The Netherlands, Elsevier.
- G. Deschenes, A. Pratt, M. Fulton y H. Guo (2005). *Proceedings of SME Annual Meeting. Kinetics and mechanism of leaching synthetic calaverite in cyanide solutions*, United States of America, SME.
- Ellis, Steve. (1998). *Internal KCGM Report*. Kalgoorlie, KCGM.
- Ellis, Steve and Guy Deschenes (2016). *Treatment of Gold-Telluride Ores*. *Gold Ore Processing*. M. D. Adams, Elsevier: pág.:919-926.
- Habashi, Fathi. (1999). *Electrode Processes. Kinetics of Metallurgical Processes*. Canadá, Laval University pág.: 327-353.
- Jayasekera, S., J. J. Avraamides y I. M. Ritchie (1996). "THE ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF GOLD TELLURIDE (AuTe<sub>2</sub>) IN PERCHLORIC ACID SOLUTIONS." *Electrochimica Acta*, Pergamon 41(No 6): pág.: 879-885.
- Marsden, J. O. y C. I. House (2006). *The Chemistry of Gold Extraction*. Estados Unidos, SME.
- Marsden, J. O. y C. I. House (2006). *Ore Deposits and Process Mineralogy. The Chemistry of Gold Extraction*. Littleton Colorado, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.: pág.: 19-68.
- Wadsworth, M. E. y J. D. Miller (1979). *Hydrometallurgical Processes. Rate Processes of Extractive Metallurgy*. H. Y. S. y. M. E. Wadsworth. New York & London, Plenum Press: 133-241.
- Woodcock, J. T., G. J. Sparrow, y W. J. Bruckard (2004). *Flotation of Precious Metals and Their Minerals. Froth Flotation a Century of Innovation*. Editores M C Fuerstenau, Jameson Graeme, y Roe-Hoan Yoon. United States of America, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration: pag.: 575-610.
- Jian Zhang, Yao Zhang, William Richmond, y Hai-peng Wang (2010). "Processing options for gold tellurides." *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials* 17(1): pág.: 1-10.



# Diagnóstico de necesidades de los productores de tuna para una propuesta de estrategias de comercialización

Virginia Azuara Pugliese<sup>1</sup>, Armando Sánchez Macías<sup>2</sup>, José Andrés Gutiérrez Vázquez<sup>3</sup>, Laura Araceli López Martínez<sup>4</sup> y María Victoria López Pérez<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí,

Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, Carretera

Salinas-Santo Domingo No. 200

Salinas, San Luis Potosí, México,

C.P. 78600

Universidad de Granada,

<sup>5</sup> Departamento de Economía Financiera y Contabilidad, Paseo de Cartuja No. 7

Granada, Granada, España

C.P. 18071.



**Correo correspondiente**

virginia.azuara@uaslp.mx

armando.sanchez@uaslp.mx

andres.gutierrez@uaslp.mx

araceli.lopez@uaslp.mx

mvlopez@ugr.es

## Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar un diagnóstico de las necesidades de los productores de tuna de la Región Altiplano Oeste que sea útil para elaborar una propuesta de estrategias de comercialización. Para ello se realizó un estudio cuantitativo con enfoque mixto, un alcance descriptivo, por su temporalidad transversal, no probabilístico y no experimental. En la recolección de datos se implementó el método de encuesta, aplicando un cuestionario a una muestra de 17 productores en zonas rurales aledañas al municipio de Salinas que cuentan con nopal de tuna en sus parcelas y/o trapatios.

Los resultados permitieron llegar a las conclusiones de que existe una oportunidad de mejora en habilidades administrativas y en las técnicas para incrementar el valor agregado del producto. Así mismo, se identificaron algunas características del contexto social, educativo y económico, de los productores. Se detectaron áreas de oportunidad en el mercado, ya que los productores manifiestan tener limitaciones en cuanto al número de compradores de su producto, por lo que se considera necesario, por un lado, ampliar tamaño del mercado dándole un valor agregado al producto y por otro, atender el mercado industrial donde la tuna representa un insumo para la producción de otros productos.

Finalmente, se estructuró una propuesta orientada al apoyo de estas comunidades rurales en el desarrollo de habilidades y la mejora de ingresos.

## **Abstract**

The objective of this work is to present a diagnosis of the needs of prickly pear producers in the Western Altiplano Region that is useful to develop a proposal for marketing strategies. To this end, a quantitative study was carried out with a mixed approach, a descriptive scope, due to its cross-sectional, non-probabilistic and non-experimental. In the data collection, the survey method was implemented, applying a questionnaire to a sample of 17 producers in rural areas surrounding the municipality of Salinas who have prickly pear nopal in their plots and / or backyards.

The results allowed us to reach the conclusions that there is an opportunity for improvement in administrative skills and techniques to increase the added value of the product. Likewise, some characteristics of the social, educational, and economic context of the producers were identified. Areas of opportunity were detected in the market, since producers' manifest limitations in terms of the number of buyers of their product, so it is considered necessary, on the one hand, to expand the size of the market giving an added value to the product and on the other, to attend the industrial market where the prickly pear represents an input to produce other products.

Finally, a proposal was structured aimed at supporting these rural communities in the development of skills and the improvement of income.

***Palabras clave:*** Productores rurales, comercialización de tuna, estrategias de comercialización.

***Keywords:*** Rural producers, prickly pear marketing, marketing strategies.

## Introducción

Entre los efectos que más se perciben en el desarrollo y la urbanización en México, se puede mencionar la escasa de modernización del sector agropecuario y la muy marcada escasez de recursos económicos de las personas que depende de esta actividad, además de un inmenso contraste del desarrollo en las regiones del país que presenta zonas muy marginadas con gran deterioro ecológico. La problemática del sector agrícola está centrada en su poca productividad, rentabilidad y competitividad, dando como consecuencia una escasez de recursos redundando en el pobre nivel de vida en la población rural. A medida que ha transcurrido el tiempo, este sector se ha visto cada vez más deteriorado, pasando de contribuir con el 22.3% al Producto Interno Bruto (PIB) en 1921, en veinte años, alrededor de 1940, pasó a 19.4%, para 1960 bajó a 15.8%, en 1980 a 8.3%, y para 2015 a 7.7% (Neri y Medina, 2019). Se ha buscado el apoyo de diferentes organismos que han sido creados para ello, por ejemplo: El Sistema Nacional de Extensionismo y Desarrollo Tecnológico (SINDER) en 1996; el Programa de Extensionismo y Servicios Profesionales (PESPRO) en 2001; el Programa de Desarrollo de Capacidades en el Medio Rural (PRODESCA) en 2002; y la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001), que a través de ella se trató de promover la participación de los pequeños productores agrícolas de zonas marginales y rurales; el Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural en 2011, buscando apoyar, a través del desarrollo e incorporación de tecnologías que faciliten la transferencia de conocimiento e información al sector.

El nopal es una hortaliza étnica (ver figura 1), totalmente relacionada a la comida mexicana, como plantaciones, solo existen en México y Estados Unidos de América, con 200 ha en Texas y California; encontrándose México como líder en el mercado mundial, teniendo una gran oportunidad en los mercados de los países del Centro y Sur de América, Europa,

África, Asia y Oceanía, ya que no se consume en estos países (Flores-Valdez, 2009).



Figura 1. Plantío de nopal. Fuente: Al momentoMX (2017). México, líder mundial en producción de nopal, tuna y maguey. Recuperado de: <https://almomento.mx/mexico-lider-mundial-en-produccion-nopal-tuna-maguey/>

El consumo per cápita en el país es de 3.5 kg anuales por habitante (corresponde al 98% total de la producción anual), donde, de las diferentes variedades existentes, como se observa en la figura 2; la tuna verde, conocida como variedad Reina, es la más consumida por la población (González, 2020).



Figura 2. Algunas variedades de tuna que se consumen en México. Fuente: Cannela, S. (2020). ¿Conoces todas las variedades de tunas mexicanas? Recuperado de: <https://www.directoalpaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/conoces-todas-las-variedades-de-tunas-mexicanas>.

La región del Altiplano Potosino, caracterizada por la producción de una gran variedad de plantas de nopal, mismas que se dan en comunidades rurales a manera de pequeños huertos silvestres, en algunos casos cultivadas o en traspatios, no está exenta de esta problemática, además de tener la característica de un clima adverso identificado por la escasa precipitación pluvial, "vientos fuertes y secos, suelos pobres en nitrógeno, fósforo y materia orgánica, y una fuerte oscilación de temperatura, que en conjunto ocasionan un alto porcentaje de pérdida de cultivos anuales de temporal" (Luna, Zegbe, Mena y Rivera, 2012).

El municipio de Salinas de Hidalgo se encuentra en la región denominada Altiplano Oeste del estado mexicano de San Luis Potosí. Su población, para 2020 según datos del INEGI (2021) contaba con una población de 31,107 habitantes,

La principal actividad económica del municipio es comercial y de servicios, encontrándose también actividad agropecuaria con vocación limitada principalmente al cultivo de chile, cebolla y frijol, sin realizar manejo de postcosecha, ya que la mayoría de ellos los comercializan a través de intermediarios que acuden a las huertas a recoger el producto, deslindándose de la responsabilidad de llevarlo hasta el último consumidor y sacrificando su precio.

El cultivo del nopal, como una vocación natural del suelo de la región del altiplano del Estado, es propicio para la recolección y posterior venta de la tuna, lo que representa una oportunidad de negocio, de las pocas opciones agrícolas de temporal que se presentan en la zona. Siendo esta una de las principales razones por las que es de interés transformar el

producto buscando darle un valor agregado apelando a sus propiedades bioactivas (Moreno Ovalle, 2020).

La tuna (Figura 3), se considera un alimento funcional, ya que, como lo señala Alvírez-Morales et al., 2002, citados por Sumaya, Suárez, Cruz, Alanís y Sampedro (2010), este define como "cualquier alimento que, en forma natural o procesada, además de sus componentes nutritivos, contiene componentes adicionales que favorecen a la salud", mientras que al referirse a una propiedad funcional la definen como "la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos (sin referencia a su valor nutritivo), que afecta positivamente una o más funciones específicas en el cuerpo, en tal medida que resulta relevante para el estado de bienestar o la reducción de riesgo de una enfermedad".



Figura 3. La tuna, fruto del nopal. Fuente: González, K. (2020). Tuna el fruto obtenido del nopal mexicano. Recuperado de: <https://www.saluddiez.com/tuna-el-fruto-obtenido-del-nopal-mexicano/>

Así encontramos que los alimentos funcionales representan la manera en que la industria alimentaria propone "extender los beneficios de los alimentos naturales, nutritivos y con ventajas para la salud". Es sí que a la tuna se le considera un alimento funcional, la cual contiene una cantidad importante de algunos elementos bioactivos como vitaminas C y E, pigmentos, polifenoles y taurina.

Las características funcionales de la tuna suponen que su consumo es bueno para salud, aun cuando esto no esté confirmado clínicamente, representa un fuerte atractivo para el mercado cada vez más interesado en el cuidado personal que demanda productos naturales contra los artificiales (Piga, 2004).

La comercialización de la tuna por sus propiedades funcionales puede generar ventajas competitivas que pueden traducirse en oportunidades de negocio y de desarrollo de nuevos productos. Lo que ha llevado a estudiar a Sumaya, et al., (2010) los problemas que tiene la comercialización de la tuna, identificando como los más importantes:

- No se tiene la certeza de un mercado.
- Hay pocos lugares para su almacenamiento y conservación, como equipos de refrigeración.
- Escasez de medios de transporte.
- No existe una relación en la cadena de valor entre las etapas de producción y comercialización, que hace que el fruto pase de mano en mano hasta el último consumidor.
- La estacionalidad de las cosechas; que es de 90 días.
- Su condición de postcosecha de entre nueve y quince días, hace que después es lapso, el precio se desplome.
- El tiempo y la distancia de recorrido para su entrega.

Esta problemática ocasiona que los precios resulten altos para el consumidor final y bajos para el productor (Graniello, González, Santana, y Martínez, 2019).

La agricultura representa una fuente de ingresos inestable e incontrolable, ya que está afectada por factores como el clima, la oferta o la demanda, lo que hace que los agricul-

tores se encuentren en una posición totalmente vulnerable. A nivel nacional se encuentra una superficie de 50 mil hectáreas donde se cultivan 353,890 ton de tuna, siendo también el país de mayor consumo per cápita en el mundo. El principal productor de tunas en la región centro es Zacatecas (93,957 ton), ubicándose San Luis Potosí es en segundo lugar con 26,788 ton. (Mondragón y Gallegos, 2011).

Una estrategia poco explorada ha sido la de exportación, considerándose una buena oportunidad de negocio, pero, para ello es importante trabajar en la diversificación estratégica del producto, de esta manera, un aumento en los ingresos de los agricultores representaría contar con recursos para sus actividades productivas. En este sentido se considera necesaria la generación de propuestas de relacionadas con el desarrollo sustentable, integral, participativo y autosostenido que comprenda el beneficio económico, tanto para productores como intermediarios, lo que permitiría una mejor distribución, de la cual hasta el momento han sido excluidos (Alburquerque, 2004).

La innovación de productos funcionales de tuna mexicana podría ser la base apoyar a los productores en el establecimiento de estrategias comerciales para aumentar sus ingresos y su competitividad, para lo cual, además, sería necesario un adecuado marketing que deberá incluir de novedosas estrategias para promover su consumo por sus propiedades funcionales, lo que favorecería el fomento a su producción (Sumaya, et al., 2010).

De acuerdo con una investigación realizada por Jolalpa, Aguilar, Ortiz y García (2011), "los factores más importantes que contribuyeron a un mejor nivel de ingreso por parte del productor líder fueron: la productividad, la calidad del producto y el canal de comercialización utilizado"

Por ello es importante trabajar en el estudio de posibi-

lidades de comercialización, en este caso de la tuna, basado en el diagnóstico del entorno en el que se desenvuelven los productores de la zona del altiplano oeste del estado de San Luis Potosí.

En cuanto a la comercialización, considerada no solo "la satisfacción de la demanda al poder adquirir productos o servicios en un determinado momento y en cantidades mayoritarias, con calidad, y un precio que puedan tener acceso a los productos", sino un concepto que involucra los canales de comercialización, adaptándolos a las necesidades del último consumidor, para ello se deben considerar tanto factores internos como externos del ambiente de la mercadotecnia.

## Marco conceptual

### Comercialización

La comercialización de un producto o servicio se basa en la acción de comercializar, es decir, en "poner a la venta un producto, darle las condiciones comerciales necesarias para su venta y dotarla de las vías de distribución que permitan que llegue al público final", por lo que las decisiones y estrategias diseñadas para lograr que los clientes seleccionen nuestros productos se debe generar a raíz de un estudio de los factores que estén relacionados con la comercialización.

La forma en que un producto se vende no puede ser dejada a la casualidad, ni mucho menos a la improvisación, sino el resultado de una "estrategia coordinada de acciones encaminadas a conseguir que el producto llegue al consumidor y que este nos elija entre las diferentes opciones que posee en el mercado". Aun cuando el producto sea de muy buena calidad, es necesario diseñar estrategias para venderlo. Al hablar de estrategias de comercialización o marketing nos referimos a "métodos de comercialización, formas de comercialización o estrategias de mercadeo" (Caurín, 2018).

La comercialización de un producto es indispensable para generar los ingresos necesarios para que una empresa pueda operar, así como introducir un nuevo producto, para aumentar la participación en el mercado o bien, aumentar las ventas; estas estrategias permitirán el logro de las metas en términos económicos. Al determinar estas estrategias se deben considerar aspectos, no solo relacionados con la capacidad de la empresa, los recursos y objetivos de esta, sino también conocer el público al que va dirigido, ya que el marketing se debe orientar hacia la satisfacción de necesidades del mercado consumidor (González, 2018).

### Estrategias de la mezcla de mercadotecnia

Contrario a lo que muchos piensan, la mercadotecnia no solo tiene que ver con ventas y publicidad, es un concepto más amplio, involucra actividades individuales y organizacionales que facilitan y agilizan la satisfacción de relaciones de intercambio, en un entorno dinámico por medio de la creación, distribución, promoción y fijación de precios de productos, servicios o ideas (Gutiérrez, Coronado, Arredondo, y Méndez, 2013).

Algunos de los elementos a tomar en cuenta al momento de diseñar la comercialización, como lo plantean García, Hernández y Samaniego (2012) se describen a continuación:

Los Factores Internos del Microentorno. Se consideran las "capacidades que puede detener o facilitar una innovación en la empresa analizando unas características con comportamientos relacionados, al carácter microeconómico, y van generando estrategias de comercialización". Conocida como la "mezcla de mercadotecnia" incluye los conceptos: productos, precios, plaza, publicidad y promoción (Kotler, P., 2007), donde cada uno de ellos desempeña un papel importante en la comercialización de productos.

**Producto.** Conjunto de características tangibles e intangibles que satisfacen las necesidades y deseos de los consumidores.

**Precio.** Es la asignación de un valor monetario de un producto o servicio hoy en día, para que se puedan realizar intercambios en una economía.

**Plaza.** Variable que hace llegar el producto o servicio desde el fabricante hasta el último consumidor.

**Publicidad y Promoción.** Se encarga de dar a conocer el producto o servicio a través de distintas actividades promocionales, entre ellas, la publicidad.

Las decisiones estratégicas que se tomen respecto de estas cuatro variables, determinarán la mezcla de mercadotecnia.

**Factores macroambientales.** Son consideradas fuerzas sociales que ejercen presiones sobre la empresa, estos incluyen aspectos político-legal, el ambiente económico, cultural, tecnológico, cultural, social y geográfico (Ansary, 1999). Un elemento importante del entorno macroambiental es el canal de distribución, ya que tanto los intermediarios como el medio de transporte son los recursos para que los productos lleguen a su destino de manera oportuna, con eficiencia, para garantizar la función de comercialización. El público es considerado "cualquier grupo con interés real en la empresa", cuyos miembros participan en el objetivo empresarial, estos pueden ser los bancos, compañías de seguros, o cualquier institución financiera que facilite, por ejemplo, apoyos para la organización, compra de maquinaria, pagos de nómina, etc.; la competencia puede ser un factor que incide en la empresa para empujarla a tomar decisiones sobre posicionamiento en luchar por el posicionamiento en el mercado. En el aspecto político-legal se incluyen las leyes, reglamentos, agencias de gobierno y otras instancias que pueden favore-

cer o perjudicar a las empresas a través de decisiones como el pago de impuestos, tipo de cambio, la inflación, las tasas de interés, entre otras.

En este sentido, para plantear un plan de comercialización, según el Manual de Facilitadores de Procesos de Innovación Comercial (Burin, 2017), además habrá que considerar: Clientes y consumidores, la presentación o packaging la publicidad y el posicionamiento. La identificación de estos factores y el conjunto de decisiones que se tomen constituirán la integración de una estrategia que permita obtener mejores resultados en términos de comercialización.

## Metodología

Esta investigación tiene un enfoque metodológico mixto, preponderantemente cuantitativo, ya que, como lo mencionan Hernández et al. (2014), representa todo un conjunto de procesos empíricos, sistemáticos y críticos de la investigación, implicando la recolección y análisis de datos de carácter cuantitativo y cualitativo, para realizar inferencias como producto de la información que se ha obtenido y lograr que el fenómeno estudiado tenga mayor entendimiento. Por una parte, se utilizó un cuestionario con preguntas cerradas dicotómicas y politómicas, para realizar el análisis de las variables desde un enfoque cuantitativo, por otra parte, se realizaron algunas preguntas abiertas a manera de entrevista semiestructurada, que se analizaron desde un enfoque cualitativo y permitieron complementar la propuesta de estrategias de comercialización.

El alcance es descriptivo, ya que, "únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refiere" (Hernández, et al., 2014); por su temporalidad se considera transversal, ya que el levantamiento de la información se realizó en un solo momento; y es no experimental, debido a que no hubo

manipulación intencional de variables (Hernández y Mendoza, 2018). La población está representada por los habitantes de zonas rurales aledañas al Municipio de Salinas que cuentan con nopal de tuna (*Opuntia spp*) en sus parcelas y/o traspatios. Para la recolección de datos se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, esto considerando que no se tenían datos exactos del número de productores de tuna en la región, por lo que se requirió del traslado de los investigadores a distintas comunidades, identificando 17 personas que podían catalogarse como productores de tuna, por lo que se tomó la decisión de integrar a cada una de estas en la muestra final del estudio.

Considerando lo anterior, a los 17 productores se les aplicó una encuesta dividida en tres secciones, en la primera se incluyeron ítems de carácter categórico, con el fin de identificar algunos rasgos sociodemográficos de los productores; en el segundo apartado se incluyeron ítems relacionado con temas de producción; la parte final del cuestionario se diseñó para obtener información referente a las estrategias de comercialización; además de la entrevista semi-estructurada.

<i>Variables</i>	<i>Indicadores</i>
Catégoricas	Edad Género Escolaridad Años en el mercado Otros ingresos
Producción	Número de hectáreas Inversión Uso de subsidios Temporalidad Problemáticas
Estrategias de comercialización	Canales de venta Nivel de tecnificación actual Medios de transporte Estado del análisis técnico Estado del análisis de la competencia Estado del análisis de costos y precios de venta

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados y discusión

Para la presentación de los resultados de la investigación se incorporó una sección dividida en dos apartados, en el primero se presentan los resultados que arrojó el análisis de las respuestas otorgadas por parte de los productores en la encuesta, en el apartado posterior se presenta una propuesta integrada por cuatro estrategias que podrían contribuir en la mejora de la comercialización de la tuna con el fin de mejorar ciertas condiciones de sus productores.

### Resultados de la encuesta

Como se mencionó anteriormente, los resultados que se presentan en este primer apartado corresponden al análisis de las 17 respuestas que se obtuvieron durante la aplicación del cuestionario y las entrevistas semiestructuras. Durante este periodo de levantamiento de datos se presentaron diferentes problemáticas asociadas con la distancia que existía entre comunidades y la identificación de personas que pudiesen considerarse productores de tuna, por lo que se dificultaron los intentos de los investigadores por incrementar el tamaño de la muestra.

### Rasgos sociodemográficos

En relación con los rasgos sociodemográficos de los productores de tuna, se identificó que el 41.2% de los encuestados tenía una edad entre los 40 y 50 años, así mismo, el 29.4% era mayor a 60 años, 23.5% tenía entre 30 y 40 años y el 5.9% restante era menor de 30 años. El 82.4% de quienes integraron la muestra eran hombres y el 17.6% mujeres. Además, se encontró que la mayoría de los productores solo tenía estudios de nivel básico, ya que el 47.05% había terminado la secundaria, mientras que un 23.53% concluyó la primaria y 11.76% ni siquiera pudo terminarla. En estudio de nivel medio superior, solamente el 5.9% tenía una carrera técnica y un 11.76% contaba con bachillerato trunco.

Con respecto al cuestionamiento del número de años que los productores llevaban comercializando la tuna se identificó que un 52.94% de los encuestados llevaban más de 10 años realizando esta labor, mientras que el 47.06% restante llevaba menos de 10 años, de este análisis se destaca a una persona que tenía más de 50 años produciendo y vendiendo tuna, esto contrasta con el joven que apenas incursionaba en esta actividad con apenas dos años de experiencia. Finalmente, se encontró que el 100% de los encuestados contaba con ingresos adicionales a los que obtenía por la venta de tuna, por lo que se establece que ninguno de los productores dedicaba la totalidad de sus horas laborales al cultivo de este producto

## Producción

En lo que respecta al análisis de la producción se encontró que el 47.05% de los productores dedican menos de una hectárea de sus tierras a la producción de tuna, mientras que el 52.95% restante tenían entre una y cinco hectáreas de terreno destinadas a este producto. En relación con el tamaño de la inversión el 100% de los productores invierte una cantidad menor a los 5,000.00 pesos de manera anual.

Una de las causas por las que el nivel de inversión es relativamente bajo, es el hecho de que ninguno de los productores recibe o aplica algún tipo de subsidio para la producción de tuna, ya que no es un producto que tenga una gran atención por parte de los encuestados. En relación con la temporalidad, los mayores niveles de producción se dan entre los meses de julio y agosto, aunque se menciona que puede haber tuna entre los meses de abril a noviembre, dependiendo del nivel de lluvia y la temperatura.

Para identificar las principales problemáticas que tienen los productores al momento de cultivar la tuna, se le solicitó a cada uno de los encuestados que mencionara las tres principales dificultades que se presentaban para incrementar la

producción de tuna. Posteriormente se hizo un análisis de todas las menciones que se realizaron y cada una se catalogó en una clasificación que incluía temas relacionados con: plagas, clima, enfermedades, costos, falta de demanda, tiempo y logística.

Como se puede observar en la figura 4, la principal problemática estaba relacionada con temas de clima (82.35% de las respuestas), ya que los productores consideraron que la falta de lluvias o los cambios drásticos de clima afectaba a la planta, así mismo, es interesante observar que el 52.94% de las respuestas se asociaron a dificultades por encontrar demanda para el producto, ya que consideraban que ante la falta de compradores no era posible incrementar los niveles de producción, pues esto representaría pérdidas para ellos. Finalmente, en tercer lugar, están los problemas de logística (35.29%), que son situaciones relacionadas con temas de almacenamiento y distribución del producto.

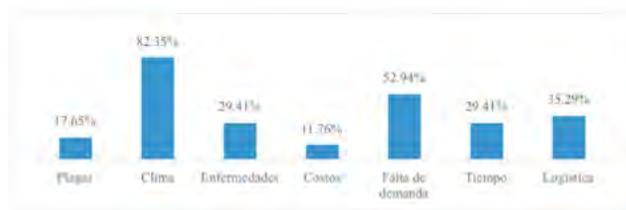


Figura 4. Principales problemáticas para la producción de tuna. Fuente: Elaboración propia.

Es interesante observar cómo los costos fueron la última causa mencionada por los productores, esta situación se puede asociar a que como se mencionó anteriormente, ninguno de los encuestados invierte más de 5,000.00 pesos en la producción de tuna.

## Estrategias de comercialización

Para el análisis de la comercialización, se preguntó acerca de la venta y distribución de la tuna. El 76.47% de los pro-

ductores seguía la estrategia de venta directa, ya fuese a través de la visita a comunidades aledañas, en algún punto del mercado municipal, un 23.53% mencionó realizar la venta a través de intermediarios, por lo que omitían la llegada hasta el cliente final, siguiente un canal que se puede describir como business to business. Estos datos se pueden observar de manera detallada en la tabla 2.

Tabla 2. Venta y distribución de la tuna.

	Venta directa		Intermediarios	
<b>Comercialización</b>	13		4	
	Comunidades aledañas	Mercado municipal	Comunidades aledañas	Mercado municipal
<b>Distribución</b>	9	4	4	0

Fuente: Elaboración propia.

Se identificó que al 100% de los productores les gustaría distribuir su producto a través de otros canales, principalmente en mercados de otras regiones, así mismo, aunque se identificó que el único proceso que se ejecuta para dar valor agregado a la tuna es la limpieza y posterior extracción de la cascara para comercializarla a través de pequeños platos, estaría dispuestos a incrementar el nivel de tecnificación a través del aprendizaje de nuevos métodos para la producción y preservación de la tuna.

Finalmente, se identificó que el 100% de los productores mencionan estar conscientes de que les hace falta poseer un mayor nivel de conocimientos administrativos para poder diseñar estrategias que les permitan mejorar la distribución de la tuna, así como su valor agregado para hacer productos más atractivos para los clientes.

## Diseño de la propuesta

Para el diseño de las estrategias se evaluaron las principales problemáticas identificadas por los productores, por lo que se desarrollaron dos estrategias enfocadas en la parte

técnica de la producción de la tuna y dos relacionadas con la promoción y distribución del producto, la propuesta se puede observar en la Tabla 3.

## Propuesta de estrategias para mejorar la comercialización de la tuna.

**Análisis técnico para la conservación de la tuna.** En el caso de cualquier producto agrícola, las condiciones climáticas definen el resultado del proceso de cultivo, por ello se plantea hacer un análisis de nuevas técnicas de cultivo que permitan preservar la tuna y prolongar su periodo de caducidad, actualmente existen nuevas técnicas de producción agrícolas que son implementadas únicamente en el caso de otros productos, por lo que se podría evaluar su nivel de conveniencia para el caso de la tuna.

**Análisis técnico para el desarrollo de productos derivados.** Para mejorar los ingresos de los productores de tuna es necesario identificar qué posibilidades existen de fabricar productos que utilicen la tuna como insumo, ya que actualmente las tunas únicamente se distribuyen como el producto final a los consumidores, por lo que el precio que estos pueden estar dispuestos a pagar puede ser más bajo, que si se desarrollasen productos con un mayor valor agregado.

**Participación de los productores en sociedades cooperativas.** Se encontró que la logística afectaba a los productores, por lo que se considera conveniente que esto participen en conjunto para producir y comercializar la tuna, esto ya se hace con otros productos, tal como ocurre con el frijol. Los productores conjuntan la producción para comercializarla posteriormente, esto además de que permite crear un punto de logística, también puede dar un mayor poder de negociación de los productores en el caso de que se busque comercializar la tuna a terceros que ya la utilicen como insumo.

**Campaña enfocada en la difusión de las propiedades de la tuna.** Actualmente, los consumidores demandan una mayor cantidad de productos que contribuyan a su salud, sin embargo, en el caso de la tuna es necesario analizar si los consumidores detectan que este producto se encuentra catalogado como funcional, por lo que es necesario reconocer la percepción que tienen las personas de la región acerca de este producto y diseñar contenidos que permita mejorar el conocimiento de estos acerca de todas las propiedades que posee este fruto.

Finalmente, se establece que en el desarrollo de estas propuestas será necesaria la participación de otros agentes relacionados (instituciones educativas y gubernamentales), con el fin de incrementar los conocimientos y habilidades de los productores, así como gestar una mejora en las condiciones socioeconómicas de los espacios rurales de la región Altiplano Oeste de San Luis Potosí.

## Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió describir las principales problemáticas que tienen los productores de tuna en la región Altiplano Oeste de San Luis Potosí, reconociendo que existen áreas de oportunidad en las que es posible trabajar para mejorar las condiciones del cultivo y comercialización del producto.

El hecho de que la tuna es un producto que se da en zonas áridas, representa un foco de atención importante, ya que los cultivos que se pueden desarrollar en estas regiones son limitadas, y es que a pesar de que la tuna sea un fruto característico de esta región, hay problemáticas de clima identificadas por los productores, por lo que es necesario desarrollar otros estudios enfocados en la parte técnica de esta

actividad, tal como se menciona en la propuesta planteada.

Finalmente, desde el punto de vista de la comercialización, hay áreas de oportunidad identificadas desde el punto de vista de la demanda, ya que los productores consideran que hay muy pocos compradores para su producto, por lo que es necesario incrementar el tamaño de mercado, ya sea a través de la mejora del producto agregando más elementos diferenciadores, o en el sistema de venta atendiendo mercados de carácter industrial donde la tuna representa un insumo para la producción de otros productos.

## Referencias

- Alburquerque, F. (2004) Desarrollo económico local y descentralización en América Latina. Revista de la CEPAL. Abril 2004 (82), 154-171. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10946/082157171\\_es.pdf?sequence](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/10946/082157171_es.pdf?sequence)
- Al momentoMX (2017). México, líder mundial en producción de nopal, tuna y maguey. Recuperado de: <https://almomento.mx/mexico-lider-mundial-en-produccion-nopal-tuna-maguey/>
- Ansary, A. (1999). Canales de comercialización. Prentice Hall Iberia.
- Burin, D. (2017). Manual de facilitadores de procesos de innovación comercial. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). ISBN: 9789292487157
- Cannela, S. (2020). ¿Conoces todas las variedades de tunas mexicanas? Recuperado de: <https://www.directoalpaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/conoces-todas-las-variedades-de-tunas-mexicanas>
- Caurín (21 de febrero de 2018). Comercialización. Emprendepyme. Recuperado el 02 de agosto de 2021 de <https://www.emprendepyme.net/comercializacion>
- Flores-Valdez, C. (13-14 de noviembre de 2009). Producción

- y Comercialización de la Tuna y el nopalito en México. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal". Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- García, M., Hernández, A., y Samaniego, T. (2012). Estrategias de comercialización. *Contribuciones a la economía* (7), 1-13. <https://www.eumed.net/ce/2012/gme.pdf>
- González, A. (15 de febrero de 2018). Estrategias de comercialización. *Emprendepyme*. Recuperado el 08 de agosto de 2021 de <https://www.emprendepyme.net/estrategias-de-comercializacion.html>
- González, K. (2020). Tuna el fruto obtenido del nopal mexicano. Recuperado de: <https://www.saluddiez.com/tuna-el-fruto-obtenido-del-nopal-mexicano/>
- Granillo, R., González, I., Santana, F. y Martínez, J. (2019). Estrategia de centros de consolidación para la distribución de tuna en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(2) 265-276. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n2/2007-0934-remexca-10-02-265.pdf>
- Gutiérrez, D., Coronado, J., Arredondo, J. y Méndez, O. (2013). *Estrategias empresariales* (2ª edición). Innovación Editorial Lagares de México. ISBN: 9786074101973
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.) Mc Graw Hill.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education
- INEGI (25 de febrero de 2021). Panorama sociodemográfico de México 2020. Tabla de indicadores por entidad [Archivo de Excel]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/>
- Jolalpa, J., Aguilar, A., Ortiz, O. y García, L. (2011). Producción y Comercialización de tuna en fresco bajo diferentes modalidades en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28(1), 605-614. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14115904014>
- Kotler, P. (2007). *Marketing*. Pearson
- Luna, J, Zegbe, J., Mena, J. y Rivera, M. (2012). Manejo de plantaciones de nopal tunero en el altiplano Potosino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 9786074258844
- Mondragón, C. y Gallegos, C. (2011). *Cultivares selectos de tuna*. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN 9786071201843
- Neri, J. y Medina, M. (2019). Cultivos alternativos como un mecanismo para el desarrollo de zonas áridas. El caso de la jojoba en el Altiplano potosino Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía* 10(1), 44-63. [https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/RDE\\_27\\_art4.pdf](https://rde.inegi.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/RDE_27_art4.pdf)
- Piga, A. (2004). Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 6(1), 9-22. <https://www.jpacd.org/jpacd/article/view/294/253>
- Sumaya, M., Suárez, T., Cruz, N., Alanís, E. y Sampedro, J. (2010) Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. *Revista Mexicana de Agronegocios* 27(2), 435-441. [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icsa/LI\\_TecNutri/Ernes\\_Alanis/2.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icsa/LI_TecNutri/Ernes_Alanis/2.pdf)



# Conocimiento y normatividad ambiental en empresas IMMEX

José Luis Díaz Roldán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Matamoros SN,

Zona Centro Ciudad Victoria, Tamaulipas,

C.P. 87000



**Correo correspondiente**

droidan@uat.edu.mx

dir1\_5313luis@yahoo.com

## Resumen

Las empresas productivas requieren ajustarse a normas y procedimientos productivos, estas regulaciones provocarán en los empleados la eficiencia, la calidad, la máxima producción, así como el bajo coste en los procesos de producción. Las acciones previsoras antes mencionadas, también influyen en el apego del trabajador a la organización, capacitándole para el desempeño adecuado de sus actividades cotidianas, realizadas en ambiente seguro.

Las perspectivas laborales internas, también deben ser consideradas hacia el exterior de la empresa. Este cuidado y prevención del entorno circundante, indica y muestra a una empresa preocupada por el impacto medio ambiental hacia la vecindad. Así, se conocerán los productos manufacturados, "de gran utilidad".

## Abstract

Productive companies need to adjust to productive norms and procedures, these regulations will provoke in the employee's efficiency, quality, maximum production, as well as low cost in the production processes. The foresight actions also influence the worker's attachment to the organization, enabling him/her to adequately perform his/her daily activities in a safe environment.

The internal work perspectives must also be considered towards the outside of the company. This care and prevention of the surrounding environment, indicates and shows a company concerned about the environmental impact to the neighborhood. Thus, the manufactured products will be known, of great utility.

**Palabras clave:** Conocimiento, Prevención, Normatividad.

**Keywords:** Knowledge, Prevention, Normativity.

---

## Introducción

Toda actividad productiva es necesaria para el sustento y progreso de las personas, ya que genera economía, prodiga infraestructura, desarrolla tecnología, y más beneficios, los cuales se derivan de la instalación y del proceso productivo, para la región y el país donde se decida la instalación de una empresa de servicios y/o de procesos de transformación y ensamble.

Las empresas maquiladoras, en la actualidad identificadas como Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX), así como toda empresa manufacturera, deben observar, cuidar y proteger el medio ambiente en el sitio al cual se les ha permitido instalar.

El equilibrio ecológico no puede perderse, ya que en la actualidad se han ejercido cambios medio ambientales dañinos al entorno y a sus habitantes. Las actividades industriales son necesarias, por tal, deben realizarse en armonía y cuidando al medio ambiente tanto interno como al entorno vecinal de la empresa.

Así, lo que pretende esta investigación, es hacer notar la relevancia e importancia, para el cuidado de variables medioambientales que son vulnerables, y por tal, debe prevenirse su deterioro, el cual puede ser perjudicial, e inclusive lesivo para la salud de los seres vivos del planeta, como se hará notar más adelante.

Los autores Grant (1991) y Schoemaker (1992), identifican al conocimiento como el recurso fundamental para la activi-

dad productiva. Sustentando las acciones en el conocimiento, y aplicando las normas regulatorias ambientales propuestas por los organismos públicos, las empresas ejecutarán con eficiencia sus Sistemas de Control y Gestión Internos (SCGI), para acceder y conquistar los mercados internacionales que se han propuesto, estas acciones les permiten maximizar todos sus recursos disponibles.

Conocer y aplicar la normatividad para las empresas es de suma importancia, también les permite alcanzar y lograr la ventaja competitiva sugerida por Porter (1980), deseada por inversionistas, gerentes y empleados.

Las empresas ensambladoras que logran instalar y consolidar estos SCGI no únicamente permanecen, también se expanden y actualizan sus productos en los mercados demandantes.

Estas acciones han permitido generar más de 2'800,000 empleos directos en el país, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (2017), posicionándose como empresas globales.

## Contribuciones y propósitos de esta investigación

La contribución que esta investigación propone es ofrecer información que ayude a las empresas asentadas en el país, en particular en Nuevo Laredo, Tamaulipas, a la luz de sus sistemas de administración dual (local y remota) como las empresas ensambladoras, para que fortalezcan la competitividad con eje central de Empresa de Clase Mundial. Teniendo además posicionamiento y presencia en el entorno local (región pre-seleccionada de asentamiento), armonizar su actividad productiva de acuerdo con las regulaciones medio ambientales requeridas, esto hará competitiva a la organización, la cual es prolija, protege a su personal y al entorno

circundante.

Al realizar una investigación en empresas locales, se podrá evidenciar y mostrar cómo se aplican las normas de administración y control medio ambientales, para la producción, encauzando la destreza del personal, así como:

- ¿Qué tipo de habilidades y potencial poseen?
- ¿Cuál es la importancia de la protección medio ambiental?
- ¿Cómo es valorada su destreza y capacidad por los diferentes niveles de mando en la organización?

Al tiempo que se identificarán las empresas por actividad productiva, lo que diferencia la propensión y fomento de las habilidades en el personal de acuerdo con sus procesos.

## Objetivos

Los objetivos que persigue la investigación es indagar si las empresas motivan, fomentan, valoran y contribuyen al conocimiento residente entre sus empleados.

- ¿Qué sector empresarial está capacitando y fomentando a su personal?
- ¿Cómo se estimulan e identifican esas habilidades?

Estas acciones empresariales permiten mover estratégicamente los activos intangibles y obtener los más altos rendimientos, para darle a la organización y a sus integrantes utilidades económicas. Cuidando que esta estrategia sea transferida al cliente, que es el objetivo principal de las actividades económicas de las empresas ensambladoras.

Los objetivos específicos que se persiguen son:

- ¿Cuál es la protección y cuidado al medio ambiente que estas empresas otorgan al entorno que las acoge?

(como lo establece la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) art.32- en sus inicios).

- ¿En qué medida se privilegia el conocimiento entre los empleados en los diferentes niveles jerárquicos de la empresa ensambladora?

## Justificación

La inquietud que motivó esta investigación es la de analizar las empresas ensambladoras e identificar variables que puedan fortalecer sus estructuras, las cuales se consideran determinantes. Enseguida se enlistan algunas:

- a. ¿Cuál es el aprovechamiento de los intangibles que poseen?
- b. ¿Cómo son fomentados estos activos para la conquista y consolidación en mercados internacionales?
- c. ¿Qué actividad empresarial es la generadora de empleos?

De los anteriores cuestionamientos formulados, las respuestas serán resueltas con la aplicación de un cuestionario dirigido al sector empresarial de la ciudad.

Por tal, los hallazgos que de esta investigación se deriven, aportarán parámetros útiles para las empresas ensambladoras de la región, de modo que puedan consultar este documento para el fortalecimiento de los empleados y la organización.

Se considera que no sólo las empresas ensambladoras se verán beneficiadas del presente análisis.

Los cuidados que se tenga del entorno ambiental para los procesos productivos son valiosos en todos los sectores económicos, no importa si se trata de empresa manufacturera o de servicios. Inclusive el tamaño de las organizaciones

no limita la relevancia de las normativas, debido a que esta variable genera valor, contribuye e influye en la protección del factor humano.

## Regulaciones ambientales laborales internas y externas

Los procesos productivos de reparación, modificación y manufactura están asociados con la generación de residuos líquidos, sólidos y gaseosos, que es consecuencia de toda actividad productiva. Estas sustancias pueden ser o no nocivas a la salud de todos los seres vivos (humanos, plantas y animales). La adecuada disposición de estos residuos previene y en algunos casos detiene el deterioro del medio ambiente, para los frágiles ecosistemas, que son indispensables en la consecución y conservación de la vida y del medio ambiente de nuestro planeta.

Toda empresa requiere estar en armonía legal pero también con el medio ambiente. El descuido del entorno ecológico incide directamente en un cambio climático; por tal, la Responsabilidad Social se hace más importante que la producción de bienes y servicios. De omitirse las regulaciones puede presentarse lo siguiente:

Se producirá un bien, pero también se estarán produciendo residuos, que desequilibra al medio ambiente y a su entorno. La adecuada disposición de los residuos dará la certidumbre a la conservación de los ecosistemas como también a la vida de los seres vivos.

Parte de los compromisos al instalar una empresa IMMEX, es adoptar medidas permanentes en pro del cuidado y protección al medio ambiente, siendo una de ellas la aplicación de la norma ISO 14000, recomendada por Ritchie (1998) y el Centro de Información y Comunicación Ambiental de

Norte América, A. C. (CICEANA), (2013) en todos los procesos productivos.

Norma fundamental e importante para el cuidado y protección del personal dentro de la empresa es la ISO18000, Occupational Health and Safety (OH&S), la familia de las (OH-SAS) 18001, de acuerdo con BSIGROUP (2016). Es el sistema estándar de gestión alineado con las mejores prácticas internacionales reconocidas, proveen la reducción del riesgo laboral y hacen que el lugar de trabajo sea lo más seguro posible. Ayudará a crear una organización resiliente, a ser más eficaz en la protección de la salud y el bienestar de la fuerza laboral, y ser más consciente de las responsabilidades y regulaciones legales.

El gobierno Federal con influencia en todo el país está preocupado por el cuidado y bienestar del medio ambiente. Por ello ha legislado y promulgado la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2007). Esta Ley previene, cuida y sanciona daños ocasionados al medio ambiente, dado que las empresas al producir bienes y servicios generan sustancias y residuos que pueden impactar negativamente, ya que se ha detectado el manejo y disposición inadecuada de sustancias que impactan a todas las regiones del país, como lo indica el título segundo, en los artículos del 6º.- al 14.-, de la citada Ley.

Las leyes ambientales mexicanas, a través de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), obligan a contabilizar las emanaciones de los desechos, establecen una revisión periódica de las bitácoras ambientales y comprobación del confinamiento adecuado de los mismos. Esta compulsión se realiza a todas las empresas generadoras de residuos en el país.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en los artículos 2º.-, 3º.-, 5º.-; así como el Título Tercero de esta misma Ley, y los artículos del 15.- al 24.-, menciona e indica criterios para la clasificación y manejo de los residuos, el grado de peligrosidad al ser humano y al medio ambiente, debido a que estas sustancias pueden lixiviarse, ocasionando daño por reacción y filtrado en los mantos freáticos o cuerpos de agua que abastecen a todo ser vivo del planeta. Por lo tanto, estas empresas IMMEX deberán apegarse a las disposiciones legales de protección ambiental.

La mencionada Ley en el artículo 153.-, es el marco legal que establece y determina el confinamiento final para los residuos que estas industrias IMMEX utilizan en su cadena productiva. Actualmente y a la luz del TLC, la normatividad de la Environmental Protection Agency (EPA) en los Estados Unidos de América, determina el tratamiento que se les deben dar a los residuos, el cual es aceptado también por SEMARNAT en México.

Estos comportamientos apegados a leyes y normas son contemplados por empresas de clase mundial, y empresas con responsabilidad social, de acuerdo con Vives (2010).

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se sustenta en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 73.-, fracción XXIX-G, (29 julio 2010) y permite formular, regular, definir, fomentar, prevenir y fortalecer, todas las acciones y medidas en favor del cuidado de los recursos naturales. Las modificaciones y alteraciones ocasionadas en los ecosistemas por omisión y por intencionalidad, faculta a la policía local a sancionar cualquier infractor, el cual puede ser una persona o una empresa que estén dañando y contaminando el entorno.

Las empresas IMMEX al pretender instalarse en un de-

terminado sitio geográfico que les ofrezca una ventaja competitiva, deberán presentar un estudio de Impacto Ambiental al gobierno de la localidad como lo indica la Ley del Equilibrio Ecológico y la Prevención al Ambiente, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2010) y avalado por un Ingeniero Ambientalista facultado por el gobierno. Este estudio permitirá comprobar el grado de afectación al momento de la instalación de la empresa, no importa la actividad productiva que pretenda realizar.

Este estudio también es requerido para iniciar la construcción de una carretera, una presa, una hidroeléctrica, y más construcciones que son de importancia para el desarrollo y progreso de una ciudad y del país. Tratando con ello de evitar el daño ambiental a las especies endémicas.

## **Normatividad para la producción armónica**

La supervisión e instalación de procesos tales como: ISO 9000, ISO 14000, ISO 18000, Just in time, Kanban, Poka yoke, Therbligs, Six Sigma, Kaizen, sistema cinco S', y más, contribuyen a mejorar la calidad y administración en la cadena productiva para la manufactura de productos. Instalando estos sistemas de administración, se puede establecer la siguiente premisa:

El conocimiento anticipado de las acciones encaminadas para el funcionamiento adecuado de la empresa es conocer lo que en el futuro beneficiará la producción para obtener la fidelidad de clientes y empleados y desde luego la consecución de una economía promisorio para la organización y el entorno.

Resulta benéfico otorgar facilidades para la instalación de empresas IMMEX, pero también solicitarles cumplir res-

ponsabilidades y compromisos para fomentar su estadía armónica en la región.

Las premisas que sustentan la actividad productiva y el éxito que se puede lograr también deben ir acompañadas de leyes y normas que si se observan adecuadamente se estará en armonía con el gobierno local, el medio ambiente y con todos los empleados. Al considerar esto la empresa propicia y fomenta la armonía cambia el incremento a sus utilidades económicas, y evita problemas con las oficinas gubernamentales ya que cualquier verificación gubernamental la solventará sin problemas.

La observancia de las leyes, normas oficiales y ordenamientos municipales es un compromiso que las industrias IMMEX deben acatar, para impulsar tanto el desarrollo humano como el económico de la región.

Esta condición evitará que los empleados perciban salarios perniciosos (con respecto al poder adquisitivo) como lo señala Dickens, (2010), ríspido ambiente laboral, poca seguridad social al personal, escasa observación y aplicación de normas en obligaciones tales como: fiscales, laborales, medio ambientales dentro y fuera de sus instalaciones.

Para las anteriores observaciones, bastará mencionar la protección requerida a empleados en los procesos productivos que demandan esfuerzo físico adicional, en acciones repetitivas que en ocasiones requiere la prevención ergonómica, lo que es enfatizado por Tortosa (1999). Así como evitar el incumplimiento de rentas y contribución, propuesto por David Ricardo (1821).

También existen documentos que norman la actividad, los cuales deberán ser atendidos para facilitar, asegurar y mejorar las actividades laborales.

A continuación, se señalan las NOM que son considera-

das básicas, ya que regulan y protegen la actividad humana en el trabajo cotidiano.

- La NOM-001-STPS-2008 para construcción de centros y edificios de trabajo. La NOM se aplica a inmuebles en proceso de construcción y los ya edificados, protegiendo la conservación y el mantenimiento de estos, debido a que resguarda la seguridad física de todo el personal dedicado a la actividad productiva. Esta NOM ordena llevar una bitácora de revisión y de mantenimiento a los edificios e instalaciones que se destinan para la actividad productiva, así como el resguardo de la documentación durante un año.

- La NOM (NOM-004-STPS-1999) de la seguridad y la prevención en el manejo de la maquinaria y equipo que está destinado para la producción, obliga al patrón a proveer las herramientas y guardas de seguridad necesarios para proteger la integridad física del trabajador al momento de realizar la jornada laboral. De igual manera es obligación del trabajador acatarla y responsabilizarse por el uso adecuado de la maquinaria y equipo de protección, los cuales le permiten realizar las actividades cotidianas dentro del área laboral, promoviendo el uso adecuado de las herramientas, y evitando así accidentes de trabajo.

- La NOM (NOM-010-STPS-1999) de la seguridad y la prevención en el manejo de sustancias químicas como generadoras de contaminación al medio ambiente laboral. De acuerdo con esta NOM, son responsables todos en la empresa de conocer, manejar, cuidar y proteger el medio ambiente laboral cuando se esté manejando, como ejemplo, cualquier solvente, pintura o limpiador que pueda causar daños prolongados y tal vez hasta permanentes al cuerpo humano y a los sentidos de la vista y el olfato. De igual forma deberán poseer los conocimientos de primeros auxilios médicos para aplicarlos en cualquier instante dentro y fuera de la empresa ante una eventualidad, y evitando al mismo tiempo la conta-

minación, tanto al interior como al exterior de la empresa.

- La NOM (NOM-025-STPS-2008) de las condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Después de los experimentos que realizó Elton Mayo de 1927 a 1932 en Western Electric's Hawthorne Works, concluyó que la cantidad de luz será directamente proporcional a la habilidad y productividad de las personas al momento de manufacturar, ensamblar, reparar y todas las actividades que requieran concentrarse en punto focal con el sentido de la vista. Si esta área no tiene suficiente iluminación, eficiente brillo, se tendrán deficiencias que pueden desencadenarse en daños permanentes e irreversibles al sentido visual de los empleados.

Para evitar esto se debe procurar regular el área con un luxómetro, lo que permite que el empleado, al momento de concentrar su visión en puntos focales, evite esfuerzos visuales innecesarios. Con esta acción se establecen las condiciones que prevén y minimizan los problemas de falta de iluminación o exceso de brillo en el área laboral.

- La NOM (NOM-011-STPS-2001), de las fuentes sonoras en el área de producción; es responsabilidad de los dueños de la empresa establecer y controlar condiciones audibles permisibles para el ser humano. Esta prevención contribuye a evitar accidentes laborales, mantener una productividad deseada, lograr la empatía del trabajador a su actividad cotidiana, al tiempo que evita un deterioro progresivo e irreversible del sentido del oído en el trabajador. De no cuidarlo se tiene el riesgo de la inhabilitación permanente para desarrollar cualquier actividad laboral, inclusive las actividades esenciales personales.

La NOM anterior también aduce a la contaminación sonora hacia el exterior y en la vecindad de la empresa, evitando daños a terceros cuando los decibeles (db) emitidos son excedidos por la actividad fabril.

Es conveniente establecer referencias numéricas cuyas unidades están dadas en db, para el control y generación en las fuentes acústicas, así la NOM establece los niveles de emanación que se deben de cuidar antes de causar daño al trabajador.

La siguiente tabla 1 hace referencia a los valores sonoros generados, a los niveles de exposición al ruido (NER), y al tiempo máximo permisible de exposición (TMPE) por el empleado sin sufrir daños a su salud.

Tabla 1. Establece límites máximos permisibles de exposición.

Nivel de exposición	Tiempo máximo permisible
90 dB(A)	8 HORAS
93 dB(A)	4 HORAS
96 dB(A)	2 HORAS
99 dB(A)	1 HORA
102 dB(A)	30 MINUTOS
105 dB(A)	15 MINUTOS

Fuente: elaboración personal con datos del Diario Oficial, NOM-011STPS-2001.

Los valores mostrados en tabla 1, son los máximos permitidos sin afectación y daño progresivo al trabajador (cuando se presenta este no es regenerativo) y están determinados en decibeles (db). También es conveniente mostrar un comparativo de fuentes sonoras medidas que corresponden a las fuentes sonoras identificables y sus correspondientes efectos en el ser humano, iniciando en el valor cero y pasando por valores cotidianos inocuos, hasta el valor lesivo al ser humano y que es por lo tanto irreversible.

- 0 db Umbral auditivo.
- 10 db Apenas audible.
- Biblioteca / Susurro a 5 m: 30db (Muy silencioso).
- Aire acondicionado: 60 db (Intrusivo).
- Restaurante ruidoso/Oficina de negocios: 70db (Difícil uso del teléfono).
- Secador de cabello: 80 db (Molesto).
- Tránsito urbano: 90db (Muy molesto).

- Camión recolector: 100db (Muy fuerte).
- Concierto de Rock: 110 db (Extremadamente fuerte).
- Bocina de auto (1 m): 120db (Máximo esfuerzo vocal).
- Operación en pista de jets: 140db (Dolorosamente fuerte).
- Zona de lanzamiento de cohetes: 180db (Pérdida auditiva irreversible).

Las NOM anteriores son consideradas determinantes en la salud y bienestar de los empleados dentro de la empresa, en el área de producción y hacia el exterior de esta, por lo tanto, deben ser tomadas como básicas, pero sin descuidar las que los tres niveles de gobierno obligan a implementar, de acuerdo con su área geográfica y que influyen directamente en la actividad productiva. En caso de que no se respeten estas NOM y que por su actividad productiva requieran ser aplicadas, las empresas serán proclives a sanciones administrativas y económicas en función de la omisión y del daño ocasionado a las personas, al medio ambiente, dentro y fuera de las instalaciones laborales y el entorno circundante.

Se recomienda al inversionista interesado en instalarse en el país que debe verificar las leyes, normas y reglamentos que regulen la naturaleza de la actividad productiva que desea realizar ya que, de hacer esta revisión al inicio de los trámites de instalación, se estará en armonía legal con las regulaciones de los tres niveles de gobierno.

Las anteriores normas mencionadas son emitidas y controladas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). Las NOM descritas anteriormente se agrupan en la Tabla 2 y son consideradas de relevancia ambiental, por tal su observancia por las empresas es vital.

Tabla 2, muestra algunas de las NOM's, de utilidad para la mayoría de las actividades laborales.

NOM Número	Control y Aplicación de las NOM's
NOM-001-STPS-2008	Edificios, Locales y Áreas en los centros de trabajo.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de Iluminación en Centro de Trabajo.
NOM-004-STPS-1999	Sistemas de Protección Dispositivos en Maquinaria y Equipo.
NOM-010-STPS-1999	Condiciones de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de Seguridad e Higiene Ruido en el Trabajo.

Fuente: elaboración personal, con datos de la STPS.

Estas NOM que se eligieron ejemplo en la Tabla 2, no necesariamente son las únicas que las organizaciones productivas deben observar al instalarse. Las empresas al instalarse requieren realizar una investigación, para identificar cuáles reglamentos, normas y leyes son susceptibles aplicar a su actividad empresarial. Los gobiernos les solicitan se acojan a las que les regulen y mantengan su adecuación a las mismas (las apliquen y respeten). Lo anterior se sustentará en base a la actividad productiva y de servicios que las organizaciones económicas deseen otorgar.

Tal vez estamos ante una película de ciencia ficción, pero el calentamiento y el oscurecimiento globales, así como la pérdida de la capa ozónica en el cono sur del globo terráqueo es un hecho (todos estos fenómenos climáticos de las últimas tres décadas) que ha implicado un cambio drástico del clima en diversas regiones. El posible daño de este fenómeno tal vez coincide con el inicio de la revolución industrial cuando se utiliza el carbón de piedra para alimentar las calderas de los primeros motores de combustión interna incrementándose después con el uso de la gasolina y diesel donde se potencializa la contaminación ambiental.

Esto no se había hecho patente hasta final de los 80's y principio de los 90's. Por tal, y para contribuir a minimizar la polución, las empresas deben cuidar la emisión de sus residuos cualquiera que éstos sean, así como la adecuada disposición de estos, de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Como ejemplo de lo anterior, el Gobierno del estado de Nuevo León en su página electrónica facilita los trámites para realizar la adecuada instalación de empresas preocupas por el ambiente.

## Cuestionario instrumento de medición

Para analizar e interpretar las actividades organizacionales empresariales y el criterio que sustentan las acciones y decisiones estructurales en el sector productivo de Nuevo Laredo, se hizo conveniente aplicar una consulta dirigida a la comunidad empresarial (preferentemente).

La redacción del cuestionario trata de cubrir aspectos fundamentales tales como el sector económico al que pertenece el encuestado, la estructura organizativa, el desarrollo tecnológico logrado, la transmisión del conocimiento entre su personal, el vínculo que la empresa establece con el medio circundante, así como los cuidados al mismo entorno.

Se espera que la respuesta a los ítems se complete, ya que la validez del instrumento de consulta se basa en la evidencia relacionada con el criterio, como lo mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2015); lo anterior se sustenta en experiencia empírica y visitas físicas a diversas empresas con actividades productivas diferentes entre sí.

La validez del contenido y la construcción de este. La validez del instrumento establece una relación con las variables que se pretenden medir y la validez de su evaluación relaciona los ítems del cuestionario aplicado con los fundamentos teóricos objetivos de la investigación, para que exista consistencia y coherencia técnica. Ese proceso de valoración vincula a las variables entre sí.

## Población y muestra

Los instrumentos de medición se dirigieron al segmento de estudio y análisis, primordialmente a las empresas IMMEX y también a otras empresas manufactureras, comerciales y agencias aduanales.

Se decide dirigir la encuesta al sector empresarial y de servicios antes mencionado, ya que el número de industrias IMMEX asentadas en la ciudad de Nuevo Laredo es inferior a 50. Otro factor de decisión es la vinculación y relación directa con estos organismos empresariales, por ello se opta aplicar también el cuestionario a estos sectores.

Para identificar y decidir las empresas a las cuales se les puede enviar un cuestionario se acudió a la Secretaría de Economía, en su página electrónica <http://www.economia.gob.mx/> (septiembre 2014) las cuales están ubicadas en la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas. La siguiente Tabla 3, muestra la clasificación y universo a quienes se pretende dirigir el cuestionario:

Tabla 3. Sector Empresarial susceptible de encuestar.

Empresas IMMEX	Empresas Manufactureras	Empresas comerciales	Agencias Aduanales	Empresas transportistas	Total
45	87	718	355	145	1350

Fuente: elaboración personal con datos proporcionados por la Secretaría de Economía (SE).

Finalmente se logró recopilar información de las empresas que sí aceptaron dar respuesta a la encuesta permitiendo, algunas de ellas, visitar su área de producción. Así de la información recogida se identifica el sector productivo al que pertenecen, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Clasificación del sector empresarial que aceptó ser encuestado.

empresas IMMEX		servicios		otras empresas						total, empresas analizadas
sector automotriz	sector electrónico	agencias aduanales	empresas transportistas	consultoras	manufacteras	proveedoras oficina	hoteles	constructoras	no definidas	
24	11	8	12	3	5	2	2	1	9	77

Fuente: elaboración personal.

En la recopilación de datos, se decide entrevistarse con los responsables de estas organizaciones mediante visita física, lo que permite que en algunos casos se tenga una visión clara de los procesos productivos y de trabajo.

Cabe mencionar que al recibir el cuestionario solicitan tiempo para otorgar respuesta al mismo.

Después de realizar un análisis a las encuestas aplicadas, de un total de 102 encuestas, se opta por aceptar sólo 77 de ellas, ya que 25 de éstas mostraban inconsistencia en sus respuestas, por tal fueron desechadas; la información válida es capturada en el sistema de análisis estadístico SPSS, ver. 18.0 (2009).

A través del análisis de frecuencias se interpreta la información recogida, lo que permite inducir la estructura organizativa de las empresas que otorgaron respuestas. También puede mostrar algunas futuras debilidades y cómo éstas pueden ser atendidas para prolongar la permanencia de las organizaciones.

## Análisis de resultados

El primer análisis para realizar es conocer la concentración y actividad productiva de las organizaciones encuestadas, la cual se muestra en la Tabla 5. Ahí se observa el sector empresarial al que pertenecen las empresas, en donde 35 son IMMEX, así el 31.2% procesa su producción para la industria automotriz y el 14.3% se dedica al sector electrónico, juntas representan el 45.5%. La actividad del resto de empresas es diversa como se puede apreciar a continuación.

Tabla 5. Sector Empresarial.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Automotriz IMMEX	24	31.2	31.2	31.2
Electrónica IMMEX	11	14.3	14.3	45.5
Servicios agencia aduanal y transporte	20	26.0	26.0	71.4
Otras empresas (ver tabla 4)	22	28.6	28.6	100.0
Total	77	100.0	100.0	

Para identificar cual es la responsabilidad de la persona en la empresa que otorgan respuestas a la encuesta, se presenta la Tabla 6, en concreto se observa que en el 87.1% de las empresas es el gerente o encargado, de acuerdo con su estructura interna y con un 13.0% al representante legal. Esto da indicio de la importancia que la empresa dedica a toda persona que acude a consultarle, así como ser reconocida por las contribuciones y acciones que ofrece al entorno.

A continuación, se observa la tabla estadística.

Tabla 6. Cargo de la persona que contesta la encuesta.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Representante Legal	7	9.1	13.0	13.0
Gerente	11	14.3	20.4	33.3
Encargado	36	46.8	66.7	100.0
Total	54	70.1	100.0	
Omitidos -9	23	29.9		
Total	77	100.0		

Enseguida analizamos las respuestas obtenidas ordenándolas, dependiendo de si la pregunta está relacionada con el capital humano, organizativo, tecnológico. También se analiza el grado de preocupación de la empresa al fomento tecnológico del empleado, el nivel de innovación de la empresa, la accesibilidad en la comunicación inter-empresarial para todo empleado y la gestión laboral; ¿qué sector empresarial realiza investigación y desarrollo (I+D)? y ¿Cuál es el porcentaje que dedica a I+D de sus ingresos económicos netos? Los convenios y alianzas con otras empresas; de existir alianzas ¿Cuál es el beneficio? ¿Dónde se refleja éste? ¿Qué tipo de tecnología utiliza la organización aparte de la dedicada a producir? ¿Cómo se estructura el Aprendizaje Organizacional (AO) en las empresas? ¿suscriben convenios con Instituciones educativas para la actualización tecnológica y legal? Así como identificar cuantitativamente lo destinado a I+D.

Un aspecto importante de las empresas es conocer los activos intangibles que poseen las organizaciones productivas, por lo que se decide preguntar por la gestión del capital organizativo. La Tabla 7 muestra en ¿Qué medida el personal se identifica con la estructura organizativa y la pertenencia a la empresa para la que labora? La respuesta es de un 98.7% de aceptación, es una cifra muy alta. Esta aceptación le favorece a la cúpula organizacional y también indica la adhesión de los empleados hacia la empresa, por lo cual, los vínculos empresa-empleado son acciones encaminadas para la promoción y desarrollo del personal. Por tal se induce, una alineación de las expectativas del empleado con las estrategias adoptadas por la dirección de la empresa.

Tabla 7. Capital organizativo, nivel de pertenencia del personal con la empresa.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Valido Totalmente de acuerdo</b>	30	39.0	39.0	39.0
<b>De acuerdo</b>	46	59.7	59.7	98.7
<b>En desacuerdo</b>	1	1.3	1.3	100.0
<b>Total</b>	77	100.0	100.0	

La Tabla 8, muestra una estrecha relación con la Tabla 7. Ambas tablas ofrecen información de la responsabilidad del personal con los objetivos propuestos por la organización, logrando un 93.5% de identidad con los objetivos de la empresa, facilitando así la capacitación al personal, y claridad para transmitir y recibir los propósitos organizacionales, partiendo de la gerencia hacia los diversos niveles de mando en el organigrama de la empresa.

Tabla 8. Capital organizativo: la visión clara del personal se alinea con los objetivos de la organización.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Valido Totalmente de acuerdo</b>	28	36.4	36.4	36.4
<b>De acuerdo</b>	44	57.1	57.1	93.5
<b>En desacuerdo</b>	5	6.5	6.5	100.0
<b>Total</b>	77	100.0	100.0	

Analizando la Tabla 9 podemos afirmar que el personal encuentra aceptable la movilidad interdepartamental

como lo demuestra el 88.4% de aceptación. La mayoría de los encuestados comentó que esta acción de rotación departamental permite al empleado incrementar sus conocimientos en diversas áreas de la empresa, promoviendo el ingreso económico para el trabajador, así como mejora la productividad de la organización. Sólo 9 empresas están en desacuerdo, lo que representa el 16.7% del total.

Tabla 9. Capital organizativo: cómo es la movilidad funcional entre departamentos.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido Totalmente de acuerdo</b>	37	48.1	48.1	48.1
<b>De acuerdo</b>	31	40.3	40.3	88.3
<b>En desacuerdo</b>	7	9.1	9.1	97.4
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	2	2.6	2.6	100.0
<b>Total</b>	77	100.0	100.0	

La Tabla 10, muestra la identificación que el personal tiene con la empresa en el trabajo cotidiano, ya que las organizaciones reciben y analizan la información valiosa a través de lluvia de ideas de sus empleados. Esa experiencia aporta e incide en una mejora para el trabajo, lo que indica el apego del empleado a su actividad productiva y a la empresa, como lo demuestran las 70 empresas que así lo manifestaron en su respuesta, llegando al 91.0%, de acuerdo con las respuestas aportadas por los encuestados.

Tabla 10. Capital humano: los empleados aportan ideas para mejorar su actividad laboral.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<b>Válido Totalmente de acuerdo</b>	34	44.2	44.2	44.2
<b>De acuerdo</b>	36	46.8	46.8	90.9
<b>En desacuerdo</b>	6	7.8	7.8	98.7
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	1	1.3	1.3	100.0
<b>Total</b>	77	100.0	100.0	

Otro ítem en la consulta es el alto grado de preocupación por la promoción de cursos de capacitación laboral, manifestándose en la tabla 11 con el 81.9% de aceptación como se observa. El fortalecimiento tecnológico del empleado a través del Capital Humano, otorgan al personal y a la empresa un valor agregado, el cual repercute en las utilidades para las compañías que fomentan estos cursos.

Tabla 11. Capital humano: la empresa promueve cursos de formación.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Totalmente de acuerdo	37	48.1	48.1	48.1
De acuerdo	26	33.8	33.8	81.8
En desacuerdo	10	13.0	13.0	94.8
Totalmente en desacuerdo	4	5.2	5.2	100.0
Total	77	100.0	100.0	

En la Tabla 12. Se puede observar la constante preocupación al cambio tecnológico y el avance científico. Esto se denota con el 77.9% de aceptación recogido en la encuesta, que coincide con los comentarios aportados por los encuestados, al momento de visitar las organizaciones productivas.

Tabla 12. Nivel de cambio tecnológico: mejora la producción de bienes y servicios.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Excelente Innovación	19	24.7	24.7	24.7
Alta Innovación	41	53.2	53.2	77.9
Moderada Innovación	16	20.8	20.8	98.7
Escasa Innovación	1	1.3	1.3	100.0
Total	77	100.0	100.0	

Los niveles de mando en el organigrama de la empresa son peldaños por los cuales se debe transitar. Cuando la comunicación a lo largo de esta línea de mando se inicia desde un nivel superior a un inferior, esta comunicación puede volverse fácil al descender al nivel inferior de mando al deseado. Pero de manera ascendente se vuelve tortuoso el ascenso, y a veces el empleado de rango inferior no consigue acceder al nivel de mando deseado, para comunicarse con un gerente o administrador superior.

En la Tabla 13. Se observa que de las 63 empresas que aportan respuesta, el 71.5% de ellas (45 empresas) tienen 1 a 3 niveles de mando, por tal se considera ágil la comunicación a lo largo del organigrama dentro de esas empresas. Para el 27.0% que proporcionaron respuestas (17 empresas), se puede considerar lenta la comunicación, se observa que deben transitar por 4 o inclusive 5 niveles de mando, antes de llegar al nivel de mando deseado, con la conformación del organigrama en la cadena de mando, y proponer o aportar información útil al proceso productivo.

NOTA: la cifra 20 en la tabla 13 es extraña, denota que la pregunta no fue interpretada por el encuestado.

Tabla 13. Niveles de mando: distancia organizacional entre gerente y operativos.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1	8	10.4	12.7	12.7
2	18	23.4	28.6	41.3
3	19	24.7	30.2	71.4
4	8	10.4	12.7	84.1
5	9	11.7	14.3	98.4
20	1	1.3	1.6	100.0
Total	63	81.8	100.0	
Omitidos -9	14	18.2		
Total	77	100.0		

En relación con el nivel del cambio tecnológico, se observa en las empresas encuestadas una administración pre-ocupada y preparada para el cambio tecnológico. Prueba de ello, es el 76.7% de aceptación, el 7.8 % de los consultados le otorgan poca o nula innovación de acuerdo con datos recogidos y mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14. El Nivel de cambio tecnológico: adquisición de sistemas mejora la gestión en los procesos.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Excelente Innovación	23	29.9	29.9	29.9
Alta Innovación	36	46.8	46.8	76.6
Moderada Innovación	12	15.6	15.6	92.2
Escasa Innovación	5	6.5	6.5	98.7
Nula Innovación	1	1.3	1.3	100.0
Total	77	100.0	100.0	

Las empresas IMMEX se especializan en una actividad específica del producto, la de manufacturar, por tal es común que soliciten apoyo a otras organizaciones en sus actividades para desarrollar mejores procesos productivos, actualizar el producto, investigación en nuevos materiales y más, todo en beneficio del producto y del cliente. Así, la alianza entre empresas se da en un rango del 27.1 hasta lograr el 44.2%, de las organizaciones que ofrecieron respuesta, como se muestra en Tabla 15.

Tabla 15. Impacto de las alianzas: beneficia a la I+ D

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido muy escaso	9	11.7	12.9	12.9
escaso	11	14.3	15.7	28.6
medio	19	24.7	27.1	55.7
alto	26	33.8	37.1	92.9
muy alto	5	6.5	7.1	100.0
Total	70	90.9	100.0	
Omitidos -9	7	9.1		
Total	77	100.0		

Las relaciones con universidades y el entorno socioeconómico en procesos innovativos, son para sustentar desde una base científica la estructura organizacional, las actividades productivas y las tecnológicas.

Esta estructura de interrelación evidencia el poder, la articulación y capacidad dinámica que propicia la relación universidad-empresa. Por lo tanto, ésta lo considera y promueve con agrado, tal que la aceptación asciende al 76.1%, como se aprecia en la Tabla 16 de las empresas consultadas.

Tabla 16 Relación con Universidades: la Universidad ejerce liderazgo en las relaciones entre empresas del sector.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido totalmente de acuerdo	20	26.0	28.2	28.2
de acuerdo	34	44.2	47.9	76.1
en desacuerdo	14	18.2	19.7	95.8
totalmente en desacuerdo	3	3.9	4.2	100.0
Total	71	92.2	100.0	
Omitidos -9	6	7.8		
Total	77	100.0		

La Ley Federal Trabajo actual, regula y adecúa relaciones obrero-patronales. Los cambios que esta Ley proponga impactan esas relaciones. Cámara de Diputados (1er. enero 2014). Así, dichos cambios resaltan el límite del derecho a huelga, facilitar la contratación por outsourcing, entre otras concesiones.

Debido a las nuevas relaciones gobierno-obreros-empresa, las empresas consultadas le otorgan la importancia que asciende al 81.3% como se observa en la Tabla 17.

Tabla 17. La Ley Federal del Trabajo: el impacto en sus actualizaciones a la empresa.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido				
muy impactante	25	32.5	33.3	33.3
impactante	18	23.4	24.0	57.3
moderado impactante	18	23.4	24.0	81.3
escaso impacto	10	13.0	13.3	94.7
nulo impacto	4	5.2	5.3	100.0
Total	75	97.4	100.0	
Omitidos				
-9	2	2.6		
Total	77	100.0		

## Conclusiones

Dentro del área productiva se cuidan los requerimientos que el cliente ha impuesto, el uso adecuado de la maquinaria y equipo, pero es probable que se descuiden aspectos de suma importancia, como son, la seguridad del empleado, la contaminación ambiental dentro y fuera de la empresa y la disposición adecuada de desechos provenientes de la producción.

La instalación de mecanismos de seguridad al empleado, así como de normas que eviten contaminación, son acciones regulatorias impuestas por los gobiernos local, estatal y federal, de esta manera se consigue lograr que las actividades productivas se realicen sin riesgo para el empleado y al medio ambiente. Tal vez esto provoque un encarecimiento del producto, pero surge la siguiente pregunta ¿Cómo eliminar el daño a las personas y al medio ambiente? La respuesta es prevención y fortaleciendo el conocimiento en los empleados de normas ambientales preventivas, con esta acción se evitan accidentes, cuando se prevé contaminar, se está impidiendo deterioros, así, se elude destinar recursos económicos para reparar el daño ocasionado.

Ante esto podemos soslayar, la instalación de las NOM en las empresas ayuda y reducen gastos innecesarios en la manufactura, que por descuido e irresponsabilidad se tienen que destinar para reparar el perjuicio ocasionado, al ser humano y al medio ambiente.

Por tal la capacitación constante del personal, induce un ambiente sano y productivo, lo cual conduce a incrementar la productividad en la empresa.

Futuras investigaciones:

- . Prevención y cuidado en crucen internacionales de sustancias industriales toxicas al medio ambiente.
- . Conocimiento, revisión y mejora de protocolos al manejo de sustancias susceptibles de dañar el medio ambiental.

## Referencias

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2010): "Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente" Diario Oficial de la Federación, México, en <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> (acceso marzo de 2019).
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2007): "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos" Diario Oficial de la Federación, México, en <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf> (acceso marzo de 2019).
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2002): "Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos" Diario Oficial de la Federación México, en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/240.pdf> (acceso enero de 2019).
- Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América (2011), A.C. CICEANA, en [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx) (acceso marzo de 2019).
- David Ricardo, (2007): Principios de Economía Política y Tributación, 1er. edición.1821. edit. Heliasta, Argentina.

- Dickens, C. (2010): *Tiempos Difíciles*, edit. Alianza, España.
- Fernández y Bapista (2015): *Metodología de la Investigación*, 5ª edición
- Grant, R. M. (1996): "Toward a Knowledge-based Theory of the Firm" *Strategic Management Journal*, vol. 17 Winter special issue.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI, México, <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdiecey.exe/822?s=est&c=25519> (acceso enero 2017).
- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825120382> (acceso junio 2017)
- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825120382> (acceso junio 2018)975&site=sitioINEGI\_collection&client=INEGI\_Default&proxystylesheet=INEGI\_Default&getfields=\*&entsp=a\_inegi\_politica&lr=lang\_es%257Clang\_en&lr=lang\_es%257Clang\_en&filter=1 (acceso marzo 2019).
- Ishikawa, K. (1997): *¿Qué es el Control Total de Calidad?* edit. Norma, México.
- ISO 18000 <https://www.bsigroup.com/> (acceso marzo de 2019).
- Porter, M. (1998): *Competitive Strategy, Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, edit. The Free Press, New York.
- Ritchie, Ingrid, A (1998): *Guide to the Implementation of the ISO 14000, Series on Environmental Management*, edit. Prentice Hall, USA.
- Secretaría de Economía, (2014): "Parques Industriales-Especificaciones" Norma Oficial Mexicana (NMX) NMX-R-046-SCFI-2011, *Industrial Parks - Specifications*, pág. 53., Padrón de empresas en Nuevo Laredo Tamaulipas. <http://www.economia.gob.mx/> (acceso abril 2018).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, [www.semarnat.gob.mx/](http://www.semarnat.gob.mx/) (acceso marzo 2019).
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (1994): "Norma Oficial Mexicana Nom-004-Stps-1999, Sistemas de Protección y Dispositivos de Seguridad en la Maquinaria y Equipo que se Utilice en los Centros de Trabajo" Publicado en el Diario Oficial de la Federación, México.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (1994): "NORMA Oficial Mexicana NOM-010-TPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral" Publicado en el Diario Oficial de la Federación, México.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2008): "NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo" Publicado en el Diario Oficial de la Federación, México.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (1994): "NORMA Oficial Mexicana NOM-011-TPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Publicado en el Diario Oficial de la Federación" México de 17 de abril de 2002. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, México.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2008): "Norma Oficial Mexicana NOM-001-TPS-2008, Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo Condiciones de seguridad" Publicado en el Diario Oficial de la Federación, México.
- Schoemaker, P. J. H. (1992): "How to Link Strategic Vision to Core Competences" *Sloan Management Review*.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) ver. 18.0 (2009).
- Tortosa, L. García-Molina, C. Page, A.; Ferreras, A. (1999) "Ergonomía y Discapacidad". Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia.
- Vives, A., (2010): "Acreditación de Empresas Socialmente Responsables" *Cumpetere*. <http://www.cumpetere.blogspot.com/> (acceso marzo 2019).



# Tendencias y estado del arte de la gamificación para materias de programación en educación superior

María Eugenia Sánchez Leal<sup>1</sup>, Alma Patricia Gallegos Borunda<sup>2</sup>, Verónica Farías Veloz<sup>3</sup>, Claudia Angles Barrios<sup>4</sup> y Valeria Jazmín Arreola Cardona<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Ave. Tecnológico No 1340, Fracc. El Crucero

Ciudad Juárez, Chihuahua, México,

C.P. 32500



**Correo correspondiente**

esanchez@itcj.edu.mx

maría.sl@cdjuarez.tecnm.mx

## Resumen

En la actualidad los profesores necesitan implementar estrategias innovadoras y recursos tecnológicos para diseñar e impartir sus clases y así, potenciar el interés, motivación y compromiso de los estudiantes. El objetivo de esta investigación documental es realizar un mapeo y revisión de la productividad desarrollada empleando gamificación en el aula e identificar beneficios reportados en la Educación Superior en asignaturas de programación. Para este estudio, se examinaron publicaciones relacionadas con esta herramienta en bases de datos importantes dentro del ramo académico presentadas en un período del 2019 al 2021. Los resultados señalan que la Gamificación como estrategia de enseñanza, propicia motivación, compromiso y socialización de los estudiantes mediante empleo de tecnologías interactivas y el registro de elementos como son los niveles, puntos, retos, competencias, recompensas y logros entre otros, obteniendo actividades innovadoras y altamente formativas para los alumnos. Debido a esto se concluye a favor de su implementación en nivel de educación superior.

## Abstract

Presently, teachers need to enforce innovative strategies and technological resources to design and teach their classes and thus enhance the interest, motivation and commitment of students. The objective of this documentary research is to carry out a mapping and review of the productivity developed using gamification in the classroom and to identify benefits reported in Higher Education in programming subjects. For this study, publications related to this tool were examined in important databases within the academic field presented in a period from 2019 to 2021. The results indicate that Gamification as a teaching strategy, encourages motivation, commitment and socialization of students through use of interactive technologies and the registration of elements such as levels, points, challenges, skills, rewards and achievements among others, obtaining innovative and highly educational activities for students. Due to this, it is concluded in favor to implement this technique in higher level education.

**Palabras clave:** Gamificación, Programación, Educación Superior, Motivación.

**Keywords:** Gamification, Programming, Higher Education, Motivation.

---

## Introducción

Durante los últimos años el uso de la tecnología ha experimentado un crecimiento exponencial, y con ello su integración en diversos aspectos de nuestra vida diaria, como es la educación. Con la incorporación de estas en la enseñanza, nace la educación virtual, permitiendo que dichas estrategias sean las más utilizadas durante los últimos años y es debido gracias a los avances que se han realizado año tras año en este campo científico, facilitando de esta manera su uso y permitiendo que esta modalidad ofrezca varias ventajas como la no restricción geográfica y la flexibilidad en los horarios (Torres-Barreto et al., 2020).

Una de las estrategias más interesantes dentro de la

educación virtual es la gamificación. Esta tiene su origen en el vocablo inglés gaming, el cual hace referencia al uso de elementos de juegos en ambientes educativos (Layth Kha-leel et al., 2019). Los principales objetivos de la gamificación son mejorar ciertas habilidades como aumentar el compromiso de los estudiantes, resolver los problemas de manera más efectiva, introducir objetivos que le dan al aprendizaje un propósito (Smiderle et al., 2020), además de ofrecer una gran contribución a la dinámica en las aulas, por lo que ayuda a los alumnos a participar de una manera más activa, cooperar con sus compañeros, aumentar la motivación y creatividad, lo que puede afectarlos positivamente en su desarrollo. (Santamaría, Alcalde, 2020).

A pesar de ser un fenómeno reciente, se reconoce

como una próxima tendencia dentro de la educación (Cuevas Monzonis, 2021) ya que actualmente es un reto para los docentes mantener a los alumnos motivados y comprometidos con sus actividades académicas, donde las materias de programación no son la excepción (Beltrán Morales et al., 2021). Debido a que requieren de la comprensión de la parte teórica, pero aún más la práctica, si el alumno no se siente motivado a adiestrarse por su cuenta o durante clases, la calidad del aprendizaje se verá afectada. Investigaciones realizadas por Beltrán, Sánchez y Rico (2021) indican que los alumnos prefieren las actividades y tareas de práctica antes que las de teoría, sin embargo, muestran un fuerte desinterés por el autoaprendizaje.

Lozada-Ávila & Betancur-Gómez (2016), aseveran que la gamificación es un tema novedoso y en algunos casos poco explorado en las diversas áreas de conocimiento. Sin embargo, se espera que continúen teniendo mayor presencia en las Investigaciones de Educación Superior y que se generen más estudios al respecto. La Figura 1 muestra la pirámide de los elementos comprendidos en esta estrategia.

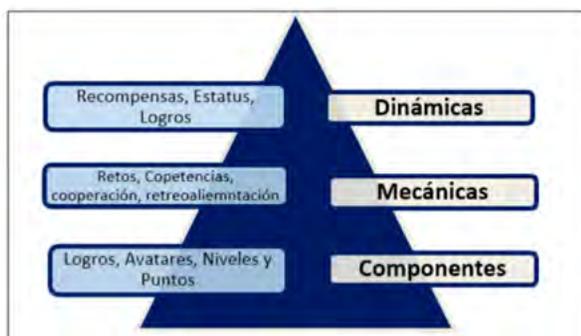


Figura 1. Pirámide de los Elementos de la Gamificación  
Fuente: Elaboración propia.

En efecto, los procedimientos para enseñar están cambiando y los estudiantes comprenden menos con métodos tradicionales o de la vieja escuela. Es tiempo de generar ideas y de definir nuevas metodologías para educar en el área de Ciencias Computacionales.

El juego es considerado un activador en la atención y una alternativa importante para complementar la enseñanza tradicional. Estos aspectos motivaron el interés de conocer la forma acerca de cómo la gamificación ha sido implementada en los últimos años en Educación Superior.

Por lo tanto, el objetivo de revisión es básicamente identificar y conocer acerca de casos donde se aplique en este nivel educativo, específicamente en las áreas de programación.

El presente documento muestra inicialmente un marco conceptual seguido del detalle de la metodología empleada para lograr lo propuesto, donde se abordan los procesos utilizados para la realización de la investigación; posteriormente se presentan los resultados pormenorizando los datos obtenidos y, finalmente, en la sección de conclusiones, se destacan las aportaciones a la presente investigación dejando una propuesta para trabajos futuros.

## Marco teórico

La gamificación de la educación es una de las estrategias de enseñanza que busca incrementar el compromiso de los estudiantes a través de la incorporación de elementos de juego dentro del ambiente formativo (Smiderle et al., 2020). Según Lobo-Rueda, Paba-Medina y Torres-Barreto (2020) este concepto nació en la industria de los medios digitales en el año 2008, sin embargo no fue hasta el año 2010 que este término tomó importancia al empezar a ser estudiado e implementado alrededor del mundo.

Es una estrategia relativamente nueva, por lo cual los elementos que la componen aún no han sido definidos de manera clara, pero Lobo-Rueda, Paba-Medina y Torres-Barreto (2020) identifican de manera general dos elementos

principales: mecánicas y las dinámicas. Los primeros hacen referencia a la incorporación de historias, personajes, insignias, puntos, misiones, entre otras a los juegos para atraer a los usuarios y mejorar su motivación; mientras que las dinámicas incentivan las actitudes de autonomía, retroalimentación, progreso, recompensas de los usuario.

Durante los últimos años el concepto de gamificación ha tomado fuerza, ya que gracias a los múltiples beneficios que las actividades ofrecen, los docentes de los diversos niveles educativos son atraídos a incluirlas en el aula. Santamaría y Alcalde (2020) en su investigación "Una experiencia universitaria de gamificación en línea o en el aula presencial: ¿es este recurso de aprendizaje posible en ambos entornos?", mencionan los diversos provechos que las actividades gamificadas pueden traer consigo al ser implementadas en el salón, entre los cuales se encuentran: mejora de la participación, creatividad y cooperación de los estudiantes, pero sobre todo tiene un efecto muy positivo en el proceso de aprendizaje y motivación, ya que estas permiten retroalimentar a los alumnos y de esta manera ellos se sienten incentivados al superar pruebas, por lo que el interés aumenta considerablemente. Estas acciones generalmente son autónomas, es decir, el alumno puede realizar tareas por sí sólo con una buena guía por parte de los docentes.

Algunas plataformas virtuales han sido diseñadas para la implementación del aprendizaje gamificado en las aulas, como Moodle, la cual es una de las más utilizadas dentro de la educación. Esto se debe a las diversas características y funcionalidades que permiten implementar de manera fácil y efectiva actividades y mecánicas de juego que implican como son: la obtención de puntos, tableros, barras de progreso, insignias, entre otros (Beltrán et al.,2020). Igualmente, pueden ser utilizadas para diversas asignaturas, incluyendo el área de programación, debido a que permiten a los alumnos com-

pletar tareas y obtener retroalimentación correctiva que les permita mejorar sus habilidades en esta disciplina, escribir un código más limpio, además de motivarlos con una experiencia de juego y diversión (Kasahara et al., 2019)(Beltrán et al.,2020).

## Materiales y Métodos

Estudio realizado mediante una metodología descriptiva y exploratoria, siguiendo el proceso mostrado en la figura 2 y aplicando las etapas que a continuación se detallan: Propuesta, Búsqueda, Filtrado y Documentación.



Figura 2. Etapas de la metodología implementada en la revisión del estado del arte de gamificación en Educación superior. Fuente: Elaboración propia.

Primeramente, al iniciar el proceso se hacen las propuestas de tema principal, preguntas, palabras clave, definición de criterios de inclusión y exclusión para posteriormente pasar a la búsqueda en bases de datos aplicando los criterios definidos. Se decidió profundizar en el contexto de Educación Superior y en el área de programación, ya que nos compete directamente detectándose también que no se ha estudiado mucho acerca de ello.

### Propuesta

Este trabajo pretende desarrollar una revisión del estado del arte y tendencias de la gamificación en investigacio-

nes empíricas publicadas en Scielo, Science Direct, Dialnet, Redalyc y Google Académico durante el período 2019-2021. Además, de manera más concreta se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Describir la producción publicada sobre el tema en el período indicado del 2019-2021.
2. Sintetizar las evidencias científicas encontradas acerca de la literatura de objeto de estudio.

## Búsqueda y filtrado

Para el presente trabajo se seleccionaron los motores de búsqueda Scielo, Science Direct, Dialnet, Redalyc y Google Académico. En la indagación de documentos se utilizaron las siguientes palabras clave: Gamificación, Educación Superior, Programación y los operadores booleanos AND y OR, tanto en inglés como en español.

No obstante, con la intención de acotar la cantidad de publicaciones se limitó a condiciones de inclusión y de exclusión que a continuación se detallan.

Tabla 1. Criterios de inclusión aplicados.

Criterios de exclusión
Estudios descriptivos acerca de gamificación en otros niveles educativos diferentes a Educación Superior
Publicaciones duplicadas

Fuente: Elaboración propia.

## Documentación

Para el proceso de documentación, se utilizaron fichas donde se recabó información relevante sobre los hallazgos importantes de los artículos encontrados.

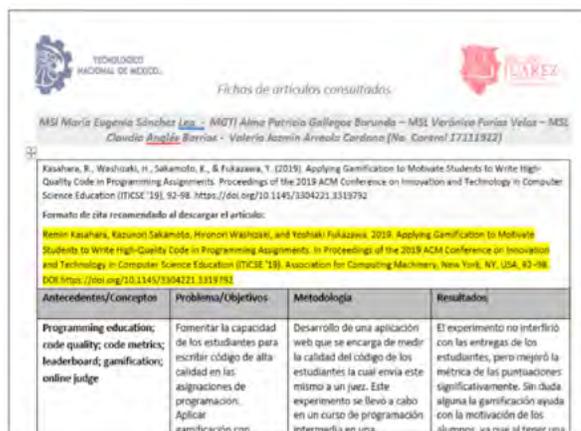


Figura 3. Ficha de llenado de artículos seleccionados

Fuente: Elaboración propia.

Los avances y evolución de las publicaciones científicas en el tema se reflejan más en el año 2020 como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Artículos analizados y evaluados.

ID	Nombre del Artículo	Autores	Año de publicación
1	Aprendizaje divertido de programación con gamificación	Beltrán-Morales, J., Sánchez, H., & Rico, M.	2021
2	Influencia de procesos de ludificación en entornos de aprendizaje STEM para alumnos de Educación Superior	Calvo, L. F., Herrero Martínez, R., & Paniagua Bermejo, S.	2020
3	Una experiencia universitaria de gamificación en línea o en el aula presencial: ¿es este recurso de aprendizaje posible en ambos entornos?	Santamaría, A., & Alcalde, E.	2020
4	Análisis descriptivo de experiencias gamificadas para enseñanza y aprendizaje en educación superior en ingeniería	Lobo-Rueda, M. A., Paba-Medina, M. C., & Torres-Barreto, M. L.	2020
5	Use of Augmented Reality, Gamification and M-learning.	Claros-Perdomo, D. C., Millán-Rojas, E. E., & Gallego-Torres, A. P.	2020
6	Percepción del alumnado sobre la gamificación en la educación superior	Cuevas Monzonís, N., Cívico Ariza, A., Gabarda Méndez, V., & Colomo Magaña, E.	2020
7	The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits	Smiderle, R., Rigo, S. J., Marques, L. B., Peçanha de Miranda Coelho, J. A., & Jaques, P. A.	2020

8	AN EMPIRICAL STUDY ON GAMIFICATION FOR LEARNING PROGRAMMING LANGUAGE WEBSITE	Layth Khaleel, F., Sahari Ashaari, N., & Tengku Wook, T. S. M.	2019
9	Applying Gamification to Motivate Students to Write High-Quality Code in Programming Assignments	Kasahara, R., Washizaki, H., Sakamoto, K., & Fukazawa, Y.	2019

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se expone en las Tablas 4-a y 4-b, los estudios provienen de diferentes fuentes evidenciando la importancia y relevancia del tema a nivel global. Todos incluyen como palabra clave "Gamificación", y también términos como son: "motivación", "juegos", "enseñanza y aprendizaje", "innovación educativa" y "aprendizaje colaborativo".

Tabla 4a. Artículos sintetizados 2021 a 2020.

ID	Objetivo	Metodología	Resultados
1	Aplicar e implementar estrategias gamificadas a una plataforma de aprendizaje virtual como apoyo en las clases presenciales	Aplicación de una nueva propuesta educativa que incrementa la motivación y compromiso en la realización de actividades, haciendo divertido el aprendizaje a través de estrategias de gamificación en una plataforma digital.	Los alumnos pudieron aprender a programar mientras se divertían, esto gracias a la implementación de la gamificación en una plataforma virtual de aprendizaje, permitiendo mejorar el rendimiento académico de los alumnos.
2	Analizar y conocer los efectos positivos que tiene la ludificación en las calificaciones académicas de los alumnos de ingeniería de Educación Superior.	Diseño de un juego de mesa con actividades lúdicas para generar un entorno de aprendizaje ludificado en enfoque a la educación STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics).	Los resultados mostraron que los juegos lúdicos permiten adquirir nuevos conocimientos, además de integrarse a los conocimientos de las asignaturas que se encuentran directamente relacionadas al entorno STEAM.
3	Demostrar las diferencias observadas al llevar a cabo dos asignaturas con los mismos contenidos impartidas de manera virtual y presencial.	Realización de actividades de breakout como actividad gamificada para la impartición de la asignatura en modalidad virtual.	El 100% de los estudiantes afirmaron que las actividades de breakout fueron de mucha utilidad para la revisión de nuevos conceptos y el repaso de los contenidos aprendidos en clase.
4	Profundizar en la medición del impacto de estrategias gamificadas en las ingenierías dentro de la educación superior.	Evaluación de los usuarios a la experiencia obtenida durante los ejercicios lúdicos realizados. La evaluación de dichas actividades se realizó con ayuda de una encuesta, la cual permite evaluar las actividades lúdicas	Durante el estudio se obtuvo la participación de 379 estudiantes. Los resultados de las encuestas evidencian que las actividades gamificadas contribuyen positivamente al desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje.
5	Desarrollar una revisión literaria del uso de la gamificación, m-learning y la realidad aumentada en la enseñanza. Está revisión se realizará empleando artículos de revisión bibliográfica, artículos científicos, estudios de caso, entre otros.	Estudio analítico desarrollado bajo una metodología descriptiva de corte interpretativo y exploratoria sobre las categorías de gamificación, m-learning y realidad aumentada, a partir de una caracterización en las bases de datos.	Durante los últimos años el uso de tecnologías como m-learning, la realidad aumentada y la gamificación ha ido en aumento en la enseñanza básica, media y superior, sin embargo, existe poca inversión y falta de recursos necesarios para la implementación correcta de estas mismas.

6	Conocer la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de la gamificación como estrategia y recurso para la enseñanza y el aprendizaje, tras una experiencia de aprendizaje gamificado.	Realización de un estudio de carácter descriptivo y correlacional, partiendo de un diseño no experimental y evitando cualquier manipulación sobre las variables de estudio.	Se percibió a la gamificación como relevante para el desarrollo de la expresión escrita, el aprendizaje significativo, el fomento del trabajo en equipo, la retroalimentación y la presentación de contenidos complejos.
7	Medir la efectividad y el nivel de motivación del uso de un sitio web de Gamificación para el aprendizaje de lenguajes de programación para estudiantes de primer año.	Creación y utilización de un prototipo de gamificación fue desarrollado para ser utilizado por estudiantes en la asignatura de lenguaje de programación como aprendiz. Se utilizó un enfoque de investigación cuantitativa.	Como resultado se obtuvo que este sitio web de gamificación llevó a un aumento de la eficacia y la motivación de los estudiantes mientras aprenden un lenguaje de programación, sin embargo, los resultados se pueden ver afectados por la personalidad o nacionalidad de los estudiantes.

Tabla 4b. Artículos sintetizados 2019.

ID	Objetivo	Metodología	Resultados
8	Medir la efectividad y el nivel de motivación del uso de un sitio web de Gamificación para el aprendizaje de lenguajes de programación para estudiantes de primer año.	Creación y utilización de un prototipo de gamificación fue desarrollado para ser utilizado por estudiantes en la asignatura de lenguaje de programación como aprendiz. Se utilizó un enfoque de investigación cuantitativa. La eficacia del sitio web de gamificación se probó mediante un Quasi-experimento.	Se obtuvo un estudio empírico completo el cual incluye el análisis descriptivo que se utilizó para evaluar la relación entre la motivación de los estudiantes y los logros obtenidos durante el desarrollo de la investigación. Como resultado se recabo que este sitio web de gamificación llevó a un aumento de la eficacia y la motivación de los estudiantes mientras aprenden un lenguaje de programación.
9	Fomentar la capacidad de los estudiantes para escribir código de alta calidad en las asignaciones de programación. Aplicar gamificación con métricas de código para medir la calidad del código en las asignaciones de programación.	Desarrollo de una aplicación web que se encarga de medir la calidad del código de los estudiantes la cual envía este mismo a un juez. Este experimento se llevó a cabo en un curso de programación intermedia en una universidad.	El experimento no interfirió con las entregas de los estudiantes, pero mejoró la métrica de las puntuaciones significativamente. Sin duda alguna la gamificación ayuda con la motivación de los alumnos, ya que al tener una tabla de clasificación puede proporcionar un incentivo a realizar códigos de alta calidad. Por ello, la actividad de gamificación utilizada durante el experimento puede involucrar a los estudiantes a escribir código de alta calidad

## Conclusiones

La información arrojada mediante el estudio realizado muestra en los resultados la generación de beneficios en los estudiantes al implementar la Gamificación como estrategia en la educación. La inclusión de gamificación en Educación Superior específicamente en el área de programación se concluye es favorable debido a que se obtienen grandes cambios en la motivación, el compromiso y la socialización del estudiante mediante tecnologías interactivas; así como también los elementos que se involucran para hacer que las actividades educativas sean motivantes y altamente formativas para los estudiantes.

Respecto a la relación del concepto de gamificación y el área de ingeniería, especialmente en programación, cabe destacar que son múltiples las herramientas de gamificación interactivas existentes que se utilizan y las que se pueden desarrollar como futuros proyectos. De esta forma se aprovecha el potencial de los estudiantes del área de desarrollo de software, lo cual justifica fomentar el uso de herramientas como nearpod, genially, kahoot, wordwall, educaplay, etc. por parte de los profesores como recursos didácticos gamificados en las aulas de educación superior. Finalmente, la vinculación de la gamificación con el área de programación se puede justificar por el alto grado de creatividad requerido para este tipo de carreras, siendo de gran utilidad esta metodología en el proceso de la enseñanza.

## Referencias

- Beltrán-Morales, J., Sánchez, H. y Rico, M. (2021). Aprendizaje divertido de programación con Gamificación. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, 41(3),17-33, DOI: 10.17013/risti.41.17-33
- Calvo, L. F., Herrero-Martínez, R y Paniagua-Bermejo, S (2020). Influencia de procesos de ludificación en entornos de aprendizaje STEM para alumnos de Educación Superior. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 12(22), 35-55, ISSN 2145-7778
- Cuevas, N., Cívico, A., Gabarda, V. y Colomo, E. (2021). Percepción del alumnado sobre la gamificación en la educación superior. *REIDOCREA*, 10(16), 1-12, ISSN 2254-5883
- Kasahara, R., Sakamoto, K., Washizaki H. y Fukazawa Y. (2019) Applying gamification to motivate students to write high-quality code in programming assignments. *Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE '19)*, 92-98, ISBN 978-1-4503-6301-3/19/07.
- Layth, F., Shari, N. y Tengku, T. S. M. (2019). An empirical study on gamification for learning programming language website. *Jurnal Teknologi*, 81(2), 151-162, ISSN 2180-3722
- Lobo-Rueda, M.A, Paba-Medina, M. C. y Torres-Barreto, M.L. (2020). Análisis descriptivo de experiencias gamificadas para enseñanza y aprendizaje en educación superior en ingeniería. *Revista Espacios*, 41(16-9), 21-37, ISSN 0798-1015
- Santamaria, A. y Alcalde, E.(2020). Una experiencia universitaria de gamificación en línea o en el aula presencial: ¿es este recurso de aprendizaje posible en ambos entornos? *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, 20(4),761-786, <https://doi.org/10.1590/1984-6398202016390>
- Smiderle, R., Rigo, S. J., B. Marques, L. y Peçanha de Miranda Coelho, J. A. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior bases on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(3), <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x>
- Torres-Barreto, M. L., Acosta-Medina, J. K. y Álvarez-Melgajero, M. (2020). DIDACTIC - Aplicación de la Gamificación y la Inteligencia Artificial en la Educación Virtual. *Revista Innovación Digital y Desarrollo Sostenible*, 1, 105-112. ISSN 2711-3760
- Lozada-Avila, C., y Betancur-Gómez, S. (2016). La Gamificación en la Educación Superior: una revisión sistemática. *Ingenierías Universidad de Medellín*, vol.16, num. 31.
- Werbach, K., y Hunter, D. (2012). *For the Win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press



# Diagnóstico para implementar los eSports en el Centro de Convenciones de la zona hotelera en Cancún, Quintana Roo

Edwin Uriel Zavala Velasco<sup>1</sup>, José Manuel Jiménez García<sup>2</sup> y Deheny Isabel Torrealba Tinoco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Quintana Roo, Av. Chetumal SM 260 Mz. Y 16 Lt.  
1-01, Fraccionamiento Prado Norte Chetumal, Quintana Roo,  
C.P. 77519.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Quintana Roo. Av. Arco  
Bicentenario, Mza. 11, Lote 1119-33 Sm 255, Cancún, Quintana  
Roo, C.P. 77500

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Cancún, Carretera Cancún-  
Aeropuerto, Km 11.5 SM. 299, Mz 5, Lt1 Cancún, Quintana Roo,  
C.P. 77565.



**Correo correspondiente**

1721335@uqroo.mx

jose.jimenez@upqroo.edu.mx

dtorrealba@utcancun.edu.mx

## Resumen

En un mundo tecnológico, en donde las cosas cambian a cada minuto y las actividades se van adaptando a la tecnología, no es de extrañarse que surgieran las competiciones deportivas, conocidas como eSports, estos concursos, si bien no son nuevos, en los últimos años se han ido popularizando entre las diferentes generaciones, debido a la fama que tienen algunos videojuegos, generando torneos, ligas, eliminatorias, etc. Los eSports son actividades deportivas que se realizan con el uso de la tecnología de forma virtual y/o presencial que permiten el desarrollo de habilidades físicas o mentales, los encuentros entre equipos son de manera sencilla, un grupo se enfrenta a otro en un evento que patrocinan las empresas interesadas, cada competencia se celebra

en diferentes lugares con la ayuda de inversionistas y la promoción que se le da a cada encuentro. En este artículo se presentan los resultados de un diagnóstico llevado a cabo con el objetivo de evaluar la implementación de los eSports en el Centro de Convenciones de Cancún y así aprovechar el potencial de este recinto. Desde un enfoque cualitativo con un alcance exploratorio se realizó una investigación con un diseño de estudio de caso, la validación de expertos fue fundamental para la aplicación del instrumento. Con la información proporcionada por los expertos en organización de eventos (muestreo por conveniencia) y la revisión documental realizada se concluyó que los eSports representan un negocio altamente rentable y en el caso del Centro de Convenciones de Cancún al contar con lo necesario para el desarrollo de este tipo de competencias, representa un oportunidad para la diversificación de actividades y atractivos turísticos en Cancún.

## **Abstract**

In a technological world, where things change every minute and activities are adapted to technology, it is not surprising that sports competitions, known as eSports, emerged, these competitions, although they are not new, in recent years have become popular among different generations, due to the fame that some video games have, generating tournaments, leagues, playoffs, etc. The eSports are sports activities that are performed with the use of technology virtually and / or face to face that allow the development of physical or mental skills, the meetings between teams are simple, a group faces another in an event sponsored by interested companies, each competition is held in different places with the help of investors and the promotion that is given to each meeting. This article presents the results of a diagnosis carried out with the objective of evaluating the implementation of eSports in the Cancun Convention Center and thus take advantage of the potential of this venue. From a qualitative approach with an exploratory scope, research was conducted with a case study design, the validation of experts was fundamental for the application of the instrument. With the information provided by the experts in event organization (convenience sampling) and the documentary review, it was concluded that eSports represent a highly profitable business and in the case of the Cancun Convention Center, since it has the necessary facilities for the development of this type of competitions, it represents an opportunity for the diversification of activities and tourist attractions in Cancun.

***Palabras clave:*** eSports, gamers, torneos online, pro-gamer, e-gaming

***Keywords:*** eSports, gamers, online tournaments, pro-gamer, e-gaming

## Introducción

Los eSports son reconocidos con un nivel de popularidad ascendente desde la época de los 70's y 80's hasta la actualidad. Los eSports según Wagner (2006, p. 441) "son un área de las actividades deportivas donde quien la practica desarrolla y entrena habilidades físicas o mentales" y Taylor (2012) menciona que "aunque los eSports tengan unas raíces basadas en el consumo tecnológico, su traslado virtual a lo físico se produce con mayor frecuencia a través de la celebración de eventos competitivos cada vez más multitudinarios y con mayor repercusión internacional". De acuerdo con estos autores, los eSports son actividades deportivas que se realizan con el uso de la tecnología y de manera virtual y/o presencial que permiten el crecimiento de habilidades físicas o mentales.

En este artículo se presenta el diagnóstico sobre la viabilidad de los eventos eSports en el Centro de Convenciones Cancún ICC, los resultados se muestran a partir de la realización de investigación documental y de campo que permitió identificar las características de las competencias virtuales deportivas, analizar el lugar y conocer la opinión de organizadores de eventos.

El contenido de este artículo está estructurado de la siguiente manera: en un primer apartado se expone el marco teórico donde se da a conocer información y antecedentes de los eSports después se presenta la importancia este tipo de competencias en el ámbito económico y turístico, posterior se identifican los requisitos para su organización, en un siguiente apartado se describe el protocolo metodológico utilizado en la investigación; finalmente se muestran los resultados y las conclusiones generadas a partir del diagnóstico.

## Marco teórico

### Surgimiento y evolución de los eSports

Los eSports inician con la creación de los videojuegos. Spacewar fue una de las primeras competiciones, se realizó en la Universidad de Stanford el 19 de octubre de 1972, el videojuego fue desarrollado 10 años antes en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, y era jugado por dos participantes, cada uno manipulaba una nave espacial, tratando de destruir la nave rival, era un juego estratégico y táctico que requería de práctica. La contienda fue organizada por estudiantes llamándose "Las Olimpiadas Intergalácticas de Spacewar", el ganador recibió una suscripción a la revista Rolling Stone por un año. Bruce Baumgart, estudiante de biología, fue el primer ganador de este torneo. Después en los años 80's, con la realización de Atari's Space Invaders Championship, se logra la participación de 10,000 competidores en un torneo. (Hope, 2015).

En los 90's, los eSports no se popularizaron, debido a que en esos años la tecnología no era tan accesible como hoy en día, sin embargo, en 1999 se realiza el Dreamhack 1999, evento donde se disputa la final de Quake Championship logrando reunir a 3000 participantes.

A partir del año 2000 se efectuaron una serie de encuentros a gran escala, dedicados exclusivamente a agrupar torneos de diversos videojuegos en un mismo sitio (Taylor, 2012).

Algunas de las competencias más conocidas fueron el Intel Extreme Masters, Cyber World Games y Major League Gaming; todos ellos siguen realizándose en la actualidad. Conforme iban transcurriendo los años, la tecnología avanzó y se hizo accesible, con ello los torneos y las competencias fueron cada vez más populares.

En el 2007, surgen plataformas de transmisión específicas, las cuales se difundieron a través de un sitio web llamado Justin.tv, el que es conocido como Twitch.tv (Hope, 2015) lo que permitió la accesibilidad y popularización de las competencias. Hoy en día existen otras aplicaciones que pueden hacer transmisiones, por ejemplo, Facebook, YouTube, Twitter; pero sin duda Twitch fue una de las pioneras en este ámbito. En la actualidad según Muñoz y Pedrero (2019) las retransmisiones en streaming de los eSports igualan a la audiencia que tendría algún otro deporte, por ejemplo, el fútbol, el beisbol o el futbol americano.

### Contexto actual de los eSports

Según Osorio (2016) en un estudio realizado por Newzoo, se proyectó que la industria mundial de los videojuegos crecería en un 6,6% entre 2015 y 2019 para alcanzar los 118,600 millones de dólares; según datos actuales de la misma plataforma, el pronóstico fue acertado porque estas cifras se superaron alcanzando un 9,6% en 2019 con una facturación total de 152,100 millones de dólares. Así mismo se afirmaba que el uso de los teléfonos inteligentes potenciaría la realización y la participación en estos eventos, ya sea como competidor, aficionado o espectador, en el estudio se resaltó que Asia y el Pacífico se posicionan en primer lugar de audiencia y participación.

En el mismo estudio se establece que en Europa, la realización de los eSports en Alemania y Reino Unido generaría ingresos que superarían los 3.500 millones de dólares, seguidos de Francia con 2.460 millones de dólares y España con 1.560 millones de dólares. Estas cifras fueron superadas, como se muestra en la Figura 1: Informe de Mercados Globales NewZoo 2019.

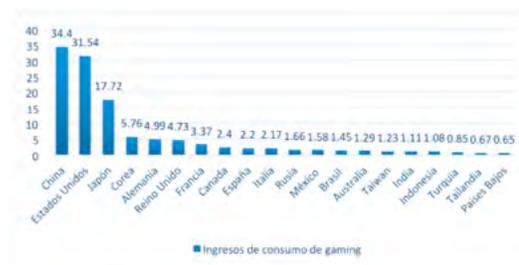
En la organización de estas competencias participan jugadores, equipos, empresas de videojuegos, organizaciones de ligas (profesionales y amateurs), organizadores de even-

tos, prestadores de servicios turísticos y demás personas que colaboran en lo que se ha denominado la cadena de valor de la organización de los eSports. Todo esto ha generado un importante negocio en torno a la organización, publicidad, venta y patrocinio de estos encuentros y con un público creciente.

En la Figura 1 se muestran algunos datos que hacen referencia al consumo de gaming a nivel mundial, identificando que China ocupa el primer lugar con un consumo de 34.4 billones de dólares, le sigue muy de cerca Estados Unidos con 31.54 billones de dólares y, en tercer lugar, está Japón con el casi 50% del consumo de China, ya que refleja un 17.72 de consumo. Los países que les siguen no alcanzan más de dos cifras. Corea con 5.76 y Alemania con el 4.99 de consumo en billones de dólares. (ver Figura 1).

Newzoo es la fuente de información y análisis del mercado de juegos más confiable y cotizada del mundo. Ayudan a algunas de las compañías de entretenimiento, tecnología y medios más grandes del mundo a dirigirse a su audiencia, rastrear a los competidores, detectar oportunidades y tomar decisiones estratégicas y financieras.

Figura 1. NewZoo Global Markets Report 2019.

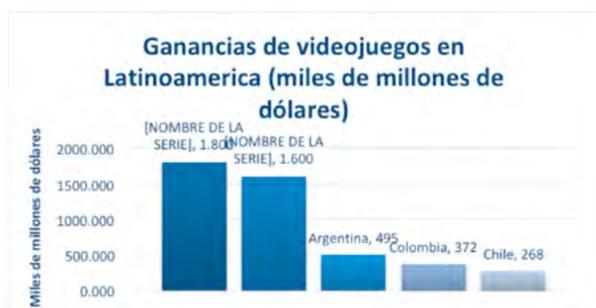


Fuente: Elaboración propia basado en datos de Statista 2019.

Como se observó en la Figura 1, China lideró el mercado en 2019, México ocupa el doceavo lugar con 1.58 billones de ingresos de consumo en gaming, sin embargo, otra encuesta de la consultoría Global Markets Report coloca en Latinoa-

mérica a nuestro país como el primer lugar en ganancias de videojuegos con 1.800 millones de dólares, superando así a otros mercados latinos como el de Brasil con 1.600 millones de dólares y Argentina con 495 millones de dólares, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Ganancias de videojuegos en Latinoamérica (millones de pesos).



Fuente: Elaboración propia basado en datos de NewZoo Global Markets Report 2019.

## El turismo y los eSports

### Según Datatur (2019)

El turismo es el conjunto de actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, y otros motivos no relacionados con el ejercicio de una actividad remunerada en el lugar visitado.

Las personas aficionadas a los eSports se desplazan de un lugar a otro saliendo de su entorno habitual para asistir a una competencia, al ser una alternativa a los deportes tradicionales los jugadores y admiradores se trasladan siguiendo a los competidores que son de su agrado.

Taylor (2012) menciona que, aunque los eSports tengan sus raíces basadas en el consumo digital, su traslación del espacio virtual al espacio físico se produce con mayor frecuencia a través de la celebración de eventos competitivos cada vez más multitudinarios y con mayor repercusión internacional, además de plantear que también existen ferias y congresos que organizan las marcas de los videojuegos, eventos que generan desplazamiento de personas, provocando múltiples actividades turísticas en diferentes ciudades y países cada año.

De acuerdo con Panosso (2012) hay elementos necesarios para conformar un producto turístico que son indispensables para la actividad turística, en el caso de los eSports, como una propuesta para realizarse en el Centro de Convenciones de Cancún, se presentan a continuación los requerimientos identificados para su realización. (ver Tabla 1).

Tabla 1. Requerimientos para la realización de los eSports.

Infraestructura	Es indispensable que el recinto cuente con rutas de acceso y vías de comunicación amplias y variadas que favorezcan la accesibilidad al lugar como carreteras y avenidas, además de servicios públicos de calidad como drenaje, energía eléctrica, etc.
Estructura	El recinto debe tener los medios de transporte públicos y privados como son el aéreo, terrestre o marítimo que favorezca el acceso a la zona de interés y además de contar con facilidades de alojamiento, servicios, alimentos y bebidas.
Superestructura	Es importante que exista el marco legal, económico y de seguridad que permita a las instituciones contar con un plan para desarrollar los eSports en la zona.
Demanda	Deberá de existir el interés de asistir a estas competencias como espectadores, competidores u organizaciones para que se realicen eventos de este tipo con mayor frecuencia.

Fuente: Elaboración propia basado en Panosso, 2012.

Para organizar competencias de eSports se requiere un lugar apropiado para su desarrollo. En algunos países existen estadios exclusivos para su ejecución, sin embargo, hay ciudades en las cuales, aunque no se contaba con lo necesario para realizar un evento de este tipo existían áreas que se adaptaron.

Los servicios de juego online se apoyan en redes de centros de datos repartidas por todo el mundo, estas redes proporcionan los soportes necesarios para que sus usuarios puedan disfrutar del juego con fluidez, sin interrupciones y con la mejor calidad de imagen, sin embargo cuando se celebra un torneo presencial se concentran alrededor de 20,000 personas aproximadamente en un solo lugar, lo que requiere que los recursos tecnológicos del recinto sean capaces de gestionar los datos, la ejecución de los juegos y la conectividad de red de todos los jugadores (IT Digital Media Group, 2019).

Para que la industria de los eSports pueda continuar dando el mejor servicio a los jugadores, tanto a través de internet como en torneos presenciales, es preciso que se apoye en centros de datos modernos y capaces de trabajar con estas aplicaciones tan exigentes, pero además requiere la menor latencia en las comunicaciones, ya que los datos que se envían contienen audio, vídeo de alta calidad e información de juego, y todo ello se debe entregar con la rapidez más cercana posible al tiempo real (IT Digital Media Group, 2019).

La realización de los encuentros de eSports suponen cierto ordenamiento en el espacio físico: los jugadores son ubicados en el centro del escenario, en frente de sus computadoras de escritorio, y todas las acciones que realizan se transmiten a los espectadores a través de pantallas gigantes. Al igual que en otros escenarios deportivos, la interacción

del público con los jugadores puede sentirse durante el desarrollo de las partidas: se escuchan gritos de aliento, saltos y festejos (Burk, 2013).

Dependiendo del tipo, tamaño y ubicación del evento, se requiere del personal necesario para organizar eventos, similar a los eventos deportivos tradicionales, ambos necesitan acomodadores, personal de boletería, seguridad, limpieza, abastecimiento y logística, entre otros. (Becka, 2019).

Hay que mencionar, que los recintos que quieran ejecutar un espectáculo de eSports deben de contar con un centro de datos para brindar una mejor experiencia a los asistentes, si un lugar no lo tiene, es necesario que lo instale. Además, se debe considerar el equipamiento básico como mesas, sillas, extensiones, iluminación, sonido, escenarios o tarimas, micrófonos y catenarias.

## Centro de Convenciones Cancún ICC

Cancún está en una zona metropolitana de más de 911 mil 503 habitantes (INEGI, 2020) y se ubica en el Estado de Quintana Roo, es el destino más solicitado principalmente de México, es una de las ciudades más modernas e importantes de América Latina, además de ser el destino turístico mexicano de mayor reconocimiento a escala mundial (FONATUR 2020).

El lugar objetivo de estudio para la realización de los eventos de eSports es el Centro de Convenciones de Cancún (ICC). Las características del Centro de Convenciones son:

- Dos niveles con 7500 m<sup>2</sup> de áreas para exhibición.
- Amplios vestíbulos en los niveles de los salones.
- Sala de prensa.
- Sala de consejo.
- Área de registro.

- Facilidad para personas con discapacidad.
- Aire acondicionado en todas las instalaciones.
- Sistema de audio integrado.
- Cabinas de traducción simultánea.
- Sistema contra incendios.
- Sistema de iluminación regulable.
- Líneas digitales conmutadas.
- Líneas analógicas directas.
- Líneas T1 para transmisión de voz y datos.
- Conexiones para antenas.
- Sistema de registro de red.

El recinto cuenta con lo esencial para la realización de eventos, sin embargo, la organización de los eSports requeriría garantizar una conexión a internet que asegure la transmisión y conectividad de los asistentes y participantes.

## Metodología

### Enfoque

Este trabajo de investigación tuvo un enfoque cualitativo, tal y como menciona Hernández et al. (2014, p.7) "Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.". Basado en esto, las investigaciones cualitativas se apoyan en una investigación lógica, de explorar el fenómeno para así tener una respuesta razonable.

### Alcance

En esta investigación, el alcance es exploratorio que según Hernández et al. (2014, p. 91) "se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso", por lo tanto, la investigación exploró el fenómeno y de manera puntual se conoció cuáles son las condiciones en las que se podría desarrollar los eSports en el Centro de

Convenciones de Cancún. Teniendo en cuenta la definición y conforme se desarrolló la investigación, se tuvo esto presente en la realización de la metodología.

### Diseño

Para el diseño de la investigación, se eligió el estudio de caso que según Niño (2011) se trata de "investigaciones centradas en el examen de sucesos, acontecimientos o incidentes de una persona o personas". Este tipo de diseño es aplicable en investigaciones cualitativas, lo que nos ayudará a saber cómo se comportará el fenómeno en una situación en específico.

### Muestra o muestreo

En este trabajo de investigación se realizó un muestreo por conveniencia, que según Battaglia citado en Hernández et al, 2014, p. 390, estas muestras están formadas por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso; además se complementó con el muestreo de experiencia o juicio de expertos que Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008, p. 29) definen como "una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, que son reconocidas por otros como expertos cualificados en éste, y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones". En este caso, las personas que accedieron a responder nuestro instrumento fueron informantes que tienen experiencia y han trabajado en la organización de eventos en Cancún. La validación del instrumento fue realizada por profesores investigadores y expertos en organización de eventos.

## Resultados

Después de haberse aplicado el instrumento titulado "Encuesta para realizar un Diagnóstico para implementar los eSports en el Centro de Convenciones de la zona hotelera en Cancún, Quintana Roo", con la obtención de información

de 23 participantes que respondieron el instrumento en el mes de abril del 2020 se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación.

El instrumento fue respondido por expertos que han organizado eventos para empresas y corporativos, eventos deportivos, sociales y filantrópicos en la ciudad de Cancún y la Riviera Maya, los participantes tenían una edad entre 30 y 50 años y han realizado eventos con una afluencia de entre 500 y 2000 asistentes.

Los organizadores que realizaron eventos en el Centro de Convenciones señalan que el internet en sus eventos fue regular (57,1 %) y el resto (42,9 %) afirman que su conexión fue buena, esto nos indica que, si las competiciones de eSports se quieren realizar en este recinto, se tendría que mejorar el aspecto de la conexión, pues como se mencionó, se requerirá de la instalación de un centro de datos para contar con una buena conexión a la red que garantice que cada participante, asistente y jugadores cuenten con una conexión a un servidor de calidad que no se vea interrumpida.

Se preguntó a los expertos (organizadores de eventos), "Basado en su experiencia, ¿Piensa que el Centro de Convenciones es una buena opción para realizar eventos de cualquier tipo?" el 85,7 % menciona que, si es una buena opción destacando que el lugar lo han elegido por tener una gran capacidad de aforo, por tener salas amplias, porque los escenarios son movibles y por ser un espacio céntrico, derivado de la información que proporcionan se identifica que el 14,3 % de los entrevistados afirma que este lugar no es una buena opción para organizar eventos porque el tránsito es lento lo que afecta la logística de proveedores al estar ubicado en la avenida principal de la zona hotelera (ver Figura 3).

Pregunta 9. Basado en su experiencia, ¿Piensa que el Cancún ICC es una buena opción para realizar eventos de cualquier tipo?  
7 respuestas

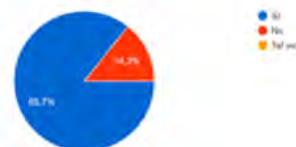


Figura 3. Basado en su experiencia, ¿Piensa que el Cancún ICC es una buena opción para realizar eventos de cualquier tipo?. Fuente: Elaboración propia.

Se les preguntó a los entrevistados: "¿Usted considera que en Cancún pudieran organizarse eventos de tipo eSports? El 69,6 % de los organizadores de eventos entrevistados afirman que en Cancún se pudieran organizar los eSports, mientras que el 4,0 % menciona que no se pudieran realizar (ver Figura 4). Por lo tanto, con base en el conocimiento de los organizadores de eventos, la realización de las competiciones de eSports podría tener lugar en Cancún, y el Centro de Convenciones en una opción para la futura realización de estas contiendas.

Pregunta 2. ¿Usted considera que en Cancún pudieran organizarse eventos de tipo eSports?  
23 respuestas

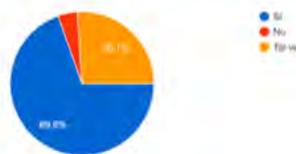


Figura 4. ¿Usted considera que en Cancún pudieran organizarse eventos de tipo eSports?. Fuente: Elaboración propia.

Por último, dentro del instrumento se explica qué son los eSports y se mencionan algunas características de este tipo de eventos, después de proporcionar esta información se les preguntó a todos los participantes si consideran que el Centro de Convenciones cuenta con todo lo necesario para su realización, el 82,6 % de los organizadores de eventos

encuestados indica que sí se pudieran realizar los eSports; mientras que el 8,7 % afirma que no se podrían organizar estos eventos.

## Discusión

El enfoque de este estudio versa sobre la viabilidad de que el Centro de Convenciones de Cancún pudiera ser el espacio idóneo para el desarrollo de las competiciones de eSports, lo cual se ha confirmado en los resultados de la investigación y en las conclusiones. Por otra parte, a partir de la revisión de estudios previos, se amplía la visión y se reconoce el potencial que estos eventos deportivos digitales, considerados como un deporte competitivo y profesional (Becka, 2019), pueden ser, no solo un producto turístico más, sino que los eSports, pudieran suponerse como una herramienta de marketing turístico para el destino, y más importante aún, considerarlos una nueva tendencia turística denominada Turismo de eSports como señala Antón (2018) en el Congreso Virtual Internacional Turismo y Desarrollo para la Universidad Complutense de Madrid, quien determina a los deportes electrónicos como medios de promoción del turismo electrónico, ya que, tanto en el espacio virtual como en el espacio físico, la participación de espectadores y fanáticos crece de manera exponencial, además de los actores involucrados en su ejecución, siendo entonces una tendencia con altas posibilidades de crecimiento y permanencia que amplía la cartera de oferta y promoción para un destino, en este caso Cancún.

El enfoque de una nueva tendencia turística tiene mayor relevancia, si se toma en cuenta que además los eSports serán deporte oficial con medallas en los Juegos Asiáticos 2022, y están siendo valoradas cinco categorías de eSports por el Comité Olímpico para ser incluidas en las próximas emisiones de los Juegos Olímpicos (BI España, 2021): béisbol,

ciclismo, deportes de motor, remo, vela, existiendo el interés también en fútbol, baloncesto y tenis.

Los eSports, como nueva tendencia turística y ser reconocidos como deporte oficial de las olimpiadas, son aspectos dignos de ser considerados para investigaciones posteriores en el ámbito turístico, económico, tecnológico, deportivo y social.

## Conclusiones

Derivado del análisis de los resultados y la revisión bibliográfica se presentan las siguientes conclusiones.

Los eSports son eventos que crecen exponencialmente en términos de número de participantes, seguidores, empresarios, patrocinadores y organizadores, por consiguiente, en el plano económico, representan un negocio altamente rentable.

A partir del diagnóstico, se concluye que el Centro de Convenciones Cancún ICC cuenta con lo necesario para el desarrollo de este tipo de competiciones, ya que es un área que cubre la capacidad de aforo, los espacios, equipamiento e instalaciones que cumplen con todos los requerimientos. Además, tiene la flexibilidad de adaptación para las adecuaciones tecnológicas que el soporte técnico y digital de los eSports exigen. Así mismo, la ubicación de este recinto permite la movilidad adecuada de proveedores, expositores y patrocinadores.

El Centro de Convenciones Cancún ICC, al estar situado en el corazón de la zona hotelera, favorece su atracción entre los asistentes de los eSports por la cercanía a los mejores hoteles, restaurantes y establecimientos turísticos de este destino turístico.

Finalmente, se destaca que los eSports, pueden convertirse en un nuevo producto turístico, interesante, atractivo y actual que repunte la oferta de Cancún, ya que este destino, tradicional de sol y playa, cuenta con todas las facilidades de desarrollo al poseer la planta turística ad-hoc para recibir a todos los interesados.

## Referencias

- Antón, M. (2018) Los eventos de deportes electrónicos (eSports) como herramienta de promoción turística. In Actas XII Congreso Virtual Internacional sobre Turismo y Desarrollo (pp. 77-89).
- BI España (2021) Por primera vez en la historia, existirán unos juegos olímpicos de eSports organizados por el COI. Recuperado en <https://www.businessinsider.es/comite-olimpico-internacional-anuncia-olimpiadas-esports-855823>
- Becka, L. (2019). Eventos de deportes electrónicos (TFG) (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/74158>
- Burk, D. (2013). Owing E-Sports: Proprietary Rights in Professional Computer Gaming. *University of Pennsylvania Law Review*, 1535-1578.
- Datatur. (2019). Glosario. Recuperado de [https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/Glosario.aspx#Glosario\\_T](https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/Glosario.aspx#Glosario_T)
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.
- FONATUR. (2020), Cancún, el destino turístico mexicano más reconocido a nivel mundial. Recuperado de <https://www.gob.mx/fonatur/acciones-y-programas/cancun-84239>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). McGraw-Hill Education.
- Hope, A. (2015). The evolution of the Electronic Sports Entertainment Industry and its popularity. En J. & Sharp, Computers for Everyone (págs. 87-89). Recuperado de <http://computing.derby.ac.uk/ojs/index.php/c4e/article/download/90/67>
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda, recuperado de <https://cancun.gob.mx/benito-juarez-aporto-liderazgo-en-censo-de-poblacion-y-vivienda-2020/>
- IT Digital Media Group. (2019). Las competiciones eSports fomentan la construcción de centros de datos. *Noticias y Actualidad | Almacenamiento IT*. 70. Recuperado de <https://almacenamientoit.ituser.es/noticias-y-actualidad/2019/01/las-competiciones-esports-fomentan-la-construccion-de-centros-de-datos>
- Muñoz, M. D., y Pedrero, L. M. (2019). Los eSports: origen, evolución y tendencias. *Vista*, (4), 75-92. Recuperado de <https://doi.org/10.21814/vista.3016>
- Newzoo. (2020). About Newzoo. Recuperado de <https://newzoo.com/about/>
- Niño, V. (2011) *Metodología de la investigación*, Bogotá: Ediciones de la U.
- Osorio, V. M. (2016). ¿Cuál es la realidad de los eSports en el mundo y en España? *Expansión*. <https://www.expansion.com/directivos/deporte-negocio/2016/11/12/58260c40e2704e49648b4593.html>
- Panosso, A., Lohman, G. (2012). *Epistemología del turismo. Teoría del Turismo: Conceptos, modelos y sistemas* (pp. 27-28). México: Trillas.
- Taylor, T. (2012). *Raising the Stakes: E-Sports and the Professionalization of Computer Gaming*. The MIT Press: Cambridge, Massachusetts.
- Wagner, M. (2006). "On the Scientific Relevance of eSports". *Proceedings of the 2006 International Conference on Internet Computing & Conference on Computer Games Development (ICOMP)*. Nevada, 2006, pp. 437-442. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/220968200\\_On\\_the\\_Scientific\\_Relevance\\_of\\_eSport](https://www.researchgate.net/publication/220968200_On_the_Scientific_Relevance_of_eSport)



# Desarrollo de formulaciones de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando aguamiel y alcoholes polihídricos como edulcorantes

Celerino Arroyo Cruz<sup>1</sup>, Carlos Abraham Reynoso Ocampo<sup>2</sup>, Luis Salazar Cervantes<sup>3</sup>, Salvador Valle Angeles<sup>4</sup> y Sergio Reyes Zúñiga<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Carretera Ixmiquilpan-Capula, Col.El Nith,

Ixmiquilpan, Hgo.

C.P. 42300



**Correo correspondal**

carroyo@utvm.edu.mx

## Resumen

La confitería elaborada con edulcorantes no calóricos representa una buena alternativa para sustituir los sabores dulces sin la respuesta fisiológica que genera el consumo de azúcares. La utilidad de estos edulcorantes radica en proporcionar el agradable sabor dulce sin el correspondiente aporte energético. Debido a la gran diversidad de edulcorantes, se han desarrollado productos cada vez más agradables para el consumidor; además de agregar nuevos sabores la tecnología alimentaria incorpora elementos valiosos como el aguamiel el cual debido a sus propiedades nutrimentales y fisicoquímicas se le han atribuido efectos positivos como alimento funcional, cobrando gran importancia por su biodisponibilidad de minerales, por optimizar el metabolismo de lípidos e de hidratos de carbono y por presentar propiedades prebióticas, antitumorales y antimicrobianas.

Los carbohidratos de bajo aporte calórico y el aguamiel han podido conjuntarse en la elaboración de una gomita tradicional y un caramelo macizo, que a partir de sus respectivas formulaciones originales y con un alto contenido de azúcar, se desarrollaran distintas formulaciones para la disminución del contenido energético; a partir de un diseño estadístico factorial, con el cual se

podieran obtener las proporciones adecuadas para conservar el sabor agradable y dulce, pero con un valor agregado y múltiples beneficios indirectos para la salud del consumidor.

## Abstract

Confectionery made with non-caloric sweeteners represents a good alternative to replace sweet flavors without the physiological response generated by the consumption of sugars. The usefulness of these sweeteners lies in providing the pleasant sweet taste without the corresponding energy intake. Due to the great diversity of sweeteners, more and more consumer-friendly products have been developed; in addition to adding new flavors, food technology incorporates valuable elements such as mead, which due to its nutritional and physicochemical properties have been attributed positive effects as a functional food, gaining great importance for its bioavailability of minerals, for optimizing the metabolism of lipids and of carbohydrates and for presenting prebiotic, antitumor and antimicrobial properties.

Low-calorie carbohydrates and mead have been able to come together in the elaboration of a traditional gummy and a solid caramel, which from their respective original formulations and with a high sugar content, different formulations were developed to reduce the energy content; from a statistical factorial design, with which the appropriate proportions could be obtained to preserve the pleasant and sweet taste, but with added value and multiple indirect benefits for the consumer's health.

**Palabras clave:** Aguamiel, edulcorantes, polioles, sorbitol, dulces.

**Keywords:** Mead, sweeteners, polyols, sorbitol, candy.

---

## Introducción

LEGISCOMEX (2009), reporta un alto consumo en productos de confitería a nivel nacional, catalogando como consumidor principal a la población menor de 20 años. De acuerdo con otros datos recientes, en la actualidad esta población ha mostrado un incremento en sobrepeso, así como el desarrollo de otras enfermedades secundarias como la

caries, hiperlipidemias, y cardiovasculares. Es por eso, que en la actualidad surge la necesidad de combatir y así mismo disminuir esta problemática, generada por el alto consumo de productos con elevado aporte calórico.

Los polioles son hidratos de carbono, pero no son azúcares. Un poliol es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado. Son edulcoran-

tes con bajo contenido energético (debido a su absorción parcial en el intestino) que, en muchos casos, se prefieren antes que a los azúcares naturales debido a que no afectan los niveles de azúcar en la sangre y no provoca la aparición de caries dentales.

Actualmente son utilizados en la industria alimentaria proporcionando, por ejemplo, dulzura a galletas sin azúcar, bizcochos, goma de mascar, productos horneados, helados, pasta de dientes, enjuagues bucales, mentas y otros productos farmacéuticos (Pérez, 2014).

En la actualidad la innovación en la industria alimentaria, se centra principalmente en el desarrollo de nuevos productos, generalmente bajos en calorías y al mismo tiempo se incorporan nuevos ingredientes obtenidos de las distintas regiones de México.

El aguamiel o jugo de agave es un líquido acuoso y tiene un sabor dulce con aroma ligeramente herbáceo. Es rico en hidratos de carbono fructanos (inulina, Fructooligosacáridos) fibras, potasio, magnesio, calcio, hierro, zinc, vitamina C.

Se obtiene al hacer la capazón del maguey maduro, es decir, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo central, posteriormente se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20-30 cm de profundidad la cual servirá para el almacenamiento de aproximadamente 1,500 litros de aguamiel durante un período de 3-6 meses que son exudados del tejido del tallo del maguey (Muñiz, Rodríguez, Rodríguez, & C., 2013).

En México existen diferentes especies de magueyes (Agaves) que se usan para la obtención del aguamiel. El maguey pulquero es una de las especies botánicas mejor conocidas y empleadas en diferentes estados de la República

Mexicana, entre ellos el estado de Hidalgo, que se destaca por su gran producción de aguamiel. A este maguey se le denomina científicamente como *Agave Salmiana*, perteneciente al grupo *Salmianae* dividido en cuatro variedades (maguey penca larga, manso, chalqueno y xamini).

El objetivo del presente trabajo fue el desarrollo de nuevas formulaciones para la elaboración de productos de confitería como un caramelo y una gomita de bajo aporte calórico así mismo dar un valor agregado al aguamiel, incorporándolo a una nueva formulación y así aprovechar los beneficios que aporta al consumidor, elaborando productos que cumplan con los requerimientos que el mercado demanda actualmente.

## Materiales y métodos

Se desarrollaron formulaciones con nuevos ingredientes tomando como referencia la formulación base de cada uno de los productos y se realizó la sustitución de azúcares por ingredientes de bajo aporte calórico, así mismo se incorporó el concentrado de aguamiel para dar un valor agregado al producto.

Tabla 1. Formulación base de la gomita.

Ingrediente	Porcentaje (%)	Peso (g)
Acido cítrico	0,6	6
Agua	23	230
Agua para grenetina	9	90
Azúcar	42	420
Glucosa	18	180
Grenetina	7.4	74
Total	100	1000 g

Tabla 2. Formulación base del caramelo macizo.

Ingrediente	Porcentaje (%)	Peso (g)
Ácido cítrico	0,3	3
Agua	16,6	166
Crémor tártaro	0,3	3
Jarabe de maíz	33,3	333
Saborizante y colorante	0,5	5
Sacarosa	49	490
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>1000 g</b>

Los productos se elaboraron en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, México. El Alcohol polihídrico (Sorbitol) utilizado para la sustitución del azúcar y glucosa se obtuvo de "El molino de la Cruz" en el estado de Querétaro.

El concentrado de aguamiel es del Agave salmiana Xamini que se obtuvo en la localidad de Durango Daboxtha, municipio de Cardonal en el estado de Hidalgo, México. Dicho sitio se ubica en la zona centro de la entidad en la llamada zona otomí entre los 20°37' latitud norte y los 99° 07' longitud oeste y a una altitud de 2048 m.s.n.m.

### Elaboración de gomitas

Se manejaron cuatro formulaciones A, B, C y D con diferentes porcentajes de grenetina y se determinó la firmeza de la gomita los cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Formulaciones de gomitas.

Formulación	% de grenetina	Firmeza (HUMBOLDT)
A	12%	209
B	13%	146
C	14%	99
D	15%	58

En base a la formulación principal A, se realizó un análisis químico proximal y se determinó que contenía un alto aporte calórico por lo cual se procedió a cambiar la formulación hasta obtener la formulación D.

### Pruebas de aceptación

Se realizó una evaluación sensorial de aceptación, con 50 jueces no entrenados de los municipios de Actopan, Progreso y Tetepango Hidalgo. Considerando cuatro aspectos del producto como lo son color, sabor, textura y olor.

### Comparación con diferentes marcas

Se realizó una comparación con diferentes marcas comerciales de gomitas debido a la amplia variedad de estos productos en el mercado, los cuales cumplen con sus propios estándares de calidad. Es por ello que se realizó un estudio de los parámetros de dureza que manejan estas marcas, y de esta manera tener puntos de referencia para verificar si los valores de dureza obtenidos en nuestro producto se apegaban a los valores de las marcas comerciales.

Tabla 4. Nivel de firmeza en diferentes marcas.

Marca de gomitas	Firmeza (HUMBOLDT)
Gomas granel	92.3
Gomitas gumies	58.3
Panditas (Ricolino)	44

Cabe mencionar que la determinación de firmeza se llevó a cabo con el instrumento "Penetrómetro universal" H-1240, en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital.

### Diseño experimental

Las diferentes marcas de gomitas fueron sometidas a un diseño estadístico factorial, considerando la variable textura como parámetro de medición de la dureza de los alimentos. Parámetro cuyas unidades de medida fueron las unidades Humboldt.

Para evaluar si existía diferencia significativa entre las diferentes marcas y el producto elaborado. Planteando las siguientes hipótesis:

$H_0$ : No existe diferencia significativa en la dureza de las diferentes marcas de las gomitas con el producto elaborado.

$H_1$ : Existen diferencia significativa en la dureza de las diferentes marcas de gomitas con el producto elaborado.

### Elaboración de caramelos macizos

Además de la elaboración de gomitas, bajas en calorías y con sabor característico de aguamiel se desarrolló un caramelo que al igual que las gomitas se le dio un valor agregado aprovechando los nutrientes del aguamiel.

De igual manera se realizó un análisis sensorial para determinar el nivel de aceptación del producto ante el consumidor.

## Resultados y discusión

### Resultados de las gomitas

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de las evaluaciones sensoriales de la formulación C el nivel de aceptación por el consumidor oscila entre el 89 y 90%, se desarrolló una cuarta formulación donde la aceptación por los evaluadores fue adecuada.

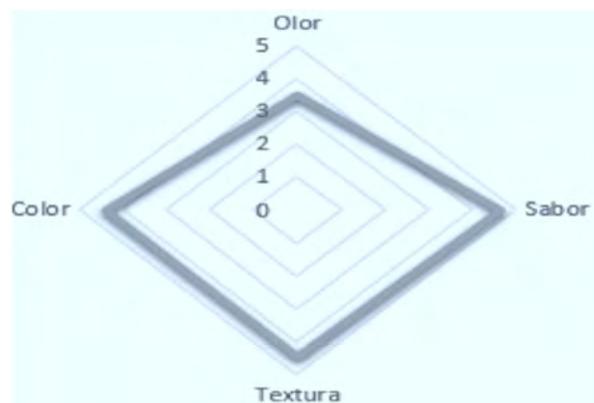


Figura 1. Grado de aceptación para la formulación de gomitas.

Tabla 5. Formulación final para la elaboración de gomitas.

Ingrediente	Porcentaje (%)	Peso (g)
Ácido cítrico	0,6	6
Aguamiel concentrado	25	250
Grenetina	15	150
Sorbitol	39,4	394
Agua	20	200
Total	100	1000

Obteniendo la formulación final se realizó una corrida en el programa de Excel "Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo", para verificar si existía diferencia significativa.

Tabla 6. Análisis de varianza con nuevo tratamiento.

Origen de las variables	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Filas	21.16666	2	10.58333	0.251153	0.785690	5.1432
Columnas	37505.66	3	12501.88	296.6829	6.5511E-07	4.7570
Error	252.8333	6	42.13888			
Total	37779.66	11				

Mediante la aplicación de este diseño experimental se tuvo como finalidad de comprobar si existía una diferencia significativa en cuanto a las diferentes marcas de las gomitas con el producto elaborado.

En la tabla 6, se muestra el análisis de varianza observando que los datos indican una diferencia significativa en cada tratamiento al modificar el porcentaje de gnetina, pero también se identificó que al utilizar el 15 % de gnetina, la gomita comienza a ser más estable y la varianza entre las mediciones de dureza es menor, por lo que la estructura es aceptable con esta nueva formulación con la cual se lograron obtener las características más parecidas a la de las gomitas comerciales.

## Resultados del caramelo macizo

Tabla 7. Formulación para la elaboración de caramelos.

Ingrediente	Porcentaje (%)	Peso (g)
Ácido cítrico	0,3	3
Aguamiel	17.1	171
Crémor tártaro	0,3	3
Jarabe de sorbitol	30.3	303
Stevia	52	520
Total	100	1000

En la formulación original los porcentajes de ácido cítrico, aguamiel y crémor tártaro se mantuvieron igual a la formulación 1, ya que al aumentar o disminuir alguno de ellos, se pudo ver reflejado en las características de textura del caramelo.

De acuerdo con la investigación realizada se sabe que existen jarabes bajos en calorías, entre ellos se encuentra el sorbitol. Es por ello que el jarabe de maíz en esta formulación se sustituyó completamente por el sorbitol. Además, de que en la formulación 1, un porcentaje era sacarosa y un 52% por ciento Stevia. Para esta formulación se descartó completamente la sacarosa utilizando absolutamente Stevia. En base a esta formulación se elaboró una cantidad de producto y se desarrolló una nueva evaluación sensorial, obteniendo los siguientes resultados.

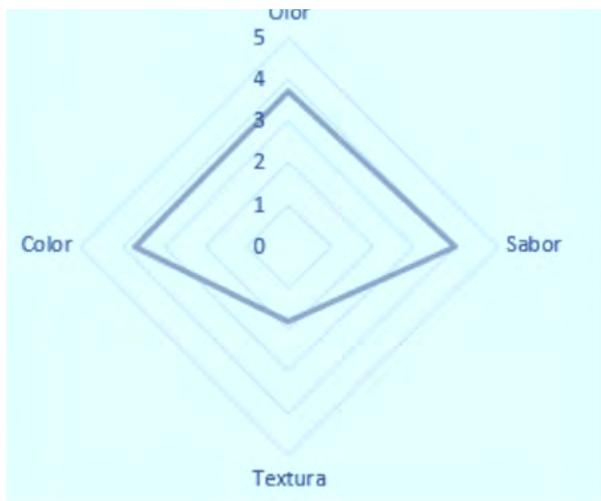


Figura 2. Nivel de aceptación de la formulación para los caramelos.

Los resultados obtenidos no fueron los esperados ya que las evaluaciones arrojaron números negativos. Como se puede ver en la figura 2, la textura del caramelo es indeseable para la denominación del producto. Este problema se puede observar que se debía a los siguientes factores:

El porcentaje de agua presente en el caramelo aún se encuentra elevado. González (2015), indica que el caramelo en el que se usa sorbitol, el porcentaje de agua debe ser como máximo 1%; además de la adición del sorbitol a una temperatura máxima de 70 °C.

También una de las observaciones de esta formulación es el tiempo de evaporación, esto debió haber sido mayor y con una fuente de calor adecuada, a fin de que se llevará a cabo la evaporación de manera más lenta y de esta manera evitar las reacciones de Maillard, y no detener la evaporación de forma temprana, sino hasta disminuir el contenido de agua y así lograr la formación del caramelo duro.

## Conclusiones

Se desarrolló una golosina tipo "gomita" reducida en calorías con un porcentaje de sustitución de azúcar de 100%, por el sorbitol y aguamiel; ambos en un 50%, respectivamente, con una elasticidad y resistencia aceptable y cuyo nivel de agrado en un jurado regional no entrenado, no fue significativamente diferente de la gomita comercial elaborada con los ingredientes comunes.

Los caramelos duros sin azúcar han tenido un éxito relativo. Aunque muchos polioles formarán el cristal, la sustancia que más éxito ha tenido es el isomaltol y alrededor de un 50% de los caramelos duros sin azúcar que hay en el mercado tienen una base de isomaltol. Tienen la ventaja de que son muy estables, no solo comparándolos con otros caramelos duros sin azúcar sino también con los productos estándar de glucosa y sacarosa (Edwards, 2002).

Es recomendable someter al aguamiel puro a un proceso de concentración de esencia o jarabe por medio de un sistema de baja presión con el fin de bajar el punto de ebullición del aguamiel, para lograr un concentrado lo más cristalino posible, repetir el proceso y formulación, del cual se logró la firmeza del caramelo y partir de ello la mejora y elaboración de dicha golosina utilizando otro poliol diferente al que ha tenido gran aceptación y éxito como el isomaltol.

## Referencias

- Edwards, W. (2002). La ciencia de las golosinas. Zaragoza España: Acribia, S.A. de C.V. ISBN 9788420009643.
- Fennema, Owen R. (1993). Química de los Alimentos. México: ACRIBIA. ISBN 9788420011424.

González, I. A. (2015). Desarrollo de una golosina tipo "gomita" reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia rebaudiana B. *Nutrición Hospitalaria*. 31(1).334-340. ISSN 0212-1611.

LEGISCOMEX. (2009). *Confitería en México*. Enero 20, 2020, de LEGISCOMEX Sitio web: <http://www.legiscomex.com>.

Muñiz, Rodríguez, Rodríguez, y C. (2013). Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*. 5 (10), 12-19. ISSN# 2683-1848.

Pérez, M. R. (2014). Efecto de los polioles en la nutrición y sus aplicaciones en la industria alimentaria. Enero 20, 2021, de Universidad de Valladolid. Sitio web: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/7179/TFG-M-N154.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ramírez-Cuellar, L. I. (2018). Capacidad antioxidante, fenoles totales y análisis microbiológico del Aguamiel. Zacatecas, México: *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, ISSN 495-500.



# Determinación del contenido de compuestos antioxidantes en frutos de nanche (*Byrsonima crassifolia*)

María Karla Flores López<sup>1</sup>, Rosa Cristina Ávila Peña<sup>2</sup>, Sandra Díaz Montes<sup>3</sup>, Katia Nayely Ramos Santoyo<sup>4</sup> y Cheyenne Vallejo Torres<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Tecnológica de Nayarit.

Carretera Federal 200 KM 9.

Xalisco, Nayarit. México.

C.P. 63780



**Correo correspondal**

maria.flores@utnay.edu.mx

## Resumen

En Nayarit, en el año 2019 se obtuvo una producción de 716.68 toneladas de nanche (*Byrsonima crassifolia*). Los análisis de sus propiedades muestran que posee 369 mg/100 g de vitamina C. En vitamina A, 650 mg/100 g superando al mango (Medina, Ortíz, Valdivia, 2012). El fruto actualmente está limitado a la recolección y venta local por temporada, por ello la necesidad de buscar alternativas para su comercialización. En el presente trabajo se realizaron pruebas para analizar el contenido de antioxidantes en nanche por medio de técnicas espectrofotométricas de fenoles totales y actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Se encontró que la variedad dulce presentó valores superiores de fenoles totales, teniendo un mayor índice de madurez con respecto a la variedad ácida. En la prueba DPPH no se encontró diferencia significativa entre los valores de ambas variedades, indicando que las características fisicoquímicas de madurez no la afectaron.

## Abstract

In Nayarit, in 2019 a production of 716.68 tons of nanche (*Byrsonima crassifolia*) was obtained. The analyzes of its properties show that it has 369 mg/100 g of vitamin C. In vitamin A, 650 mg/100 g, surpassing the mango (Medina, Ortíz, Valdivia, 2012). The fruit is currently limited to local harvesting and sale per season, hence the need to look for alternatives for its commercialization. In the present work, tests were carried out to analyze the content of antioxidants in nanche by means of spectrophotometric techniques of total phenols and inhibitory activity of the free radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). It was found that the sweet variety presented higher values of total phenols, having a higher maturity index with respect to the acid variety. In the DPPH test, no significant difference was found between the values of both varieties, indicating that the maturity physicochemical characteristics did not affect it.

**Palabras clave:** *Byrsonima crassifolia*, nanche, antioxidantes, fenoles totales, DPPH.

**Keywords:** *Byrsonima crassifolia*, nanche, antioxidants, total phenols, DPPH.

---

## Introducción

El nanche no solo es importante por la calidad de frutos que presenta, con antioxidantes (Silva et al., 2007; Rufino et al., 2010) y propiedades nutraceuticas (Bicas et al., 2011), sino porque toda la planta es medicinal (Maldini et al., 2011), rica en ácidos galacturónicos, flavonoides, ésteres aromáticos, entre otros (Sannomiya et al., 2007), previene el desarrollo de enfermedades (Pawlowska et al., 2006).

El nanche nayarita representó una derrama económica de \$5'159,380.00 en el año 2019 con una producción de 716.68 toneladas; sin embargo se carece de una estructura adecuada para su distribución y comercialización debido a que presentan una vida de anaquel corta (Duarte, 2011).

Para lograr condiciones adecuadas en la comercialización del nanche o sus productos es necesario encontrar la presentación y el acondicionamiento que lo vuelvan atractivo en el mercado; apoyarse en una red apropiada de distribución y generar las condiciones de venta para dinamizar a los distribuidores sobre cada canal.

Es necesario buscar las estrategias que permitan identificar oportunidades potenciales, ingresar y competir en los mercados, al tiempo que se desarrollen productos para cumplir con estándares de calidad que cumplan con las demandas de los consumidores en su elección de alimentos funcionales, seguros e inocuos.

Los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos, generalmente compuestos fenólicos, tienen efectos directos favorables a la salud por su mecanismo básico de neutralización de radicales libres. Estos compuestos se encuentran principalmente en frutas y hortalizas, por lo tanto, una ingesta diaria de estos puede ayudar en la obtención de los antioxidantes que se requieren para el buen funcionamiento del cuerpo y para la prevención de enfermedades como el cáncer. La tendencia actual en el mercado y la industria de alimentos es la búsqueda de alimentos nutraceuticos o funcionales, que proporcionen beneficios nutricionales de manera natural al cuerpo. En el estado de Nayarit se produjo una cantidad importante de nanche (*Byrsonima crassifolia*) de variedades sin clasificación de acuerdo al SIAP, 2019, que es consumido localmente en fresco o en productos como licor. Este fruto ha sido señalado como posible fuente de antioxidantes, sin embargo, poco se ha estudiado acerca del tema.

En la presente investigación se llevó a cabo la determinación de fenoles totales y de actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) por espectrofotometría en dos variedades de nanche: dulce y ácido, producidas en el estado de Nayarit. Esto con la finalidad de conocer la capacidad antioxidante de la pulpa del fruto y los compuestos que brindan esta cualidad. Se llevaron a cabo ensayos sobre tiempos de extracción y se estableció una caracterización del estado de madurez del fruto para obtener así la relación que existe entre este y la capacidad antioxidante. Se encontró que cuando hay mayor presencia de sólidos solubles totales, existe una mayor concentración de antioxidantes. Así como que la variedad dulce presenta valores superiores de fenoles totales y ambas variedades presentan concentraciones similares en cuanto a la actividad inhibidora del DPPH.

## Materiales y métodos

### Obtención de materia prima

Se empleó materia prima procedente de la localidad de San Lorenzo, municipio de Ruiz, Nayarit. Se trabajaron dos variedades de nanche: dulce y ácido en estado de madurez de consumo, presentando un color amarillo uniforme y un sabor dulce o ácido, con un resabio ligeramente amargo. Se tomaron 10 frutos con una altura promedio de 1.48 cm y 1.73 cm de ancho con tres repeticiones. Los frutos se almacenaron a una temperatura de 4°C. En la figura 1 se ilustran las tallas del nanche dulce utilizado en la investigación.



Figura 1. Talla del nanche dulce.

De igual manera para el nanche ácido se tomaron 10 frutos con una altura promedio de 1.15 cm y 1.29 cm de ancho. La figura 2 muestra la talla del nanche ácido.



Figura 2. Tallas de nanche ácido.

### Obtención del extracto de nanche

Los frutos fueron cortados de forma manual con ayuda de un cuchillo para extraer la semilla y desecharla, se utilizó únicamente pulpa y cáscara. Posteriormente se trituró en mortero. Se tomaron 5 g de muestra triturada en un vaso de precipitado y se añadieron 30 ml de etanol al 50%. Se realizó la extracción con agitador magnético a temperatura ambiente por treinta minutos. Al finalizar la extracción se

centrifugó la muestra durante diez minutos a 3000 rpm en una centrífuga de la marca HERMLE modelo Z323. Se tomó el sobrenadante y se almacenó a 4°C resguardándolo de la luz. El residuo se sometió a una segunda extracción con acetona al 70% con agitador magnético por treinta minutos. Nuevamente se centrifugó la muestra y se incorporaron los sobrenadantes de ambas extracciones, se agitaron por cinco minutos y se transfirió el sobrenadante a viales eppendorf. El método está basado en la metodología propuesta por Espinoza et al., 2014.

## Caracterización del estado de madurez del fruto

Se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos con el objetivo de caracterizar el estado de madurez del fruto. Se determinaron grados Brix por medio del uso del refractómetro digital marca Hanna Instruments modelo HI 96801 que emplea las mediciones del índice de refracción para desplegar el contenido de sólidos en una muestra (NMX-F-436-SC-FI-2011). Se realizó el análisis de pH por medio de un potenciómetro marca Thermo Scientific modelo Orion Star A211, el método se fundamenta en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra de producto mediante el aparato medidor de pH siguiendo la metodología de la NMX-F-317-S-1978. De igual manera se determinó el % de acidez titulable por titulación, este método se basa en la neutralización de los iones H<sup>+</sup> con solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH), en presencia de una sustancia indicadora para lo cual se utilizó fenolftaleína (NMX-FF-011-1982).

## Determinación de contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu método de Stintzing et al (2005). El contenido de polifenoles se expresó como equivalentes de ácido gálico. Por lo tanto, se elaboró una curva de calibración a partir de una solución madre de 40 mg en 100 ml de agua destilada de este ácido. Se realizaron seis diluciones en un rango de 0-40 mg. Las concentraciones fueron de 0, 5, 10, 20, 30 y 40 mg.

Se colocaron 100 µL de muestra en viales de eppendorf. Se le agregaron 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 400 µL de carbonato de sodio al 7.5 %. Se agitaron los viales en un vórtex durante 1 minuto y se incubaron a temperatura ambiente por 30 minutos. Después de la incubación, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro de la marca Thermo Scientific modelo Genesys 10S UV-VIS a 765 nm.

La concentración de fenoles totales presentes en la muestra se determinó mediante la ecuación de la recta obtenida a partir de la curva de calibración.

## Determinación de la actividad inhibidora del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

Se basa en la estabilidad del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) la cual se atribuye a la deslocalización del electrón desapareado, esta deslocalización también le otorga una coloración violeta caracterizada por una banda de absorción, en solución etanólica, centrada alrededor de 520 nm. Cuando una disolución de DPPH entra en contacto con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno

o con otra especie radical (R) se produce la forma reducida DPPH-H o DPPH-R con la consecuente pérdida del color y por lo tanto la pérdida de la absorbancia (Muñoz y Gutiérrez, 2010). La actividad antirradical con base en el DPPH se evaluó de acuerdo al procedimiento reportado por Morales y Jiménez-Pérez (2001). Esta se expresó en  $\mu\text{mol}$  equivalente de Trolox/L. El Trolox es una molécula con una fuerte actividad antirradical.

La curva de calibración se elaboró con una solución madre de reactivo Trolox solubilizado en etanol a una concentración de 400  $\mu\text{mol}$ . Se hicieron diluciones en un rango de 0-40  $\mu\text{mol}$  Trolox/L. Las concentraciones fueron 0, 5, 10, 20, 30 y 40  $\mu\text{mol}$ .

Se preparó una solución de DPPH a una concentración de 7.4 mg/100 ml en etanol, agitándose por 10 minutos. Se colocaron en viales de eppendorf 100  $\mu\text{L}$  de la muestra, se añadieron 500  $\mu\text{L}$  de solución DPPH y se agitaron en vortex por 1 minuto. Se reposó a temperatura ambiente durante una hora. Se determinó la absorbancia a 520 nm de longitud de onda.

La concentración de radical libre DPPH se calculó con la ecuación de la recta obtenida de la curva de calibración con Trolox.

## Análisis estadísticos

Los resultados fueron procesados por un Análisis de Variancia (ANOVA), para comparar las medias de los tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey. Las diferencias en  $p < 0.05$  fueron consideradas significativas. El programa empleado fue STATGRAPHICS Plus 5.

## Resultados y discusión

### Caracterización del estado de madurez del fruto

El pH de la pulpa del nanche ácido analizado varió entre 3.05 y 3.62 mientras que la pulpa del nanche dulce presentó un pH entre 3.57 y 4.17. Los valores obtenidos en el nanche dulce son similares a los reportados por Torres et al. (2015), de 6.5 a 4.5, mientras que los valores del nanche ácido en algunas de las muestras se encuentran por abajo del rango reportado.

En cuanto a grados Brix, el mismo autor señala que los valores se encuentran entre 5.6 y 8.8. Todas las muestras de nanche analizadas, salvo una de nanche ácido, son más altas que esos valores. Sin embargo, se encuentran dentro de los límites marcados por las empresas procesadoras, que van de 10° a 13° Brix según el manual de procesamiento de frutas tropicales en El Salvador (Chacon, 2016).

La acidez reportada por Torres et al. (2015) para nanche es mayor en porcentaje que los valores aquí reportados, siendo similares a los mostrados por este autor para nanche liofilizado. La variedad ácida contiene mayor porcentaje de ácido (expresado como ácido cítrico) que la dulce, siendo la muestra de nanche ácido 3 la que presentó el valor más alto.

En la tabla 1 se presentan los valores de pH, grados Brix y % acidez en las muestras de fruto fresco utilizadas para la determinación de fenoles totales y DPPH.

Tabla 1. Resultados de análisis fisicoquímicos en frutos de nanche.

Muestra	pH	° Brix	% Acidez*	Índice de madurez Bx/% Acidez titulable
Nanche ácido	3.40±0.01**	8.9±0.1* *	1.0439±0.01**	8.84
Nanche dulce	3.78±0.02**	11.36±0.1**	0.3683±0.01**	30.96

\*Expresada en % de ácido cítrico.

\*\*Desviación estándar de las determinaciones por triplicado, la NMX-F-317-S-1978 menciona que la diferencia máxima permisible en el resultado no debe ser mayor a 0.1 unidades de pH.

## Contenido de fenoles totales

**Fenoles totales en nanche dulce y ácido.** En la tabla 2 se muestran los resultados de fenoles totales obtenidos en las muestras de nanche dulce y nanche ácido.

Tabla 2. Promedio de resultados de fenoles totales.

		Concentración (mg AG/100 gr de fruta)	Promedio de la concentración (mg AG/100 gr de fruta)
Nanche dulce 1	M11	62.55	64.11 <sup>a</sup>
	M12	66.72	
	M13	63.05	
Nanche dulce 2	M21	80.89	80.59 <sup>b</sup>
	M22	81.72	
	M33	79.14	
Nanche ácido 1	M31	60.33	61.04 <sup>ac</sup>
	M32	63.81	
	M33	58.99	
Nanche ácido 2	M41	74.43	76.16 <sup>ad</sup>
	M42	77.7	
	M43	76.35	

Letras iguales dentro de una columna indican que no hay diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Se observa que los valores de fenoles en muestras de nanche variaron desde 61.04 EAGmg/100g en nanche ácido hasta el valor más alto con un promedio de 80.59 EAGmg/100g en nanche dulce 2. Los valores obtenidos en estas pruebas son menores a los reportados por López et al (2014) con una cuantificación de 291 EAGmg/100 g, un valor que resulta superior.

Así mismo, comparando los valores con los reportados para nanche en Brasil por Silva et al. (2007) de 8 mgAGE/100g se aprecia que el contenido cuantificado en este análisis es inferior al aquí reportado, pudiendo esto deberse a la técnica utilizada o a la variedad de materia prima.

Al hacer una comparación con otros frutos, por ejemplo, en aceite de oliva, encontramos que la capacidad antioxidante de este producto es de 13.36 EAGmg/100g, un valor inferior al obtenido en pulpa de nanche, según lo reportado por González (2010).

Se puede apreciar que los valores de fenoles totales de la variedad de nanche dulce 1 no presentan diferencia significativa con los valores de nanche ácido con un nivel de confianza del 95 %, encontrándose las muestras de nanche dulce en un índice de madurez diferente a las de nanche ácido. Es notable destacar que haciendo un comparativo, las muestras de nanche dulce 2 contienen un valor mayor a los valores de nanche dulce 1 y nanche ácido 1 y 2 respectivamente.

## Contenido del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

**Actividad inhibidora del radical libre DPPH en nanche dulce y ácido.** En la tabla 3 se presentan los valores obtenidos en los análisis de actividad inhibidora del radical libre DPPH a muestras de nanche dulce y ácido.

Tabla 3. Promedio de concentraciones de DPPH.

		Concentración ( $\mu\text{molTrolox/g}$ )	Promedio de la concentración ( $\mu\text{molTrolox/g}$ )
Nanche ácido	M1	52.685	50.932 <sup>a</sup>
	M2	50.603	
	M3	49.509	
Nanche dulce	M1	48.204	49.215 <sup>a</sup>
	M2	50.921	
	M3	48.521	

Letras iguales dentro de una columna indican que no hay diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

El valor promedio para la muestra de nanche ácido es de  $50.932 \mu\text{molTrolox/g}$  mientras que para nanche dulce el valor es de  $49.215 \mu\text{molTrolox/g}$ , no presentando diferencia significativa con un nivel de confianza de 95 %.

Comparando los resultados de este trabajo con Silva et al (2007), son menores a los aquí reportados. En su trabajo, reporta  $4.1 \mu\text{molTrolox/g}$ , cercano a una décima parte de lo obtenido en este ensayo. Al compararlos con otros frutos, se observa que el nanche posee un valor inferior a la frambuesa, que presenta una concentración de ( $84 \mu\text{mol Trolox/g}$ ) pero mayores a los presentados en la manzana roja ( $40 \mu\text{mol Trolox/g}$  muestra), según lo establecido por González (2010). Así mismo presenta un valor superior al de la pera, que tiene una concentración de  $25.7 \mu\text{mol Trolox/g}$ , según lo reportado por Rojas et al (2009).

Los resultados de la prueba de ANOVA para la muestra de nanche ácido al nivel de significancia de 0.05 indicaron que existe diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones evaluadas, la prueba de Tukey mostró que existe diferencia entre las muestras M51 y M52 y entre las muestras M51 y M53, quedando así demostrado que el grupo M51 presenta diferencia estadística en el promedio de concentraciones. Debido a que es una misma muestra a la cual

se le realizaron tres ensayos diferentes, la variación en este caso puede deberse a un error en el tiempo de extracción de la muestra M51 o inclusive una incorrecta reacción con el reactivo DPPH que haya derivado en estas variaciones.

De acuerdo al ANOVA los resultados de nanche dulce demostraron que una de las muestras presenta una diferencia de promedios. La prueba de Tukey indicó que existe diferencia significativa entre las concentraciones de M61 y M62, obteniendo que la muestra M62 es la que tiene un valor diferente estadísticamente significativo. De igual manera que en la muestra de nanche ácido, los tres ensayos partieron de una misma muestra, la variación de promedios se pudo deber a un error en el tiempo de la extracción o a la reacción con el reactivo.

## Conclusiones

El contenido de fenoles totales de la variedad dulce 2 presentó valores superiores, con un índice de madurez mayor con respecto a la variedad ácida.

No se encontró diferencia significativa entre los valores de grados Brix en las dos muestras de nanche ácido. Por el contrario, la variedad dulce, la muestra con mayor contenido de grados Brix obtuvo la concentración más alta de fenoles totales.

En la variedad dulce el contenido de acidez influyó en los fenoles totales. La muestra con mayor contenido de acidez (0.3925 % de ácido cítrico) fue la que presentó una mayor concentración ( $80.59 \text{ mg AG}/100 \text{ gr}$ ) de fruta de fenoles totales. En la variedad ácida no se encontró diferencia significativa en el contenido de acidez, sin embargo, sí hubo diferencia significativa en cuanto al contenido de fenoles totales entre ambas muestras.

Por el contrario, en la prueba de DPPH no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos en ambas variedades, lo cual indica que para esta prueba las características fisicoquímicas de madurez no afectaron la actividad inhibidora del DPPH.

## Símbolos

centímetro	(cm)
miligramo	(mg)
gramo	(g)
grado centígrado	(°C)
microlitro	(µL)

## Referencias

- Chacon, S.A. (2006). Manual de procesamiento de frutas tropicales a escala artesanal en El Salvador. Ministerio de agricultura y ganadería. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. Santa Tecla, La Libertad, El Salvador.
- Espinoza, J., Gonzáles, E., Baños, B., y Ayala, L. (2014). Análisis y determinación de la actividad antioxidante del fruto de *Byrsonima crassifolia* mediante el radical DPPH. *Foro de Estudios sobre Guerrero*, 1, 103-106. ISSN # 2007-882X.
- González, F. (2010). Caracterización de compuestos fenólicos presentes en la semilla y aceite de chía (*salvia hispánica* L.), mediante electroforesis capilar (tesis maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Duarte, O. (2011). Nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth), in: Yahia, E. M. (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing. 44-52 pp. En Ibarra, D. J. A. Variabilidad genotípica de nanche (*byrsonima crassifolia* L.) y manejo poscosecha de frutos tratados con 1-mcp. Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de maestría en ciencias en el área de ciencias agrícolas. Universidad Autónoma de Nayarit. Noviembre 2016. Pp. 112.
- López, E., Navarro, A., Manchón, N., Herrera, J. (2014). Componentes funcionales en Nanche (*Byrsonimacrassifolia* (L) Kunth). *Cuorp Académico*, 2, 6-22.
- Silva et al. (2007); Rufino et al. (2010), Bicas et al. (2011), Maldini et al. (2011), Sannomiya et al. (2007), Pawlowska et al. (2006) en Maldonado, P. M. D L. A., Sánchez, S. P., Rojas, G. A. R., Valenzuela, L. J. L., Bottini, L. M. B., Alaniz, G. L. (2020). Caracterización y evaluación de frutos de 'nanche' (*Byrsonima crassifolia* L.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc [online]*. Vol.11, n.1, pp.151-160.
- Medina-Torres, R., Ortiz-Catón, M., Valdivia-Bernal, R. (2012). Propiedades Medicinales y otros usos del Nanche [*Byrsonima crassifolia* (L.) HBK]. *Revista Fuente nueva época*. Año 4, No. 11, 16-22. ISSN # 2007 - 0713.
- Morales, F. J. y Jiménez-Pérez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72 (1), 119-125. ISSN # 0021-8561.
- Muñoz, M. A., Gutiérrez, D. M. (2010). Determinación de actividad antioxidante de diversas partes del árbol *Nicotiana glauca*. *Memorias del Programa Verano de la Ciencia 2008*. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos.
- NMX-F-436-SCFI-2011. Industria azucarera y alcoholera. Determinación de grados brix en jugos de especies vegetales productoras de azúcar y materiales azucarados.
- NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. fruta fresca. determinación de acidez titulable. método de titulación.
- Rojas, D., y Narváez, C. (2009). Determinación de vitamina c, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) Cultivadas en Colombia. *Química Nova*, 36, pp 2236-2240. ISSN # 1678-7064.
- SIAP, 2019. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola.
- Silva, E., Souza, J., Rogez, H., Rees, J., y Larondelle, Y. (2007). Antioxidant activities and polyphenolic contents of

fifteen selected plant species from the Amazonian region. 2016, de Research Gate. Sitio web: file:///C:/Users/cheye/Downloads/Antioxidant\_activities\_and\_polyphenolic\_contents\_o.pdf. Electronic ISSN # 1095-9203.

Stintzing, F.C; Herbach, K.M; Mosshammer, M.R; Carle, R; Yi, W; Sellappan, S. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp) clones. *Journal agriculture and food chemistry* 53: 442-451. ISSN # 0021-8561.

Torres, R., Juárez, P., García, S., López, G., Ibarra, L., Arrieta, B., & Martínez, E. (2015). Evaluación de calidad en frutos de 41 genotipos de nanche (*Byrsonima crassifolia* L. HBK) de Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 253-264. ISSN # 2007-0934.



# Estudio sobre la accesibilidad en hoteles desde la percepción de las personas con discapacidad visual

Dariana Jaqueline De Gante Castro<sup>1</sup>, José Manuel Jiménez García<sup>2</sup> y Katy Victoria Morales Martínez<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Universidad de Quintana Roo

Av. Chetumal SM 260 Mz. 21 y 16 Lt. 1-01

Cancún, Quintana Roo, México, C.P. 77519.

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Quintana Roo

Av. Arco Bicentenario, Mza. 11, Lote 1119-33 Sm 255

Cancún, Quintana Roo, México, C.P. 77500.



**Correo correspondiente**

darianaj\_jaque26@hotmail.com

jose.jimenez@upqroo.edu.mx

katy.victoria876@gmail.com

## Resumen

Dentro de la industria turística, existen hoteles que no son considerados accesibles para hospedar a personas con discapacidad (PcD). La accesibilidad es un factor indispensable en un destino turístico, debido a que ayuda a eliminar las barreras y obstáculos que dificultan el acceso de las personas dentro de un entorno. Las PcD visual ven limitada su capacidad autónoma de traslado e interacción, afectando el que puedan trasladarse, viajar y hospedarse como cualquier persona.

Este artículo tiene como objetivo dar a conocer la opinión que tienen las PcD visual, familiares, amigos y expertos sobre la accesibilidad que existe en los hoteles y los requisitos que consideran indispensables para ser accesibles. Para la obtención de esta información se aplicó un cuestionario. Los resultados que se obtuvieron indican que las PcD visual se han enfrentado a diferentes barreras, las cuales dificultan su movilidad de manera autónoma y segura en los centros de hospedaje.

## Abstract

Within the tourism industry, there are hotels that are not considered accessible to accommodate people with disabilities. The accessibility is an indispensable factor in a tourist destination, because it helps to eliminate the barriers and the obstacles that hinder the access of people within an environment. The people with visual disabilities are limited in their autonomous capacity for movement and interaction, affecting that they can move, travel and lodge like any other person.

This article has as purpose publicize the opinion that people with visual disabilities, family members, friends and experts have about the accessibility that exists in hotels and the requirements that they consider indispensable to be accessible. To obtain this information, a questionnaire was applied to people. The results obtained indicate that people with visual disabilities have faced different barriers, which hinder their autonomous and safe mobility in the lodging centers.

**Palabras clave:** Turismo, discapacidad, accesibilidad, discapacidad visual, hospedaje.

**Keywords:** Tourism, disability, accessibility, visual disability, lodging.

---

## Introducción

Viajar de un destino a otro puede ser para muchas personas algo emocionante, debido a que se llegan a conocer nuevos lugares, diferentes a lo habitual. Sin embargo, para las personas con discapacidad (PcD) esto puede resultar frustrante debido a la falta de accesibilidad que existe en los destinos, lo que impide que puedan hacer uso de las instalaciones y los servicios de manera autónoma. La Organización

Mundial del Turismo (OMT, s/f) define al turismo como un fenómeno social, económico y cultural que consiste en viajar de un lugar a otro ya sea por placer o negocios.

De acuerdo con la Revista Bleu&Blanc (2019), existen muchos hoteles que dicen ser incluyentes para hospedar a PcD, pero realmente no cuentan con todas las características que permiten la libertad de movimiento y seguridad en las personas, por lo que se necesitan políticas que den lugar a hoteles accesibles dado que la discapacidad es una realidad en el mundo.

La OMT (2014) explica que la accesibilidad en el turismo debe ser un motor de desarrollo para la mejora de la cali-

dad de vida de las PcD brindándoles un entorno accesible, puesto que los esfuerzos que se hacen benefician a la sociedad en su conjunto. Para lograr destinos turísticos accesibles es necesario adaptar las instalaciones y los servicios que se ofrecen a partir de las necesidades y deseos de las PcD. Es importante mencionar que el Turismo Accesible no solo se limita a las barreras físicas, sensoriales o de comunicación, sino a lograr condiciones de igualdad y verdadera inclusión para personas con o sin discapacidad (mujeres embarazadas, adultos mayores, personas con alguna enfermedad, etc.) donde puedan desenvolverse sin ningún problema, hacer uso de las instalaciones, los servicios y disfrutar del entorno. (Cruz, Bello, Enríquez & Mondragón, 2019)

En este artículo de investigación se pretende dar a conocer las opiniones que tienen las PcD visual, familiares, amigos y expertos en el tema sobre la accesibilidad en los hoteles. Además, de identificar los requerimientos que ellos consideran necesarios para disfrutar de su estancia en un hotel de manera autónoma. La razón por la cual se realizó esta investigación se debe a que las PcD visual, al igual que cualquier otra persona, viajan y se hospedan en hoteles para disfrutar de sus vacaciones. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), en el mundo existen más de 1,000 millones de personas que viven con alguna discapacidad, aproximadamente el 15% de la población. Sin embargo, la Sociedad Mexicana de Oftalmología reveló que en el país hay 2 millones 237 mil personas con deficiencia visual y 415 mil 800 con ceguera. México se encuentra entre los 20 países con mayor número de personas con discapacidad visual. (Xantomila, 2019).

Este documento se dividió en cinco apartados: El primer apartado está enfocado en conocer sobre las ventajas que tiene el Turismo Accesible, las barreras a las que se enfrentan las PcD visual y la accesibilidad que debe existir en los hoteles. Seguidamente, se presenta la metodología que se utilizó

para la recolección de la información. En el tercer apartado se muestran los resultados que se obtuvieron. En el cuarto apartado se presenta los resultados de la aplicación de la encuesta y el análisis de la comparación de esta información con otras investigaciones y por último, se exponen las conclusiones y referencias bibliográficas.

## Marco teórico

### Turismo Accesible: contexto actual y barreras

El Turismo Accesible se refiere a la adecuación de los entornos, productos y servicios turísticos de modo que permitan el acceso, uso y disfrute a todas las personas sin importar su condición, diseñando lugares accesibles, seguros y confortables. (Casilla, 2018).

De acuerdo con el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, Fondo Nacional de Turismo y Consejo Iberoamericano de Diseño, Ciudad y Construcción Accesible (2019), el Turismo Accesible es una oportunidad de negocio para el sector hotelero puesto que trae consigo ciertas ventajas, entre las cuales se encuentran:

- El aumento de mercado puesto que aumenta el número de personas viajeras.
- Incrementa la rentabilidad debido a que existe una mayor generación de ingresos.
- Ayuda a reducir y desestacionalizar porque las PcD suelen viajar en temporadas bajas.
- Existe un aumento de usuarios debido a que las PcD suelen viajar acompañados.

De igual manera, no solo beneficia a las PcD sino también a mujeres embarazadas, adultos mayores, personas con alguna enfermedad o que hayan tenido algún tipo de accidente. Diseñar lugares accesibles dentro de un entorno hace

que la calidad de vida de las personas sea mejor, porque pueden hacer uso de las instalaciones de forma más segura, cómoda e independiente. Según la OMT (2014) en los destinos donde no se prioriza ni se promociona la accesibilidad, el mercado rinde entre un 25 y 30% menos de lo esperado, es decir, el segmento de mercado conformado por PcD, adultos mayores y otros usuarios que toman decisión considerando la accesibilidad como el factor más importante, no eligen los destinos que no ofrezcan garantía de disfrutar de manera accesible el lugar.

En el artículo 1 de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, se enfatiza que las PcD son aquellas con deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo, y que, al entrar en contacto con diversas barreras, se afecta e impide su plena y efectiva participación en la sociedad. (Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2018).

Existen diferentes tipos de discapacidad en el mundo, la discapacidad visual se refiere a la disminución total o parcial de la vista que presenta una persona y puede dificultar su visión al ver poco, moderado o no ver nada. La OMT (2014) menciona que la discapacidad visual se refiere al órgano de la visión, a las estructuras y funciones asociadas con él, las cuales distingue entre la ceguera, o ausencia total o percepción mínima de la luz, y la deficiencia visual.

Es importante mencionar que las PcD visual también viajan y se hospedan en hoteles para disfrutar de sus vacaciones. Losnunis (2018) menciona que viajar es mucho más que solo ver. Es sentir, vivir y respirar el momento y el lugar en el que te encuentras. No necesitas ver para tocar, oler, oír y degustar de todo lo que te rodea. Viajar es una vivencia en donde las personas ciegas pueden participar y vivir grandes experiencias. No obstante, las PcD visual al viajar suelen enfrentarse a diferentes barreras en el entorno que dificultan

su movilidad de forma segura y autónoma; la identificación de espacios y objetos en el entorno pueden ser obstáculos dado que no están familiarizados con el destino a donde quieren viajar, de igual forma, la comunicación en un hotel suele presentarse a través de imágenes lo que dificulta la comprensión de la información a personas ciegas. Cabe mencionar, que las personas con esta discapacidad desarrollan otros sentidos como el tacto y el oído, lo que puede ser una ventaja para brindarles información. (Alonso & Dinarès, 2016)

Para mejorar su movilidad y/o comunicación dentro de un entorno, las PcD visual utilizan diferentes productos de apoyo. De acuerdo con la página de Barcelona Accesible (s/f) existe una gran variedad de productos de apoyo que permiten mejorar la comunicación, el acceso a la información y los desplazamientos de las PcD visual ya sea de forma parcial o total. Algunos de estos productos son:

- **Para personas ciegas:** Uso de bastón, perro guía, materiales en audio, lectores de voz para los ordenadores, webs y documentación digital accesibles para lectores de voz, documentación en Braille, productos audiovisuales con audio-descripción, personas acompañantes, visitas guiadas y táctiles, maquetas táctiles, entre otros.

- **Para PcD visual parcial:** Material impreso con letra grande y muy contrastada, webs y documentación digital con letra grande, aparatos de letra ampliada, etc. Existen diferentes tipos de bastones identificados en distintos colores para PcD visual, las cuales sirven de guía para su desplazamiento en el entorno. Salabert (2019) expone los siguientes:

**Bastón blanco:** Es usado por las personas ciegas o con una grave disfunción visual.

**Bastón blanco y rojo:** Fue designado por la Federación

Mundial de Sordociegos para representar a las personas con sordoceguera, es decir, aquellos que no pueden ver ni oír.

**Bastón verde:** Representa a las personas con baja visión.

## Accesibilidad en los hoteles

De acuerdo con la Fundación Caser (s/f), la accesibilidad es la característica que deben cumplir todos los entornos, productos y servicios para permitir a todas las personas sin importar su condición el acceso, uso y disfrute de las instalaciones de forma cómoda y segura. Diseñar lugares accesibles en un destino permite a las personas circular dentro de un establecimiento sin obstáculos, donde se puedan mover de forma segura y cómoda, implementando señalizaciones e información del lugar. Esto ayuda a las personas a sentirse en confianza e identificarse con el entorno porque pueden realizar de forma segura e independiente sus actividades.

La Secretaría de Turismo (SECTUR, 2017) menciona que contar con instalaciones y servicios turísticos accesibles requiere de elementos operativos y espacios arquitectónicos adecuados para el uso de todas las personas, diseñando rutas accesibles y garantizando un desplazamiento seguro desde su llegada hasta su salida. Algunos criterios de diseño con los que se debe cumplir para ser un hotel accesible (SECTUR, 2018), son:

- Cajones accesibles de estacionamiento.
- La señalización o carteles de información del hotel deben ser audibles y/o táctiles.
- Los elevadores deben contar con botones en Braille o un sistema audible.
- Se debe contar con rampas y barandales.
- Los pasillos deben estar libres de obstáculos físicos y visuales.
- Los hoteles deben contar con habitaciones y baños

accesibles para PcD.

- Rutas táctiles.
- El acceso a perros guía.
- Entre otros.

## Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó bajo el enfoque cualitativo, esta naturaleza se estableció al definir como prioridad identificar la opinión de las PcD visual, familiares y expertos a partir de sus experiencias; el trabajo tiene un alcance exploratorio-descriptivo debido a que se realizó una investigación a mayor profundidad sobre el Turismo Accesible y discapacidad visual, se realizó un muestreo por conveniencia considerando a los expertos en el tema (PcD visual, familiares y expertos) de donde se obtuvieron resultados que se presentan en este documento.

El diseño empleado fue de una investigación-acción que, de acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2014), tiene el objetivo de comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculadas en un ambiente. Con este diseño se buscó involucrar a las PcD visual y conocer las barreras a las que se han enfrentado al hospedarse en un hotel, los elementos que consideran importantes de implementar para poder disfrutar de su estancia y si hay hoteles que sean accesibles en México.

La muestra que se consideró fue no probabilística puesto que la realización de este trabajo dependía de las características de la investigación y no de la probabilidad, para poder aplicar el instrumento se seleccionaron dos tipos de muestreo: por conveniencia (casos disponibles o a los que se tienen acceso) y por expertos (las PcD).

El instrumento que se utilizó para la obtención de la información fue una encuesta, enfocada a las PcD visual, fa-

miliares y/o amigos de PcD visual, y a expertos en el tema de accesibilidad con el fin de conocer su opinión sobre sus experiencias al hospedarse en hoteles. Su aplicación se llevó a cabo a través de la plataforma de Google Forms y se difundió en grupos de Facebook enfocados en el tema de accesibilidad para PcD visual.

## Resultados

La encuesta fue aplicada a una muestra de 64 personas que han viajado y se han hospedado en algunos hoteles de México. De los encuestados, el 73.4% fueron mujeres y el 26.6% hombres con una edad promedio de entre 20 a 35 años. De acuerdo con los resultados obtenidos el 48.4% son PcD visual (31 personas), de los cuales el 28.1% (18) son personas con ceguera y el 20.3% (13) son personas con baja visión; el 15.6% son familiares o amigos de una PcD visual (10 personas) y el 35.9% son personas sin discapacidad, pero que tienen conocimiento o son expertos sobre la accesibilidad (23 personas).

Para poder identificar por qué las personas deciden hospedarse en un hotel, se les preguntó: “¿Cuáles son las razones por las que has visitado un establecimiento hotelero?”. De acuerdo con los datos recolectados, las PcD visual se hospedan en un hotel principalmente para vacacionar, el segundo motivo es otras, dentro de las cuales mencionan competencias deportivas y el tercer lugar es por viaje de parejas (Figura 1).

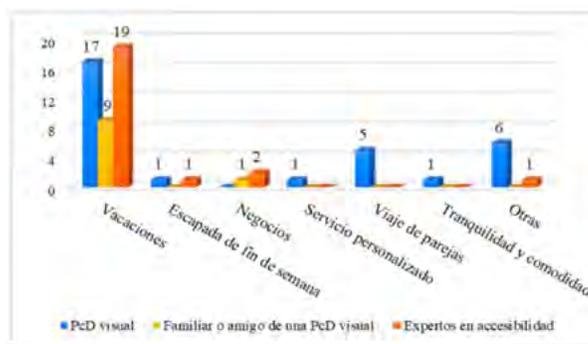


Figura 1. ¿Cuáles son las razones por las que has visitado un hotel?. Fuente: Elaboración propia.

Conociendo los motivos que incentivaron sus viajes, se les preguntó, “¿Cuáles son las áreas que consideras suelen ser menos accesibles dentro de un hotel?” Como se puede observar en la Figura 2, las PcD visual consideran que las áreas menos accesibles en los hoteles son los restaurantes, las albercas y los pasillos de tránsito. En el caso de los familiares y amigos, ellos opinaron que las albercas y las canchas deportivas no son accesibles, y aunque los expertos también estuvieron de acuerdo con las albercas y las canchas deportivas, ellos también mencionaron los baños como un área no accesible.

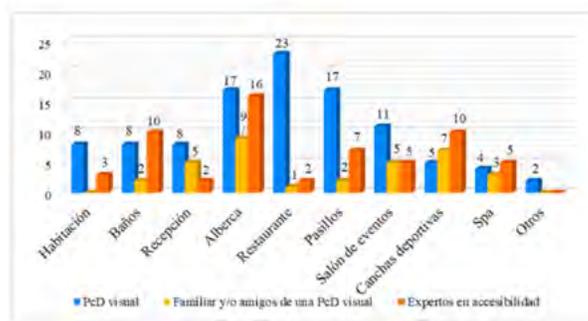


Figura 2. ¿Cuáles son las áreas que consideras suelen ser menos accesibles dentro de un hotel?

Fuente: Elaboración propia.

Las PcD visual se han enfrentado a diferentes barreras y obstáculos cuando se hospedan en un hotel; debido a ello se les preguntó, "¿Cuáles son las barreras a las que se han enfrentado al hospedarse en un hotel?". Del 100% de las PcD visual, mencionaron que la barrera que se presenta de manera más recurrente es la barrera de arquitectura (45.2%), seguidamente están las barreras de actitud (41.9%) y las barreras de comunicación (41.9%). Los familiares y/o amigos de las PcD visual coincidieron que las barreras que ellos encontraron como acompañantes fueron las barreras de arquitectura (70%) y las barreras de comunicación (50%), pero además, añadieron las barreras físicas (60%). Por otra parte los expertos, con base a su experiencia, mencionaron las barreras de comunicación (39.1%), las barreras de arquitectura (26.1%) y las barreras de actitud (21.7%) (Figura 3).

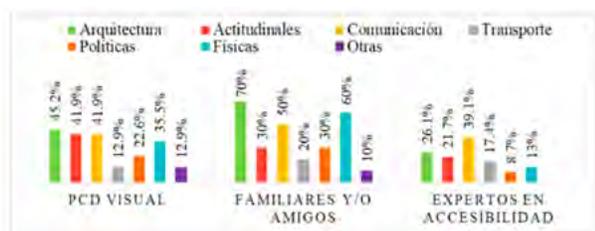


Figura 3. ¿Cuáles son las barreras a las que se han enfrentado al hospedarse en un hotel?. Fuente: Elaboración propia.

Algunos comentarios que hicieron las PcD visual con respecto a las barreras a las que se han enfrentado dentro de un hotel, son:

- Existen hoteles que cuentan con muchas escaleras y no con rampas suficientes o que estén bien colocadas.

- Se han tenido problemas al querer hospedarse solos, porque el personal no considera que sean personas que puedan viajar de manera independiente, por lo que no los quieren atender o se niegan a proporcionarles los servicios.
- Existen hoteles que se han atrevido a decir que las PcD visual dan mal aspecto al negocio, aun cuando todas las personas tienen el derecho a viajar sin importar su condición.
- Hay una mala colocación de barandales o no existen.
- La mayoría de los comentarios explican que han sufrido discriminación por parte del personal, porque este no está capacitado y no prestan la atención adecuada, causando una falta de comunicación sobre los accesos del hotel para dirigirse a las habitaciones, baños, escaleras, se omite la información del uso de la llave física o magnética, etc.
- La manera en la que el hotel está construido puede hacer confuso el acceso a ciertas áreas importantes y necesarias para disfrutar de la estancia.
- Existe un mal diseño de las instalaciones hoteleras, puesto que hay una falta de señalamientos en Sistema Braille y los espacios suelen hacer muy difícil el desplazamiento con autonomía.
- Los teléfonos, controles de TV, apagadores de luz no tienen ninguna indicación en Braille o táctil.
- En los pasillos existen objetos que dificultan el uso del bastón provocando lesiones.

- Los elevadores suelen tener botones Touch y no en Sistema Braille o parlante.
- No hay pisos o caminos podo táctiles.
- Es difícil transitar en el área de las albercas debido a que existen obstáculos en medio.
- En los restaurantes, la carta o el menú no son accesibles para PcD visual.

Por otra parte, los familiares, amigos y expertos en accesibilidad complementaron con lo siguiente:

- En el transporte no se tiene respeto por las PcD visual y no se toman las medidas correctas para evitar problemas.
- En los baños, los pisos no son anti-derrapantes y el espacio puede ser pequeño.
- Para el uso del Kid's Club muchas veces no permiten el acceso a niños con discapacidad visual.
- Los mostradores que se encuentran en recepción son muy altos.

Para ofrecer un hotel accesible donde las PcD visual puedan hospedarse y disfrutar de su estancia se les hizo una pregunta a las PcD visual, "En tu experiencia, ¿Cuáles son los elementos con los que debe contar un hotel para hospedar a personas con discapacidad visual?". La mayoría de las PcD visual consideran que el elemento indispensable con el que debe contar un hotel es con personal capacitado en trato inclusivo y no discriminatorio, debido a que es donde más han experimentado las barreras. Así mismo, otros elementos que consideraron importantes son los botones de elevadores en

Braille, sistema de información táctil o audible y la creación de un camino táctil. Todo esto con la finalidad de facilitar su movimiento por las instalaciones y conocer las áreas en las que se encuentran (Figura 4).

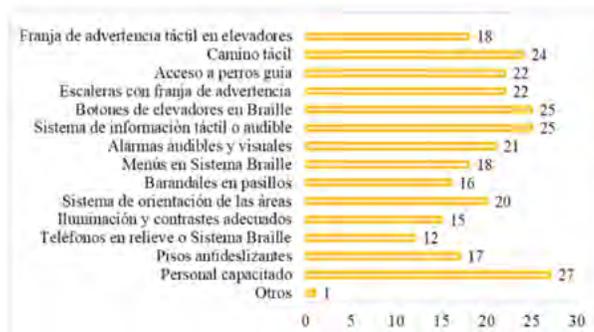


Figura 4. ¿Cuáles son los elementos con los que debe contar un hotel para hospedar a PcD visual?. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, para analizar detalladamente los obstáculos que se encuentran dentro de una habitación se les preguntó: "Tomando en cuenta los obstáculos que se pueden llegar a presentar dentro de una habitación de hotel. Describe cuáles son las que identificas con mayor regularidad al hospedarte". Los resultados que se obtuvieron reflejan que los espacios son poco acordes, no se puede identificar fácilmente el encendido y apagado de luz así como los conectores, el marcado en los teléfonos y el Braille en los anuncios o cartelones de la habitación. Así mismo, la habitación cuenta con botes de basura, floreros, ceniceros, extintores, escalones, lámparas, mesitas o medias bardas que son difíciles de ubicar, lo que provoca miedo al toparse con alguno de ellos.

Otros obstáculos que existen son los controles del aire acondicionado y de la televisión, los cuales pueden ser difíciles de manejar o de ubicarlos; la clave del internet mayormente está en un papel y se necesita apoyo para que alguien lo dicte; en caso de existir un accidente, sería bueno algún botón que enlace una llamada a emergencias o la persona

adecuada. En la parte de los baños, no están acondicionados para la seguridad de una PcD visual, no existen pisos anti-derrapantes lo que puede provocar caídas, no es fácil identificar las amenidades que se localizan en la habitación. De entre todos los comentarios, una PcD visual mencionó que debería existir una persona encargada de dar un recorrido por la habitación para no tener problemas a la hora de hospedarse y que así puedan disfrutar de los servicios de manera segura y autónoma sin tener que estar llamando al personal de recepción.

## Discusión

En el estado de Monterrey se realizó un estudio para evaluar la accesibilidad que existe en los destinos turísticos para hospedar a PcD, puesto que un alojamiento es importante para el disfrute de su estancia. De acuerdo con Guajardo, García y Sánchez (2012), se evaluaron 25 hoteles, de los cuales se demostró que no todos cumplen con los criterios necesarios para hospedar a personas con discapacidad. Algunos establecimientos cuentan con muy pocos lugares con estacionamientos accesibles y no todos cuentan con el Símbolo Internacional de Accesibilidad (SIA). En la parte de la infraestructura, se encontraron obstáculos que dificultan el desplazamiento de un lugar a otro de manera autónoma, pues no se cuenta con rampas suficientes, barandales e información en Sistema Braille. Igualmente, ningún hotel cuenta con un camino táctil para las PcD visual. En la parte de las habitaciones y los baños accesibles, los hoteles tienen en cuenta algunos elementos importantes para hospedar a PcD.

Estos resultados llegan a coincidir con la investigación realizada para este artículo. A pesar de realizarse en años diferentes, se puede afirmar que los hoteles en México no son accesibles para PcD visual, puesto que se han encontrado distintas barreras al hospedarse en un establecimiento. De

igual manera, las instalaciones y los servicios que se ofrecen, difieren de requerimientos importantes que le impiden a las personas poder moverse de forma segura y cómoda; por otra parte, la actitud del personal no siempre es la adecuada haciendo que su estancia sea incomoda.

De acuerdo con Martínez (2018), cuando un turista llega al establecimiento desea poder transitar y hacer uso de los servicios y las instalaciones de forma autónoma sin ningún obstáculo para disfrutar de su estancia. Por lo que establecer políticas y fomentar acciones pertinentes para lograr destinos turísticos accesibles ayuda a atraer a más personas con o sin discapacidad que prefieran disfrutar de experiencias turísticas con el mayor confort y autonomía posible.

## Conclusiones

El Turismo Accesible es una oportunidad de negocio para los destinos turísticos dado que trae consigo varios beneficios para la industria turística y para las personas con o sin discapacidad. No obstante, existen hoteles que dicen ser accesibles para hospedar a PcD visual, pero solo cuentan con algunas herramientas básicas, como son: rampas, elevadores, números de elevadores y teléfonos en Sistema Braille; los cuales no permiten del todo que una PcD visual pueda moverse de la forma más natural posible ya que varía en relación a sus necesidades y dependen de otras herramientas que no se contemplaron.

Al realizar este trabajo, se pudo demostrar la falta de accesibilidad que existe en algunos hoteles de México desde las perspectivas de PcD visual, familiares, amigos y expertos en accesibilidad; lo cual fue descubierto dada la existencia de las diferentes barreras a las que se han enfrentado al hospedarse. Esto lleva a reflexionar sobre la importancia de contar con espacios accesibles y darse cuenta que la creación de lugares accesibles favorece a todos los usuarios.

Las PcD visual cuando viajan y deciden hospedarse en un hotel lo hacen principalmente por vacaciones y otros motivos, buscando disfrutar de su estancia, conocer el destino y hacer uso de las instalaciones que se ofrecen sin problema alguno y de manera independiente. Sin embargo, no todas las áreas en los hoteles visitados por las PcD visual fueron accesibles y la mayoría de las personas hospedadas se enfrentaron a diferentes barreras, las cuales les dificultaron el poder moverse de forma segura, cómoda e independiente. De acuerdo con los resultados obtenidos, se analizó que la barrera a la que se enfrentaron con mayor frecuencia es en la arquitectura, aunque por otra parte, también se obtuvieron comentarios que evidenciaron el haber sido objeto de discriminación por parte del personal, ya que no los consideraron como personas que puedan hospedarse en hoteles sin la compañía de alguien más.

Las PcD visual enfatizan que para que un hotel sea accesible es indispensable contar con personal capacitado en trato inclusivo y no discriminatorio, puesto que todas las personas sin importar su condición tienen el derecho universal de viajar y merecen ser tratados con respeto. Otros elementos igual de importantes a considerar son los botones de los elevadores en Braille, sistema de información táctil o audible y la creación de un camino táctil, para facilitar su movimiento por las instalaciones y así conocer las áreas en las que se encuentran.

Para concluir, cuando una PcD se hospeda en un hotel lo que desea es disfrutar de su estancia como cualquier otra persona. Un establecimiento hotelero que no es accesible hace que las personas vayan perdiendo el interés de viajar y hospedarse en ese hotel, pues suponen cuáles serán las barreras a las que se tendrán que enfrentar, impidiéndoles disfrutar de su estancia plenamente. Es por ello que implemen-

tar la accesibilidad permite que las personas sin importar su condición puedan hacer uso de los servicios que se ofrecen de la forma más natural posible, logrando que las PcD se animen a viajar. Además, esto no favorece solamente a las PcD, puesto que todos estamos expuestos a presentar alguna limitación que dificulte nuestra movilidad o comunicación en algún momento de la vida.

## Referencias

- Alonso, F. y Dinarès, M. (2006). El hotel accesible guía para su diseño, organización y gestión. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). <https://www.imserso.es/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/hotelaccesible.pdf>
- Barcelona Accesible. (s/f). Productos y servicios de apoyo para personas con discapacidad visual. <https://ajuntament.barcelona.cat/accessible/es/guia-recursos/productos-y-servicios-apoyo-para-personas-con-discapacidad-visual>
- Casilla, H. G. (2018). Accesibilidad en la planta hotelera para las personas con movilidad reducida y su aporte al desarrollo turístico de la ciudad de Babahoyo. [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo] Repositorio Institucional <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4243>
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos. (2018). La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y su Protocolo Facultativo. <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-05/Discapacidad-Protocolo-Facultativo%5B1%5D.pdf>
- Cruz, A., Bello, E., Enríquez, P. y Mondragón, R. (2019). Percepción del turismo accesible para personas con discapacidad, el caso del centro Ecoturístico El Arcotete, Chiapas, México. *Revista El Periplo Sustentable*, (37), 222-240. <https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/9215/10493>
- Fundación Caser. (s/f). ¿Qué es la accesibilidad universal? <https://www.fundacioncaser.org/autonomia/cuidadores-y-promocion-de-la-autonomia/>

promover-la-autonomia-personal/que-es-la-accesibilidad-universal

Guajardo, F., García, A. y Sánchez, I. (2012). Evaluación de la accesibilidad de la industria turística de Monterrey: Un primer paso hacia el turismo accesible. [http://bibsrv.udem.edu.mx:8080/e-books/Tesis/000144602\\_LTU.pdf](http://bibsrv.udem.edu.mx:8080/e-books/Tesis/000144602_LTU.pdf)

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. (6ª ed.) McGraw-hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Martínez, R. (2018). Turismo Accesible en México. [http://riberdis.cedd.net/bitstream/handle/11181/5405/Turismo\\_accesible\\_en\\_M%C3%A9xico.pdf?sequence=1](http://riberdis.cedd.net/bitstream/handle/11181/5405/Turismo_accesible_en_M%C3%A9xico.pdf?sequence=1)

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Fondo Nacional de Turismo y Consejo Iberoamericano de Diseño, Ciudad y Construcción Accesible (2019). Manual de Turismo Accesible: Turismo para Todos. <http://turismo.huila.gov.co/storage/app/uploads/public/5ce/556/330/5ce556330b26f216169482.pdf>

Losnunis. (2018). Sí, soy ciega y también viajo. <https://nunitravelers.com/si-soy-ciega-y-tambien/>

Organización Mundial de la Salud. (2020). Discapacidad y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

Organización Mundial del Turismo. (s/f). Glosario de términos del turismo. <https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos>

Organización Mundial del Turismo. (2014). Manual sobre turismo accesible para todos: Principios, herramientas y buenas prácticas. Módulo I: Turismo Accesible – Definición y contexto. OMT. <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284416486>

Revista Bleu&Blanc. (2019). Hoteles accesibles para personas con discapacidad. Bleu&Blanc. <https://www.bleublanc.mx/estilo-de-vida/hoteles-accesibles-para-personas-con-discapacidad/2018/08/>

Salabert, E. (2019). Bastones guía para ciegos: qué indican sus colores. Webconsultas Revista de salud y bienestar. <https://www.webconsultas.com/curiosidades/bastones-guia-para-ciegos-que-indican-sus-colores>

Secretaría de Turismo. (2017). Cuadernillo Ejecutivo para Edificaciones Accesibles de Servicio Turístico. CNDH. [http://www.sectur.gob.mx/gobmx/wp-content/uploads/2017/11/CUADERNILLO-EJECUTIVO-14NOV.2017\\_V3.0.pdf](http://www.sectur.gob.mx/gobmx/wp-content/uploads/2017/11/CUADERNILLO-EJECUTIVO-14NOV.2017_V3.0.pdf)

Secretaría de Turismo. (2018). Guía de Recomendaciones de Diseño Universal para el Sector Turismo. [http://www.sectur.gob.mx/gobmx/wp-content/uploads/2018/01/Gu%C3%ADa-Recommendaciones-Dise%C3%B1o-Universal-ST\\_Completa.pdf](http://www.sectur.gob.mx/gobmx/wp-content/uploads/2018/01/Gu%C3%ADa-Recommendaciones-Dise%C3%B1o-Universal-ST_Completa.pdf)

Xantomila, J. (2019, 10 de octubre). En México hay 2 millones 237 mil personas con deficiencia visual. La jornada. <https://jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2019/10/10/en-mexico-hay-2-millones-237-mil-personas-con-deficiencia-visual-1593.html>



# Determinación de los principales contribuyentes de la generación de scrap en un taller de maquinado: estudio de caso

Rosa Ma Amaya Toral<sup>1</sup>, Rosa María Reyes Martínez<sup>2</sup> y Jorge de la Riva Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de

Ciudad Juárez Avenida Tecnológico No. 1340.

Ciudad Juárez, Chihuahua, México,

C.P. 32500.



**Correo correspondal**

rosa.at@chihuahua2.tecnm.mx

## Resumen

El presente artículo es el estudio de caso de un taller de maquinado del sector metalmecánico, cuya producción por lotes es de alta mezcla y bajo volumen, que utiliza máquinas convencionales y CNC para la fabricación de piezas metálicas. El taller presenta problemas que le impiden cumplir con los tiempos de entrega, debido a la gran cantidad de piezas no conformes que tiene en el área de scrap, las cuales le generan altos costos de producción, además de la pérdida de confianza de sus clientes. Para llevar a cabo el análisis y determinar los principales contribuyentes de la generación de scrap, se recopiló información correspondiente al periodo del 27 de abril al 2 de junio del 2021 y se utilizaron algunas herramientas para el análisis de la causa raíz (RCA), como el diagrama de Ishikawa, el Análisis de Conglomerado y el Diagrama de Pareto para el análisis de la información. Como resultado, fueron identificadas las principales máquinas, operadores, números de parte y defectos que mayor contribución tuvieron en la generación de scrap, para establecer acciones de mejora continua, encaminadas a la reducción y/o eliminación del scrap.

## Abstract

This article is the case study of a machine shop in the metalworking sector, whose batch production is high-mix and low-volume, which uses conventional and CNC machines for the manufacture of metal parts. The workshop has problems that prevent it from meeting delivery times, due to the large number of non-conforming parts that it has in the scrap area, which generate high production costs, in addition to the loss of trust of its customers. To carry out the analysis and determine the main contributors of scrap generation, information corresponding to the period from April 27 to June 2, 2021 was collected and some tools for root cause analysis (RCA) were used, such as the Ishikawa diagram, the Cluster Analysis, and the Pareto Diagram for the analysis of the information. As a result, the main machines, operators, part numbers and defects that made the greatest contribution to scrap generation were identified, in order to establish continuous improvement actions aimed at reducing and / or eliminating scrap.

**Palabras clave:** Análisis de conglomerado, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, piezas no conformes, producción por lotes, scrap.

**Keywords:** Cluster analysis, Ishikawa chart, Pareto chart, non-conforming parts, batch production, scrap

---

## Introducción

El taller de maquinado A, del sector metalmecánico, ubicado en la ciudad de Chihuahua, tiene un sistema de producción por lotes, de alta mezcla-bajo volumen y cuenta con máquinas de control numérico CNC para la fabricación de piezas metálicas. La empresa presenta serios problemas que no le permiten cumplir con los tiempos de entrega del producto que fabrica, por no poder completar las órdenes de producción, debido a la presencia de gran cantidad de piezas no conformes para scrap en el área de maquinado. Esto le genera altos costos de producción a la empresa, además de la pérdida de confianza de sus clientes.

Algunas preguntas establecidas para este caso son:

¿Qué factores son determinantes en la generación del scrap del área de maquinado? ¿Pueden estos factores ser identificados? ¿Puede conocerse la contribución que tienen estos factores en la generación del scrap?

De acuerdo con Villarreal y Landeta (2010) el estudio de caso es un diseño de investigación que permite aprehender la realidad de un evento ocurrido en una organización. Sirve para explicar relaciones causales complejas, estudiar los cambios a través del tiempo, elaborar perfiles descriptivos, generar teorías o generalizaciones teóricas, con alcance exploratorio, descriptivo o explicativo, utilizando una perspectiva histórica del fenómeno estudiado, entendiendo el contexto real en el que se desarrollan los hechos.

**Análisis de Causa Raíz (RCA).** Su uso una valiosa herramienta de gestión para la identificación y corrección de deficiencias, así como un punto de partida para la organización del aprendizaje y para la creación de estructuras de gestión del conocimiento (González J., Riverola J., 2004).

**Análisis de Conglomerado.** Proporciona clasificaciones o tipologías a partir de observaciones, inicialmente no clasificadas, las cuales pueden ser utilizadas en investigaciones académicas o aplicadas, para encontrar conjunto de datos similares entre sí (Levy M. y Varela M., 2003). La idea de utilizar los conglomerados es hacer una categorización de datos, basados en las características similares, de manera que facilite el análisis, reduciendo el número de categorías.

**Diagrama de Pareto.** Es un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ordenando por importancia a los diferentes problemas que se presentan en un proceso. La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado Principio de Pareto conocido como "Ley 80-20" o "Pocos vitales, muchos triviales", el cual reconoce que unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos generan poco efecto total (Hitoshi K., 1992).

**Diagrama de Ishikawa.** Al ser una de las herramientas de calidad eficaces y eficientes en las acciones de disminución de un problema central, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y además a ordenar la relación entre las causas en un asunto que pueden estar enfocadas en diversos campos. Burgasí D., Cobo D., Pérez K., Pilacuan R. y Rocha M. (2021).

El objetivo del estudio de caso fue determinar los principales contribuyentes en la generación del scrap, en el taller de maquinado de manera individual, mediante el uso de herramientas de análisis, para que una vez determinados los

principales contribuyentes que generan el scrap, sean utilizados para establecer acciones de mejora continua, encaminadas a la reducción y/o eliminación del scrap. Estas acciones de mejora son parte de otro estudio.

## Metodología

El estudio de caso es del tipo exploratorio, busca la construcción de conocimiento mediante hechos. La metodología utilizada para determinar los principales contribuyentes en la generación de scrap fue primeramente recopilar información que pudiera explicar o describir de manera objetiva el problema por el que estaba pasando el taller de maquinado, y que, además, pudiera ser utilizada para llevar a cabo el análisis de los factores que contribuyen en la generación del scrap del área de maquinado. Se consideró información correspondiente al periodo del 27 de abril al 2 de junio del 2021 y se utilizaron algunas herramientas para el análisis como el Análisis de Conglomerados, el Diagrama de Ishikawa y el Diagrama de Pareto. A continuación se describe la metodología desarrollada.

## Eficiencia en producción

Como una manera de describir el problema que presenta el taller de maquinado, en la Figura 1 se muestra la eficiencia en producción del área de maquinado (producido/programado) en el periodo comprendido del 27 de abril al 10 de mayo del 2021 (segundo trimestre del año 2021).

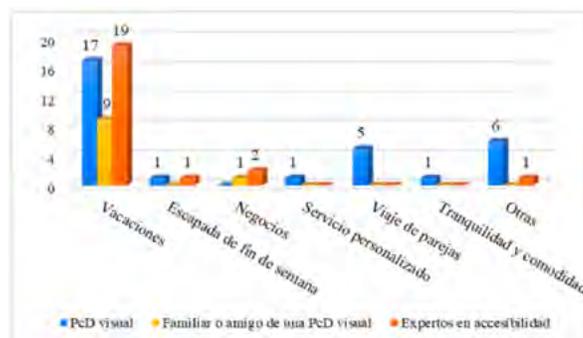


Figura 1. Eficiencia en producción del área de maquinado. Diseño propio.

Como puede apreciarse en la Figura 1, la eficiencia en producción tiene un comportamiento aleatorio en el periodo del 27 de abril al 10 de mayo, sin presentar tendencia lineal ( $\beta=0$ ), posteriormente el 11 de mayo presentó una mejora considerable de 5.23 puntos porcentuales, para después presentar una tendencia a la baja de 0.528 puntos porcentuales en promedio diario.

Para analizar la eficiencia en producción del taller de maquinado, se analizaron las eficiencias en producción por máquina durante el periodo del 27 de abril al 2 de junio del 2021, las cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Eficiencia en producción por máquina en el periodo del 27 de abril al 10 de mayo del 2021. Diseño propio.

MAQUINA	n	MEDIA	DES. EST.	MIN	MAX	MEDIANA
I	24	80.92	15.2	26	101	84.02
II	24	67.07	17.56	25.26	92.3	67.76
III	25	71.78	16.19	42.22	95.67	68.94
IV	24	59.61	16.75	29.61	93.75	61.97
V	22	64.66	19.96	18.75	102	69.8
VI	23	72.76	23.99	19.44	120	78.43
VII	18	63.58	23.95	24.46	100	68.33
VIII	20	81.24	17.44	53	105	80.47
IX	22	55.96	27.69	5.88	107	62.39
X	20	61.65	16.3	35.8	90.52	60
XI	24	64.41	19.92	0	89.16	65.78
XII	19	81.07	27.04	29.31	150	83.33
XIII	24	73.18	22.87	28.33	123	74.84
XIV	25	60.79	18.18	27.27	93.33	61.53
XV	25	65.636	12.9	34.73	89.51	66.53
XVI	22	64.66	19.96	18.75	102	69.8

Como se puede observar en la estadística descriptiva de las máquinas, de la Tabla 1, las máquinas X, IV, XIV, XV, XI y IV fueron las que tuvieron menor eficiencia en producción con respecto a su mediana.

## Análisis de las Máquinas

Para el análisis de las máquinas se consideraron todas

las máquinas que participaron en la producción durante el periodo comprendido del 7 de enero al 2 de junio del 2021. En la Figura 3 se muestra la participación que tuvo cada máquina en la generación del scrap.



Figura 2. Participación de las máquinas en el scrap. Diseño propio.

Como se puede observar en la Figura 2, más del 50% de las máquinas contribuyeron en un 77% en la generación del scrap; entre ellas se encuentran las máquinas II, IX, X, XV, I, XIV, VI, VII, V y III.

## Análisis de los Operadores

Para el análisis de los operadores se consideraron a todos los operadores que participaron en la producción durante el periodo comprendido del 7 de enero al 2 de junio del 2021. En la Figura 3 se muestra la participación que tuvo cada operador en la generación del scrap.

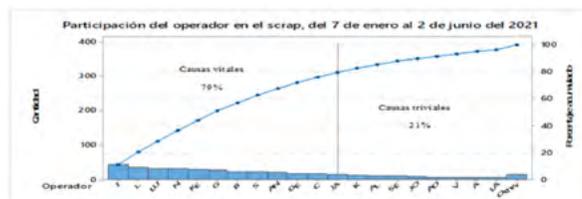


Figura 3. Participación del operador en el scrap. Diseño propio.

Como se puede observar en la Figura 3, más del 50% de

los operadores contribuyeron en un 79% en la generación del scrap; entre ellos se encuentran los operadores J, L, LU, N, KE, G, B, S, AN, GE, C y JA.

### Análisis de los defectos

Para el análisis de los defectos ocurridos en las piezas producidas que fueron rechazadas y que generaron scrap, se consideraron todos los defectos registrados en el periodo comprendido del 7 de enero al 2 de junio del 2021. En la Figura 4 se muestra la participación que tuvieron los defectos.

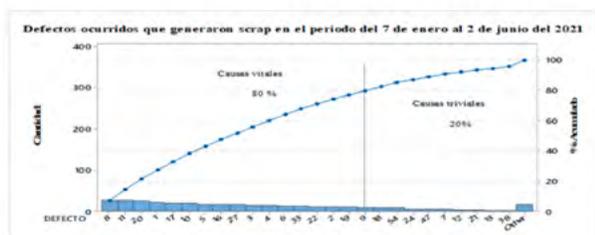


Figura 4. Defectos ocurridos que generaron scrap. Diseño propio.

Como se puede observar en la Figura 4, los defectos ocurridos en las piezas producidas que fueron consideradas scrap, son los siguientes: 8, 11, 20, 1, 17, 10, 5, 16, 27, 3, 4, 6, 33, 22, 2, 19 y 9, los cuales contribuyeron en un 80% en la generación del scrap del área de maquinado. En la Figura 5 se presenta el análisis por número de parte.

### Análisis de los Números de parte

Para el análisis de los números de parte producidos, se consideraron los que fueron rechazados y llevados al área de scrap en el periodo comprendido del 7 de enero al 2 de junio del 2021. Debido a la gran cantidad de números de parte que se corren diariamente y que gráficamente no se pueden apreciar, el análisis se hizo para varios periodos de tiempo. La contribución de los números de parte en la generación del scrap, por periodo de tiempo, se muestra en las Figuras 5-11.



Figura 5. Contribución de números de parte en el scrap del mes de enero. Diseño propio.

La Figura 5, muestra que el 80% del scrap que se generó durante el mes de enero del 2021 fue producido por los números de parte 415, 954, 82, 138, 563, 591, 592, 608, 121, 131, 360, 391, 414, 511, 589 y 10. En la Figura 6 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos durante el mes de febrero y que generaron scrap.

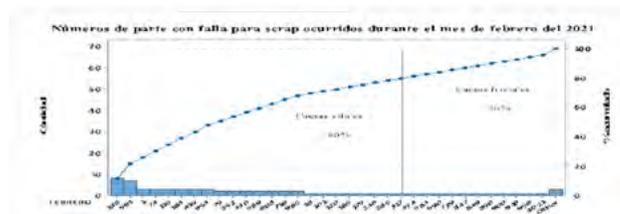


Figura 6. Contribución de números de parte en el scrap del mes de febrero. Diseño propio.

La Figura 6, muestra que el 80% del scrap que se generó durante el mes de febrero del 2021 fue producido por los números de parte 138, 591, 1, 74, 115, 184, 415, 954, 75, 252, 430, 589, 608, 716, 965, 18, 101, 120, 165, 175, 246, 285 y 317. En la Figura 7 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos durante la primera mitad del mes de marzo del 2021 y que generaron scrap.

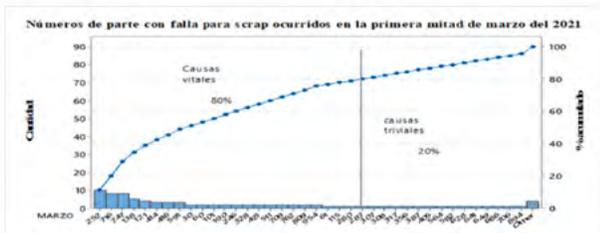


Figura 7. Contribución de números de parte en el scrap de la primera mitad del mes de marzo. Diseño propio.

La Figura 7, muestra que el 80% del scrap que se generó durante la primera mitad del mes de marzo del 2021, fue producido por los números de parte 252, 716, 747, 138, 121, 414, 416, 591, 30, 60, 101, 190, 246, 328, 473, 511, 709, 762, 809, 954, 61, 115, 280 y 287. En la Figura 8 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos durante la segunda mitad del mes de marzo del 2021 y que generaron scrap.



Figura 8. Contribución de números de parte en el scrap de la segunda mitad del mes de marzo. Diseño propio.

La Figura 8, muestra que el 80% del scrap que se generó durante la segunda mitad del mes de marzo del 2021, fue producido por los números de parte 954, 511, 591, 563, 220, 990, 1, 2 y 10. En la Figura 9 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos durante el mes de abril del 2021 y que generaron scrap.

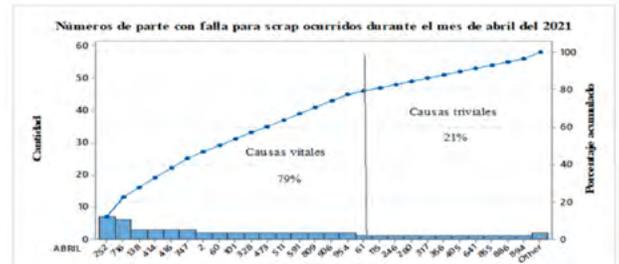


Figura 9. Contribución de números de parte en el scrap del mes de abril. Diseño propio.

La Figura 9, muestra que el 79% del scrap que se generó durante el mes de abril del 2021, fue producido por los números de parte 252, 716, 138, 414, 747, 2, 60, 101, 328, 473, 511, 591, 809, 906, 954 y 61. En la Figura 10 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos en el periodo del 3 al 19 de mayo del 2021 y que generaron scrap.



Figura 10. Contribución de números de parte en el scrap en el periodo del 3-19 de mayo. Diseño propio.

La Figura 10, muestra que el 79% del scrap que se generó durante el periodo del 3 al 19 de mayo del 2021, fue producido por los números de parte 252, 138, 429, 323, 60, 61, 120, 847, 101, 121, 591, 621, 1, 18, 37 y 50. En la Figura 11 se muestra la contribución que tuvieron los números de parte producidos en el periodo del 20 de mayo al 2 de junio del 2021 y que generaron scrap.

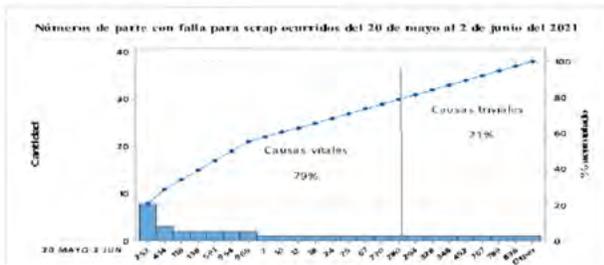


Figura 11. Contribución de números de parte en el scrap en el periodo del 20 de mayo al 2 de junio. Diseño propio.

La Figura 11, muestra que el 79% del scrap que se generó durante el periodo del 20 de mayo al 2 de junio del 2021, fue producido por los números de parte 252, 414, 118, 138, 591, 954, 965, 2, 10, 12, 18, 24, 25, 67, 220 y 280.

## Conclusión

Después de haber analizado la información correspondiente a los factores que contribuyen en la generación del scrap, y que son la causa de la baja eficiencia en producción que presenta el taller de maquinado, se puede establecer que la participación que tienen los operadores, las máquinas y los números de parte en la fabricación de piezas, y como consecuencia, en la generación del scrap, se puede deber principalmente a la operación del taller de maquinado sujeto al análisis, cuya producción por lotes de bajo volumen-alta mezcla origina que las máquinas y los operadores cambien constantemente el número de parte a fabricar, el tipo de material a utilizar, y como consecuencia, la herramienta de trabajo y de corte, los tipos de mantenimiento y los set ups proporcionados al equipo y al herramental para la fabricación de las piezas. Esto se refleja en la cantidad y tipos de fallas presentadas diariamente, provenientes de distintos orígenes, entre los que se encuentran los de origen mecánico,

de error humano, por tratamientos térmicos, por el material e imprevistos, lo cual sería conveniente analizar.

## Referencias

- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R. y Rocha, M. (2021). El Diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: Una revisión de los últimos 7 años. TAMBARA. Edición 14. No. 84. pp. 1212-1230.
- González, J., Riverola, J. Análisis de Causa Raíz como herramienta de manejo. Aplicación a la identificación y corrección de deficiencias. (2004). España. pp. 19-28.
- Hitoshi, K. (1992). Herramientas estadísticas básicas para el Mejoramiento de la Calidad. España. Ed. Norma S.A.
- Levy M. y Varela M. (2003). Análisis multivariable para las ciencias sociales. 1ª ed. Editorial Pearson Educación. ISBN: 84-205-3727-6. Madrid España. p 420.
- Sagaró N., Zamora L. Evolución histórica de las técnicas estadísticas y las metodologías para el estudio de la causalidad en ciencias médicas. MEDISAN 2019; 23(3): 534-556.
- Villarreal O. y Landeta J. El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la Empresa. Una aplicación a la internacionalización. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, 2010; 16(3) 31-52.



# Estudio sobre la cultura de los consumidores MiPyME comercial de San Luis Río Colorado, Sonora

Sonia Maribel Félix Meza<sup>1</sup>, Xóchitl Soto Luzanía<sup>2</sup>, Eduardo Coronado De los Reyes<sup>3</sup> y Dagoberto Gaxiola Machain<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Tecnológica de San Luis Río Colorado

Ave. Jalisco y calle 59 s/n

San Luis Río Colorado, Sonora, País,

C.P. 83458.



**Correo correspondiente**

sonia.felix@utslrc.edu.mx

## Resumen

Resulta importante conocer cómo afecta a las MiPyMES de la ciudad de San Luis Río Colorado, Sonora, la cultura de consumo que existe en la población, considerando los gustos, preferencias y estilos de vida, en relación con la preferencia de elegir comercios extranjeros y/o fuera de la ciudad, esto debido a la ubicación geográfica fronteriza, la cual colinda con ciudades del estado de Arizona en Estados Unidos, así como con Baja California. Para ello se realizó una investigación de mercado, con el propósito de conocer la tendencia de consumo de los sanluisinos, obteniendo como resultado, que las personas mantienen un consumo conservador, y de forma local, en donde la mayoría de los encuestados señalaron su preferencia por las marcas nacionales, dejando de lado marcas de renombre que pueden adquirir en las ciudades que colindan con la ciudad de San Luis Río Colorado.

## Abstract

It is important to know how the culture of consumption that exists in the population affects the MiPyMES of the city of San Luis Río Colorado, Sonora, considering tastes, preferences and lifestyles, in relation to the preference to choose foreign businesses and / or outside the city, this due to the border geographic location, which borders cities in the state of Arizona in the United States, as well as Baja California. For this, a market research was carried out, with the purpose of knowing the consumption trend of Sanluisinos, obtaining as a result that people maintain a conservative consumption, and locally, where most of the respondents indicated their preference for national brands, leaving aside renowned brands that can be purchased in the cities that adjoin the city of San Luis Río Colorado.

**Palabras clave:** Consumo, Cultura, comportamiento, cliente, MiPymes.

**Keywords:** Consumption, Culture, Behavior, Customer, MiPymes.

---

## Introducción

San Luis Río Colorado es una ciudad que se encuentra en crecimiento social y económico, por lo que el aumento comercial ha ido incrementando en la localidad en donde van surgiendo nuevas MIPYMES enfrentándose a la competencia y a las distintas maneras de pensar de los consumidores, surgiendo así riesgos, por lo tanto, es importante conocer las decisiones de compra de los consumidores.

Es importante conocer cómo la cultura de un hogar afecta a las diferentes empresas, debido a que cada individuo realiza sus compras de acuerdo a sus criterios. Las modas y las tendencias pueden ser factores que influyen al momento de decidir la compra de productos de vestimenta y calzado incluso hasta productos de la canasta básica.

Para ello se realizó una investigación con el objetivo de conocer la cultura de compra, tipo de economía, y los factores del comportamiento del consumidor que afectan a los negocios de la localidad.

Para obtener la información se aplicó una encuesta en relación a los ingresos mensuales, la cantidad de desembolso mensual en los diferentes sectores de consumo que existe como los son el sector restaurantero cuestionando los gustos y preferencias que las personas tienen referente a este tipo de giro, incluyendo productos de canasta básica realizando preguntas acerca de la cantidad desembolsada y el por qué realizan compras en un lugar en específico y así como otro sector que es la vestimenta y calzado preguntado por las modas y tendencias, preferencias y en qué se basan para adquirir un producto.

Con la realización de esta investigación se busca ayudar a las empresas, empresarios y personas involucradas en el área de los negocios a entender, cómo los consumidores actúan antes de la decisión de compra, por qué compran en ese lugar y cómo influye todo lo que está detrás ellos en lo que se refiere a economía del hogar, cultura de consumo y cómo se comporta ante los productos de su preferencia.

## Antecedentes del problema

San Luis Río Colorado es una ciudad joven, que colinda con el estado de Baja California y Arizona en Estados Unidos, con una economía estable que al pasar de los años ha ido cambiando poco a poco, con altas y bajas en su economía, aunado a que los residentes de las fronteras vecinas han dejado de consumir en los negocios locales. Desde hace muchos años algunos de los habitantes de la ciudad, han desarrollado actividades laborales en Estados Unidos de América trayendo con ello la circulación de la divisa del dólar, logrando un movimiento en el intercambio de divisas en la localidad. Muchos de los residentes también adoptaron la cultura de comprar en las ciudades vecinas fronterizas, dejando de lado los comercios de la localidad.

## Justificación del problema

Es conveniente realizar esta investigación a los consumidores en la ciudad de San Luis Río Colorado, Son., debido a que no existe ninguna investigación previa enfocado en el área del estudio de la cultura del consumidor, presentando así un problema para los comercios y para los nuevos emprendedores.

Dichos problemas se pueden presentar como un crecimiento lento en las empresas o simplemente los dirige hacia la bancarrota y con mayor razón a los nuevos negocios innovadores que se establecen en la ciudad, por el desconocimiento de la cultura y tendencia de compra de los consumidores.

## Objetivo de la investigación

El objetivo de la investigación es conocer las variables del porqué las empresas micro, pequeñas y medianas tienen un corto ciclo de vida en la ciudad de San Luis Río Colorado.

## Objetivos específicos:

- 1.- Conocer la cultura de compra de los ciudadanos de San Luis Río Colorado.
- 2.- Conocer el tipo de economía de los ciudadanos de la ciudad.
- 3.- Descubrir el comportamiento, hábitos de compra y consumo y estilo de vida de los consumidores de la ciudad.

## Preguntas de investigación

- ¿Cómo influye la cultura de los ciudadanos en las micro, pequeñas y medianas empresas?
- ¿Qué tipo de economía existe en la sociedad sanluisina?
- ¿Qué factores del comportamiento de compra del consumidor afecta a los negocios de la ciudad?

## Alcances y limitaciones

Será favorable para todas las MiPymes de la localidad, puesto que se conocerán los factores que afectan al crecimiento de las mismas y por qué el comportamiento de la sociedad y el consumidor son parte fundamental de su ciclo de crecimiento.

Los emprendedores y negocios entrantes del mercado también se favorecerán dándoles puntos clave al momento de iniciar a comercializar un producto o servicio.

Una limitación es que es una investigación rigurosa dado que se debe estudiar profundamente al consumidor y a la sociedad por medio de encuestas y un estudio socioeconómico las cuales son herramientas para obtener información específica confiando en la sinceridad de la población.

## Marco teórico

Es de vital importancia que las MiPymes en México en desarrollo identifiquen los posibles problemas y desafíos que enfrentarán a lo largo de su crecimiento para crear estrategias que ayuden al éxito de la misma.

Para tener una dimensión de la problemática de mortalidad de las Pymes en México basta mencionar que, de cada 100 empresas constituidas, 90 no alcanza a llegar a los dos años de existencia, que es un índice de mortalidad muy elevado, porque en otros países industrializados esta cifra está al menos en 40%. (Molina, Lopez, & Contreras, 2014, pág. 61)

Es de vital importancia que las empresas tengan la información pertinente para analizar el mercado de manera eficiente e identificar las oportunidades que puedan descubrir en el segmento estudiado, así como el autor define, oportunidad de mercado de la siguiente manera:

“Una determinada situación en la que existen personas, empresas u organizaciones con una necesidad o deseo, poder adquisitivo y disposición para comprar; y en el cual, existe una alta probabilidad de que alguien (persona, empresa u organización) pueda satisfacer esa necesidad o deseo a cambio de obtener un beneficio o utilidad”. (Kotler, 1999, pág. 59).

Por lo tanto, el crecimiento de estas empresas proviene del cómo estas perciben y aprovechan las oportunidades que el mercado brinda.

Para ello, es necesario el desarrollo de investigaciones de mercado que ayuden a obtener la información necesaria y clave para el beneficio de éste sector, a través del uso de herramientas metodológicas para la recopilación de datos, como lo son las encuestas, ya que brindan información verídica y sencilla de manejar para su análisis, identificado las variaciones arrojadas de los consumidores, tal como lo menciona Richard L. Sandhusen: “las encuestas obtienen información sistemáticamente de los encuestados a través de preguntas, ya sea personales, telefónicas o por correo”. (Sandhusen, 2006, pág. 229)

Los consumidores van cambiando su comportamiento y la forma en que deciden adquirir un producto o servicio. Cada día con el paso del tiempo se van creando nuevas ideas de lo que buscan ya sea por los diferentes entornos sociales por los que se encuentran rodeados o por decisión propia y junto con esto creando sus propios criterios para evaluar la calidad.

Las tendencias son movimientos que suceden siempre a nivel “macro” (macroeconómico y macro social) pero se expresan en la vida de cada uno, en la microhistoria, en las conductas de todos los días. Lo más interesante es observar cómo se van manifestando en cada país, en cada sociedad, en cada producto, en cada situación vital (Massonnier, 2008, pág. 15).

El consumismo llega a afectar de cierta manera a la economía local, ya que existen empresas y compañías extranjeras que se encuentran posicionadas respecto a los productos y/o servicios que estas ofrecen. Las personas optan por adquirir productos de la marca más reconocida solo para satisfacer algún deseo o anhelo de poseer artículos de esta índole, es aquí donde se observan los cambios en los hábitos de consumo que ocasiona la globalización.

El estatus tiene una relación entre consumo, estilo de vida y la planificación social, con lo cual determina la manera de pensar y actuar de los individuos, con el propósito de pertenecer a un grupo social que cumpla las mismas expectativas a las que aspiran llegar, uno de los principales conceptos para la determinación de una asociación, es el poder económico con el que cuenta la persona, creando una separación social total.

“Fue Max Weber quien estableció la primera relación entre consumo, estilos de vida y estratificación social, ya que utilizó este concepto como uno de los aspectos que consti-

tuyen su noción de estatus. El estilo de vida está determinado por la cualificación, el poder y los ingresos en el sistema económico. Este concepto, por tanto, se extiende más allá de lo relacionado con la esfera productiva, ya que los estilos de vida se refieren a modos de conducta, habla y pensamiento, definiendo las actitudes de los grupos y sirviendo como modelo de conducta para aquellos que aspiran a ser miembros de dichos grupos” (Rodríguez, 2012, pág. 9).

## Metodología de la investigación

Es una investigación de tipo descriptiva cuantificable donde la metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación. Para conocer la cultura de los consumidores de la ciudad de San Luis Río Colorado se aplicaron encuestas a los clientes de los comercios restauranteros y de primera necesidad donde el mercado objetivo fue mayor de 17 años quienes en su mayoría ya cuentan con ingresos económicos propios.

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia debido a la situación de pandemia ocasionada por Covid-19, determinando un total de 100 encuestas.

La aplicación del instrumento, se utilizó como herramienta los medios digitales, debido a la restricción de interacción presencial entre personas por la misma situación del Covid-19.

Para la construcción del instrumento, se elaboraron 53 preguntas estructuradas con opción de respuestas de opción múltiple, dicotómicas y escala Likert, relacionadas a los gustos, preferencias y estilos de vida de los consumidores ante el comercio restaurantero, el consumo de ropa y calzado y consumo de primera necesidad, preguntas básicas para

conocer el perfil del consumidor, así como preguntas relacionadas a los protocolos de salud por el Covid-19.

La creación de esta encuesta además involucra la situación actual de la pandemia Covid-19 ayudando a la investigación de éste proyecto para estar prevenidos en futuros escenarios.

Para el vaciado e interpretación de la información, se utilizó el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences por sus siglas en inglés (SPSS), así mismo el instrumento fue validado con la prueba estadística Alfa de Cronbach para las preguntas con escala Likert y con la prueba de chi cuadrado para las variables dicotómicas, con tablas comparativas.

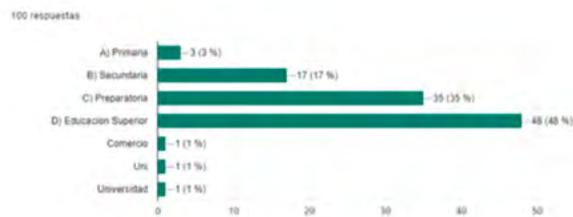
## Hipótesis

Algunos de los habitantes de la localidad prefieren consumir diferentes tipos de productos fuera de la ciudad ya sea en Baja California e incluso en ciudades del país vecino.

## Resultados

Se muestran las tablas más relevantes con los resultados obtenidos.

Tabla 1. Nivel de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Como información básica de las personas encuestadas, el 48% indicaron que cuentan con Educación Superior, el 35% cuentan con nivel Preparatoria, 17% cuentan con Secundaria y sólo 3% de encuestados cuentan con educación Primaria.

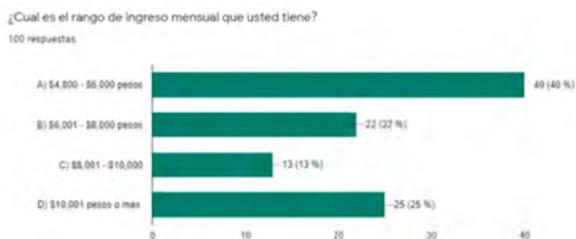
Tabla 2. Ocupación de los encuestados



Fuente: Elaboración propia.

El 56% de las personas encuestadas señalaron que cuentan con un trabajo y el 44% de las personas indicaron que no trabajan.

Tabla 3. Ingresos mensuales de los encuestados.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar el 40% de los encuestados, tiene un ingreso mensual que va de \$4,800 pesos - \$6,000 pesos, el segundo grupo, con un 25% de respuestas per-

tenece a personas que cuentan con un ingreso de \$10,001 pesos o más al mes, el tercer grupo indica un 22% de personas que cuentan con un ingreso mensual de entre \$6,001 - \$8,000 pesos y por ultimo tan solo un 13% cuentan con un ingreso mensual de entre \$8,001 - \$10,000 pesos, es importante conocer el ingreso de la población para determinar qué tipo de consumo existe.

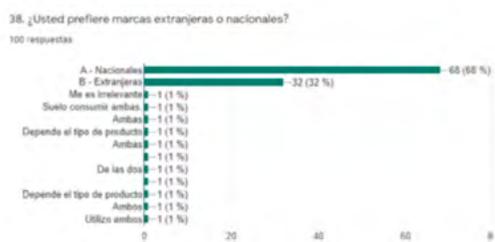
Tabla 4. Preferencia del servicio restaurantero.



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en la gráfica que más de la mitad de las personas que realizaron la encuesta con un 68% consumen comida en restaurantes de comida rápida, lo que quiere decir que la ciudad de San Luis Río Colorado, tiene alto índice en el consumo de este giro de negocio. La segunda opción con mayor número de respuesta con el 40% fue el consumo en restaurantes familiares de los cuales existe una amplia variedad en la ciudad. Y por último con un 11% de respuesta están los restaurantes saludables, el cual indica que existe muy poco consumo por parte de la población hacia este tipo de negocio restaurantero.

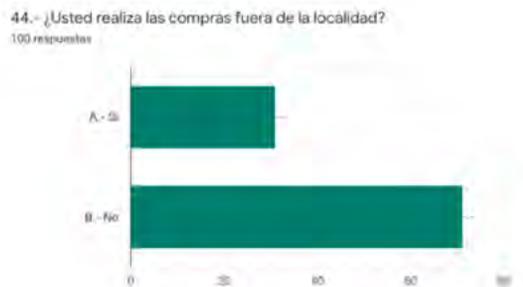
Tabla 5. Preferencia marcas.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados, se puede observar que un 68% de los encuestados prefiere las marcas nacionales, mientras que un 32% prefiere las marcas extranjeras.

Tabla 6. Preferencia de consumo.



Fuente: Elaboración propia.

San Luis Río Colorado se encuentra en una zona geográfica fronteriza colindando con Estados Unidos de América y por terreno mexicano con la ciudad de Mexicali, la capital de Baja California Norte, es común que los habitantes de la localidad cuenten con la documentación para ingresar al país vecino y adquirir distintos productos, ésta es la razón por la que se preguntó si realizan compras de la canasta básica en ciudades vecinas, a lo que 23% de las personas respondieron que sí, y el 78% respondió que no adquieren productos fuera de la ciudad.

## Conclusión

De acuerdo a los principales hallazgos, se destacan que el nivel económico en la ciudad de San Luis Río Colorado es favorable y factible para la adquisición de los productos que se ofertan, ya que el 78% de los encuestados realizan sus compras dentro de la ciudad y solamente el 23% realizan compras fuera de la ciudad, lo que indica que prefieren consumir localmente.

A pesar de que existe desempleo en la ciudad, el consumo no se encuentra afectado debido que las personas que no cuentan con ingresos económicos, son consumidores secundarios, es decir, no gastan, pero consumen lo que el consumidor primario adquiere.

Se encontró que la mayoría de los consumidores que adquieren la canasta básica, lo hacen en supermercados que existen en la localidad y que se encuentran en una ubicación de conveniencia para los clientes, no siguen modas y tendencias, manteniendo un consumo de tipo conservador.

Por otro lado, en el área restaurantera, se observó la preferencia de consumo en establecimientos de comida rápida en lugar de comida saludable o restaurantes familiares.

En cuanto a las compras de vestimenta y calzado, se obtuvo una periodicidad de consumo de manera trimestral y semestral.

De manera general, la mayoría de las personas encuestadas indicaron que prefieren las marcas nacionales por la calidad y por el apoyo a la economía tanto local como nacional.

## Discusión

Por lo tanto, de acuerdo a esta investigación, los consumidores sanluisinos muestran una preferencia por consumir de manera local y marcas nacionales, mostrando una cultura de apoyo local fortalecida, a diferencia de los resultados obtenidos sobre los patrones y hábitos de consumo en Baja California en 2002 por Sierra y Serrano, ahí se concluye que básicamente éstos hábitos son resultado de una serie de acontecimientos geográficos, económicos, políticos, sociales y culturales que marcan la forma en que eligen los productos que incluyen en la canasta, la cual está influida por el estilo de vida del estado de California en Estados Unidos, y se ha encontrado que por costumbre los bajacalifornianos tienen previsto cruzar al país vecino a comprar ciertos artículos debido a que los precios y calidad son más competitivos que los de los productos de la localidad y que hay más diversidad.

## Referencias

- Borrás. (1998). Consumo, clases sociales y estilo de vida. *Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*, 75.
- Cortina. (2002). El consumo como actividad social. *Revista crítica de ciencias sociales y jurídicas*.
- Kotler, P. (1999). *Marketing*. Prentice Hall Mexico.
- Massonnier, V. (2008). *Tendencia de mercado*. México: Ediciones Granica México S.A. de C.V.
- Molina, S. R., Lopez, S. A., y Contreras, S. R. (2014). El emprendimiento y crecimiento de las Pymes. En R. Molina Sanchez, A. Lopez Salazar, & R. Contreras Soto, *Acta Universitaria Vol. 24* (pág. 61). Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- Rodríguez, S. (2012). Consumismo y Sociedad: Una visión crítica del homo consumens. *Nomadas: Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 34(2). doi:1578-6730
- Sandhusen, R. (Julio de 2006). Promonegocios.net.

Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Promonegocios.net: <https://www.promonegocios.net/mercadotecnia/encuestas-definicion.html>

Sierra, O., y Serrano, S. (Agosto de 2002). Patrones y hábitos de consumo en Baja California. *Comercio Exterior*, 52(8), 9. Obtenido de <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/21/7/RCE.pdf>



# Abstracción y transferencia del concepto de variación en distintos contextos y representaciones

Juan Ernesto Chávez Prieto<sup>1</sup>, Bárbara Alexandra Anaya Sánchez<sup>2</sup>, Juan Ernesto Chavez Pierce<sup>3</sup> y David Francisco Gardea Medrano<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Avenida del Charro 350 Nte. Ciudad Juárez Chihuahua.



**Correo correspondiente**

juan.chavez@uacj.mx

## Resumen

La presente investigación tiene como finalidad analizar los niveles de abstracción en el estudiante en situaciones que involucran un pensamiento variacional. Esta investigación se llevó a cabo dentro de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez con un grupo que cursa la materia de Física II con el propósito de explorar como la articulación entre los sistemas de representación y distintos subcontextos puede ser una herramienta para favorecer el desarrollo de los niveles de abstracción matemática. Para esto, se diseñaron y administraron una serie de actividades basadas en la variación de diferentes funciones (cuadráticas, lineales y constantes), además de una tabla de relación en donde el estudiante transite y transfiera conocimientos entre distintos contextos y sistemas de representación. Las observaciones muestran que entre mayor sea el grado de abstracción y el número de subcontextos que pueda abordar de forma correcta un estudiante, mayor será el desarrollo de sus niveles de abstracción.

## Abstract

The present research aims to analyze the levels of abstraction in the student in situations that involve variational thinking. This research was applied within the Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, with a group that is studying Physics II, with the purpose of exploring how the articulation between representation systems and different subcontext can be a tool to favor the development of the levels of mathematical abstraction. For this, a series of activities based on the variation of different functions (quadratic, linear and constant) were designed and administered a series of activities, in addition to a relation table where the student transit and transfers knowledge between different contexts and representation systems. The observations that show that the higher the degree of abstraction and the number of subcontext that a student can resolved correctly, the greater the development of their levels of abstraction.

**Palabras clave:** Niveles de abstracción, contextos, sistemas de representación, visualización, recursos didácticos.

**Keywords:** Levels of abstraction, contexts, representation systems, visualization, teaching resources.

---

## Introducción

La mayoría de las investigaciones en matemática educativa han encontrado diversos problemas de entendimiento de los objetos y conceptos matemáticos. Uno de estos problemas de aprendizaje se relaciona con el manejo de diversos registros de representación en distintos contextos y subcontextos (Pecharroman, 2014). Los estudiantes muestran problemas relacionados con una falta de versatilidad en los cambios de representación. Una de las posibles causas es la enseñanza tradicional. Este tipo de instrucción se caracteriza por: 1) Un sistema de comunicación unidireccional maestro-alumno, 2) Uso de problemas de libro de texto, 3) Falta de contextualización de las situaciones de aprendizaje, 4) Bajo desarrollo del nivel de abstracción de los elementos de conocimiento que modelan los conceptos matemáticos, y 5) Una propuesta didáctica con situaciones de aprendizaje fundamentadas en una sola representación (Flores et. al.

2008). Otra posible causa es la poca importancia que se da en niveles básicos de educación a los registros como la base para leer e interpretar un objeto matemático, tal y como se hace por ejemplo con el manejo de las palabras y las imágenes, donde se intenta que el niño aprenda a leer, comprender y comunicar algún suceso de forma escrita y oral.

Este artículo presenta un estudio del desarrollo del nivel de abstracción matemática en el desarrollo del pensamiento variacional por parte de los estudiantes. La situación de aprendizaje se fundamenta en el desarrollo cognitivo de diversos subcontextos matemáticos y físicos a través del uso de distintas representaciones. Además, se explora el nivel de abstracción como un producto de la relación entre el número de estos subcontextos utilizados y el manejo de distintos registros de representación en los contextos matemático y físico.

## Problema de investigación

En la enseñanza de las matemáticas se pueden implementar actividades en donde el estudiante pueda auxiliarse de elementos simbólicos, gráficos y pictóricos en distintos contextos. Esto con el fin de que el estudiante se acerque a la aprehensión significativa de un objeto matemático. Sin embargo, pareciera que este recurso no ha sido explotado de forma correcta, por lo que en muchas ocasiones el estudiante solo recurre a una sola representación, intenta brincar de forma inmediata a las representaciones más abstractas, solo hace cambios de representación en una sola dirección o se queda anclado en un solo contexto matemático sin buscar cambiar a uno quizás más sencillo. Lo anterior suele generar confusión, generando que el estudiante pierda motivación por la actividad y la abandone. Partir de situaciones en diversos contextos físicos a través de actividades en donde el estudiante transite entre los distintos sistemas de representación de un concepto matemático puede facilitar la forma de adquirir y proporcionar variados significados matemáticos; "Es aquí donde la manera que se tiene de construir un conocimiento se encuentra ligada con su aplicación. De manera que el estudiante se apropie de dicho conocimiento tanto en el proceso de su generación como en la formalización del mismo" (Flores et. al. 2008).

Esta investigación se fundamenta en un marco conceptual sustentado en los sistemas de representación en distintos contextos y la visualización. Dichas teorías son una herramienta para la exploración de los niveles de abstracción desarrollados por el estudiante en fenómenos de variación. En este sentido, son muchas y variadas las posturas teóricas que han intentado abordar, analizar y explicar como el estudiante genera la construcción de conocimientos y que secuencias didácticas son las más adecuadas para ello.

En la matemática educativa se ha fortalecido la postura de que el aprendizaje de conceptos matemáticos se ve favorecido cuando se incorporan secuencias didácticas donde se utilizan y coordinan diversos sistemas de representación (Castro et. al. 2017). Por otra parte, Duval (1993), afirma que la construcción de un concepto matemático está relacionada con la capacidad de ligar sus registros de representación, ya que el funcionamiento cognitivo del pensamiento humano depende de la existencia de al menos dos registros de representación. Además, sostiene que los registros de representación semiótica deben permitir tres actividades cognitivas fundamentales:

- La formación de una representación.
- El tratamiento de una representación.
- La conversión de una representación.

Por otro lado, la teoría de la visualización en el proceso de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es de gran importancia, sobre todo con los conceptos que requieren mayor nivel de abstracción por parte del estudiante. Es una herramienta para invocar e interpretar sistemas de representación, además de facilitar un entendimiento significativo de conceptos matemáticos. La noción de visualización está fuertemente ligada a la capacidad para la formación de imágenes mentales. Lo que caracteriza a una imagen mental es hacer posible la evocación de un objeto sin que él mismo esté directamente presente (Castro,1995). Hay que señalar que no se puede entender la visualización como un simple acto de contemplar una situación, ya que se puede realizar la visualización inclusive sin haber mirado o haber estado frente a dicha situación. "En un sentido más amplio, entendemos que la visualización es la habilidad para representar, transformar, generar, comunicar, documentar y reflejar información visual en el pensamiento y el lenguaje del que se aprende" (Cantoral y Montiel, 2003).

## Metodología e instrumentos de análisis

Esta etapa de la investigación se desarrolló en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. En esta investigación participaron 17 estudiantes de la materia Física II. Las edades de los estudiantes oscilan en su mayoría entre los 18 y 22 años. Para el desarrollo de esta investigación, se diseñaron y administraron dos secuencias didácticas, la primera basada en el concepto de variación a través de subcontextos matemáticos en distintos registros de representación, mientras que la segunda en el concepto de variación a través de subcontextos físicos en distintos registros de representación. Ambas secuencias didácticas fueron realizadas a través de tablas de relación.

En la actividad, se les pidió a los estudiantes completar los espacios disponibles en cada tabla, las cuales contienen algunas situaciones de la variación y el cambio a través de distintos contextos. Este elemento de control cognitivo pretendió que el estudiante fuera capaz de explorar distintos registros (lenguaje natural, pictórico, gráfico, numérico y analítico) a través de distintos contextos y subcontextos. En una primera instancia el estudiante debió transitar por los distintos registros dentro de un mismo subcontexto, posteriormente por el mismo registro en distintos subcontextos y finalmente en distintas representaciones y distintos subcontextos. En la Figura 1, se presenta un extracto de las tablas de relación registro-subcontexto utilizadas en la investigación.

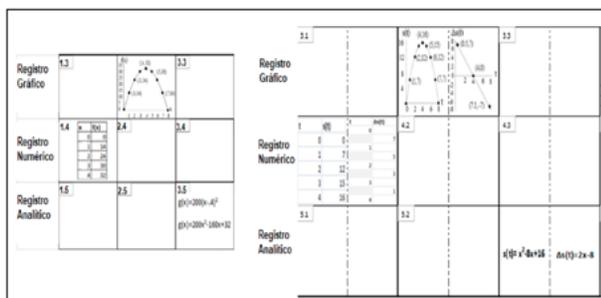


Figura 1. Extractos de las Tablas de relación registro-subcontexto.

## Resultados

El inicio para reconocer los niveles de abstracción será observando en las tablas de relación registro-subcontexto, cuantos subcontextos y registros puede manipular el estudiante. Se considera que el nivel de abstracción en el estudiante aumenta conforme los registros por los que transita van de lo concreto a lo abstracto y entre más subcontextos es capaz de manejar. Se analizarán cuatro aspectos en el llenado de las tablas de relación.

- Número de registros por subcontexto.
- Número de subcontextos por registro.
- Mayor grado de registro por subcontexto, al cual Díaz y Bermejo (2007) y Silvia (2009) se refieren como mayor nivel de abstracción.
- Mayor grado de registro y mayor número de R(r,s)'s. Se llama R(r,s)'s a los espacios de intersección entre registros y subcontextos.

En la Figura 2, se muestra un ejemplo de cómo se realizará el análisis de datos de los resultados obtenidos en las tablas por cada estudiante. Los cuadros sombreados en la tabla representan una respuesta correcta, en estos el estudiante mostró evidencia de dominar el registro-subcontexto correspondiente. Las coordenadas muestran la información de cada uno de los aspectos a analizar con base a la información extraída de las tablas.

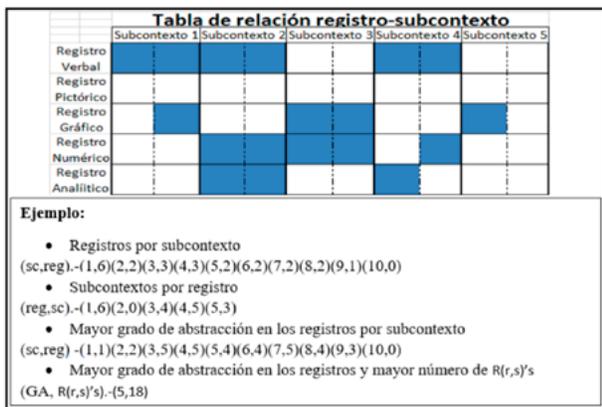


Figura 2. Estrategia utilizada para analizar los sistemas de representación en distintos subcontextos.

Después de obtener la relación entre el nivel abstracto de los registros y el número de R(r,s)'s por los que los estudiantes fueron capaces de transitar, se intentara determinar el nivel de abstracción alcanzado por dichos estudiantes en los contextos matemático y físico a través del modelo matemático (Figura 3). Esto con la intención de encontrar de forma cuantitativa un indicador numérico que describa cuál fue el nivel de abstracción logrado por cada uno de los estudiantes al momento de concluir su secuencia didáctica en la segunda etapa. Cabe señalar que este modelo matemático fue diseñado sólo con la intención de hacer más descriptivos los resultados obtenidos y están ajustados al diseño de esta investigación en particular.

$$\text{grado de abstracción en los registros} + \frac{1}{6} R(r,s)'s = \text{nivel de abstracción en Cont. Mat.}$$

$$\text{grado de abstracción en los registros} + \frac{1}{8} R(r,s)'s = \text{nivel de abstracción en Cont. Fis.}$$

Figura 3. Modelo matemático para obtener los niveles de abstracción matemática de cada estudiante.

### Número de registros por subcontexto.

En el análisis se observó que a excepción del subcontexto 5, son pocos los estudiantes que al trabajar en equipo lograron abordar tres registros distintos por subcontexto

matemático, en promedio dominan sólo dos de ellos. En este sentido, los estudiantes E7, E10 y E11 llenaron correctamente los espacios de tres registros distintos en al menos tres subcontextos diferentes, siendo E10 el estudiante que consiguió un mayor número de registros, alcanzando tres registros diferentes en cada uno de nueve subcontextos matemáticos. El estudiante que menos registros alcanzó fue E16, con apenas un registro en un solo subcontexto matemático. En la tercera sesión se encontraron mejores resultados, ya que, en promedio, la mayoría de los estudiantes lograron abordar tres registros por subcontexto. El estudiante E7 consiguió mayor número de registros, alcanzando cuatro registros diferentes por subcontexto físico, mientras que al igual que en la sesión pasada, el estudiante E16 fue el que menos registros alcanzó.

### Número de subcontextos por registro.

En el análisis se observó que en la primera sesión pocos estudiantes abordaron alrededor de cuatro subcontextos matemáticos por registro. Los estudiantes E6, E7 y E10 alcanzaron mínimamente cuatro subcontextos matemáticos en al menos tres registros distintos, siendo E10 el estudiante que consigue mayor número de subcontextos en los distintos registros. El estudiante que menos registros alcanzó fue E16, con apenas un subcontexto matemático en un solo registro. En la tercera sesión se encontraron mejores resultados, ya que en promedio la mayoría de los estudiantes logran abordar entre cuatro y seis subcontextos por registro, siendo E7 y E10 los estudiantes que en promedio alcanzan mayor número de subcontextos por registro. Además, al igual que en la sesión pasada, es E16 el estudiante que menos subcontextos alcanzó.

### Mayor grado abstracto en los registros por subcontexto

En el análisis se observó que, en la primera sesión, en la mayoría de los subcontextos contenidos en la tabla de relación, el grado de abstracción al que menos lograron acceder los estudiantes es el correspondiente al registro analítico. El

registro con mayor grado de abstracción alcanzado por la mayoría de los estudiantes es el que corresponde al registro numérico. Además, el estudiante que logró alcanzar mayor grado de abstracción en los registros por subcontexto matemático fue E10, quien en siete de los diez subcontextos matemáticos contenidos en la tabla consiguió llegar al registro con el grado de abstracción más alto (analítico). El estudiante E16 se quedó con el grado de abstracción más bajo en los registros, ubicándose en el grado 0 en la mayoría de los subcontextos matemáticos.

En la tercera sesión la mayoría de los estudiantes lograron acceder al menos en un subcontexto al registro con mayor grado de abstracción (registro analítico). Sin embargo, cerca de la mitad de los estudiantes no alcanzaron al menos un grado de abstracción en los subcontextos 9 y 10. Por otra parte, el estudiante que alcanzó mayor grado abstracto en los registros fue E7, quien en todos los subcontextos consiguió llegar al registro con el grado de abstracción más alto (registro analítico).

### Mayor grado de abstracción en los registros y número de R(r,s)'s

En la primera sesión la mayoría de los estudiantes alcanzaron el grado 4 correspondiente al registro numérico, abarcando un promedio de ocho R(r,s)'s. Cerca de la tercera parte de los estudiantes alcanzaron el último grado correspondiente al registro analítico, abarcando un promedio de trece R(r,s)'s. Únicamente un estudiante se ubicó en el grado 1 correspondiente al registro verbal, alcanzando una sola R(r,s)'s. En la tercera sesión se observaron mejores resultados, ya que todos los estudiantes lograron el grado más alto correspondiente al registro analítico, además de cubrir en su mayoría cerca de la mitad de las R(r,s)'s contenidas en la tabla de relación.

En las gráficas de dispersión de la Figura 4, se observa que cuando el estudiante logra transitar por la mayoría de los diversas R(r,s)'s, también logra transitar por los sistemas de representación más complejos y viceversa. Esto se observa cuando el número de puntos tiende a incrementarse conforme estos se van acercando hacia la parte superior derecha de dichas gráficas de dispersión.

En la primera sesión los valores eran cercanos entre sí, sin embargo, en la tercera sesión, los valores se dispersaron menos, por lo que pareciera que los estudiantes alcanzaron mayores grados de abstracción cuando estuvieron expuestos a la secuencia didáctica a través de un contexto físico. Posiblemente esto se deba a la estimulo y la manipulación continua de los subcontextos matemáticos, y los sistemas de representación manejados a lo largo de toda esta secuencia de aprendizaje para lograr una articulación de estos.

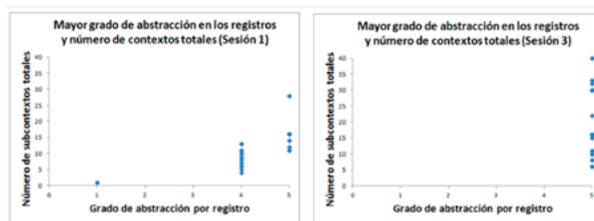


Figura 4. Mayor grado de abstracción en los registros y número de R(r,s)'s alcanzadas por los estudiantes

### Niveles de abstracción

Después de obtener la relación entre el grado de abstracción de los registros y el número de subcontextos por las que los estudiantes transitaron, se determinó el nivel de abstracción alcanzado por a través de los modelos matemáticos antes mencionados durante las sesiones uno y tres de esta etapa. Además, se analizó la media aritmética, la moda y la mediana de los valores encontrados para sondear del nivel de abstracción del grupo. Los resultados de los niveles de abstracción matemática obtenidos en la primera y tercera sesión a través del modelo matemático son mostrados en

la Figura 5. En esta se observa que, para la primera sesión, los niveles de abstracción matemática alcanzados por los estudiantes van desde el 1.16 (estudiante E16) hasta el 9.66 (estudiante E10). En general, los valores obtenidos en base al modelo matemático para determinar el nivel de abstracción en cada estudiante muestran valores de bajos a altos, siendo el promedio de todos estos 6, además de tener una mediana de 5.66 y una moda de 5.66 y 7.66 (bimodal). Mientras tanto, para la tercera sesión se puede observar que los niveles de abstracción alcanzados por los estudiantes van desde 5.75 hasta 10. En general, los valores obtenidos en el modelo matemático para determinar el nivel de abstracción en cada estudiante muestran valores altos, alcanzado un promedio grupal de 7.5, así como una mediana y una moda de 7.

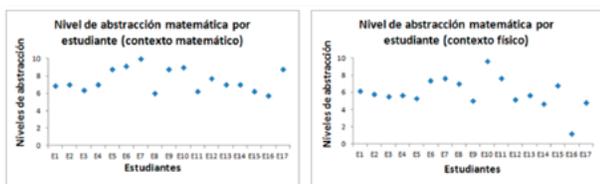


Figura 5. Gráfica de los niveles de abstracción matemática en los estudiantes del grupo de Física II

## Discusión

A través de esta investigación se logró valorar la efectividad de una propuesta didáctica fundamentada en la articulación entre diversos registros de representación y subcontextos. Esta propuesta metodológica tenía la intención de estimular en el estudiante el desarrollo de los niveles de abstracción matemática en base al concepto de variación. Se esperaba que los estudiantes de Física II mostraran cierta versatilidad para el cambio de registro y subcontextos, tanto en un contexto matemático como en uno físico. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que los estudiantes explotaron gran parte de los recursos que tuvieron a

su alcance de forma correcta, recurriendo al uso de diversas representaciones con distintos niveles de abstracción y realizando cambios de registros y de subcontextos en más de una dirección, lo que acercó a los estudiantes a un posible entendimiento significativo. Probablemente esto se debe a la estimulación y manipulación continua de los contextos físicos y matemáticos y los sistemas de representación manejados a lo largo de toda la secuencia didáctica para lograr una articulación de estos. Dado que los niveles de abstracción se incrementaron alrededor de un 20% de un contexto a otro, podríamos asumir que se cumple la idea principal planteada en esta investigación, la cual sostiene que entre mayor número de contextos logre transitar el estudiante y mayor grado de abstracción tengan los registros explorados, mayor nivel de abstracción habrá desarrollado el estudiante.

Si este tipo de estrategias fueran utilizadas correctamente durante los primeros años de la educación básica, el estudiante encontraría diversas vías para acceder al conocimiento matemático desde una temprana edad, lo que posiblemente estimularía el desarrollo de sus capacidades para la interpretación y el análisis de los conceptos matemáticos, facilitando la comprensión de las situaciones cotidianas donde dichos conceptos se involucran y permitiendo aplicar los mismos en una amplia variedad de contextos. Por ello, es importante incluir gradualmente secuencias de enseñanza-aprendizaje en todos los niveles educativos en donde se pueda analizar y medir como el estudiante explora los objetos matemáticos, transfiere conocimientos y desarrolla sus niveles de abstracción a través de la conversión de registros de representación y el manejo de distintos contextos y subcontextos. Estas estrategias tienen que ser desarrolladas de tal forma que los estudiantes abran espacio a la reflexión y el razonamiento, logrando así favorecer el desarrollo de habilidades cognitivas encaminadas a lograr un aprendizaje funcional.

Es importante que a futuro se realicen nuevos estudios relacionadas con los niveles de abstracción matemática, ya que la investigación al respecto es aún muy escasa. Esta propuesta de orden didáctico puede representar un inicio a la continuidad de este tipo de actividades. Es importante que además se realice un estudio profundo de los modelos de aprendizaje propuestos. Por ejemplo, un análisis de las respuestas y razonamientos proporcionados por los estudiantes durante la realización de los exámenes administrados durante la investigación. Este tipo de actividad podría ampliar los resultados de esta investigación proporcionando un panorama más amplio respecto al diseño de las actividades y sus posibles modificaciones. Esto con la finalidad de lograr mejores resultados en el entendimiento de los estudiantes respecto a los diversos tópicos de la variación y el cambio en función del tiempo.

## Referencias

- Cantoral, Ricardo y Montiel, Gisela. (2003). Visualización y pensamiento matemático: El caso de los polinomios interpoladores de Lagrange. *Números*, Núm. 55, 3-6. ISSN#0212-3096.
- Castro, Encarnación. (1995). Exploración de patrones numéricos mediante configuraciones puntuales. Granada: Editorial Comares, 1995. ISBN#8481512052.
- Castro María, González María. y Flores Sergio. (2017). Registros de representación semiótica del concepto de función exponencial. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 5(13), 1-12. ISSN#2007-8064.
- Díaz Juan y Bermejo Vicente (2007). Nivel de abstracción en los problemas aritméticos en alumnos urbanos y rurales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(3), 335-364. ISSN#1665-2436.
- Duval, Raymond. (1993). Registres de représentations sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*. IREM de Strasbourg, 5, 37-65. ISSN#0987-7576.
- Flores Sergio. Luna Juan. y Chávez Juan. (2008). El aprendizaje de la física y las matemáticas en contexto. *Cultura, ciencia y tecnología* 5(24), 19-24. ISSN#2007-0411.
- Pecharroman, Cristina (2014). El aprendizaje y la comprensión de los objetos matemáticos desde una perspectiva ontológica. *Educación matemática*, 11(5), 111-133. ISSN#1665-5826.
- Silvia, Carla. (2009). Matemática, contextualización de sus contenidos. *Revista argentina de psicopedagogía*, 62, 11,14. ISSN#1514-5603.



---

# Falta de honestidad en desempeño académico del alumno

---

*Julio César García Jiménez*

---

*Universidad Tecnológica de Cancún*

*Carretera Cancún-Aeropuerto, Km. 11.5 S.M. 299, Mz. 5, Lt 1*

*Cancún, Quintana Roo, México*



**Correo correspondiente**

[jgarcia@utcancun.edu.mx](mailto:jgarcia@utcancun.edu.mx)

---

## Resumen

La falta de valores en la actividad académica de los alumnos y específicamente, la falta del valor de la honestidad, la encontramos usualmente en acciones como; plagio, copia, etc. Esta falta de honestidad redundará en un pésimo desempeño académico. Lo anteriormente expuesto lo encontramos en diferentes niveles educativos, a partir de secundaria, preparatoria, pero especialmente a nivel universitario. De la misma forma, se intentará responder a las siguientes preguntas: ¿Por qué se da esta situación?, ¿Cuál fue el elemento detonante?, ¿Cuál es la situación actual? Para efectos de la investigación, se utilizará un tamaño de muestra con nivel de confianza del 90% igual a 46 alumnos de dos grupos de séptimo cuatrimestre de la Licenciatura en Gestión y Desarrollo turístico en la Universidad Tecnológica de Cancún. Se pudo determinar, en la discusión que la mayor parte del plagio (78%), se refiere a citar un texto o parte de él, sin mencionar al autor, lo que concluye que este desconocimiento podría subsanarse y evitar en la medida de lo posible el plagio mediante una intensa campaña de sensibilización y citado correcto.

## Abstract

The lack of values in student's academic activity, specifically the lack of honesty, is found usually in actions such as plagiarism, copying, etc. This lack of honesty results in a poor academic performance. The previous statement can be applied in different academic levels from secondary, high school but specially at the college level. In the same manner this work will attempt to answer the following questions: Why this situations occur? What was the set off? What is the current situation? For this research, the sample size will be have a level of trust of 90% and will equal a total of 46 students from two groups in the seventh semester of the Bachelor in Management and Tourism Development. During the discussion it was established that most cases of plagiarism (78%), is refered as citing a text, or a part of it, without mentioning the author, with which it can be concluded that this lack of knowledge could be fixed and plagiarism could be avoided through an intense campaign for sensibilization and correct quoting.

**Palabras clave:** Corrupción académica, problema de educación, falta de valores  
**Keywords:** Academic corruption, education problem, lack of values.

---

## Introducción

La falta de valores y específicamente, la falta de honestidad, representa un serio problema de comunicación entre el alumno y el profesor, ya que al carecer el alumno de este valor no comprende la importancia de ser honesto en cuanto al conocimiento que posee al elaborar un trabajo solicitado. Lo antes comentado genera una serie de resultados negativos como plagios, copias, etc. Que terminan por dañar el aprendizaje y el propio desempeño académico y hasta laboral del alumno.

Es de suma importancia concienciar y sensibilizar al alumno de la importancia de ser honesto al realizar su trabajo, sin recurrir a trampas y actos deshonestos que únicamente dejan en claro la falta de capacidad y habilidad de quienes recurren a estos actos reprobables y faltos de ética.

Se debe intentar eliminar este problema de raíz, ya que no atenderlo con la importancia debida podría provocar un crecimiento indeseable en detrimento de la calidad de la enseñanza y aprendizaje.

Se abordarán preguntas críticas de investigación que nos permitan entender ¿Qué ocasiona la falta de honestidad académica?, ¿Cuál fue el elemento que provocó el crecimiento de casos? y finalmente, ¿Cuál es el estado actual de esta falta de honestidad en la Universidad investigada?

Hablar de falta de honestidad no es sencillo, influyen una buena cantidad de factores, a más diversos y complicados, que van desde los atribuibles al alumno hasta los que apuntan hacia los profesores, sin embargo, por el enfoque de esta investigación se centrará en el alumno.

### ¿Qué ocasiona la falta de honestidad académica?

Estudios direccionados a la comprensión de los valores en niños y adolescentes (Piaget, 1932; Kohlberg, 1976; Turiel, 1984, 2012), plantean que existen etapas en el desarrollo y que desde la niñez hasta la adolescencia es problemática la comprensión de reglas morales y convencionales relacionadas con instituciones de tipo social, como la familia, la escuela, etc. que únicamente se comprenden y permean en el individuo a través de la práctica cotidiana y el desarrollo de sus habilidades cognitivas. Es mediante las interacciones sociales que se van regulando partiendo de valores y normas. Sin embargo, estos estudios no explican el comportamiento deshonesto de alumnos que supuestamente ya habían desarrollado criterios de moralidad y convención.

En otro aspecto, Sureda, Comas y Morey (2009), analizan las causas de plagio entre alumnos universitarios basándose en la opinión de los profesores, se determinan 19 probables causas de plagio por parte de los alumnos, de éstas, 6 están relacionadas con el comportamiento de los profesores, 9 con los alumnos y 1 con la facilidad del internet.

- Las respuestas obtenidas en orden de importancia fueron; la facilidad para realizar el plagio que ofrece el acceso a internet.
- El escaso valor que da al esfuerzo el propio alumno, considera más fácil copiar que hacer el trabajo el mismo.
- La mala administración de su propio tiempo que hacen los estudiantes.
- Los profesores no leían a profundidad los trabajos entregados.
- El exceso de trabajo solicitado por las diferentes materias.

·Los profesores no siempre consideraban a los trabajos para la calificación final.

En otro análisis interesante, presentado por Bandura (1999), nos presenta una disociación entre el pensamiento y la acción moral, usualmente, la conducta es regulada por códigos externos y sanciones sociales, las personas suelen adoptar estándares morales que sirven como guía para auto sancionar su conducta moral, también sirven para regular sus acciones por las consecuencias que recaerían sobre ellos mismos y se abstienen de una conducta que viole sus estándares morales, sin embargo, existen diferentes procesos que provocan que las personas se desvinculen de su conducta moral y justifiquen la falta de honestidad.

**Justificación del acto inmoral.** Este mecanismo considera que el fin justifica los medios y que a largo plazo esta conducta deshonesto le redituará mejores calificaciones, su lógica se basa en un pensamiento utilitario, pero también en un pensamiento comparativo de su conducta con la de otros compañeros, que puede ser igual o peor que la suya.

**Negación y rechazo de la responsabilidad individual.** Al enfrentarse a un conflicto, el alumno se niega a asumir su responsabilidad, considera que su conducta no afecta a nadie y no viola ninguna norma, su conducta deshonesto, es propiciada por factores externos que son la verdadera causa de su comportamiento.

**Negación y rechazo de las consecuencias negativas.** El alumno rechaza las consecuencias negativas de sus actos, considera que nadie saldrá afectado y hasta podrían obtener algún beneficio, esto provoca que se incrementen este tipo de actos, al sentir que nadie es dañado por esa conducta.

**La deshumanización de la víctima o los afectados.** Los afectados no tienen nombre para el alumno, puede ser todo

el grupo, la institución, etc. Al no tener un nombre específico, se elimina en cierta forma el sentimiento de culpabilidad, y se justifica la conducta con pensamientos como; "todos lo hacen", "todos copian", "todos hacen plagio", etc.

### ¿Cuál fue el elemento que provocó el crecimiento de casos?

Aunado a una cada vez más creciente falta de valores como la honestidad entre buena parte de la población estudiantil, el fenómeno y crecimiento sin precedentes de las TIC's, ha sido un factor determinante en el incremento del plagio académico.

En el ámbito de la educación superior, el incremento del plagio académico ha sido una constante en los últimos años (Heckler y Forde, 2015). Encuestas realizadas por las empresas Six Degrés y Le Sphinx Développement (2008) identificaron al internet como la principal fuente de documentación y más del 40% de los estudiantes admitieron que nunca habían citado las fuentes del material expuesto, resultado similar con lo expuesto por la investigación de Sureda (Comas, Sureda, y Oliver, 2011) realizada con 1,025 participantes, donde el 70% de los estudiantes universitarios admitieron copiar textos o fragmentos de texto para sus actividades académicas y presentarlas como propias, como un dato interesante, se pudo apreciar que cuanto mayor era el peso de la actividad en la calificación, menor era el porcentaje de plagio que se presentaba, demostrando una correlación entre la importancia de la actividad y el intento de plagio (Gómez, Salazar, y Vargas, 2013).

El estudio de Eret y Ok (2014), señala que la tendencia al plagio se incrementó con la llegada del internet, detonado también por limitaciones de tiempo, cargas de trabajo excesivas y alta dificultad de tareas asignadas, otro estudio de Kauffman y Young (2015), analiza la facilidad que las herramientas de copiar y pegar y la presentación de tareas influ-

yeron en sus actitudes hacia el plagio. El acceso inmediato a la información, ha llevado a algunos a percibirlo como un "conocimiento común" y a creer que todos lo pueden utilizar libremente.

### ¿Cuál es el estado actual de esta falta de honestidad en la Universidad investigada?

A pesar de contar con un reglamento universitario, la acción del plagio y sus consecuencias no se encuentran claramente definidas, en el capítulo séptimo, "bajas académicas", artículo 40, inciso I, especifica; "Por faltas en contra de la Universidad o de los miembros de la Comunidad Universitaria, cuando así lo determine la resolución que emita la autoridad competente.", en el capítulo décimo quinto, "de las faltas y sanciones", artículo 90, inciso III, menciona; "Falsificar documentos oficiales de la Universidad y/o utilizar documentos falsificados". Nuevamente nos encontramos con una laguna en cuanto a la especificidad de la determinación y sanción del plagio, quedando en realidad sujeto a la interpretación de las partes.

En la práctica diaria, cuando un profesor descubre un caso de plagio, ya verificado con evidencias, se procede a un apercibimiento al alumno, avisando al director de la división y al tutor del grupo al que pertenezca el alumno, se asigna una nota no aprobatoria para el trabajo plagiado y se lleva al alumno a la última oportunidad de acción de mejora que existe para que pueda aprobar la materia, la sanción llega hasta este nivel, no se procede por ejemplo a una corte de honor y justicia que determine su permanencia dentro de la Universidad, aun cuando han existido casos en los que se ha decidido sancionar al alumno con la baja definitiva, no han sido productos de plagios académicos.

Lamentablemente no existe registro ni control formal del número de plagios detectados por los profesores de la División lo que no permite tener algún indicador. Mediante

conversaciones sobre el tema con profesores de la División, se perciben principalmente dos tipos de plagios; el plagio por desconocimiento sin intencionalidad, provocado por el desconocimiento del alumno sobre el tema y por no saber citar y el plagio con intencionalidad absoluta, en la que el alumno presenta como propio un trabajo de internet o hasta de un compañero, en ocasiones, sin el consentimiento del mismo. En la mayor parte de los casos, han dado aviso a la Dirección, pero en algunos no, quedando a discreción del profesor hacerlo o no.

## Metodología

### a) Diseño

Se utilizó un cuestionario de 9 preguntas cerradas, aplicándose digitalmente en línea una sola vez, la población seleccionada fueron alumnos del séptimo cuatrimestre de la Licenciatura en Gestión y Desarrollo Turístico.

La investigación fue de tipo cualitativa.

El objetivo principal fue determinar si han incurrido en falta de honestidad realizando plagios en sus actividades académicas.

### b) Población y muestra

Para este estudio se determinó una población de 55 alumnos, de acuerdo al resultado de la fórmula para población finita con un nivel de confianza del 90%, la muestra fue de 46 alumnos.

La muestra se determinó probabilísticamente utilizando la fórmula para población finita.

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

*n (Tamaño de la muestra)* = 55 alumnos, con un nivel de confianza del 90%

### c) Consideraciones éticas

Para el consentimiento de los alumnos se informó en cada cuestionario el objetivo del mismo y que la participación era totalmente voluntaria y anónima, no se solicitó un solo dato personal al participante, únicamente la respuesta a situaciones relacionadas con la actividad del plagio.

## Resultados

Se obtuvo una participación mayor del número esperado, considerando que es un tema muy delicado del cual no todos los alumnos quieren hablar.

De acuerdo a la muestra se presentan los siguientes resultados:

El número de alumnos que han realizado plagio es menor al de los que no lo han hecho, solo el 23% ha plagiado, por un 73% que no lo ha hecho.

El 30% admitió haber entregado el trabajo de algún compañero como suyo.

El 78% admitió haber copiado parte de un texto sin citar al autor o la fuente.

El 37% ha cambiado parte del trabajo de otro y lo ha entregado como suyo.

El 15% ha solicitado ser incluido en un trabajo por equipo sin haber participado.

Un 47% ha hecho plagio por flojera.

El 52% ha realizado plagio por no saber realizar la actividad solicitada.

El 54% ha hecho plagio por falta de tiempo.

Un 17% ha realizado plagio por considerar que la actividad no valía la pena.

### a) Recolección de los datos

En este caso se decidió por el cuestionario digital en línea considerando sobre todo la suspensión de clases presenciales desde el inicio del confinamiento por covid19 y el uso de las TIC's como medio de enseñanza.

Se considera que el instrumento goza de validez por el anonimato que confirió al participante y la ausencia de solicitud de datos personales o de cualquier otro tipo.

El cuestionario estuvo disponible en línea por 4 días, del 8 al 11 de marzo de 2021.

### b) Análisis de los datos

Comparativo de colectivo de respuestas proporcionadas a cada pregunta del cuestionario.

1.- ¿Alguna vez has copiado un trabajo completo o parcial de internet y entregado como tuyo?  
46 respuestas



Figura 1. Resultado de copias de internet.

Fuente: Elaboración propia.

2.- ¿Alguna vez has copiado el trabajo de un compañero y entregado como tuyo?  
46 respuestas



Figura 2. Resultado de la pregunta.

Fuente: Elaboración propia.

3.- ¿Alguna vez has copiado parte de un texto sin haber citado la fuente o el autor?  
46 respuestas



Figura 3. Resultado al uso de texto sin citas.

Fuente: Elaboración propia.

4.- ¿Alguna vez has cambiado alguna parte del trabajo de otro y entregado como tuyo?  
46 respuestas



Figura 4. Resultado de la pregunta.

Fuente: Elaboración propia.

5.- ¿Alguna vez has pedido que te anoten en un trabajo por equipo, sin haber hecho nada?  
46 respuestas

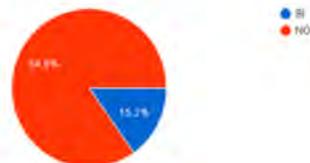


Figura 5. Resultado a tener crédito de un trabajo sin participación. Fuente: Elaboración propia.

6.- Si has hecho plagio, ¿ha sido por flojera?

46 respuestas

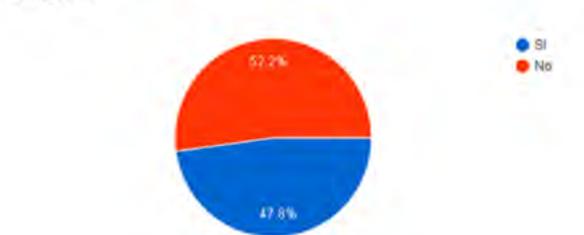


Figura 6. Respuestas a la pregunta 6.

Fuente: Elaboración propia.

7.- Si has hecho plagio, ¿ha sido por no saber realizar la actividad?

46 respuestas

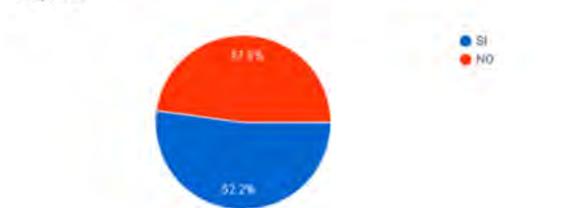


Figura 7. Respuestas a la pregunta 7.

Fuente: Elaboración propia.

9.- Si has hecho plagio, ¿ha sido por falta de tiempo?

46 respuestas

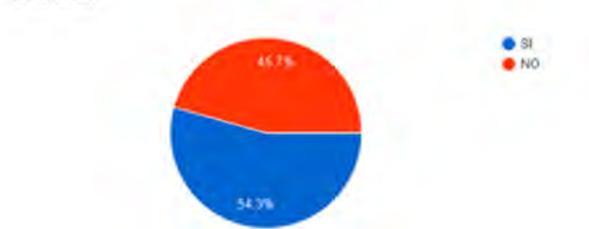


Figura 8. Respuestas a la pregunta 8.

Fuente: Elaboración propia.

10.- Si has hecho plagio, ¿ha sido por considerar que no valía la pena la actividad?

46 respuestas

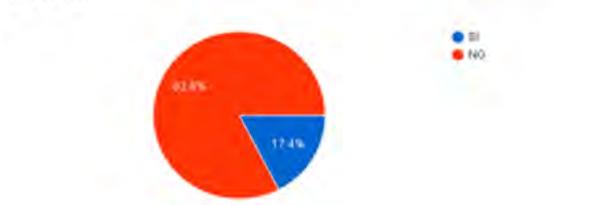


Figura 9. Respuestas a la pregunta 10.

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Como podemos apreciar, el mayor porcentaje de plagio se concentra en haber utilizado parte de un texto sin citar al autor o la referencia, esto fue admitido por el 78% de los encuestados en la pregunta número 3.

También llama la atención que el siguiente porcentaje significativo de plagio, fue haberlo cometido por falta de tiempo, de acuerdo a las respuestas en la pregunta número 9 por el 54%, lo que quizás nos llevaría a replantearnos la cantidad de trabajos y actividades asignadas al alumno.

Otro porcentaje importante admitió haber hecho plagio por no saber realizar la actividad, de acuerdo al 52% de las respuestas en la pregunta número 7, quizás valdría la pena replantear si el proceso de aprendizaje se está dando adecuadamente y si el alumno está alcanzando la comprensión del conocimiento impartido.

También es interesante saber que un 47% admitió haber cometido plagio por flojera, de acuerdo a las respuestas a la pregunta número 6, sería interesante analizar si realmente se trata de "flojera" como tal o esconde una falta de motivación en el alumno.

Un 37% admitió haber cambiado alguna parte del trabajo de otro y entregarlo como propio, de acuerdo a la pregunta número 4, este es uno de los aspectos en los que más se tendría que trabajar y reforzar el valor de la honestidad.

Finalmente tenemos a un 30% que admite haber copiado el trabajo de algún compañero y entregarlo como suyo, de acuerdo a la pregunta número 2, en este caso muchas veces tenemos un elemento más, el abuso de confianza, en ocasiones, el compañero que da prestado su trabajo no se entera que será objeto de plagio sin su consentimiento.

## Conclusiones

Como hemos logrado detectar, la mayor parte del plagio, (78%) se comete por utilizar parte de un texto sin citar al autor o la referencia, dejando de lado la intencionalidad del plagio, podría implementarse estrategias de sensibilización para intentar disminuir el número de casos, suponiendo que sea por desconocimiento del citado y referenciado por parte del alumno, es necesario también revisar la carga académica asignada al alumno y relacionada con los trabajos y actividades a realizar por el alumno.

Es importante resaltar que no se cuenta con un sistema de control ni base de datos adecuada que permita saber la frecuencia y tipos de plagio que se cometen por parte de los alumnos, lo que de llevarse a cabo, redundaría en un mejor control e información de las actividades de plagio detectadas, y permitiendo quizás implementar estrategias adecuadas para su prevención.

## Referencias

- Bandura, A. (1977). *Social learning theory*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall.
- Sureda, J., Comas, R. y Morey, M. (2009). Las causas del plagio académico entre el alumnado universitario según el profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación* (50), 197-220.
- Kohlberg, L. (1976). Moral stages and Moralization: The cognitive development approach. En Lickona, T. (Ed.). *Moral development and behavior: Theory, research and social issues*. Nueva York: Holt, Rinehart and Winston (ed. Español: *Estadios morales y moralización. El enfoque cognitivo-evolutivo*. *Infancia y Aprendizaje*, 18, 1982, 33-51).
- Piaget, J. (1932). *Le jugement moral chez l'enfant*. Paris: Alcan (Trad. al español: *El criterio moral en el niño*. Barcelona: Fontanella, 1971).

Turiel, E. (1984). *El desarrollo del conocimiento social. Moralidad y convención*. Madrid: Debate. [ Links ]

---(2012). Moral universality and relativism: variations in social decisions, social opposition, and coordination as bases for cultural commonalities. En Garcia, J. et al. (Comps.). *Construyendo mentes. Ensayos en homenaje a Juan Delval*. Madrid: UNED.



# Validación de los Resultados de Aplicación de la NOM-020-ENER-2011, Utilizando el Software Design Builder

Gustavo Zitacuaro Lara<sup>1</sup>, José Gustavo Leyva Retureta<sup>2</sup>, Ervin Jesús Álvarez Sánchez<sup>3</sup>, Fernando Aldana Franco<sup>4</sup>, Yazmin Rivera Peña<sup>6</sup>.

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Universidad Veracruzana

Circuito Gonzalo Aguirre Beltran

Xalapa, Veracruz Mexico, C.P. 9100



**Correo correspondiente**

guleyva@uv.mx

## Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de validar la fiabilidad con la cual está realizada la NOM-020-ENER-2011, debido a que dicha norma oficial mexicana, es la única en el país en regular la eficiencia energética en la envolvente de edificaciones no superiores a 3 pisos de altura. El alcance del presente trabajo se establece en la importancia de la misma norma, la aplicación de la norma a todos los edificios nuevo o ampliaciones de uso residencial, así como tener una norma oficial mexicana que a su vez esté validada con un software especializado en la materia y de uso internacional, obteniendo la certeza de que se tiene una norma actualizada a los estándares actuales. Para realizar la validación de los resultados provistos por la NOM-020-ENER-2011, la primera etapa consistió en el diseño de una hoja de cálculo en Excel que realizara de forma automática las operaciones requeridas, posteriormente se llevaron a cabo simulaciones en el Software Design Builder, siendo este un software especializado en el análisis energético y medioambiental de los edificios, para delimitar el área de estudio y tener resultados más precisos, se procedió a realizar el análisis en la ciudad de Xalapa, estado de Veracruz. El resultado principal dicta que el software

Design Builder si valida los resultados de la NOM-020-ENER-2011. Como conclusión se determinó que, aún teniendo un resultado positivo, la NOM-020-ENER-2011 tiene áreas de oportunidad, una de estas es la consideración del confort térmico del residente de la vivienda a evaluar.

## Abstract

This work was carried out in order to validate the reliability with which NOM-020-ENER-2011 is made, because this Mexican official standard is the only one in the country to regulate energy efficiency in the envelope of buildings not higher than 3 floors. The scope of this work is established in the importance of the same standard, the application of the standard to all new buildings or extensions of residential use, as well as having an official Mexican standard that in turn is validated with a specialized software in the field and international use, obtaining the certainty of having an updated standard to current standards. To validate the results provided by NOM-020-ENER-2011, the first stage consisted in the design of an Excel spreadsheet that would automatically perform the required operations, then simulations were carried out in the Design Builder software, this being a specialized software in energy and environmental analysis of buildings, to delimit the study area and have more accurate results, we proceeded to perform the analysis in the city of Xalapa, state of Veracruz. The main result shows that the Design Builder software does validate the results of NOM-020-ENER-2011. As a conclusion it was determined that, even having a positive result, NOM-020-ENER-2011 has areas of opportunity, one of these is the consideration of the thermal comfort of the resident of the house to be evaluated.

**Palabras clave:** Eficiencia energética, Norma Oficial Mexicana, Design Builder, comparación, envolvente.

**Keywords:** Energy efficiency, Official Mexican Standard, Design Builder, compared, envelope.

---

## Introducción

En el presente trabajo se comparan los resultados de la NOM-020-ENER-2011, mediante una hoja de cálculo de Excel utilizando los cálculos mencionados en la respectiva norma y comparándolos con el programa Design Builder. Design Builder es un software dedicado al análisis energético y

medioambiental de edificios utilizado de forma internacional. Así mismo analizar el confort térmico del usuario y analizar si la NOM-020-ENER-2011 es algo que toma en consideración para la realización de sus cálculos.

La NOM-020-ENER-2011 considera en sus cálculos las ganancias de calor por conducción y por radiación, por conducción a través de partes opacas por medio de los muros

y el techo, por radiación a través de partes no opacas en el techo y muros como un tragaluz o ventanas, así mismo, toma en consideración los materiales de los cuales están fabricados dichos componentes, debido a que no todos van a tener el mismo coeficiente global de transferencia de calor, la propiedad termodinámica que no considera la NOM-020-ENER-2011 es la convección, debido a que no considera circulaciones de masas de aire, sea naturalmente o provocadas.

Design Builder funciona a partir de la creación de un modelo en 3D que posteriormente se simulará para obtener diversos resultados energéticos, considera la interacción del edificio o el modelo creado con el medio ambiente, es decir, como se ve afectado debido al sol, viento, entre otros, permite además el simular distintos factores internos y externos, en los factores internos permite simular edificaciones con ocupación sea residencial, de oficina, entre otros, factores externos como la temporada del año en que se analizará, esto debido a que no en todo el año se tienen las mismas condiciones climáticas. Design Builder funciona creando lo que se denomina un año tipo, que es la recopilación de información de varios años y obteniendo un promedio de dicha información, con dicha información es con la que se llevará a cabo la simulación energética.

## Antecedentes

La NOM-020-ENER-2011 fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), con la colaboración de múltiples organismos, instituciones y empresas regula la normalización de la eficiencia energética en edificios para uso habitacional a través de su envolvente, teniendo como objetivo el racionalizar el uso de energía en los sistemas de enfriamiento. Específicamente la NOM-020-ENER-2011 es aplicable para cualquier edificio no superior a 3

pisos de altura en cualquier ciudad de la república mexicana. Al trabajar con la norma, se generan dos edificios a analizar, el edificio proyectado y el edificio de referencia, el edificio proyectado es aquel edificio real en el cual se basaran los cálculos, mientras que el edificio de referencia, como su nombre lo indica será únicamente de referencia y estará sujeto a modificaciones que se mencionan en la norma, tales como cambio en el área de las paredes, de las ventanas, así como cambio en el sistema constructivo y el tipo de vidrio empleados, el parámetro y criterio de aceptación de la norma radica en que la ganancia de calor del edificio sea menor o igual que la ganancia de calor del edificio de referencia. La fundamentación de la aplicación de la norma radica en otras dos normas, en la NOM-008-SCFI-2022 Sistema General de Unidades y la NOM-018-ENER-1997 Aislantes Térmicos para Edificaciones, características, límites y métodos de prueba. La aplicación práctica de la NOM-020-ENER-2011 es directa en el diseño de los edificios no superiores a 3 pisos de altura para uso residencial, al tener un diseño que cumpla con la norma, el edificio construido también cumplirá con esta, logrando así tener una eficiencia energética en la envolvente del edificio, lo que causa la disminución del uso de sistemas de enfriamiento para el edificio.

Existen regulaciones similares a la NOM-020-ENER-2011, a nivel nacional existe el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES), dicho programa pretende establecer un estándar para calificar los edificios (habitationales o comerciales) y ofrecer incentivos fiscales a los que tengan buena calificación, así mismo existen normas mexicanas de carácter voluntario del mismo tema, una de ellas es la NMX-AA-164-SCF1-2013 de Edificación Sustentable, dicha norma especifica los criterios y requerimientos ambientales mínimos de una edificación sustentable. A nivel internacional también existen múltiples certificaciones del tema, como la Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), dicha certificación es otorgada por el Consejo de Edificios Verdes

de Estados Unidos y evalúa el comportamiento medioambiental que tendrá un edificio a lo largo de su ciclo de vida, a su vez existe la Living Building Challenge creada por el International Living Future Institute, esta tiene un sistema de calificación en las construcciones sustentables, entre sus diversos requerimientos está el uso de la energía cero, el tratamiento de los residuos y el agua entre otros.

La importancia de la NOM-020-ENER-2011 radica en el ahorro energético del país, es una oportunidad para reducir el uso de energía con fines de enfriamiento residencial, en vez de ocupar energía eléctrica para enfriar un recinto, se haría por propiedades naturales de la misma construcción del edificio, al tener este ahorro energético se beneficia tanto la economía del usuario y la demanda de energía eléctrica a nivel nacional en el sector residencial también se vería disminuido, a menor demanda de energía eléctrica, las plantas generadoras tienen la oportunidad de bajar su producción, acercando la posibilidad de que únicamente la generación de electricidad sea producida por plantas de energía limpia, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero, así México estaría también cumpliendo con protocolos internacionales del cuidado medioambiental.

La NOM-020-ENER-2011 al ser una norma de carácter oficial, se ha ocupado en múltiples estudios para demostrar que edificios de interés cumplen con la norma. De acuerdo con la Memoria "Congreso Nacional de Vivienda 2013" y a un artículo de su contenido llamado "La Vivienda Net Zero Energy" en donde se llevó a cabo la evaluación de tres casos de estudio, en estos se llevó a cabo un análisis climatológico con herramientas de diagnóstico y diseño bioclimático para después poder comprobarlo con la vivienda de referencia según la NOM-020-ENER-2011, donde se comprobó que debido a las recomendaciones de diseño se logró reducir la ganancia de calor en la vivienda con diseño bioclimático [1].

Por su parte el artículo de nombre "Estudio de Eficiencia Energética del Aula Académica de un Centro Educativo Bajo la Norma NOM-020-ENER-2011" publicada en la Revista de Tecnología e Innovación, en su conclusión se menciona que aún aparte del estudio de la norma, se tiene que realizar un estudio de eficiencia energética enfocado al análisis de materiales a emplear en la envolvente de la edificación, de igual forma se realizar un análisis de iluminación debido a que en su caso de estudio el porcentaje de radiación solar es muy alto, generando que la edificación acumule mucha energía solar, provocando que el espacio se encuentre con una temperatura alta [2].

En el trabajo nombrado "Casa de campo bioclimática en Soledad de doblado Veracruz, México" muestran el procedimiento que se siguió para realizar y analizar un proyecto de arquitectura bioclimática, en dicho trabajo partieron desde el diseño de la casa de campo hasta el análisis climático de la zona, en el trabajo se procuró mantener un confort térmico al interior de la edificación, para sus evaluaciones térmicas ocuparon el software Ener-Habitat y la NOM-020-ENER-2011, en ambas evaluaciones se pudieron tener resultados favorables, teniendo conclusiones más precisas con el programa Ener-Habitat, se concluyó que en los meses de mayo, junio y julio se empieza a perder el confort térmico, mientras tanto, la NOM-020-ENER-2011 solamente arroja resultados positivos, es decir que si cumple con la norma [3].

Design Builder es un software muy ocupado para realizar este tipo particular de simulaciones energéticas, no únicamente ocupado en México, el software ha tenido un impacto mundial, como es el caso del trabajo que lleva por nombre "Análisis Higrotérmico de las Tipologías de Viviendas Contemporáneas de la Parroquia de San Pedro de la Bendita, Cantón Catamayo, Provincia de Loja/ Ecuador, mediante el Software Design Builder", logrando gracias al software determinar cuál era la mejor orientación para tener un confort

térmico dentro de las viviendas [4].

Por su parte el trabajo titulado "Análisis y Simulación Energética de un Sistema de Trigeneración para un Edificio en Brasil con DesignBuilder" que como su nombre lo indica, fue llevado a cabo en Brasil, se realizó un análisis paramétrico empleando los datos relacionados a las ganancias internas por ocupación, equipos e iluminación, el mismo programa permitió realizar el modelado de los sistemas de climatización, fue posible mediante una herramienta de HVAC que el programa ya incluye, lo que lo vuelve un software con capacidades múltiples [5].

La reforma energética cumple un papel importante, debido a que permite mantener el control de lo que suceda en temas energéticos en México, el gobierno de México al mantener el control es capaz de mantener sus regulaciones y hacer cumplir las normas comprometidas con el cuidado medioambiental de México.

## Método de análisis

El análisis se realizó en la ubicación de Xalapa, Veracruz, México, con coordenadas Latitud: 19.5426, Longitud: -96.9137 19° 32' 33" Norte, 96° 54' 49" Oeste. En la Figura 1 se muestra el croquis de la planta arquitectónica y la fachada de la vivienda, de igual forma muestra la posición de las ventanas, lo que sirve de referencia para poder obtener las medidas necesarias de la residencia.

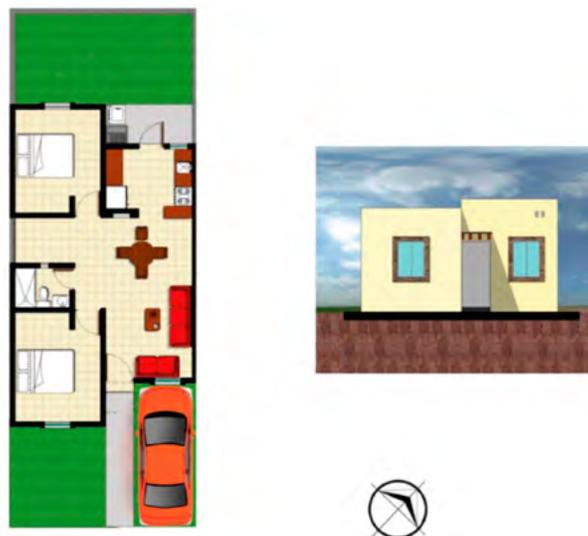


Figura 1. Croquis de planta arquitectónica y fachada de la vivienda evaluada

La norma indica que se debe comparar la ganancia total de calor de un edificio proyectado, al cual se nombrará "EP" y se deberá comparar con la ganancia total de un edificio de referencia, que se nombrará "ER", el edificio proyectado (EP) estará definido por las dimensiones y características de acuerdo al proyecto arquitectónico, mientras que el edificio de referencia (ER) será un modelo teórico que determinará el nivel máximo de ganancia total de calor, este tendrá distintas dimensiones geométricas que el edificio proyectado, así como características para la envolvente térmica distintas, dichas que serán establecidas por la norma.

Para que la norma se cumpla, la ganancia total de calor del edificio proyectado deberá ser igual o menor a la ganancia total de calor del edificio de referencia, así como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$Q_p \leq Q_r$$

El cálculo de la ganancia de calor de un edificio por medio de su envolvente es la suma de la ganancia de calor por conducción y la ganancia de calor por radiación, por tal se obtiene la siguiente ecuación:

$$\phi_{p,r} = \phi_{pc} + \phi_s$$

A su vez  $\phi_{pc}$  es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y no opacas de la envolvente, se realiza a través de cada una de las componentes de acuerdo con su orientación, también a través del techo y su superficie inferior, teniendo esto en cuenta se requieren los valores del coeficiente global de transferencia de calor que es determinado por la conductividad y el espesor del sistema constructivo, también interviene el área o la sección a analizar, la temperatura equivalente promedio y la temperatura interior de referencia.

Para  $\phi_s$ , ganancia de calor por radiación, se realiza la suma de las ganancias de calor por radiación solar a través de cada una de las partes no opacas, para esto igual se requiere el conocimiento del área de la sección no opaca de la envolvente, el coeficiente de sombreado del vidrio empleado es un dato que de igual forma se requiere, así como las ganancias de calor solar por orientación.

La hoja de cálculo realizada en Excel cuenta con distintos recuadros en donde el usuario puede ingresar la información de la residencia, tal como las medidas de sus muros y su sistema constructivo, mismo caso con las puertas y ventanas, por último, cuenta con un cuadro donde se arrojan los resultados de manera automática y el veredicto si se cumple con la norma o no.

Para el análisis del caso de estudio mediante el uso de Design Builder, se realizó la construcción de la residencia proyectada, se ocuparon los datos del edificio proyectado de los cálculos de la hoja de cálculo de Excel, se ajustaron los parámetros para que la simulación se realice bajo las condiciones climáticas de la misma ciudad.

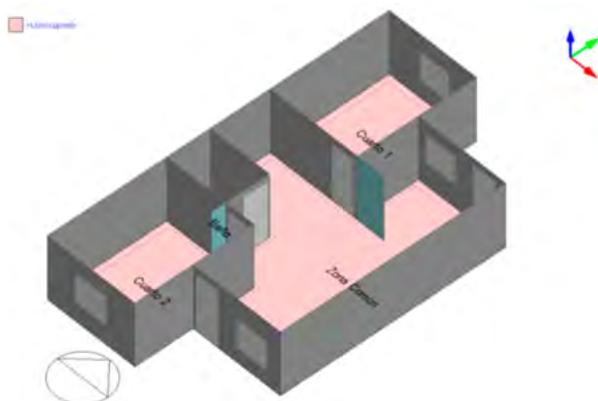


Figura 2. Construcción en Design Builder de la vivienda proyectada.

En la Figura 3 se muestra el edificio de referencia ya creado en el programa Design Builder, con sus particiones de acuerdo al croquis previamente mencionado, así como las ventanas y puertas del mismo.

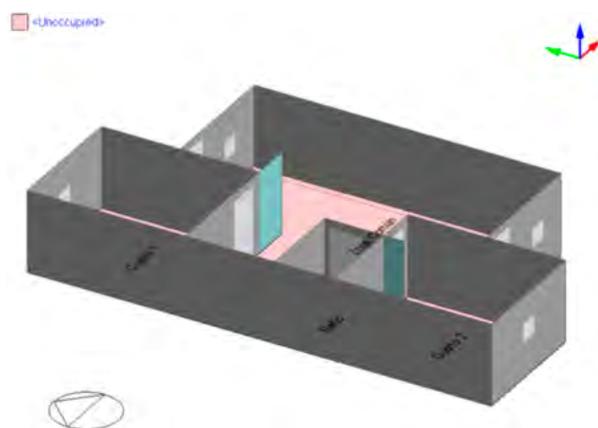


Figura 3. Edificio de Referencia diseñado en Design Builder.

## Resultados

Como ya se mencionó la hoja de cálculo realizada en Excel, cuenta con un recuadro que indica el resultado de la aplicación de la norma y si esta se cumple, para este caso se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Tabla de resultados de ganancias de calor

Ganancia de Calor	
$\Phi_r$	2905.77396
$\Phi_p$	2873.10952
<b><math>\Phi_p \leq \Phi_r</math> Condicion para cumplir la norma NOM-020-ENER-2011</b>	
<b>Resultado</b>	<b>CORRECTO</b>

Para los resultados del software Design Builder se realizaron 2 simulaciones en cada caso, con la semana más extrema de verano y con la semana más extrema de invierno.

En la Figura 4 se muestran los resultados de la simulación de la semana más extrema de verano en el edificio proyectado. En la primera gráfica, se ve que la temperatura operativa (línea verde) está por arriba de la temperatura del aire (línea azul marino) así mismo está por encima de la temperatura exterior de bulbo seco (línea azul oscuro), lo que quiere decir que la temperatura dentro de la residencia es mayor que la temperatura del exterior, prosiguiendo con el análisis, de la siguiente grafica se puede apreciar que la mayor cantidad de energía se gana a través de la cubierta (línea café), es decir, del techo, consecutivamente se aprecia que las ganancias solares a través de las ventanas exteriores (línea amarilla) es la segunda fuente de ganancia más importante.



Figura 4. Resultados de la simulación de Design Builder de la semana más calurosa de verano.

Los resultados de la simulación de la semana más extrema de invierno en el edificio proyectado, muestran que la temperatura operativa (línea verde) y la temperatura del aire (línea azul) tienen valores muy similares, lo que crea que no exista una abrupta diferencia de temperaturas, creando una sensación térmica más estable al momento de entrar o salir de la residencia, se aprecia que la mayor aportación de energía al edificio ahora es a través de las ganancias solares de las ventanas (línea amarilla), así mismo se observa que la segunda fuente que aporta energía es la iluminación (línea azul celeste), la cubierta o techo (línea café) ahora ha disminuido sus valores, a tal grado que en ciertos días en vez de se gane energía por este, se pierde energía, ocurre lo mismo con el suelo (línea café claro) y con los muros (línea morada), bajo este escenario si se puede considerar que haya con confort térmico (Figura 5).

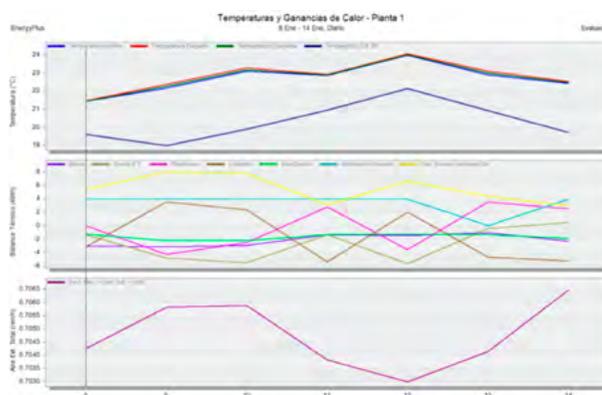


Figura 5. Resultados de la simulación de Design Builder de la semana más fría de invierno.

Una vez obtenidos ambos resultados se procedió a simular el edificio de referencia, en la figura 6 se muestran los resultados de la simulación de la semana más extrema de verano, se logra apreciar un distinto comportamiento a comparación de la gráfica de temperaturas y en sus valores, se observa una disminución en la temperatura operativa (línea verde), lo que nos indica que en el edificio proyectado, es

más caliente a comparación del edificio de referencia, se aprecia también una diferencia en el balance térmico en la cubierta (línea café), es decir, en el techo, en el balance térmico de la ganancia solar de las ventana (línea amarilla) y en el balance térmico de los muro (línea morada) el edificio de referencia tiene menor ganancia, esto da congruencia pues en el edificio de referencia la NOM-020-ENER-2011 dicta que se deben hacer ciertos ajustes en los que se disminuyen áreas que afectan directamente a estos valores.

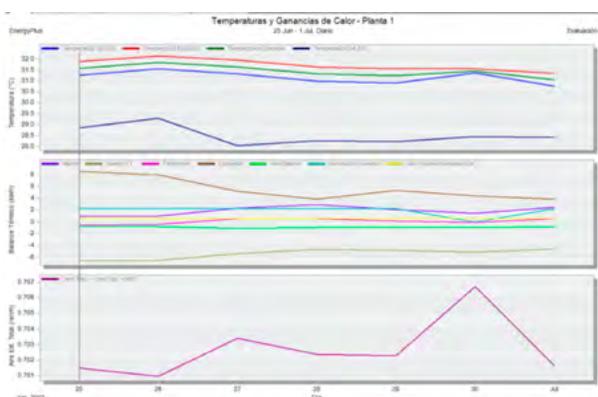


Figura 6. Resultados de la simulación de Design Builder de la semana más calurosa de verano en el edificio de referencia.

En la Figura 7 se aprecia una disminución en las temperaturas del aire, radiante y operativa del edificio de referencia, donde se aprecia la mayor diferencia en el balance térmico, en el de la cubierta (línea café) se observa que el edificio de referencia tiene un menor balance térmico en general, las ganancias solares por las ventanas (línea amarilla) es el mismo caso, el edificio de referencia es el que tiene menor balance térmico, y en los muros (línea morado) ahora el edificio de referencia tiene un mayor balance térmico.

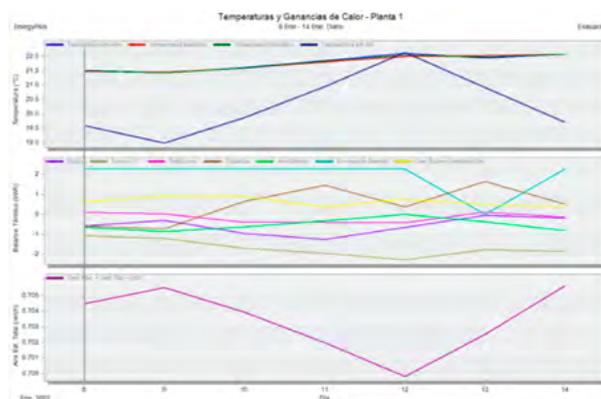


Figura 7. Resultados de la simulación de Design Builder de la semana más fría de invierno en el edificio de referencia.

## Discusión

Se ha llegado a la conclusión de que el software Design Builder si valida a la NOM-020-ENER-2011, la NOM-020-ENER-2011 si funciona para poder verificar si se tiene una ganancia de calor menor o igual en el edificio proyectado, es decir el construido o el que se construirá, en comparación con uno de referencia, no obstante, la NOM-020-ENER-2011 muestra tener áreas deficientes, tales que sus cálculos no se basan en alguna temporada del año, lo cual resulta deficiente puesto que las condiciones climáticas no son las mismas en todo el año, de igual forma se observa que la NOM-020-ENER-2011 no toma en consideración el confort térmico, únicamente se enfoca en tener ganancias de calor menores, pero no lo suficientes para poder entrar en el confort térmico.

Lo que podría mejorar la NOM-020-ENER-2011 es el aspecto de tomar en cuenta la ventilación no únicamente por las ganancias solares a través de ventanas, sino como medio para poder afectar la convección de calor dentro del edificio, así mismo tener como objetivo el lograr el confort térmico dentro de la residencia, pues esto es lo que en realidad impactará en medida positiva o negativa en el consumo de energía eléctrica.

## Referencias

- F. J. C. Ochoa, «<http://www.economia.unam.mx/>,» 12 03 2013. [En línea]. Available: [http://www.economia.unam.mx/cedrus/pdf/05\\_Eje%205\\_Medio\\_Ambiente.pdf#page=58](http://www.economia.unam.mx/cedrus/pdf/05_Eje%205_Medio_Ambiente.pdf#page=58).
- F. J. García Rodríguez , J. Serrano Arellano, J. C. Rodríguez Uribe y Z. B. Trejo Torres, «[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org/),» 15 12 2018. [En línea]. Available: [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol5num17/Revista\\_de\\_Tecnolog%C3%ADa\\_e\\_Innovaci%C3%B3n\\_V5\\_N17\\_5.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol5num17/Revista_de_Tecnolog%C3%ADa_e_Innovaci%C3%B3n_V5_N17_5.pdf).
- D. A. M. Huerta, «<http://zaloamati.azc.uam.mx/>,» 16 04 2021. [En línea]. Available: <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/7635>.
- D. L. V. Román, «[riunet.upv.es](http://riunet.upv.es/),» 10 05 2021. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/166108>.
- M. A. Gonzales Carmona, L. H. Martinez Palmeth y J. C. Charamba Dutra, «[hemeroteca.unad.edu.co](http://hemeroteca.unad.edu.co/),» 10 10 2020. [En línea]. Available: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/memorias/article/view/4145/4161>.
- Diario Oficial de la Federación, «Diario Oficial de la Federación,» 09 08 2011. [En línea]. Available: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5203931&fecha=09/08/2011). [Último acceso: 07 10 2021].
- Diario Oficial de la Federación, «[www.gob.mx/](http://www.gob.mx/),» 9 08 2011. [En línea]. Available: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181660/NOM\\_020\\_ENER\\_2011.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181660/NOM_020_ENER_2011.pdf). [Último acceso: 05 11 2021].
- S. A. S. Fermín, «Obras por Expansion,» 27 08 2014. [En línea]. Available: <https://obras.expansion.mx/construccion/2014/08/28/11-normas-y-certificaciones-de-edificacion-sustentable-en-mexico>. [Último acceso: 05 11 2021].



# Diseño de sistemas de control de velocidad en lazo cerrado aplicados al motor de corriente directa

Onofre Morfin<sup>1</sup>, Arnulfo Castro<sup>2</sup> y Miguel Murillo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

Avenida del Charro No. 450 Norte

Ciudad Juárez, Chihuahua, México,

C.P. 32310



**Correo correspondiente**

omorfin@uacj.mx

## Resumen

Se presenta la metodología de diseño de sistemas de control de velocidad para un motor de corriente directa con magnetización constante. Se proponen tres tipos de controladores; el primero es un controlador proporcional-integral básico, donde la acción del controlador estabiliza y dirige de forma directa y asintótica hacia cero la variable de error de velocidad; el segundo controlador aplica la técnica de linealización por retroalimentación de estados; mientras que el tercero aplica la técnica de linealización por control a bloques. En estos dos últimos se configura un controlador proporcional-integral robusto y se diseña una variable de superficie, misma que se estabiliza y dirige hacia cero en tiempo finito debido a la acción de la ley de control, logrando un movimiento asintótico estable hacia cero del error de velocidad. Finalmente, se presentan los resultados en simulación que validan el buen desempeño de los tres sistemas de control de velocidad propuestos.

## Abstract

The methodology for the design of speed control systems for a direct current motor with constant magnetization is presented. Three types of controllers are proposed; the first one is a basic proportional-integral controller, where the controller action stabilizes and directs a speed error variable directly and asymptotically towards zero; the second controller applies the state feedback linearization technique; while the third one applies the linearization by block control technique. In these last two controllers, a robust proportional-integral controller is configured and a surface variable is designed, which is stabilized and directed towards zero in finite time due to the action of the control law, achieving a stable asymptotic movement towards zero of the error variable. Finally, the simulation results that validate the good performance of the three proposed speed control systems are presented.

**Palabras clave:** Modelo del motor de CD; Controlador de velocidad PI; retroalimentación de estados; control a bloques.

**Keywords:** DC motor model; proportional-integral speed controller; state feedback linearization; block control linearization.

---

## Introducción

El motor de corriente directa se caracteriza por ser un sistema electromecánico muy flexible en su operación, además de que se puede controlar su velocidad muy fácilmente a partir del reposo, variando el voltaje de alimentación del devanado de armadura, y en velocidades superiores a la nominal, debilitando la magnetización de la máquina, es decir, reduciendo la corriente en el devanado de campo. El motor de CD trabaja en condiciones de par máximo debido al diseño en su estructura, donde la fuerza magnetomotriz producida por el devanado de campo está en cuadratura respecto a la fuerza magnetomotriz producida por el devanado de armadura (Sen, 2014). El motor de CD básicamente está

conformado por un devanado de campo dispuesto en el estator y un devanado de armadura dispuesto en el rotor. Al alimentar con un voltaje al devanado de campo se produce la magnetización de la máquina y al alimentar con un voltaje al devanado de armadura circula una corriente que interactúa con el campo magnético y produce una fuerza tangencial en cada uno de los conductores del devanado de armadura, con un efecto multiplicativo, por lo que el motor de CD produce un par torsional electromagnético con el cual le imprime un movimiento giratorio al sistema mecánico acoplado en su flecha (Chapman, 2012). En la Figura 1, se muestra un esquema de la operación del motor de CD y su circuito eléctrico equivalente para interpretar su funcionamiento dinámico y en estado estable.

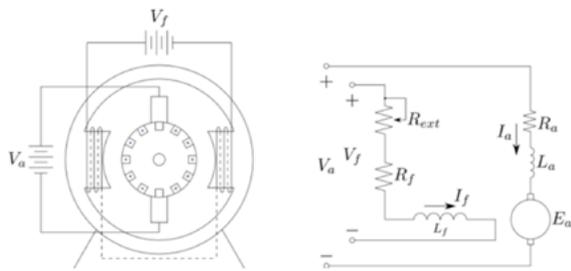


Figura 1. Esquema del motor de CD y su circuito equivalente Fuente: Elaboración propia.

## Modelo del motor de corriente directa

El motor de CD se caracteriza por ser un sistema muy flexible en su operación, por lo que se puede representar por un modelo no lineal de tercer orden con dos entradas y dos salidas a controlar, también se puede representar por un sistema lineal de primer orden o por uno de segundo orden, ambos con una entrada y una salida a controlar. Además, es bien sabido que el diseño de un sistema de control en lazo cerrado parte del conocimiento del sistema a controlar y de su modelo en espacio de estados, por lo que se pueden diseñar sistemas diferentes para controlar la velocidad del motor de CD.

## Modelo del motor de CD con magnetización independiente

El motor de CD se caracteriza por ser una planta muy flexible en su funcionamiento desde el punto de vista de los sistemas de control en lazo cerrado, ya que su modelo puede ser lineal, no lineal, de una entrada-una salida, de múltiples entradas-múltiples salidas. Un modelo del motor de CD con excitación de campo independiente, que involucra la dinámica en el sistema mecánico del tren de flechas, la dinámica en el devanado de armadura y la dinámica del devanado de campo, conforma el modelo no lineal en espacio de esta-

dos de tercer orden el cual tiene la siguiente representación: (Krause, Wasynczuk, and Sudhoff, 2002).

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \phi_m &| \frac{K_a}{J_m} \Gamma_m i_a - 4 \frac{B_m}{J_m} \phi_m - 4 \frac{1}{J_m} T_L \\ \frac{d}{dt} i_a &| 4 \frac{K_a}{L_a} \Gamma_m \phi_m - 4 \frac{R_a}{L_a} i_a - 2 \frac{1}{L_a} u_a \\ \frac{d}{dt} i_f &| 4 \frac{R_f}{L_f} \end{aligned} \quad (1)$$

donde:  $\Gamma_m | f/i_f 0$

Figura 1. Esquema del motor de CD y su circuito equivalente Fuente: Elaboración propia.

donde  $\omega_m$  es la velocidad angular del rotor en  $rad/s$ ,  $i_a$  es la corriente en el devanado de armadura y  $\phi_m$  es el flujo de magnetización y es una función no lineal de la corriente de campo  $i_f$ , estas variables corresponden a las variables de estado del sistema;  $T_L$  es el par de la carga,  $u_a$  es el voltaje de alimentación al devanado de armadura, estas variables corresponden a las entradas del sistema mecánica y eléctrica, respectivamente;  $K_a$  es la constante del devanado de armadura,  $J_m$  y  $B_m$  son el momento de inercia y el coeficiente de fricción de las flechas acopladas del motor y de la carga mecánica,  $R_a$  y  $L_a$  son la resistencia y la inductancia del devanado de armadura, finalmente,  $R_f$  y  $L_f$  son la resistencia e inductancia del devanado de campo, estas variables corresponden a los parámetros de la máquina.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \phi_m &| \frac{K_a}{J_m} \Gamma_m i_a - 4 \frac{B_m}{J_m} \phi_m - 4 \frac{1}{J_m} T_L \\ \frac{d}{dt} i_a &| 4 \frac{K_a}{L_a} \Gamma_m \phi_m - 4 \frac{R_a}{L_a} i_a - 2 \frac{1}{L_a} u_a \\ \frac{d}{dt} i_f &| 4 \frac{R_f}{L_f} \end{aligned} \quad (1)$$

donde:  $\Gamma_m | f/i_f 0$

Figura 1. Esquema del motor de CD y su circuito equivalente Fuente: Elaboración propia.

## Modelo del motor de CD con magnetización constante

Cuando el motor de CD opera en condiciones de magnetización constante, su operación es equivalente a un motor de CD de imanes permanentes. En la magnetización de este tipo de máquina, la relación entre la corriente del devanado de campo  $i_f$ , como causa, y el flujo de magnetización de la máquina  $\Phi_m$ , como efecto, se puede aproximar mediante la relación lineal,  $\Phi_m = K_{if} i_f$ , lo cual se justifica debido a la presencia del entrehierro para que el rotor tenga libertad de movimiento. Tomado en cuenta la anterior condición de linealidad, el motor de CD se puede modelar mediante un sistema lineal de segundo orden con una entrada-una salida con la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \Phi_m &= \left( 4 \frac{B_m}{J_m} \Phi_m - 2 \frac{K_m}{J_m} i_a \right) - \frac{1}{J_m} T_L \\ \frac{d}{dt} i_a &= \left( 4 \frac{K_m}{L_a} \Phi_m - 4 \frac{R_a}{L_a} i_a \right) + \frac{1}{L_a} u_a \end{aligned} \quad (2)$$

donde  $K_m = K_f I_f$ , cuando la magnetización del motor es constante.

## Modelo de orden reducido del motor de CD

Teniendo en cuenta que la ecuación de estado de la velocidad tiene una dinámica muy lenta respecto a la ecuación de estado de la corriente de armadura en el modelo (2), la dinámica del circuito de armadura se puede despreciar al anular el voltaje de autoinducción en el devanado de armadura que equivale a despreciar su inductancia, y en consecuencia, el motor de CD con magnetización constante se puede modelar mediante un sistema lineal de primer orden. Por lo tanto, despreciando el valor de la inductancia  $L_a$  y resolviendo para la corriente del devanado de armadura  $i_a$  en la segunda ecuación de (2) resulta:

$$i_a = 4 \frac{K_m}{R_a} \Phi_m - 2 \frac{1}{R_a} u_a \quad (3)$$

Al substituir la corriente de armadura (3) en la ecuación de estado de la velocidad en (2), se obtiene el modelo lineal de primer orden del motor de CD con magnetización constante, como sigue:

$$\frac{d}{dt} \omega_m = - \left( \frac{K_m^2}{J_m R_a} + \frac{B_m}{J_m} \right) \omega_m - \frac{1}{J_m} T_L + \frac{K_m}{J_m R_a} u_a \quad (4)$$

en donde la velocidad se puede controlar con un controlador proporcional-integral analógico.

## Diseño del sistema de control de velocidad del motor de CD

En la presente sección se muestra la metodología de diseño de algunos sistemas de control de velocidad aplicados a un motor de CD con magnetización constante. Es importante resaltar que el proceso de diseño del controlador de velocidad parte del modelo en espacio de estados del motor de CD, en donde se aplica una transformación para obtener un modelo equivalente con variables de error de seguimiento.

## Controlador de velocidad proporcional-integral básico

En la Figura 2, se muestra el esquema de control proporcional-integral básico de velocidad en lazo cerrado del motor de CD, el cual presenta la planta del sistema (motor de CD y un puente  $H$  de transistores como actuador) y la variable de salida a controlar que corresponde a la velocidad angular del motor  $\omega_m$ . El objetivo de control consiste en que

la velocidad del motor alcance su velocidad de referencia en todo instante de tiempo en la presencia de perturbaciones externas al sistema, como lo son los cambios en el par de carga  $T_L$  aplicado al motor. Al comparar la velocidad de referencia con la velocidad del motor se define la variable de error de seguimiento de velocidad  $\varepsilon_\omega$ , la cual es el argumento de la ley de control proporcional-integral  $u_a$  (Franklin, 2002).

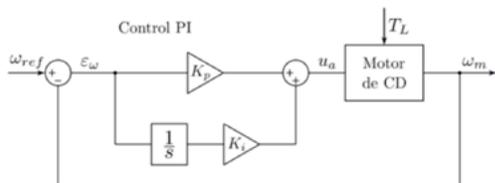


Figura 2. Controlador proporcional-integral básico (Autoría-propia).

El diseño del controlador de velocidad proporcional-integral básico parte de la representación del modelo reducido del motor de CD con magnetización constante (4). Para resolver el problema de seguimiento de velocidad, conviene transformar el planteamiento del problema y resolver un problema de estabilización y desvanecimiento de la variable de error de seguimiento de velocidad, la cual es:

$$B_\phi \mid \Phi_{ref} \ 4 \ \Phi_m \quad (5)$$

Para determinar el modelo reducido equivalente a (4) utilizando la variable  $\varepsilon_\omega$ , es necesario calcular la dinámica del error de velocidad, en donde el punto arriba significa la derivada respecto al tiempo:

$$\dot{\varepsilon}_\omega = \dot{\omega}_{ref} - \dot{\omega}_m \quad (6)$$

substituyendo el modelo del motor de CD de primer or-

den (4) en (6), se obtiene:

$$\dot{\varepsilon}_\omega = -\left(\frac{K_m^2}{J_m R_a} + \frac{B_m}{J_m}\right) \varepsilon_\omega + \dot{\omega}_{ref} + \left(\frac{K_m^2}{J_m R_a} + \frac{B_m}{J_m}\right) \omega_{ref} + \frac{1}{J_m} T_L - \frac{K_m}{J_m R_a} u_a \quad (7)$$

en este modelo reducido equivalente del motor de CD (7), se visualiza la acción de la entrada de control  $u_a$ , la cual puede ser un control proporcional-integral con la siguiente representación (Ogata, 2010):

$$u_a = K_p \varepsilon_\omega + K_i \int_0^t \varepsilon_\omega d\tau \quad (8)$$

la primer acción del control  $u_a$  (8) consiste en estabilizar el movimiento del error de velocidad  $\varepsilon_\omega$  (7) y no permitir que se desborde, la segunda acción consiste en dirigir el error de velocidad hacia cero, cancelando principalmente la perturbación externa del sistema, que consiste en el par de carga  $T_L$  aplicado al motor, y cancelando los términos que incluyen la velocidad de referencia  $\omega_{ref}$  y su derivada. Con la acción de la entrada de control  $u_a$  en la representación equivalente del modelo reducido del motor de CD (7) se cumple con el objetivo de controlar la velocidad. Adicionalmente, la acción de control  $u_a$  debe ejercer un movimiento asintótico del error de velocidad hacia cero, para suavizar los esfuerzo mecánicos en el sistema, por lo que al aplicar la ley de control (8) en el sistema (7), se obtiene:

$$\dot{\varepsilon}_\omega = -K_1 \varepsilon_\omega \quad (9)$$

Por lo tanto, la entrada de control inducirá el movimiento asintótico estable mostrado en (9), donde  $K_1$  corresponde al polo que define la rapidez de movimiento de la variable de error de velocidad  $\varepsilon_\omega$  y se espera sea mayor a

$$K_1 > \left(\frac{K_m^2}{J_m R_a} + \frac{B_m}{J_m}\right) \quad (10)$$

para que con esto, el control de velocidad del motor se realice con una dinámica más rápida respecto al control en lazo abierto, mostrado en el modelo equivalente del motor de CD de orden reducido (7).

En el proceso de sintonización de la ley de control proporcional-integral  $u_a$  (8) para dirigir el movimiento del error de velocidad  $\varepsilon_\omega$  (6) hacia cero en forma asintótica, el término proporcional  $K_p \varepsilon_\omega$  entrega la energía para cancelar los términos externos al sistema (7): el par de la carga mecánica  $T_L$ , la velocidad de referencia  $\varepsilon_\omega$  y su derivada. La limitante en la acción de control proporcional lo define el voltaje nominal del devanado de armadura, y es inevitable que se presente un margen de error en estado estable. Mientras que el término integral restablece el error de velocidad en cero cuando se presente un disturbio externo al sistema, como puede ser un cambio en el par de la carga  $T_L$  o un cambio en la velocidad de referencia  $\omega_{ref}$ .

### Controlador de velocidad PI robusto

El controlador proporcional-integral básico tiene como argumento la variable de error de seguimiento  $\varepsilon_\omega$ , y una vez que ha sido sintonizado, estabiliza y dirige el error de velocidad hacia cero en forma asintótica, cumpliéndose el objetivo de controlar la velocidad del motor de CD. El controlador **PI** básico actúa con efectividad en la regulación de velocidad del motor de CD. No obstante, si se requiere mayor robustez y presentar más efectividad en un seguimiento de trayectoria de velocidad, es posible configurar un controlador proporcional robusto, partiendo del modelo de segundo orden del motor de CD con magnetización constante (2). En la presente sección se aplican dos técnicas para lograr esto, la técnica de linealización por retroalimentación de estados y la técnica de linealización por control a bloques.

### Controlador de PI robusto por retroalimentación de estados

En la Figura 3, se muestra el esquema de control robusto donde se aplica la técnica de linealización por retroalimentación de estados. La planta del sistema está conformada por el motor de CD como proceso y un puente  $H$  de transistores como actuador. Al comparar la velocidad de referencia  $\omega_{ref}$  con la velocidad del motor  $\omega_m$  se define la variable de error de seguimiento  $\varepsilon_\omega$ . Posteriormente se aplica la técnica de linealización por retroalimentación de estados para definir la variable de superficie  $s$  que corresponde al argumento de la ley de control proporcional-integral  $u_a$  (Khalil, 2002). En una aplicación en tiempo real en el laboratorio, la señal de control se acondiciona con la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM) para activar los transistores y definir voltaje del devanado de armadura.

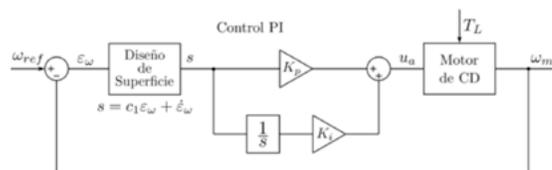


Figura 3. Controlador PI robusto por retroalimentación de estados (Autoría-propia).

En el proceso de diseño del sistema de control robusto por retroalimentación de estados se establece una representación equivalente al modelo del motor de CD (2), con los mismos modos de operación y con nuevas variables, dicha representación se identificada con el nombre de forma canónica controlable. El proceso de diseño parte del modelo del motor de CD con magnetización constante (2). La primera nueva variable se define como la variable de error de seguimiento de velocidad, de la siguiente manera:

$$\varepsilon_1 = \omega_{ref} - \omega_m \tag{11}$$

cuya ecuación de estado se calcula con la siguiente operación:

$$\dot{\epsilon}_1 = \dot{\omega}_{ref} - \dot{\omega}_m \quad (12)$$

substituyendo la ecuación mecánica de estado del modelo del motor de CD (2) en (12), se obtiene:

$$\dot{\epsilon}_1 = \dot{\omega}_{ref} + \frac{B_m}{J_m} \omega_m - \frac{K_m}{J_m} i_a + \frac{1}{J_m} T_L \quad (13)$$

La segunda variable se define como la derivada respecto al tiempo del error de velocidad  $\epsilon_1$ , es decir:

$$\epsilon_2 = \dot{\epsilon}_1 \quad (14)$$

cuya dinámica es:

$$\dot{\epsilon}_2 = \ddot{\omega}_{ref} + \frac{B_m}{J_m} \dot{\omega}_m - \frac{K_m}{J_m} \frac{d}{dt} i_a + \frac{1}{J_m} \dot{T}_L \quad (15)$$

substituyendo el modelo del motor de CD (2) en (15), se obtiene:

$$\dot{\epsilon}_2 = -\left(\frac{K_m^2}{J_m L_a} + \frac{1}{\tau_m \tau_a}\right) \epsilon_1 - \left(\frac{1}{\tau_m} + \frac{1}{\tau_a}\right) \epsilon_2 + g(t) - \frac{K_m}{J_m L_a} u_a \quad (16)$$

donde

$$g(t) = \dot{\omega}_{ref} + \left(\frac{1}{\tau_m} + \frac{1}{\tau_a}\right) \dot{\omega}_{ref} + \left(\frac{K_m^2}{J_m L_a} + \frac{1}{\tau_m \tau_a}\right) \omega_{ref} + \frac{1}{J_m} \dot{T}_L + \frac{1}{J_m \tau_a} T_L$$

y

$$\Sigma_m \mid \frac{J_m}{B_m}, \quad \Sigma_a \mid \frac{L_a}{R_a}$$

$g(t)$  corresponde a los términos que incluyen las perturbaciones externas al sistema y  $\tau_m$  y  $\tau_a$  son las constantes de tiempo del sistema mecánico del motor y del devanado de armadura, respectivamente. Uniendo las ecuaciones (14) y (16), se obtiene la forma canónica controlable, de la siguiente forma (Morfin, Castañeda, Valderrabano-Gonzalez, Hernández-Gonzalez, y Valenzuela, 2017):

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}_1 &= \epsilon_2 \\ \dot{\epsilon}_2 &= -\left(\frac{K_m^2}{J_m L_a} + \frac{1}{\tau_m \tau_a}\right) \epsilon_1 - \left(\frac{1}{\tau_m} + \frac{1}{\tau_a}\right) \epsilon_2 + g(t) - \frac{K_m}{J_m L_a} u_a \end{aligned} \quad (17)$$

la cual es equivalente al modelo del motor de CD con magnetización constante. Analizando la estructura equivalente de este modelo, la acción de control  $u_a$  estabiliza y dirige la derivada del error de velocidad  $\epsilon_2$  hacia cero en forma asintótica, y esta a su vez dirige la variable de error de velocidad hacia cero en forma asintótica con la energía que tenga en su movimiento. Por lo cual, al aplicar en forma directa un control proporcional-derivativo de primer orden:

$$u_a = K_p \epsilon_1 + K_d \epsilon_2 \quad (18)$$

a la representación en forma canónica del modelo del motor de CD (17), se obtiene el sistema

$$\begin{aligned} \dot{\epsilon}_1 &= \epsilon_2 \\ \dot{\epsilon}_2 &= -K_1 \epsilon_1 - K_2 \epsilon_2 \end{aligned} \quad (19)$$

cuyos eigenvalores se calculan mediante la siguiente relación:

$$\det \left\{ \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -K_1 & -K_2 \end{bmatrix} \right\} = 0 \quad (20)$$

con el siguiente polinomio característico:

$$\lambda^2 + K_2 \lambda + K_1 = 0 \quad (21)$$

los eigenvalores  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$ , raíces de (21), cumplen las siguientes relaciones  $\alpha_1 + \alpha_2 = k_2$  y  $\alpha_1 \alpha_2 = k_1$  mismos que se deben seleccionar con un valor mayor a los eigenvalores del motor de CD en lazo abierto  $\rho_1$  y  $\rho_2$  para acelerar la convergencia del movimiento de la variable controlada, dichos eigenvalores se determinan de la matriz del sistema (2) a partir de:

$$\det \left\{ \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -\frac{B_m}{J_m} & \frac{K_m}{J_m} \\ \frac{K_m}{L_a} & -\frac{R_a}{L_a} \end{bmatrix} \right\} = 0 \quad (22)$$

Al aplicar un control por retroalimentación de estados proporcional-integral-derivativo de la forma:

$$u_a = K_p \varepsilon_1 + K_i \int_0^t \varepsilon_1 d\tau + K_d \varepsilon_2 \quad (23)$$

se aumenta el orden del sistema (19), el cual resulta en:

$$\begin{aligned} \dot{\varepsilon}_0 &= \varepsilon_1 \\ \dot{\varepsilon}_1 &= \varepsilon_2 \\ \dot{\varepsilon}_2 &= -K_0 \varepsilon_0 - K_1 \varepsilon_1 - K_2 \varepsilon_2 \end{aligned} \quad (24)$$

Al aplicar el control PD o PID por retroalimentación de estados, el sistema de control de velocidad resultante no es lo suficientemente robusto como para resolver un problema de seguimiento de trayectoria de velocidad. Por lo que comúnmente se propone el siguiente sistema

$$s = C_1 \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (25)$$

el cual se distingue por ser un sistema de primer orden, ya que al calcular su dinámica y substituir el sistema (17)

$$s = C_1 \dot{\varepsilon}_1 + \varepsilon_2 = C_1 \varepsilon_2 + \left( \frac{K^2}{J_m J_a} + \frac{1}{\tau_a \tau_v} \right) \varepsilon_1 - \left( \frac{1}{\tau_a} + \frac{1}{\tau_v} \right) \varepsilon_2 + g(t) - \frac{K_m}{J_m J_a} u_a \quad (26)$$

está presente el control  $u_a$ , cuya acción dirige a cero al sistema  $s = \theta$  (25) y a su primer derivada  $\dot{S} = \theta$  (26) en tiempo finito, provocando el siguiente movimiento asintótico de la variable de error de seguimiento de velocidad  $\varepsilon_1$ , a partir de (25):

$$\dot{\varepsilon}_1 = -C_1 \varepsilon_1 \quad (27)$$

al desvanecer en forma asintótica el error de seguimiento de velocidad (27) con una rapidez definida por el polo  $C_1 > \theta$ , el cual debe tener un valor mayor al eigenvalor correspondiente al error de velocidad en el modelo en lazo abierto (2), se logra el objetivo de controlar la velocidad del motor de CD en forma robusta. Por lo que la entrada de control  $u_a$  debe tener como argumento al sistema  $\square$ , y un controlador proporcional-integral toma la forma:

$$u_a = K_p s + K_i \int_0^t s d\tau \quad (28)$$

En el nuevo sistema propuesto (26), la acción de control actúa de una manera eficaz y directa para cancelar los términos que involucran las perturbaciones externas al sistema, los cuales están integrados en  $g(t)$ , y dirigir el sistema  $s$  en tiempo finito hacia cero, y lograr en consecuencia, el movimiento asintótico del error de velocidad de acuerdo a (27), y con esto lograr el objetivo de controlar la velocidad del motor de CD.

## Controlador PI robusto por control a bloques

En la Figura 4, se muestra el esquema de control robusto de velocidad del motor de CD donde se aplica la técnica de linealización por control a bloques. El motor de CD junto con el actuador (puente H de transistores) conforman la planta del sistema, el objetivo de control se cumple cuando la velo-

cidad del motor  $\omega_m$  alcanza la velocidad de referencia  $\omega_{ref}$ , y la comparación de estas variables definen la variable de error de velocidad  $\varepsilon_\omega$ , para posteriormente aplicar la técnica de linearización por control a bloques para definir la superficie  $\square$  que corresponde al argumento de la ley de control proporcional-integral  $u_a$  (Loukianov, 2002). En una aplicación en el laboratorio, la señal de control se acondiciona con la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM) para activar las compuertas de los transistores y de esta forma definir el nivel de voltaje aplicado al devanado de armadura del motor de CD.

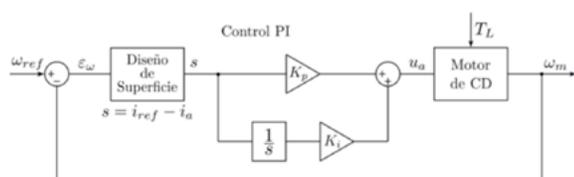


Figura 4. Controlador PI robusto por control a bloques Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la técnica de linearización por control a bloques se establece un sistema equivalente al motor de CD (2), con nuevas variables y los mismos eigenvalores, cuya representación se denomina forma controlable a bloques. El diseño del sistema de control de velocidad parte del modelo del motor de CD con magnetización constante definido en (2). La primera variable se define como el error de velocidad

$$\varepsilon_1 = \omega_{ref} - \omega_m \quad (29)$$

cuya dinámica se define con un movimiento asintótico estable, de la siguiente forma:

$$\dot{\varepsilon}_1 = \dot{\omega}_{ref} - \dot{\omega}_m = -K_1 \varepsilon_1 \quad (30)$$

substituyendo la ecuación mecánica del modelo del motor de CD (2) en (30), se obtiene

$$\dot{\varepsilon}_1 = \dot{\omega}_{ref} + \frac{B_m}{J_m} \omega_m - \frac{K_m}{J_m} i_a + \frac{1}{J_m} T_L = -K_1 \varepsilon_1 \quad (31)$$

La técnica de control a bloques consiste en representar un sistema de orden  $n$  en  $n$  subsistemas de primer orden los cuales se resuelven en forma recursiva. Por lo tanto, el modelo equivalente del motor de CD en la forma controlable a bloques tiene la estructura de dos sistemas de primer orden los cuales se resuelven en forma independiente. Por lo que para establecer la dinámica asintóticamente estable en (31) se define la corriente de referencia  $i_{ref}$  al resolver para la corriente de armadura, la cual es:

$$i_{ref} = \frac{J_m}{K_m} \dot{\omega}_{ref} + \frac{B_m}{K_m} \omega_m + \frac{1}{K_m} T_L + \frac{K_1 J_m}{K_m} \varepsilon_1 \quad (32)$$

La segunda variable de error se define en términos del error de seguimiento en corrientes, como sigue:

$$\varepsilon_2 = i_{ref} - i_a \quad (33)$$

cuya dinámica es:

$$\dot{\varepsilon}_2 = \frac{d}{dt} i_{ref} - \frac{d}{dt} i_a \quad (34)$$

al derivar la corriente de referencia respecto al tiempo y substituyendo la ecuación de estado de la corriente de armadura del modelo del motor de CD (2) en (34), se obtiene:

$$\dot{\varepsilon}_2 = -\left(\frac{K_1 J_m}{K_m} + \frac{K_m}{L_a} - \frac{B_m^2}{K_m J_m}\right) \varepsilon_1 - \left(\frac{B_m}{J_m} + \frac{R_a}{L_a}\right) \varepsilon_2 + g(t) - \frac{1}{L_a} u_a \quad (35)$$

donde:

$$g(t) = \frac{J}{K_m} \dot{\omega}_{ref} + \left( \frac{K_m}{L_s} - \frac{B_m^2}{K_m J_m} \right) \omega_{ref} + \left( \frac{B_m + R_s}{J_m + L_s} \right) i_{ref} + \frac{1}{K_m} \dot{T}_L - \frac{B_m}{K_m J_m} T_L \quad (35)$$

Substituyendo la variable de error en corrientes  $\varepsilon_2$  (33) en (31) y en unión con la ecuación de estado (35) se obtiene la forma controlable a bloques con la siguiente representación:

$$\begin{aligned} \dot{\varepsilon}_1 &= -K_1 \varepsilon_1 - \frac{K_m}{J_m} \varepsilon_2 \\ \dot{\varepsilon}_2 &= -\left( \frac{K_m^2 J_m}{K_m} + \frac{K_m}{L_s} - \frac{B_m^2}{K_m J_m} \right) \varepsilon_1 - \left( \frac{B_m + R_s}{J_m + L_s} \right) \varepsilon_2 + g(t) - \frac{1}{L_s} u_a \end{aligned} \quad (36)$$

analizando este sistema, que es equivalente al modelo del motor de CD (2), se identifica que la acción de la entrada de control  $u_a$  cancela los términos que incluyen las perturbaciones externas en  $g(t)$ , desvanece el movimiento de  $\dot{\varepsilon}_2$  y dirige la variable  $\varepsilon_2$  hacia cero en tiempo finito y en consecuencia, la corriente de armadura  $i_a$  alcanza su valor de referencia, de acuerdo a (32) y por lo tanto, el movimiento de la variable  $\varepsilon_2$  establece el movimiento asintótico de la variable de error de seguimiento de velocidad  $\varepsilon_1$ , con lo que se cumple el objetivo de controlar la velocidad del motor de CD. Con base en este análisis, el argumento de la entrada de control es:

$$s = \varepsilon_2 \quad (37)$$

y con un control proporcional-integral:

$$u_a = K_p s + K_i \int_0^t s d\tau \quad (38)$$

se fuerza tanto  $\dot{s} = 0$  y  $s = 0$ , obteniéndose el movimiento asintótico del error de velocidad, de acuerdo a (31):

$$\dot{\varepsilon}_1 = -K_1 \varepsilon_1 \quad (39)$$

en donde  $KI > 0$  define la rapidez del movimiento de  $\varepsilon_1$  y se recomienda que su valor sea mayor al eigenvalor de la velocidad en el modelo en lazo abierto (2). Al desvanecer en forma asintótica el error de velocidad  $\varepsilon_1$ , se cumple el objetivo de controlar la velocidad del motor de CD en forma robusta.

## Resultados de simulación

Se presentan en esta sección resultados de desempeño del controlador de velocidad proporcional-integral básico, del controlador de velocidad-integral robusto por retroalimentación de estados y del controlador de velocidad-integral robusto por control a bloques. Como primer paso se configuran la señal de seguimiento de velocidad y los cambios en el par de carga del motor, como perturbaciones externas al sistema y se simula la operación en lazo abierto en condiciones de operación nominal para identificar sus márgenes de operación. En las simulaciones efectuadas se utiliza el método numérico Runge-Kutta para resolver el sistema en lazo cerrado con un paso de solución de 0.0001 s.

### Velocidad de referencia y cambios en el par de carga

Se configura una señal de referencia apropiada para una aplicación en tiempo real con un retardo de 5 s y una rampa de aceleración constante del motor, para evitar que la corriente de armadura del motor tenga incrementos súbitos arriba del valor nominal en el arranque. La rampa de aceleración se configuró con una pendiente de 375 r.p.m. por cada segundo, la cual se satura en 1500 r.p.m. Posteriormente se realizan tres incrementos súbitos de 100 r.p.m., en forma de escalón, en el valor de velocidad de referencia, a los 13, 17 y 21 s, alcanzando finalmente una velocidad de 1800 r.p.m., por arriba de la velocidad nominal de 1750 r.p.m. Respecto a los cambios en el par de la carga, se configuran incrementos en forma de pulsos que varían de 0 a 0.75 N.m, siendo el par nominal del motor de 1.0 N.m. El primer pulso se presenta a los 11 s con una duración de 4 s, el segundo pulso se presenta

a los 19 s con la misma duración de 4 s en el pulso (Morfin, y otros, 2021). Finalmente, en la Tabla 1. se muestran los datos de placa y los parámetros del motor de CD con magnetización constante de la marca LabVolt (8211-02).

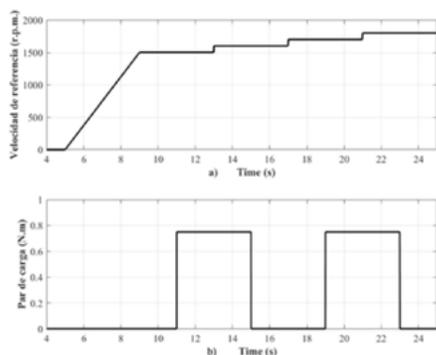


Figura 5. Perturbaciones externas al sistema de control Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Datos de placa y parámetros del motor de CD.

Datos de placa del motor	Parámetros del motor
Potencia 180 W	Resistencia de armadura, $R_a$ 12.5 $\Omega$
Voltaje de campo 120 V	Inductancia de armadura, $L_a$ 0.075 H
Corriente de campo 0.5 A	Constante del motor, $K_m$ 0.6505
Voltaje de armadura 120 V	Momento de inercia, $J_m$ 0.0036 N.m.s <sup>2</sup>
Corriente de armadura 3.0 A	Coefficiente de fricción, $B_m$ 0.002 N.m.s
Velocidad del motor 1750 r.p.m.	

### Controlador de velocidad PI básico

En la Figura 6, se muestra el desempeño del sistema de control de velocidad proporcional-integral básico,

$u_a = 10\varepsilon_\omega + 15\int_0^t \varepsilon_\omega d\tau$ , el cual puede implementarse en forma analógica, debido a que únicamente se necesita sensar la velocidad angular del motor. El argumento de la ley de control es el error de seguimiento de velocidad  $\varepsilon_\omega$  definido en (5) y es mostrado en la Figura 6 a). A los 15 y 23 s el par

de carga baja de 0.75 a 0 N.m en forma de escalón, mientras que a los 19 s sube el par de carga en forma de escalón de 0 a 0.75 N.m (Figura 5), siendo el par nominal del motor de 1.0 N.m. Ante los cambios en el par descritos, se tiene un tiempo de restablecimiento en el seguimiento de velocidad de 2 s, ver Figura 6 b). Cuando se presenta el cambio de la velocidad de referencia en forma de escalón de 1700 a 1800 r.p.m., no se presenta sobreimpulso en la respuesta de velocidad, y se presenta un tiempo de restablecimiento del seguimiento de velocidad de 0.1 s. El desempeño del sistema de control PI básico es efectivo, presenta robustez para cancelar los cambios en el par de la carga y una buena respuesta dinámica ante cambios en forma de escalón de la velocidad de referencia.

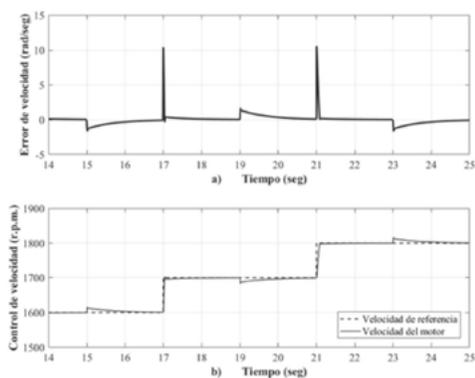


Figura 6. Desempeño del controlador PI básico Fuente: Elaboración propia.

### Controlador PI robusto por retroalimentación de estados

En la implementación física del controlador proporcional-integral robusto, donde se aplica la técnica de linearización por retroalimentación de estados, se necesita sensar la velocidad, sensar la corriente de armadura y estimar el par de la carga mediante un observador asintótico de par. Con la información de estas variables y de algunos parámetros de máquina, se ocupa un microprocesador o microcontrolador para calcular la derivada respecto al tiempo del error de velocidad, es decir, la variable  $\varepsilon_2$  relacionando (14) y (13).

Una alternativa sería diseñar un diferenciador robusto ante la presencia de ruido en la velocidad sensada, y de esta forma, estimar la variable  $\varepsilon_2$ , en lugar de calcularla. En la Figura 7 se muestra el desempeño de este controlador PI robusto,

$u_a = 1.5s + 2.0 \int_0^t s dt$  La variable de superficie  $s = C_{iel} + \varepsilon_2$  se muestra en la Figura 7 a), este sistema o variable es el argumento de la ley de control proporcional-integral. La acción de control consiste en forzar a cero la superficie  $s$ , cuando se presenta un cambio en el par de carga, en los 15, 19 y 23 s, y también cuando se presenta un cambio en la velocidad de referencia, a los 17 y 21 s, ambos cambios se presentan en forma de escalón. Cuando se presentan los cambios en el par de carga, la velocidad tiene una pequeña oscilación de 1.0 r.p.m. y alcanza nuevamente su valor de referencia después de un segundo, de acuerdo a la escala de la Figura 7 b), el cambio en la velocidad se aprecia mínimo. Cuando se presenta el cambio en forma de escalón de la señal de referencia de 1700 a 1800 r.p.m., la velocidad tiene un tiempo de restablecimiento de 0.08 s, sin presentar sobreimpulso. La acción de la ley de control fuerza a la variable de superficie a cero en tiempo finito, y en consecuencia se obtiene el movimiento asintótico de la variable de error de velocidad:

$\dot{\varepsilon}_1 = -C_1 \varepsilon_1$  en donde se definió el polo  $C_1 = 80$ , valor con el cual se tiene un tiempo de desvanecimiento de 0.056 s. El controlador proporcional-integral robusto por retroalimentación de estados tiene un desempeño efectivo en el control de la velocidad del motor, y su metodología se puede aplicar en otras máquinas eléctricas cuyos modelos son de mayor orden, con múltiples entradas-múltiples salidas y más complejos, como es el caso del motor de inducción trifásico y el generador síncrono trifásico de imanes permanentes, entre otras máquinas.

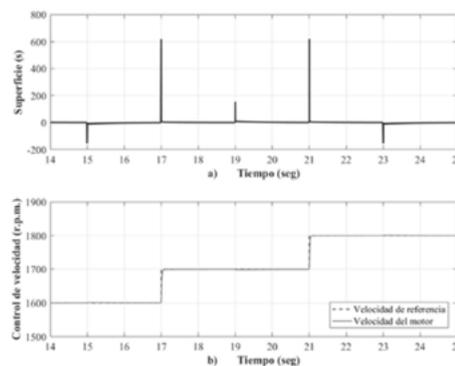


Figura 7. Controlador PI robusto por retroalimentación de estados. Fuente: Elaboración propia.

## Controlador PI robusto por control a bloques

En la implementación física del controlador proporcional-integral (PI) aplicando la técnica de linearización por control a bloques, al igual que el controlador PI por retroalimentación de estados, se requiere de un microprocesador o microcontrolador para realizar el cálculo de la variable de superficie  $s = i_{ref} - i_a$  en donde el cálculo de la corriente de referencia  $i_{ref}$  (32) involucra parámetros del motor y sensar la velocidad angular y estimar el par de la carga mediante un observador asintótico de par, además, para definir la superficie  $s$ , también se ocupa sensar la corriente del devanado de armadura  $i_a$ .

En la Figura 8, se muestra el desempeño del controlador robusto por control a bloques,  $u_a = 100s + 300 \int_0^t s dt$  en donde la variable de superficie está definida por el error de seguimiento en la corriente de armadura. A los 15 y 23 s se presentan cambios de 0.75 a 0 N.m en el par de carga, mientras que a los 19 s cuando el par cambia en forma súbita de 0 a 0.75 N.m, siendo el par nominal de 1.0 N.m. Ante estos cambios en el par de carga, la velocidad del motor tiene una oscilación mínima de 2.0 r.p.m. que se desvanece en 0.09 s. Cuando se presenta el cambio en forma de escalón de la velocidad de referencia de 1700 a 1800 r.p.m., la respuesta en la velocidad del motor no presenta sobreimpulso y tiene un tiempo de restablecimiento de 0.09 s. Podemos concluir entonces, que

el controlador proporcional-integral robusto por control a bloques presenta un desempeño muy efectivo en el control de la velocidad del motor de CD. La metodología utilizada en el diseño del controlador de velocidad del motor de CD con la técnica de linealización por control a bloques, en donde se realiza el control a través de las corrientes, resulta una técnica muy eficaz en el control de motores de corriente alterna, en el control de convertidores para elevar o reducir un voltaje en CD, así como también, en el control de voltaje del bus de CD de los inversores trifásicos utilizados como interfaz de potencia en la conexión de una fuente de energía renovable con la red eléctrica.

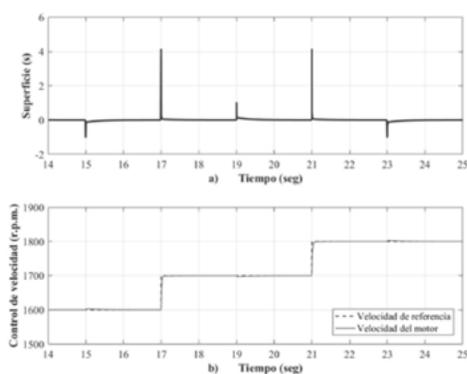


Figura 8. Controlador PI robusto por control a bloques.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusión

Se validaron mediante simulación tres sistemas de control de velocidad aplicados al motor de CD en donde se evaluó la respuesta dinámica del seguimiento de velocidad ante la presencia de perturbaciones externas, tales como incrementos de 100 r.p.m.p en forma de escalón de la velocidad de referencia y cambios en el par de carga en forma de pulsos, de la condición de vacío a 0.75 N.m, que corresponde a un 75 % del par nominal. De los resultados obtenidos, se distingue que el controlador proporcional-integral básico tiene un desempeño aceptable en el seguimiento de la velo-

cidad de referencia y en su implementación física solo usaría un sensor de velocidad por lo que puede implementarse el controlador en forma analógica. Mientras que en los otros dos controladores PI robustos, se aplicaron las técnicas de linealización por retroalimentación de estados y por control a bloques, para diseñar en cada controlador una variable de superficie como argumento de la ley de control. Por retroalimentación de estados la variable de superficie se diseñó como una combinación lineal de las dos variables de error de seguimiento, mientras que en el control a bloques la variable de superficie se definió mediante el error de seguimiento de la corriente de armadura con su referencia. En estas dos técnicas, el desempeño del controlador es robusto debido a que la acción de control anula las no linealidades y cancela las perturbaciones externas al sistema, además de dirigir la superficie hacia cero en tiempo finito, con lo que se logra un movimiento asintótico hacia cero de la variable de error del seguimiento de la velocidad, y de esta forma se logra el objetivo de controlar la velocidad del motor. Es importante resaltar que las técnicas de control propuestas en este artículo pueden también aplicarse en el control de las máquinas de corriente alterna, como puede ser el motor de inducción y en el generador síncrono de imanes permanentes, entre otras máquinas; así como también en convertidores de electrónica de potencia, como lo es el regulador buck-boost en los sistemas fotovoltaicos o en el convertidor lado de la red para conectar una fuente de energía renovable con la red eléctrica.

## Discusión

Los tres sistemas de control de velocidad propuestos aplicados al motor de CD tienen buen desempeño, por lo que la elección de alguno de ellos depende del tipo de aplicación. El controlador proporcional-integral básico incide directamente en la variable de error de velocidad para estabilizarla y dirigirla en forma asintótica hacia cero y no depen-

de de parámetros del motor, este controlador se distingue porque únicamente requiere un sensor de velocidad por lo que se puede implementar en forma analógica para controlar un motor de CD que maneje potencia y tenga una inercia grande. En aplicaciones de robótica en donde se requieren movimientos precisos, cualquiera de los dos controladores robustos propuestos puede utilizarse. El controlador robusto que aplica la técnica de linealización por retroalimentación de estados puede diseñarse con la característica de sensor-less, de tal forma que únicamente requiera sensar la corriente de armadura del motor de CD y evitar la estimación del par de la carga mediante el diseño de un observador asintótico, al incluir un diferenciador robusto que estime la derivada del error de velocidad. Mientras que el controlador robusto que aplica la linealización por control a bloques tiene la característica de realizar el control a través de una variable de error en corrientes, con lo cual se logra robustez cuando se presentan cambios en el par de carga o cuando cambia el valor de la velocidad de referencia. Es importante resaltar que la metodología planteada en el diseño de los dos controladores robustos de velocidad del motor de CD, puede ser aplicada a sistemas más complejos, como es el caso del control de velocidad de los motores de inducción jaula de ardilla, el control del par electromagnético del generador de inducción doblemente alimentado en sistemas eólicos, el control del inversor lado de la red en la interconexión de una fuente renovable con el sistema eléctrico, entre otras aplicaciones.

## Símbolos

$\omega_m$	Velocidad angular del motor	(rad/s)
$i_a$	Corriente del devanado de armadura	(A)
$i_f$	Corriente de campo	(A)
$\phi_m$	Flujo de magnetización	(Wb)
$T_L$	Par de carga	(N·m)
$u_a$	Voltaje aplicado al devanado de armadura	(V)
$K_a$	Constante del devanado de armadura	
$J_m$	Momento de inercia	(N·m·s <sup>2</sup> )
$B_m$	Coefficiente de fricción	(N·m·s)
$L_a$	Inductancia del devanado de armadura	(H)
$R_a$	Resistencia del devanado de armadura	(Ω)
$L_f$	Inductancia del devanado de armadura	(H)
$R_f$	Resistencia del devanado de campo	(Ω)
$K_m$	Constante del motor con magnetización constante	
$e_v$	Variable de error de velocidad	(rad/s)
$\omega_{ref}$	Velocidad angular de referencia	(rad/s)
$\dot{\omega}_{ref}$	Variación respecto al tiempo de la velocidad de referencia	(rad/s <sup>2</sup> )
$\ddot{\omega}_{ref}$	Segunda de derivada respecto al tiempo de la velocidad de referencia	(rad/s <sup>3</sup> )
$K_p$	Ganancia del termino proporcional	
$K_d$	Ganancia del termino derivativo	
$K_i$	Ganancia del termino integral	
$K_1$	Ganancia de la dinámica estable del error de velocidad	
$K_2$	Ganancia de la dinámica estable de la variación del error de velocidad	
$\tau_m$	Constante de tiempo del sistema mecánico del motor	(s)
$\tau_a$	Constante de tiempo del devanado de armadura	(s)
$s$	Variable de superficie	
$C_1$	Polo del error de velocidad con retroalimentación de estados	
$i_{ref}$	Corriente de referencia	(A)

## Referencias

- Chapman, S. J. (2012). Máquinas Eléctricas. Houston: Mc Graw Hill.
- Franklin, G. F. (2002). Feedback control of dynamics system. New Jersey: Prentice Hall.
- Khalil, H. K. (2002). Nonlinear Systems. New Jersey: Prentice Hall.
- Krause, P. C., Wasynczuk, O., y Sudhoff, S. D. (2002). Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. New York: John Wiley and Sons.
- Loukianov, A. G. (2002). Robust block decomposition sliding mode control design. Mathematical Problems in Engineering, 349-365.
- Morfin, O. A., Castañeda, C. E., Valderrabano-Gonzalez, A., Hernández-Gonzalez, M., y Valenzuela, F. A. (2017). A real-time SOSM super-twisting technique for a compound DC motor controller. Energies MDPI, 1-19.

Morfin, O. A., Ruiz-Cruz, R., Hernández, J. I., Castañeda, C. E., Ramirez-Betancour, R., y Valenzuela-Murillo, F. A. (2021). Real-time sensorless robust velocity controller applied to a DC-motor for emulating a wind turbine. *Energies MDI*, 2-15.

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Minnesota: Prentice Hall.

Sen, P. (2014). *Principles of electric machines and power electronics*. United States: John Wiley and Sons.



# Importancia de las habilidades blandas (soft skills) en la formación de ingenieros industriales

Lot Rojas Mora<sup>1</sup>, Liliانا Fuentes Rosas<sup>2</sup> y Aníbal Gaudencio López Cabrera<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico

de Tierra Blanca, División de Estudios de Ingeniería Industrial

Prolongación de Av. Veracruz s/n,

Calle Héroe de Puebla, Col. Pemex

Tierra Blanca, Veracruz, México, C.P. 95180.



**Correo correspondiente**

guleyva@uv.mx

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo identificar las habilidades blandas que más se requiere posean los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial del campus Tierra Blanca, Veracruz, México. Se realizaron dos grupos focales, uno con egresados insertados en el mundo productivo y otro con empleadores, a los cuales se les interrogó sobre las Soft Skills que, desde sus criterios, son deseables posean los profesionales de la Ingeniería Industrial. Los hallazgos revelan que la mayoría de empleadores sugiere a la solución de problemas y la comunicación como las habilidades blandas más deseadas encontrado similitud con los egresados.

## Abstract

The objective of this research was to identify the soft skills that are most required for graduates of the Industrial Engineering career of campus Tierra Blanca, Veracruz, Mexico. Two focus groups were held, one with graduates inserted in the productive world and the other with employers, who were questioned about the soft skills that, from their criteria, are desirable for Industrial

Engineering professionals. The findings reveal that the most employers suggest problem solving and communication as the most desired soft skills found similarity with graduates.

**Palabras clave:** Habilidades blandas, empleadores, graduados, competencias.

**Keywords:** Soft skills, employers, graduates, competitions.

---

## Introducción

El mercado profesional actual es saturado y competitivo, los empleadores tratan de identificar en los nuevos profesionales las competencias y/o habilidades favorables y funcionales a la productividad de sus organizaciones para tener una inserción exitosa que reditúe beneficios compartidos. Por su parte, las universidades, cada vez con más frecuencia, prestan atención a las necesidades de los empleadores para traducirlas en acciones en los programas educativos que ofrecen y de esta manera generar formación pertinente.

Uno de los estudios europeos más interesantes sobre el análisis de la inserción laboral de los graduados universitarios es *Careers after Higher Education: an European Research Survey (CHEERs)* que conjuntó a investigadores de 12 países y que durante 1998 al 2000 logró que alrededor de 3000 graduados proporcionaran información sobre su transición de la educación superior al empleo, entre otros temas (García y Cárdenas, 2018).

Otro proyecto interesante es *Research on the Flexible Professional in the Knowledge Society (REFLEX)*, emprendido en 16 países con el objetivo de evaluar las demandas de la sociedad moderna del conocimiento a los graduados de educación superior (Carot, Conchado, Mora y Villa, 2011).

En el mismo tenor que los anteriores está el *Professional Flexible in the Knowledge Society (PROFLEX)* que une las regiones europea y latinoamericana, contó con la participación de 50 universidades de 11 países, donde la base de datos que auspicia ofrece información sobre la inserción laboral (García y Cárdenas, 2018).

En México, los estudios sobre el proceso de inserción laboral de egresados de las universidades es un campo fértil de estudio. De Vries y Navarro (2011), sustentados en el proyecto REFLEX, analizaron los resultados de nueve universidades mexicanas encontrando que la inserción laboral exitosa es el resultado de una complicada interacción entre desarrollo de la economía, área de conocimiento, tipo de institución, género y pasado familiar.

En definitiva, el desafío de la educación superior es la respuesta de adaptación a las megatendencias, entendiendo a éstas como los aspectos que marca la sociedad en cuanto a tecnología, productos, consumo, servicios, equipos, etc., que no se acotan a un país es específico sino que son parte del mundo globalizado (Zepeda et al, 2019).

## Habilidades blandas (Soft skills)

El origen de este tipo de habilidades viene de la parte derecha del cerebro (Matus y Gutiérrez, 2015); a diferencia de las habilidades duras, que pueden ser entrenadas rápidamente, el dominio de las habilidades blandas puede tomar años (Singer et al, 2009, citados por Espinoza y Gallegos, 2020).

El concepto de habilidades blandas es sinónimo al concepto de habilidades para la vida propuesto por la World Health Organization y que se definen como un conjunto de habilidades socio afectivas necesarias en una persona para su interacción con otras, además, son el medio por el que se hace frente a situaciones de exigencia y desafío cotidianas. Las habilidades blandas proveen a las personas la capacidad de tomar decisiones, resolver problemas, pensar de manera crítica y creativa, comunicarse de manera efectiva, reconocer tanto sus emociones como las ajenas y construir relaciones saludables en los niveles físico y emocional (Guerra, 2019).

Las habilidades blandas o soft skills se encuentran circunscritas dentro de las habilidades genéricas, por medio de ellas se puede entender el contexto e influir en él (Zepeda et al, 2019). De acuerdo con Vera (2016), las habilidades blandas son las capacidades particulares que pueden incidir en la mejora del desempeño laboral, facilita la movilidad interna, catapultar la carrera profesional y predecir el éxito laboral.

Sinónimos asociados a las habilidades blandas son: competencias para el siglo XXI, competencias para la empleabilidad, habilidades genéricas, habilidades socioemocionales, competencias nucleares, habilidades laborales, habilidades relacionales, habilidades transversales o habilidades no cognitivas.

## Categorías de las habilidades blandas

Las habilidades blandas se dividen en tres categorías: interpersonales, cognitivas y para el control emocional. Es importante mencionar que el uso de estas categorías se entrelaza en la conducta de una persona de tal manera que ante una determinada situación se hace uso de varias de ellas. La Tabla 1, concentra algunas de las principales habilidades blandas.

Tabla 1. Principales habilidades blandas (soft skills)

Categoría	Habilidad	Definición
Interpersonal	Comunicación asertiva	Habilidad que permite expresar (verbal y no verbal) sentimientos y percepción frente a cualquier situación sin lastimar o vulnerar los derechos propios y ajenos.
	Negociación	Medio alternativo de solución de conflictos y diferencias a través de la destreza del desarrollo de estrategias o alternativas que reduzcan o disipen diferencias.
	Cooperación	Realización de actividades o alcance de objetivos por medio de actividades ejecutadas en conjunto de forma coordinada.
	Empatía	Habilidad de comprender los sentimientos y emociones de otros.
Cognitivas	Solución de problemas	Destreza que tiene una persona para la comprensión y solución de tareas.
	Pensamiento crítico	Habilidad para procesar información, de manera autodirigida, autodisciplinada, autorregulada y autocorregida, para tomar las mejores decisiones.
	Toma de decisiones	Habilidad de elegir de manera eficaz y constructiva la o las acciones a realizar ante distintas situaciones y contextos de la vida cotidiana.
	Autoevaluación	Habilidad de evaluar el trabajo y desempeños propios para identificar las diferencias entre lo logrado y lo deseado, identificando estrategias para mejorar.
Manejo emocional	Aprendizaje permanente	Capacidad para buscar nuevos conocimientos. Capacidad para relacionar experiencias con nuevos aprendizajes.
	Conjunto de destrezas para procesar conscientemente las emociones, aceptarlas, enfrentarlas y dominarlas en situaciones específicas así mismo identificar las reacciones fisiológicas que generan.	

Fuente: Elaboración propia a partir de Guerra (2019).

## Planteamiento del problema

La escasez de perfiles competitivos en los mercados laborales es un problema que enfrentan las organizaciones

(Manpower, 2013) y del cual no puede soslayarse la responsabilidad de las organizaciones educativas de formación superior. Es por ello que, en el campus de Tierra Blanca, se tiene la intención de conocer las necesidades de los empleadores para convertirlas en acciones pertinentes en la formación de sus estudiantes.

El objetivo de la investigación versó en la identificación de las competencias blandas que debe poseer el egresado de la carrera de ingeniería industrial que le permitan una inserción efectiva.

## Metodología

Es una investigación exploratoria, transversal que se realizó bajo el enfoque cualitativo.

## Desarrollo de la investigación

El diseño de la investigación se estructuró conforme a los siguientes pasos: desarrollo del planteamiento del problema, posteriormente construcción, por medio del estado del arte, del marco teórico de las variables conceptuales, siguiendo la selección de acuerdo con características deseadas de los participantes, realización de focus groups, análisis de hallazgos para consolidar las conclusiones y trabajo a futuro (Figura 1).



Figura 1. Desarrollo de la investigación.

Fuente: Elaboración propia

## Técnica de recolección de datos

Para la ejecución de esta investigación se recurrió a la técnica de grupos focales (focus groups), que constituyen

una forma de entrevista grupal que utiliza la comunicación entre el investigador y participantes con el propósito de obtener información (Kitzinger, 1995, citado por Hamui y Varela, 2021). De acuerdo con Martínez (1999, citado por Hamui y Varela, 2021), el grupo focal es un método de investigación colectivista que se centra en la pluralidad y variedad de las actitudes, experiencias y creencias de los participantes y lo hace en un espacio de tiempo relativamente corto.

## Confiabilidad y validez de los datos

Se utilizó la triangulación de para verificar la confiabilidad y validez de los datos. La triangulación, de acuerdo con Glesne y Peshkin (1992, citado por Aráoz y Pinto, 2021), consiste en utilizar diversos métodos de colección de información o datos para luego esperar que dichos datos converjan en respuestas similares, llegando, de esta manera a un nivel de saturación teórica (Kolb y Kolb, 2012).

Los datos obtenidos se contrastaron con lo obtenidos en el estado del arte y se encontraron similitudes lo que sustenta la confiabilidad de los resultados (saturación teórica).

## Criterios de selección

Para cada uno de los grupos focales se siguió la recomendación de Krueger y Casey (2002, citados por Rodas y Pacheco, 2020) que postulan trabajar con seis hasta ocho participantes con el propósito de que el moderador pueda manejar la discusión.

Se formaron dos grupos focales independientes, uno de empleadores y otro con egresados, que tuvieron su desarrollo durante el mes de agosto de 2021.

El grupo focal de empleadores estuvo conformado por cinco empleadores, cuyos criterios de selección fueron: estar ubicados dentro del área de influencia del campus, tener laborando en su organización a profesionistas egresados del campus y tener residentes.

## Desarrollo

Para facilitar el rendimiento del trabajo en los grupos, la moderadora aplicó un guión compuesto por los siguientes elementos: descripción de experiencias personales positivas y negativas con respecto a la formación académica y su pertinencia con las necesidades de la organización; habilidades blandas deseables en los egresados con su respectiva jerarquización. Por último se solicitaron sugerencias en la formación académica de los profesionistas. El objetivo del grupo fue introducido mediante una explicación breve de carácter general y el grupo se inició mediante una pregunta abierta esperando la participación espontánea. Al finalizar el grupo se estableció una ronda en la cual cada participante resume los aspectos que consideró más valioso. Esto en apego a lo sugerido por Girón et al (2002).

## Resultados

Se trabajó con dos grupos, uno de empleadores y otro de egresados, con un total de 12 participantes, el 42% mujeres. Las características de los grupos se muestran en la Tabla 2.

Grupos	Participantes	Mujeres	Edad media (años)	Duración del trabajo en grupo (minutos)
Empleadores	5	2	35	45
Egresados	7	3	30	63

Fuente: Elaboración propia.

### La visión de los empleadores

La mayoría de los empleadores coincidió en que la formación académica de sus empleados, egresados del campus tiene una pertinencia del 80% con respecto a las demandas de sus organizaciones. Con respecto a las habilidades blandas deseadas en los profesionistas destacaron solución de problemas, pensamiento crítico, trabajo bajo presión, co-

municación, trabajo en equipo, positividad y curiosidad. En cuanto a la jerarquización de ellas la solución de problemas se coloca como la más importante.

### La visión de los egresados

La mayoría de los egresados considera que la formación académica recibida en el campus fue pertinente a las demandas que les exigió su inserción laboral. Con referencia a las habilidades blandas deseadas, la mayoría coincidió en: solución de problemas, liderazgo, toma de decisiones y comunicación. En cuanto a la jerarquización de las habilidades deseadas, se encontró que la mayoría coloca a la comunicación en primer lugar.

## Conclusiones

La investigación ha explorado las opiniones, tanto de empleadores como egresados, acerca de las habilidades blandas deseadas actualmente en los profesionistas. Se han identificado las habilidades más importantes para los empleadores contrastándolas con las que sugieren los egresados con base en su experiencia en proceso de inserción laboral. Los grupos focales proporcionaron información detallada sobre las consecuencias de la presencia y ausencia o bajo desarrollo de habilidades blandas. La presencia de habilidades blandas en los egresados ha significado la inserción adecuada a las organizaciones, en contra parte, la ausencia de ellas o bajo desarrollo, se traduce en dificultades para contratarse o aceptar subempleos.

El análisis sugiere el aumento en la pertinencia de la formación de los ingenieros industriales del campus de Tierra Blanca para con ello aumentar la empleabilidad de los egresados.

El principal hallazgo de esta investigación es que la solución de problemas y la comunicación son las habilidades

blandas (soft skills) que, de acuerdo con los grupos focales, se colocan como las más deseadas en los profesionistas de la Ingeniería Industrial, por lo que se recomienda al campus fortalecerlas dentro del currículo académico.

## Discusión

Dentro de los trabajos similares al presente está el de Silva (2016), conducido en Perú, en donde encontró que las habilidades blandas que demandan los empleadores son liderazgo, comunicación, toma de decisiones e inteligencia emocional. En el mismo país, pero ahora en un trabajo realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú (Vicerrectorado, 2014 citado por Sotelo y Espíritu, 2017) se encontró que el 60% de los empleadores que los recién egresados adolecen de las habilidades blandas de sentido ético o adaptabilidad. Moreno y Quintero (2021), realizaron un estudio en Colombia, comparando las habilidades blandas de tres programas educativos y los resultados evidenciaron pobreza en el dominio de dichas habilidades lo que provoca reflexiones importantes para el sector educativo en cuanto a la reformulación curricular de sus programas educativos. En México, Neri y Hernández (2019) condujeron un estudio en un tecnológico federal y encontraron que los estudiantes de ingeniería muestran falta de habilidades tales como resolución de problemas, comunicación, estrategias para el eficiente procesamiento de información y creatividad. Los resultados obtenidos en estos estudios comparten hallazgos como los encontrados en la presente investigación.

## Referencias

- Aráoz-Cutipa, R.A. y Pinto-Tapia, B. (2021). Criterios de validez de una investigación cualitativa: tres vertientes epistemológicas para un mismo propósito. *Summa Psicológica*, 18(1), 47-56. ISSN 0718-0446.
- Carot, J.M., Conchado-Peiró, A., Ginés-Mora, J. y Villaladosa, L.E. (2011). La opinión de los graduados europeos sobre la universidad cinco años después de haber finalizado sus estudios. *Revista de Sociología*, 96(4), 1269-1285.
- De Vries, W. y Navarro, Y. (2011). ¿Profesionistas del futuro o futuros taxistas? Los egresados universitarios y el mercado laboral en México, *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 2 (4), 3-27.
- Espinoza-Mina, M.A. y Gallegos-Barzola, D. (2020). Habilidades blandas en la educación y la empresa: Mapeo sistemático. *Revista Científica Uisrael*, 7(2), 41-58.
- García-Blanco, M. y Cárdenas-Sempértegui, E.B. (2018). la inserción laboral en la Educación Superior. la perspectiva latinoamericana. *Educación XX1*, 21(2), 323-347, doi: 10.5944/educXX1.16209
- Girón, M., Beviá, B., Medina, E., y Talero, M.S. (2002). Calidad de la relación médico paciente y resultados de los encuentros clínicos en atención primaria de alicante: un estudio con grupos focales. *Rev Esp Salud Pública*, 76, 561-575. ISSN
- Guerra Báez, S.P. (2019). Una revisión panorámica al entrenamiento de las habilidades blandas en estudiantes universitarios. *Psicología Escolar e Educacional*, 23, 1-11.
- Hamui-Sutton, A. y Varela-Ruiz, M. (2021). La técnica de grupos focales. *Investigación en Educación Médica*, 2(1), 55-60. ISSN 2007-5057.
- Kolb, A. Y., y Kolb, D. A. (2012). *Experiential learning theory*. In *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (1215-1219). Springer US. Doi: 10.1007/978-1-4419-1428-6\_227
- Manpower. (2013). Estudio Manpowergroup sobre escasez de talento. Barcelona: MANPOWERGROUP .
- Matus, O. y Gutiérrez, A. (2015). Habilidades blandas: una ventaja competitiva en la formación tecnológica. *Journal of Industrial Neo-Tecnologies*, 32-40.
- Moreno, L.M. y Quintero, Y. A. (2021). Relación entre la formación disciplinar y el ciclo profesional en el desarrollo de habilidades blandas. *Formación Universitaria*, 14(3), 65- 74 Doi: 10.4067/S0718-50062021000300065

- Neri, J.C. y Hernández, C.A. (2019). Los jóvenes universitarios de ingeniería y su percepción sobre las competencias blandas. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9(18), 1-24 Doi: 10.23913/ride.v9i18.445
- Rodas-Pacheco, F.D. y Pacheco-Salazar, V.G.(2020). Grupos focales: marco de referencia para su implementación. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 182-195. ISSN 2477-9024.
- Silva, J.J. (2016). Brecha porcentual entre las habilidades blandas de estudiantes de relaciones industriales y las requeridas por empresas de Yanahuara – Arequipa, 2016. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3787>
- Sotelo, R.J. y Espíritu, J.C. (2017). La formación humanista y habilidades blandas en estudiantes universitarios. *Revista Científica de Ciencias Sociales*, 2(1), 1-11. Doi: 10.31876/sl.v1i1.4
- Vera-Millalén, F. (2016). Infusión de habilidades blandas en el currículum de la educación superior: clave para el desarrollo de capital humano avanzado. *Revista Akademeia*, 7(1), 53-73.
- Zepeda-Hurtado, M.E., Cardoso-Espinosa, E.O. y Rey-Benguría, C. (2019). El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros. *Científica*, 23(1), 61-67.



# Inteligencia de mercados para incrementar las ventas en un ambiente de inseguridad en la Ciudad de Chihuahua para una arrendadora de autos sin chofer

Andrew Sotelo María Elena<sup>1</sup>, Sostres Flores Paula Alejandra<sup>2</sup>, Durán Morales Carlos<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad Tecnológica de Chihuahua

Avenida Montes Americanos No. 9501 Sector 35

Chihuahua, Chihuahua, México, C.P. 31216.



**Correo correspondiente**

psostres@utch.edu.mx

## Resumen

El proyecto tiene como objetivo mejorar la percepción negativa del mercado nacional e internacional que tiene sobre la ciudad de Chihuahua, por la inseguridad que se vive en la misma, esto limita las ventas de la arrendadora de autos sin chofer. Por lo que se decide el diseño de un Plan de Comunicación de Mercadotecnia a través de la inteligencia de mercados, que permita mejorar esa imagen.

Se diseña una entrevista para el gerente de ventas, para conocer la problemática, durante el desarrollo del proyecto se arrojan resultados cualitativos relevantes como lo es el diseño de Inbound Marketing, por medio de prototipos de correos electrónicos dirigidos, estos se envían al cliente objetivo para captar su atención, también se adjuntan cotizaciones de servicios de emails automatizados en los cuales se adjuntan distintas propuestas. Existen algunas limitaciones, una es la falta de tiempo ya que se destina un periodo de cuatro meses para llevar a cabo el Plan de Comunicación de Mercadotecnia, y la implementación no se considera factible. Otra es que la publicidad que maneja esta empresa viene desde una matriz y es nacional, no permite adaptar publicidad acorde al segmento de la ciudad de Chihuahua. Se realizan recomendaciones correspondientes.

## Abstract

This Project has the purpose to improve the negative perception that the national and international market has about Chihuahua City, since the insecurity that is lived in this city. So, due this; sales are affected in the car rental company without driver. Therefore, it is decided a Marketing Communication Plan through market intelligence, to allow improve the image about City.

An interview is made, to the sales manager, in order to know the problem, during the development of this project, there are qualitative relevant results, such as: Inbound Marketing design, through email prototypes, with specific information to send for target, in order to catch their attention, and also different quotes are attached in these mails. The client could compare different proposals. There are limitations that this project presents during this performance, one of this is the lack of time, since only four months are estimated to do the Communication Marketing Plan, so due this, the implementation is not considered. Another limitation occurs since the publicity that the company has comes from a headquarter office and it for national territory, so it is difficult to fit publicity according to segment in Chihuahua City. Some recommendations to the company are considered.

**Palabras clave:** Inseguridad, plan de comunicación, correo electrónico, Marketing personalizado, ventas.

**Keywords:** Insecurity, communication plan, e mail, Inbound Marketing, Sales..

---

## Introducción

El análisis de la inseguridad en la ciudad de Chihuahua tiene como objetivo conocer el impacto de la inseguridad ocasionada por asaltos homicidios, narcotráfico en la arrendadora de autos de la ciudad.

Chihuahua en materia de inseguridad:

De acuerdo al documento FICOSEC (2021), se menciona lo siguiente: "en donde se da seguimiento a los delitos que suponen un nivel de afectación mayor para la ciudadanía como lo son: homicidios, feminicidios, robo a casa habitación, robo a negocio, robo de vehículo, robo a transeúnte, secuestro, extorsión, violencia familiar y delitos sexuales; además de considerar que estos delitos representan aproximadamente 4 de cada 10 carpetas de investigación abiertas en el estado".

Tabla 1. Delitos en la ciudad de Chihuahua.

Delitos	Administración 2010-2016	Promedio mensual	Administración 2016-2021	Promedio mensual	Variación de promedio mensual
Víctimas de homicidio doloso	13,041	181.1	11,760	199.3	10%
Feminicidio	N/A	N/A	150	2.5	N/A
Robo a casa habitación	18,623	258.7	14,408	244.2	-6%
Robo a casa habitación con violencia	1,047	14.5	615	10.4	-28%
Robo a casa habitación sin violencia	17,576	244.1	13,793	233.8	-6%
Robo a negocio	12,174	169.1	10,842	183.8	9%
Robo a negocio con violencia	2,774	38.5	1,278	21.7	-44%
Robo a negocio sin violencia	9,400	130.6	9,564	162.1	24%
Robo de vehículo	65,173	905.2	19,713	334.1	-63%
Robo de vehículo con violencia	15,267	212.0	2,689	45.6	-79%
Robo de vehículo sin violencia	49,906	693.1	17,024	288.5	-58%
Robo a transeúnte	5,846	81.2	3,445	58.4	-28%
Robo a transeúnte con violencia	3,277	45.5	1,522	25.8	-43%
Robo a transeúnte sin violencia	2,569	35.7	1,923	32.6	-9%
Secuestro	224	3.1	84	1.4	-54%
Extorsión	652	9.1	80	1.4	-85%

Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública

N/A: En el año 2017, se realizó una reforma al Código Penal del Estado de Chihuahua, en la que se tipificó el delito de feminicidio

Fuente Secretariado ejecutivo del Sistema de Seguridad Pública.

En la tabla anterior, destacan los delitos que fueron al alza en un periodo y otro de acuerdo con su promedio mensual: El promedio mensual de víctimas por homicidio doloso aumento en un 10% en administración 2016-2021 contra la anterior. De acuerdo con las carpetas de investigación se obtuvo que en el robo a negocio con violencia aumento en un 9%, y el robo a negocio sin violencia un 24% al término de la administración 2016-2021, del total de las carpetas de investigación abiertas por narcomenudeo, el 84% se concentraron en Ciudad Juárez.

Por ser una investigación exploratoria no se analiza el impacto en las ventas de una muestra representativa sino de una situación en específico.

Las ventas en la arrendadora de autos tuvieron una baja considerable, situación ocasionada por la falta de reservaciones del mercado internacional, en el año 2007 con un promedio de ventas de 900 mil pesos mensuales bajaron a 700 mil pesos lo que representa un 22.25% de ventas perdidas mensualmente manteniéndose esta situación por varios años. En el 2020 a la fecha las ventas están solo a un 15%, situación derivada de la pandemia ocasionada por la enfermedad por COVID 19 el virus SARS-CoV-2 (Información proporcionada por el gerente de la empresa)

El estado ha presentado una pérdida total de 3 millones 602 mil 404 turistas por noche durante el año 2020 hasta el mes de octubre, comparado con el registro de 2019, cifras proporcionadas por la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Chihuahua (2020).

Derivado de la importancia que tiene la interacción de la industria con las instituciones educativas, es de suma importancia que se tengan proyectos de investigación aplicada, ya que de esta manera se puede orientar a la empresa en procesos de investigación que por la misma operación de las empresas se pueden ir posponiendo. Así mismo, se da oportunidad a docentes y alumnos de enriquecer proyectos académicos en las áreas de especialidad correspondientes. Debido a esto, es de suma importancia la liga de investigación de la intervención comercial empresarial del Cuerpo Académico. Por lo cual se propone el siguiente proyecto a la empresa arrendadora de autos, con la intención de poder impactar directamente al área comercial de la misma, a través de una propuesta comercial atendiendo un problema específico que en este caso es la imagen negativa o percepción negativa de la ciudad de Chihuahua, derivada de la inseguridad que impacta también en este sentido a la empresa.

Por lo cual se genera una propuesta que puede contrarrestar dicha percepción negativa, en conjunto con otras que son propias de la empresa.

## Análisis de la situación actual

La arrendadora de autos sin chofer, presenta un decremento en sus reservaciones de automóviles, ya que la mayoría de sus clientes reservan un automóvil desde otra ciudad o país para realizar sus negocios y actividades en la ciudad, puesto que al aumentar la violencia, dejaron de hacerlo.

Es necesario para la empresa, mejorar la percepción de la imagen del estado de Chihuahua, diseñando un Plan de Comunicación de Mercadotecnia, con la finalidad de disminuir el impacto negativo, para captar clientes nuevos y recuperar clientes perdidos.

Se lleva a cabo una entrevista en profundidad al gerente de ventas de la empresa, con el objetivo de conocer cómo ha afectado la inseguridad y la pandemia del COVID 19 en la ciudad también conocer si el mercado está bien atendido, su posicionamiento frente a la competencia, porcentaje de ventas, metas, indicadores que muestran la situación de la empresa.

## Problema

El estado de Chihuahua actualmente es catalogado entre los primeros estados de México con mayor índice de violencia, por lo que los comercios se ven severamente afectados provocando cierres o ventas bajas.

El crimen organizado, extorsiones, robos y asesinatos se ven todos los días en la ciudad, solo basta con revisar las noticias para darse cuenta, esto provoca cuantificables pérdidas y oportunidades para el estado.

Las estadísticas sobre incidencia delictiva, del gobierno federal como de organizaciones civiles, Chihuahua está entre los 10 estados donde más ilícitos se cometen.

De acuerdo con las cifras de incidencia delictiva del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, Chihuahua ocupa el séptimo lugar en cuanto a número de delitos registrados de enero a septiembre de este año, con un total de 54 mil 910 (Murillo, 2019).

“La inseguridad costó a los chihuahuenses 6 mil 409.9 millones de pesos por las pérdidas que provocaron los deli-

tos que sufrieron en sus hogares, así como por el gasto que hicieron para auto protegerse, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción de la Seguridad Pública (ENVIPE) 2020. Un 52 por ciento de los más de 6 mil millones de pesos –equivalente a 3 mil 204.95 millones de pesos– representa las pérdidas económicas para los hogares chihuahuenses como consecuencia de los delitos que sufrieron, como los robos” (Carmona, 2020).

Estos datos dan la pauta el desarrollo de estrategias de inteligencia de mercados como el Inbound Marketing para una arrendadora de autos sin chofer en la ciudad de Chihuahua y el impacto de estas estrategias en sus ventas.

## Objetivos

### Objetivo general

Diseñar estrategias digitales que permitan la creación de una imagen positiva de la ciudad de Chihuahua junto a la publicidad de la arrendadora de autos que disminuya el impacto de la inseguridad en Chihuahua en las ventas.

### Objetivo específico

Diseñar una estrategia de Inbound marketing para la atracción de leads a través de una descripción de lugares a visitar en el estado y la ciudad de Chihuahua.

## Marco teórico

Hablando sobre la empresa ARRENDADORA DE AUTOS SIN CHOFER, en la Ciudad de Chihuahua, como anteriormente se menciona, dicha empresa se ha visto afectada por el ambiente de inseguridad que se vive en el Estado.

Según FICOSEC (2020), “En el Estado de Chihuahua destaca un aumento en el delito de homicidio doloso del 11.8% en este primer semestre del 2020 frente al mismo periodo de 2019; las lesiones dolosas con un aumento del 6%; el robo a vehículo, aumentando 5.3% en 2020; así como el delito

narcomenudeo que presentó un incremento del 34.8% en 2020 contra el 2019 según el análisis en tasa por cada 100 mil habitantes en la Ciudad de Chihuahua.”

“A nivel estatal, los delitos que aumentaron en el primer semestre de 2020 comparado al mismo periodo de 2019 fueron el homicidio doloso con un 11.4%, así como la violencia familiar que sufrió un aumento del 2.3%.

Cabe señalar que el estado de Chihuahua ocupó en este semestre anual de 2020 el tercer lugar en incidencia de homicidios dolosos, el cuarto lugar en delitos sexuales, ocupando un quinto lugar en los delitos de robo a vehículo y narcomenudeo, respectivamente, en tasa por cada 100 mil habitantes.”

Según información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020), de la totalidad de delitos en la Ciudad de Chihuahua, sólo el 11.8% se denuncia, mientras que a nivel estatal es del 11.6%; ambas, superando a la nacional que es de 10.6%

Lo anterior, pese a que muestra un panorama alentador por contar con una ciudadanía informada y que confía de alguna manera en la actuación de las autoridades para el seguimiento de sus casos, no deja de ser preocupante ya que demuestra que en su mayoría las víctimas evitan la denuncia, generándose una cifra negra que poco abona a las acciones de seguridad y procuración de justicia.

La percepción de inseguridad incrementó al finalizar el 2020 durante el último trimestre tanto en Ciudad Juárez como en Chihuahua, de acuerdo con un informe del Fideicomiso para la Competitividad y la Seguridad Ciudadana, basado en la Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana del INEGI.

Respecto a la inseguridad en el último trimestre del

2020, el 73.7 por ciento de la población mayor de 18 años en Ciudad Juárez consideró que vivir en esta ciudad es peligroso, de acuerdo con la encuesta.

Sin embargo, a pesar de que en ambas ciudades, Ciudad Juárez y la ciudad de Chihuahua, se presentó un incremento en la percepción de inseguridad con respecto al trimestre anterior, se notó un ligero decremento si se compara con el primer trimestre del mismo año, de acuerdo con la encuesta (Percepcion-Inseguridad, 2021).

Por lo que se puede afirmar que la Ciudad de Chihuahua, si cuenta con un índice de violencia considerado, por lo que esto hace difícil la atracción de usuarios para la compañía ARRENDADORA DE AUTOS SIN CHOFER, pero no es un impedimento para tratar de lograr presentar una imagen positiva, que si bien, se sabe, tiene un gran número de lugares y atracciones para los que quieren explorar y visitar la ciudad y sus alrededores. Por lo que se quiere lograr en mayor medida resaltar esos lugares.

Por medio del Inbound Marketing los objetivos planteados, tales como, como rescatar clientes y aumentar las ventas para la empresa, se hace la propuesta de intervención en el área comercial por medio de este proyecto.

### **Inbound Marketing**

“Un Plan de Comunicación es un documento que establece de forma clara cómo, cuándo y de qué forma se va a comunicar la empresa con su público, con el fin de alcanzar ciertos objetivos, y que tiene como fin reforzar y ayudar al plan de marketing. Son las acciones que se llevarán a cabo a través de medios digitales como la página web de la empresa, el blog corporativo, las redes sociales, el correo electrónico, la publicidad digital, etcétera” (Marketing, 2018). El Plan de Comunicación, se presenta de forma online, al enviar co-

reos electrónicos con publicidad que atraiga al público. Por medio del Inbound Marketing los objetivos, como rescatar clientes y aumentar las ventas para la empresa, son como se buscan alcanzar.

“El Inbound Marketing es una metodología que combina técnicas de marketing y publicidad no intrusivas con la finalidad de contactar con un usuario al principio de su proceso de compra y acompañarle hasta la transacción final.”

“La principal finalidad de esta metodología es contactar con personas que se encuentran en el inicio del proceso de compra de un producto determinado. A partir de aquí, se les acompaña, mediante el contenido apropiado para cada una de las fases del proceso de compra y su perfil, hasta la transacción final, siempre de forma “amigable”. Y, posteriormente, se les fideliza” (InboundCycle, 2019).

## Metodología

En esta metodología cualitativa no se estudia un fenómeno limitándolo, sino que se pretende estudiar los elementos que lo rodean, dando flexibilidad para incorporar hallazgos no previstos que permitan aplicar la Inteligencia de mercados. Se realiza una investigación exploratoria a través de una entrevista en profundidad buscando establecer las relaciones que existen entre los fenómenos inseguridad-bajas ventas en la arrendadora de autos (causa-efecto) se respalda la investigación cualitativa haciendo un análisis más profundo con información secundaria (introducción y marco teórico) cotejando con la información obtenida en la entrevista en profundidad y análisis de ventas del año 2007-2021. El objetivo de esta investigación no es estudiar una muestra representativa de la población, como se hace en una investigación cuantitativa, sino analizar la opinión de un experto que está inmerso en la situación. No se busca la representatividad del universo, sino la especificidad de la situación observada.

Se diseña un instrumento de investigación para realizar la investigación exploratoria a través de una entrevista estructurada. (12 preguntas abiertas dónde el entrevistador exprese libremente su opinión) ésta se lleva a cabo vía telefónica con el gerente de oficina, encargado de las ventas de la empresa y a cargo del personal de ventas, tanto de la oficina centro como aeropuerto.

El instrumento de investigación se realiza de acuerdo a variables del planteamiento del problema para la aplicación de la inteligencia de mercados.

Las preguntas 1, 2, 9 y 10 son para conocer la situación actual de la empresa, y la percepción ante la inseguridad. Las preguntas 2, 3, 4, 5 y 7 enfocadas a las estrategias para mantenerse en el mercado al igual que la competencia y determinar la viabilidad del proyecto del cuerpo académico y por último 8, 11 y 12 para conocer la percepción de las ventas.

Se esperan resultados cuantitativos que reflejen el incremento en las ventas de acuerdo a email enviados por el gerente, y cualitativa para conocer la percepción de los clientes de la información enviada a sus correos.

## Resultados

Proponer Inbound Marketing para la atracción de usuarios de la empresa Comercializadora de Arrendamientos S.A de C.V, en donde se obtenga un incremento en las ventas

Promover el envío de correos electrónicos automatizados para atraer usuarios y llamar la atención de los clientes con información de interés por medio de servicios de mailing profesional. A continuación se muestran las siguientes opciones con cotización aproximada.

Los prototipos de correo electrónicos generados a continuación, están dirigidos a los clientes y usuarios potenciales de la empresa, con el fin de que los mismos se motiven a visitar la Ciudad de Chihuahua.

Dichos prototipos se envían por medio de mail electrónico, los cuales están diseñados para que se mande uno por mes. En el calendario de contenido, se especifica el nombre del correo que se planea enviar y en qué mes, así como, también describe el tipo de contenido que lleva cada correo electrónico, más notas adicionales que son hashtag.

Estos correos se pueden ir actualizando o bien creando contenido nuevo, con algunos requisitos mencionados a continuación:

**Prototipos de correos electrónicos**

**Correo electrónico #1 ¡Bienvenido!**

**AVIS RENT A CAR CHIHUAHUA**

¡Bienvenido a la familia \_\_\_\_\_!  
 En \_\_\_\_\_ tenemos la mejor opción para viajar, los mejores automóviles de reciente modelo, te brindamos la mayor limpieza y seguridad. Te hacemos la cordial invitación a viajar a la Ciudad de Chihuahua con nosotros...

Ya sea para conocer, planear algún negocio... ¡lo que tú quieras!

¡Somos tu mejor opción!  
 ¡Descubre nuestras promociones que tenemos para ti!  
 ¡Hazlo con \_\_\_\_\_!

**Las ventajas de arrendar con nosotros**

**Tus reservas**  
 Tus reservas pueden ser online, presenciales o combinadas, aun con cambio de fechas y horarios de reservación.

**Ahora ¡busca ofertas!**  
 ¡Compara y encuentra el mejor precio! ¡Hazlo con nosotros!

**Seguridad**  
 Asignamos los vehículos con los mejores estándares de seguridad, para que puedas viajar tranquilo y seguro. ¡Hazlo con nosotros!

Para mayor información comunicarse al \_\_\_\_\_  
 ¿Deseas una atención más personalizada?  
 Gerente de la empresa \_\_\_\_\_ y número de celular \_\_\_\_\_  
 Gerente de Ventas de cd. Chihuahua \_\_\_\_\_  
 Ubicanos: \_\_\_\_\_  
 #Chihuahua #Chihuahua #Clientes #Visita Chihuahua

Figura 2. Prototipo de correo electrónico.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Cotizaciones de servicios de e-mails automatizados

Plataforma	Servicio	Descripción	Costo
Landing Sendinblue	Plan lite	Contactos ilimitados 10,000 Emails al mes	\$411 mes \$369 anual
	Plan premium	Contactos ilimitados 20,000 Emails al mes 3 usuarios incluidos 5 landing pages	\$1059 al mes \$960 anual
		Dentro del plan de empresa se ofrece funciones más avanzadas que van de la mano a crear una relación más concreta con los	Cotización de acuerdo a las

**LOGOTIPO DE LA EMPRESA**

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Edad: \_\_\_\_\_  
 Ciudad de donde nos visita: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
 Objetivo: Medir la satisfacción de nuestro servicio con la finalidad de mejorar para usted.  
 La escala es del 1 al 5 donde 1 es la calificación menor y 5 la más alta.  
 ¿Cómo calificaría su experiencia en general con nuestro servicio? 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

  
 ¿Cuáles son las probabilidades de que vuelvas a contratar nuestro producto? 

--	--	--	--	--

  
 ¿Cuál es la probabilidad de que nos recomiende? 

--	--	--	--	--

  
 Si alguna vez recibiste correos electrónicos de nosotros, ¿Cómo calificas nuestro contenido? 

--	--	--	--	--

  
 ¿El contenido que manejamos fue de tu interés? 

--	--	--	--	--

  
 ¿Qué te gustaría que manejáramos en nuestro servicio? \_\_\_\_\_  
 ¿Qué tipo de contenido te gustaría que manejáramos? \_\_\_\_\_  
 Comentarios adicionales: \_\_\_\_\_

Figura 3. Encuesta de medición y satisfacción del cliente conforme al servicio prestado. Fuente: Elaboración propia.

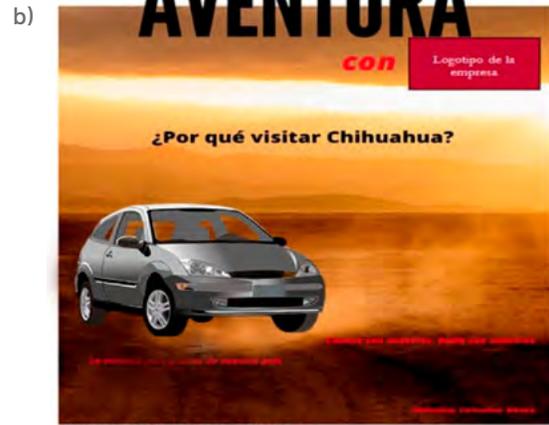
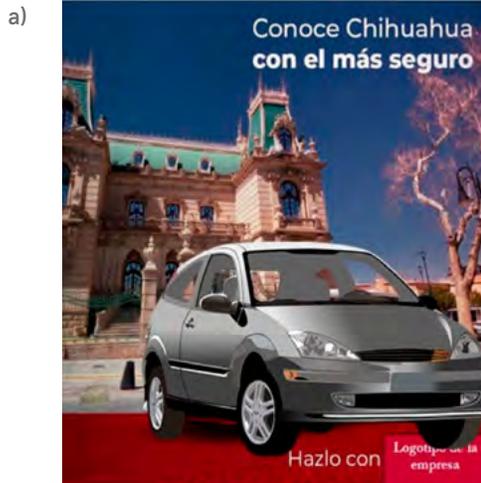
Encuesta de medición de la percepción del cliente con el servicio prestado por la arrendadora de autos sin chofer en la ciudad de Chihuahua, se aplica con la finalidad de conocer la satisfacción y percepción que el cliente tiene de la empresa y para verificar si la información que se envía en los correos electrónicos fue de su agrado e interés y verificar si la información que se envía en los correos electrónicos fue de su agrado e interés. Como se muestra en la Figura 3.

CALENDARIO DE CONTENIDO			
Método	Mes	Tipo de contenido	Notas
Correo electrónico	Junio	Correo electrónico #1 ¡Bienvenido! Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua
	Julio	Correo electrónico #2 Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua
	Agosto	Correo electrónico #3 Barrancas del Cobre Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua
	Septiembre	Correo electrónico #4 Catedral Metropolitana de Ciudad Chihuahua Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua
	Octubre	Correo electrónico #5 Información de seguridad Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua
	Noviembre	Correo electrónico #6 Invitación al Cañón de Paganis Imagen e información	#Chihuahua #Clientes #VisitaChihuahua

Figura 4. Calendario de contenido.

Fuente: Elaboración propia

Publicidad que se anexa a la promoción de la arrendadora de autos



Correo electrónico #3 Barrancas del cobre

ARRENDADORA DE AUTOS CHIHUAHUA

¡Hola (nombre/cliente/usuario)! ¡Que gusto saludarte!

Hoy te vengo a contar sobre las Barrancas del Cobre, ubicadas en la sierra Tarahumara, las barrancas abarcan 20 cañones de los cuales todos ofrecen vistas impresionantes.

1. Se ubica aproximadamente a 370 km de Ciudad Chihuahua en carretera
2. Las carreteras son seguras
3. Existe gran cantidad de flora y fauna
4. Los paisajes son divinos y asombrosos durante el camino al destino



Pero... ¿Por qué no descubrir estos hermosos paisajes con tus propios ojos?

Y que mejor en compañía de un auto nombre de la arrendadora, seguro, confortable, excelente precio.

¿Por qué visitar Chihuahua?

¿Qué lugares debo conocer?

¿Hay atracciones en la Ciudad?

En este catálogo te presentamos algunos de los lugares que Chihuahua tiene para ti y seguro durante tu estancia debes visitarlos por lo menos alguna vez.

Podrás ver las imágenes en las que se admira los hermosos lugares que el Estado, así como ubicación.

Sin duda podrás visitarlos, trasladándote en un vehículo AVIS.



Figura 5. (a,b,c,d) Publicidad para correo electrónico.

Fuente: Elaboración Propia.

## Discusión

Se revisa el proyecto por parte de la Gerencia de Ventas y la empresa decide realizar pruebas piloto para el lanzamiento del email marketing para conocer el impacto y determinar si la cantidad de vehículos con los que cuenta actualmente en flotilla son suficientes para hacer frente a la demanda.

Resultados cualitativos. En el mes de julio 2021 se rentaron cinco vehículos para fines recreativos y los clientes realizaron comentarios positivos respecto a la información recibida sobre los lugares de Chihuahua mencionados en la campaña de imagen positiva propuesta como resultado de este proyecto. En agosto de este mismo año se detectaron dos clientes que comentaron de manera positiva respecto a los lugares culturales y recreativos de la ciudad. Ver tabla 2.

La empresa considera que es una excelente estrategia para llevarse a cabo a gran escala.

En este momento se presentan límites para su aplicación.

### Límites.

La empresa tiene una flotilla del 55% en comparación a otros años (entrevista) a partir del segundo semestre del 2021, las ventas han estado a un 15% esperando una recuperación. En este momento, no pueden adquirir más vehículos por cuestiones comerciales internacionales para poder aplicar la estrategia propuesta de Inteligencia de Mercado en un 100%. Esta información fue proporcionada por el gerente de la empresa en el mes de Agosto de 2021.

Bajó la producción de vehículos a nivel mundial por la pandemia generada por el covid-19.

Vehículos como la marca Aveo de GM de transmisión automática (vehículo más rentado y con mayor utilidad en la arrendadora de autos) no se está fabricando por falta de un chip que este vehículo lleva. (staff, 2021)

Entrevista al gerente de ventas de la empresa	
<b>Objetivos de la entrevista:</b> Conocer la situación actual de la empresa Investigar la problemática y necesidades de la empresa, para el proyecto Inteligencia de mercados.	
1.	¿A qué se dedica la empresa? Renta de autos sin chofer
2.	¿Qué problemas puede observar en la empresa que este proyecto le puede ayudar a solucionar y qué expectativas tiene sobre el proyecto? Chihuahua atraviesa por una inseguridad que impera de años atrás y la situación actual por la pandemia, por lo que este proyecto es una oportunidad para que el mercado nacional e internacional vea una ciudad con grandes atractivos culturales y se animen a visitarla, ya sea por placer o negocios y por lo tanto, renten un vehículo con nosotros.
3.	¿Considera que su mercado objetivo está bien atendido? ¿Por qué? Sí, los clientes siempre se van satisfechos por el servicio.
4.	¿Qué está haciendo la competencia y cuáles son las estrategias de la empresa al respecto? Hoy en día por la pandemia, la competencia está desesperada y algunas han optado por cerrar operaciones.
5.	¿Cuál es el porcentaje de ventas o la frecuencia de alquiler de los autos? ¿Considera estar cumpliendo las metas de ventas? Estamos con un 60% de ventas con una reducción de flotilla cerca del 55%
6.	¿Cuáles son los indicadores que ustedes verifican para conocer la situación de la empresa, para poder determinar si esta es buena, regular o mala? Costos y gastos, los ingresos y la utilidad por ventas
7.	¿Qué estrategias/acciones realizan ante la situación? Calidad en el servicio al cliente, productos (vehículos) en excelentes condiciones y contacto con los clientes.
8.	¿Cuál es la ventaja competitiva de la empresa respecto a la competencia? Nos esforzamos más, que la competencia.
9.	¿Cómo se ha visto afectada la empresa en la ciudad de Chihuahua por la inseguridad, violencia y la pandemia generada por el COVID-19? Algunos clientes han optado por no viajar a nuestra ciudad y hacer sus negocios en línea y por teléfono. La pandemia definitivamente llegó a afectar casi un 90% de nuestras ventas.
10.	¿Considera que la violencia es un factor por el cual la empresa ha visto disminuida la cantidad de reservaciones? Definitivamente sí y en gran porcentaje
11.	¿En qué periodo empezaron a bajar las ventas? Desde el 2007 hasta la fecha.
12.	Comentarios adicionales Esperamos tener un excelente resultado de este proyecto. Ver la posibilidad de aplicarlo en el mercado para mejorar las ventas y la utilidad en beneficio de la empresa, los empleados y la comunidad en general.

Fuente: Elaboración propia.

## Referencias

- Carmona, B. E. (22 de Diciembre de 2020). Pie De Pagina. Obtenido de <https://piedepagina.mx/chihuahua-la-inseguridad-cuesta-mas-de-6-mil-mdp/>
- Clker-Free-Vector-Images/29540images. (13 de Abril de 2012). pixabay. Obtenido de pixabay: <https://pixabay.com/es/vectores/coche-veh%c3%adculo-autom%c3%b3vil-automotor-33556/>
- Destinos México. (2020). Obtenido de <https://programadestinosmexico.com/que-ver/maravillas->

naturales/canon-del-penguis-chihuahua.html (imagen publicidad)

El Herald de Chihuahua. (19 de Noviembre de 2020).  
Obtenido de <https://www.elheraldodechihuahua.com.mx/finanzas/chihuahua-ha-perdido-mas-de-5-mil-millones-de-pesos-en-turismo-6031438.html>

FICOSEC. (10 de AGOSTO de 2020). Obtenido de <https://ficosec.org/analisis-sobre-incidencia-delictiva-al-primer-semester-del-2020-en-la-ciudad-de-chihuahua/>

FICOSEC. (27 de SEPT. de 2021). Obtenido de FICOSEC:  
<https://ficosec.org/como-se-encuentra-chihuahua-en-materia-de-seguridad/>

InboundCycle. (2019 de Abril de 2019). InboundCycle.  
Obtenido de <https://www.inboundcycle.com/inbound-marketing-que-es>

Marketing, S. y. (06 de Septiembre de 2018). Obtenido de [https://raiolanetworks.es/blog/plan-de-comunicacion/#que\\_es\\_un\\_plan\\_de\\_comunicacion](https://raiolanetworks.es/blog/plan-de-comunicacion/#que_es_un_plan_de_comunicacion)

Murillo, E. (06 de noviembre de 2019). La Jornada. Obtenido de La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2019/11/06/politica/005n3pol>

Percepcion-Inseguridad. (21 de 01 de 2021). Obtenido de <https://yociudadano.com.mx/noticias/incrementa-percepcion-de-inseguridad-en-juarez-y-chihuahua/#:~:text=Durante%20el%20segundo%20semestre%20del,ambas%20ciudades%20fue%20el%20robo.>

staff, f. (03 de febrero de 2021). Forbes México. Obtenido de forbes México: <https://www.forbes.com.mx/negocios-gm-suspende-la-produccion-en-3-plantas-de-norteamerica-por-la-falta-de-chips/>



---

# La brecha digital en la educación superior tecnológica (TECNM) en tiempos de pandemia (COVID-19)

---

Pedro Rosales Gutiérrez<sup>1</sup>, Nancy I. Arana De Las Casas<sup>2</sup>

---

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Ciudad Cuauhtémoc

Avenida Tecnológico 137

Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua., México, C.P. 31500



**Correo correspondiente**

g20610003@itcdcuauhtemoc.edu.mx

---

## Resumen

Esta investigación refleja el panorama en la Educación Superior Tecnológica, ante una estrategia emergente del gobierno federal para aplicar las TIC's y enfrentar la enfermedad provocada por el virus COVID-19, surgida en diciembre de 2019 en Wuhan, China. Se presentan datos estadísticos de estudiantes en un instrumento de recolección de datos, tomando como base encuestas realizadas por investigadores de la Universidad Veracruzana en 2014 en un rubro similar; con estas encuestas, se buscó y demostró la brecha digital que existe en la Educación Superior Tecnológica, específicamente en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), derivado de la necesidad de impartir clases de manera virtual a través de plataformas digitales, haciendo necesaria la conexión a internet y el uso de las TIC'S, evidenciando falta de infraestructura digital, conjugado con diferencias económicas y sociales de los estudiantes, mismas que inciden en su aprendizaje, provocando altos índices de reprobación, deserción, estrés, y niveles bajos de aprovechamiento.

## Abstract

This research reflects the panorama in the technological higher education, in the face of an emerging strategy of the federal government to apply ICT's and face the disease of COVID-19, emerged in December 2019 in Wuhan China. Statistical data of students are presented in a data collection instrument based on surveys carried out by researchers from the Veracruz University in 2014 in a similar area; With these surveys, the digital gap that exists in technological higher education was sought and demonstrated, specifically in the National Technological Institute of Mexico (TecNM), derived from the need to teach classes virtually through digital platforms, making it necessary to connect to the internet and use ICT's, evidencing the lack of digital infrastructure, combined with the student's economic and social differences, which affect their learning, causing high failure rates, desertion, stress and low levels of achievement.

**Palabras clave:** Aula Invertida, TIC'S, Brecha Digital, TecNM, Educación Activa.

**Keywords:** Flipped classroom, ICTs, Digital Gap, TecNM, Active Education..

---

## Introducción

La Educación Superior Tecnológica surgió en los años 40's en los estados de Durango y Chihuahua [1], como una opción en provincia para obtener estudios de licenciatura fuera de la gran urbe del Distrito Federal (Hoy Ciudad de México). Los cambios generacionales han llevado a la educación a adaptarse a las tecnologías que han surgido a lo largo de los años, desde la creación de la televisión, el surgimiento de los videos didácticos y la evolución hasta nuestros días con las Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC's), que incluyen la Internet y la nube, herramientas que la educación se ha visto obligada a utilizar para facilitar el conocimiento en las aulas.

Los años han obligado a la educación a ofrecer métodos alternativos de educación superior tecnológica, de entre los cuales surgió la educación abierta y a distancia, la cual

cobró vida en el año de 1944 [2] cuando se formalizan las instituciones que imparten la educación a distancia con el Instituto Federal de Capacitación del Magisterio. Dicha capacitación se realizó a través de la radio y el correo postal y se combinaba con clases presenciales. Posteriormente, surge en los años 70's el SUA (Sistema de Universidad Abierta) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), para después permear a los demás sistemas de educación superior en el país, incluida la Dirección General de Institutos Tecnológicos en ese entonces, hoy TecNM.

A raíz del descubrimiento del sistema multimedia, el surgimiento de la internet y la creación de los primeros foros de atención a distancia, el surgimiento del fax y de la video llamada, fueron alternativas utilizadas en este método de educación, el cual, hasta el año 2019, no había sido forzado a utilizarse de manera masiva y como única opción del aprendizaje de la educación en México.

A finales de diciembre de 2019, en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, China, se presentaron los primeros casos de COVID-19, enfermedad provocada por el virus SARS-COV 2 [3], y que puso a prueba la educación del mundo entero, incluido México, dejando al descubierto la brecha tecnológica en materia educativa, generando áreas de oportunidad en las que se debe trabajar para mejorar la educación superior tecnológica educación abierta, y a distancia, ya sea en la modalidad virtual, presencial, mixta, en línea o a distancia.

Las TIC's se han convertido en una herramienta importante para las instituciones de educación superior (IES), dichas tecnologías, han experimentado un desarrollo, actualización y mejora en los últimos años, con la incursión del término multimedia, el cual es muy utilizado y está relacionado con la informática, telecomunicaciones, edición de documentos, electrónica de consumo, cine, televisión, etc. La tecnología multimedia toma auge en los videojuegos, a partir de 1992, cuando se integran el audio (música, sonido estéreo y voz), video, gráficas, animación y texto, todo al mismo tiempo y en un mismo ambiente [4].

Es cierto que a pesar del gran avance en las TIC's y en los sistemas de aprendizaje virtuales, tales como plataformas Moodle, Entornos Virtuales de Aprendizaje, y los Ambientes Virtuales de Aprendizaje, la educación superior tecnológica no había fortalecido la utilización de estas herramientas en la impartición de cátedra en sus instituciones específicamente hablando del sistema de Educación Superior Tecnológica (TecNM).

## La Brecha Digital de las TIC's en tiempos de COVID-19

En la actualidad, los estudiantes integran una generación que ha nacido rodeada de tecnologías, tales como la inter-

net, los videojuegos y los teléfonos inteligentes; y que han contribuido a que construyan y posean habilidades y características relacionadas con las TIC's. Prensky (2001) considera que estos individuos no piensan ni procesan la información de la misma manera que sus predecesores en las generaciones anteriores, ya que sus patrones de pensamiento han cambiado, y los denomina nativos digitales, con lo cual hace referencia a hablantes nativos de un lenguaje digital, mientras que al resto los define como inmigrantes digitales, personas que aunque pueden llegar a adaptarse y aprender a utilizar estas tecnologías, no dejan de ser inmigrantes en un mundo digital [5].

La serie internacionalmente reconocida NMC Horizon Report [6] describe los principales desafíos y tendencias que afectarán a la práctica actual en Educación Superior durante los próximos cinco años y nos menciona que actualmente existen siete categorías de tecnologías, herramientas y estrategias para su uso que el NMC monitoriza continuamente. En conjunto, dichas categorías sirven como lentes para pensar sobre la innovación y se describirán a continuación:

- Las primeras son las tecnologías del consumidor como ejemplo tenemos a los drones, la tecnología "usable" como por ejemplo el iWatch®.
- Las estrategias digitales como Bring Your Own Device (BYOD), flipped classroom (aula invertida).
- Las tecnologías habilitantes como la Computación Afectiva, Machine Learning, asistentes virtuales, entre otros.
- Tecnologías de internet constituidas por cloud computing, aplicaciones semánticas, entre otros.
- Las tecnologías de aprendizaje, como Learning

Analytics, Aprendizaje Adaptativo, Aprendizaje con Móviles, Online Learning, Contenido Abierto, Licenciamiento Abierto, Laboratorios Remotos y Virtuales, entre otros.

- Las tecnologías de redes sociales que se han vuelto omnipresentes y por ello se les ha separado en una categoría individual.
- Las tecnologías de visualización como las impresiones 3D, Realidad Aumentada, Realidad Virtual, el internet de las cosas, entre otras.

La pandemia de COVID-19, representó para la educación un desafío y la posible adaptación ante tal situación de emergencia, creando oportunidades para un aprendizaje rápido y la mejora continua.

En el corto plazo, en los países que no aún no tienen una infraestructura existente para soportar el aprendizaje en línea y acceso universal a dispositivos, fue poco probable que la educación en línea se pudiera implementar e impartir. En esos países, al igual que en México, fueron necesarias otras modalidades, de menor costo y relativa facilidad de implementación, como la educación radiofónica o la televisión educativa [7].

Diversos académicos han abordado la temática de la brecha digital, existen artículos y libros que centran su discurso en este fenómeno, consensando que es un asunto multifactorial, ya que existen diversas categorías de este tipo de brecha, diferentes alcances de la misma (de acceso, étnica, internacional, local, intrainstitucional, referencial, generacional, cognitivo por discapacidades físicas o cognitivas, y de apropiación), así como diversos factores culturales, sociales, de tiempo y espacio que la caracterizan [8].

## Materiales y métodos

La brecha digital, misma que se ha evidenciado de manera más abrupta en estos tiempos de pandemia y que se pretende demostrar mediante una encuesta aplicada [9] a una muestra representativa del TecNM, (de cuyas respuestas de alrededor de 313 estudiantes y de 152 docentes, que representan aproximadamente el 0.04% de la matrícula actual de estudiantes inscritos en el sistema y el 0.047% de docentes adscritos al TecNM) se obtienen datos interesantes que se discuten a continuación.

El muestreo realizado de 314 estudiantes, son una muestra de la población estudiantil del TecNM y considerando que el tamaño de una muestra aleatoria con error del 5% y un nivel de confianza de 95% para una población estudiantil de más de 600000 estudiantes es de 384, con base en el cálculo de una muestra de población infinita; para efectos del presente artículo tomaremos una muestra de 314 estudiantes. Por otra parte, derivado de que la población docente de los Institutos tecnológicos es de más de 30000 miembros, el tamaño de la muestra es de 379, realizando los cálculos de una muestra de población finita; sin embargo, para efectos de esta publicación, tomaremos el número de 154 encuestas realizadas, derivado del avance de una investigación más profunda.

Tabla 1. Tamaño de la muestra con respecto a la población total de estudiantes

	MUESTRA	% con respecto a la población total (TecNM)	Población Total TecNM (2020-2021)
HOMBRES	151	0.04%	363,337
MUJERES	159	0.07%	233,755
TOTAL	314	0.05%	597,092

Tabla 2. Tamaño de la muestra con respecto a la población total de docentes

	MUESTRA	% con respecto a la población total (TecNM)	Población Total TecNM
HOMBRES	92	0.50%	30843
MUJERES	62		
TOTAL	154	0.50%	30843

Del total del muestreo podemos observar que, en las encuestas aplicadas a estudiantes, existe un número equilibrado de encuestas entre los sexos masculino y femenino, de tal manera que el género femenino ocupa una posición porcentual por encima del 50.5%, mientras que el 49.5% corresponde al género masculino.

La encuesta fue elaborada con base al Instrumento de Recolección de Datos de la Universidad Veracruzana, desarrollado en 2014 y del cual surgieron libros, artículos, tesis, entre otros, lo cual implica que este es un instrumento previamente validado y extensamente usado en investigaciones anteriores en el mismo rubro; como ejemplo más específico se pueden mencionar el artículo: "Presencia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación" en la Revista de la Educación Superior, el libro: "Háblame de TIC: Tecnología Digital en la Educación Superior" de editorial Brujas en Argentina y la tesis de doctorado en investigación educativa PNPC: "Análisis de experiencias sobre integración curricular de las TIC en la Universidad", Instituto de Investigaciones en Educación, Universidad Veracruzana, cuyo director es Alberto Ramírez Martinelli; instrumento que establecía una brecha digital en la educación con respecto al uso de las TIC's, de tal manera que en la presente investigación, se realizará el análisis de los datos obtenidos en la anteriormente mencionada encuesta y se hará una comparación rápida con respecto a los datos obtenidos en 2014; de dicho análisis se obtiene un resultado interesante entre la importancia de las TIC's hace

casi 8 años y la gran necesidad de utilizarlas en la presente época tanto estudiantes, como docentes del TecNM ante una contingencia de escala mundial; por lo anterior, en este artículo analizaremos sólo uno de los diez saberes digitales que se desarrollan en la encuesta (AFINIDAD TECNOLÓGICA).

## Resultados.

### La importancia de las TIC's desde la perspectiva de los estudiantes.

El cuestionario de Brecha Digital en la Educación Superior Tecnológica en tiempos de COVID-19 contiene una serie de preguntas de percepción y raciocinio, mismas que se han utilizado a través de una escala Likert, la cual es una escala de calificación que se utiliza para cuestionar a una persona sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración. Es ideal para medir reacciones, actitudes y comportamientos de una persona, de ahí que existan datos estadísticos de gran valía que permitirán conocer la perspectiva de los estudiantes con respecto a las TIC's y a su vez, del dominio de las plataformas para tomar las clases en línea, así como una opinión con respecto a la eficiencia de la internet en sus zonas geográficas, para realizar la actividad de la educación con mayor productividad, impactando en la calidad de la educación durante más de 18 meses que ha durado esta pandemia.

Las preguntas de afinidad tecnológica se desarrollan en cuatro aspectos, de los cuales se desprende la pregunta con respecto al dominio de las TIC's y su impacto en el estudio, además de su percepción como una herramienta para hacer amigos y, por último, lograr colocarse en empleos a través de esta. Otra pregunta contempla percibir en los estudiantes la importancia de las TIC's para sobrevivir en el mundo contemporáneo y mantenerse conectado y comunicado. La tercera, busca responder la pregunta de qué tanto un estudiante considera que la internet hoy día es más una distracción que un apoyo. Para finalizar, se evidencian los hábitos de los estudiantes al utilizar las TIC's y su afinidad con el software

y hardware, además del uso de la internet para consultas e investigaciones. A continuación, se describen los aspectos en cuestión.

- Dominio de las TIC's: El 80.8% está de acuerdo en que dominar las TIC's da como resultado mejor rendimiento escolar; comparando con la encuesta del año 2014, la percepción de los estudiantes que estaban de acuerdo con este rubro ascendía al 78.5% lo que refiere que existe un incremento en más de 2 puntos porcentuales en la aprobación de este indicador, el 14% se pronunció indeciso y el restante no está de acuerdo. Un 40.9% está de acuerdo en que las TIC's brindan una mayor oportunidad para hacer amigos, que, al contrastar con la encuesta de 2014, se observa un 68.2% de aceptación, lo cual evidencia que los estudiantes de hoy día, le dan mayor utilidad a las TIC's para actividades productivas, mostrando una reducción en la aceptación de este indicador en un 20.7%; el 36.7% se pronunció indeciso, mientras que el 22.4% está entre desacuerdo y muy en desacuerdo con respecto a este rubro. Con respecto a que las TIC's ofrecen escenarios para obtener mejores condiciones de trabajo se obtuvieron resultados de un 45.5% muy de acuerdo y un 44.8% estar de acuerdo, lo que representa un 90.3% de aceptación en que las TIC's ofrecen oportunidades laborales, contra un 87% de la encuesta del año 2014, teniendo un aumento en este indicador de 3,3%

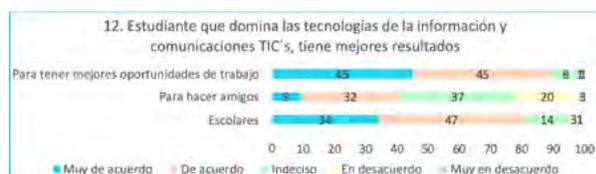


Figura 1. Gráfica de resultados de la pregunta doce, correspondiente a afinidad digital

- Las TIC's en la actualidad: En el mundo actual es imposible sobrevivir sin las TIC's, así lo demuestra el resultado de un 68.6% de encuestados, un 23.4% se pronunció indeciso y el resto está en desacuerdo; en comparación con los resultados del año 2014, en ese entonces, el 49.5% estaba de acuerdo con este indicador, lo cual sigue ratificando que los estudiantes, hoy día, tienen una mejor percepción de la utilidad de las TIC's, ya que hubo un incremento en la aceptación de un 19.1%. En el análisis de estar conectado a internet de manera permanente es fundamental, se obtuvo un 64.7% de aceptación, contrastando con el 37.2% obtenido en el año 2014, bastaron casi 8 años y una pandemia, para cambiar el concepto de la conexión al mundo exterior a través de la internet, pues hoy día hay un 27.5% más que hace ocho años, mientras que un 16% está en desacuerdo, contrastando con el 46.1% obtenido en 2014. Las hipótesis que se refieren a una identidad estudiantil hiperconectada se han vuelto verdaderas en 2021, mientras que, en 2014, no eran del todo ciertas (Figura 2)

- La internet es una distracción: En este rubro, los estudiantes, en un porcentaje del 40.5% muestra su desacuerdo con esta aseveración, el 43.8% se muestra indeciso, mientras que el 15.7% (Figura 2), están de acuerdo en que la internet es un distractor, y que, en comparación con los datos obtenidos en el año 2014, en donde un 42% estaba de acuerdo, 36% de indecisos y un 22% mostraba su desacuerdo; se observa un incremento del 18.5% de estudiantes que toman más en serio la internet. En 2014, la educación se situaba en condiciones más tradicionales, pero en 2021, una pandemia hizo voltear la vista hacia la educación activa y hacia los grandes beneficios que pueden obtenerse al estar conectados a las TIC's, provocando la disrupción digital más grande de toda la historia.

Actualización, la importancia del celular y de la conexión a internet: 67.9% de la población estudiantil considera que es importante mantenerse actualizado con las últimas versiones de software o dispositivos digitales, el 22% indeciso y tan sólo un 9.2% se pronunció en desacuerdo. El 66.8% está de acuerdo en que el celular conectado a internet es indispensable hoy día para la vida cotidiana, mientras que el 21.7% se muestra indeciso y una pequeña porción de apenas 11.5% está en desacuerdo con esta declaración (Figura 2). En contraste con los resultados de 2014, en donde apenas un 43.8% decían estar de acuerdo, un 25% estar en desacuerdo y el resto estar indeciso. Para el 58.8% de los estudiantes, hoy día, la mejor manera de encontrar información es a través de la internet, el 31.4% se muestra indeciso y apenas el 9.9% está en desacuerdo. Los tiempos cambian, y la percepción de vivir en un mundo de TIC's es cada vez más aceptado, aun cuando una pandemia, tuvo que obligar al mundo



Figura 2. Gráfica de resultados de la pregunta trece, correspondiente a afinidad digital

## Las plataformas digitales y la infraestructura de servicio de internet

Derivado de la pandemia provocada por la COVID-19, esta investigación busca declarar verdadera la hipótesis de la Brecha Digital de la Educación Superior Tecnológica (TecNM), en el sentido de la concientización de que las TIC's son herramientas importantes, y también, demostrar que dicha

brecha se debe a una infraestructura con deficiencias, lo cual ha provocado que la educación en línea implementada en nuestro país, provoque bajo rendimiento en los estudiantes, lo anterior, producto de una educación discontinua durante estos meses, con fallas eléctricas y de señal de internet en gran parte del territorio nacional, que complicaron la conexión de audio y video, además de compartir, archivos, textos, imágenes y más, lo cual colapsa el servicio de internet en los diferentes lugares en donde los estudiantes se conectan a internet para tomar sus clases en línea.

Por lo anterior, la encuesta de Brecha Digital del 2021, tomó en cuenta tres preguntas más en afinidad digital, que tienen que ver con el dominio de las plataformas digitales, las fallas comunes a las que se enfrentaron estudiantes y docentes durante sus clases en línea y la calidad del servicio de internet en las diferentes zonas del país, buscando con estas respuestas ratificar la hipótesis de que "existe una brecha digital de grandes dimensiones en la Educación Superior Tecnológica (TecNM) en tiempos de pandemia", misma que, aunque se ha incrementado la aceptación de los estudiantes y docentes de la importancia de las TIC's y la conexión a internet, todavía hay muchos de ellos que se muestran indecisos o en desacuerdo ante una realidad que nos ha alcanzado e incluso rebasado tecnológicamente; aunado a una deficiente infraestructura de telecomunicaciones, que brinda servicio de internet de bueno a regular en parte de la república mexicana, existiendo aún muchas zonas que no cuentan con cobertura de internet, limitando a los estudiantes en sus clases en línea, ya que el servicio a través de datos ofrecido por las compañías celulares, no están al alcance de la economía de una población de clase social baja en su gran mayoría.

· Dominio de plataformas digitales: El 64.7% de los estudiantes encuestados refieren haber tenido dominio de Microsoft Teams, el 70.9% Zoom, mientras que el 72.5% Google Meet desde el inicio de la pandemia,

aseveración que ratifica que las generaciones actuales son nativos digitales que no se les complica el manejo de estas herramientas digitales (Figura 3).

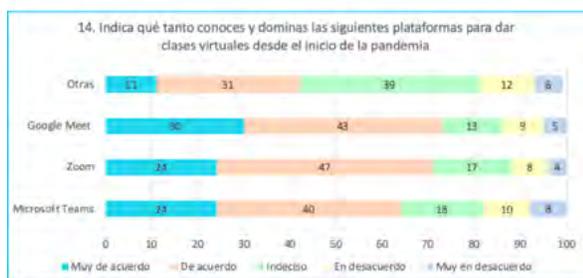


Figura 3. Gráfica de resultados de la pregunta catorce, correspondiente a afinidad digital

Las clases en línea y sus complicaciones: 76% de la población estudiantil presentó problemas técnicos para recibir sus clases en línea, tan sólo el 24% de los estudiantes no presentó problemas en su conexión a clases. El porcentaje tan elevado de estudiantes que presentaron problemas técnicos fortalece la hipótesis de una Brecha Digital en la Educación Superior Tecnológica, la cual tenderá a incrementarse derivado del rezago académico provocado por un sistema educativo virtual obligado (Figura 4)



Figura 4. Gráfica de resultados de la pregunta quince, correspondiente a afinidad digital

Problemas técnicos y señal de internet: de los 229 estudiantes que presentaron problemas técnicos para conectarse a sus clases en línea, el 71.6% refiere que

fue por causas de fallas de energía eléctrica, 94.6% por fallas en el servicio de internet y un 63.3% por fallas en el equipo de cómputo, además de que el 65.6% de los encuestados refieren tener un servicio regular de internet, mientras que un 32.7% dice tener servicio de internet muy eficiente. Los datos obtenidos reflejan casi un 95% de estudiantes con problemas de conexión a internet (Figuras 5 y 6).

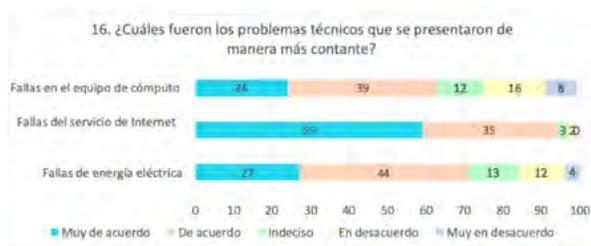


Figura 5. Gráfica de resultados de la pregunta dieciséis, correspondiente a afinidad digital

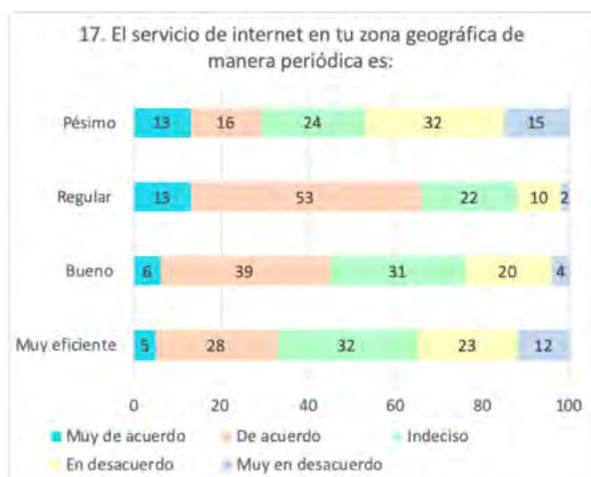


Figura 6. Gráfica de resultados de la pregunta diecisiete, correspondiente a afinidad digital

## Conclusión

De los resultados obtenidos podemos afirmar que existe una Brecha Digital en la Educación Superior Tecnológica (TecNM) en tiempos de pandemia, en dos vertientes; la primera tiene que ver con la afinidad que existe entre las TIC's con los estudiantes, pues a pesar de que existe un aumento de afinidad, tampoco son números alentadores, pues poco más del 50% de los estudiantes están convencidos, y el otro 40% o más, todavía duda o no cree que las TIC's son de suma importancia en la educación del siglo XXI. Por otro lado, la vertiente de la deficiencia en infraestructura que proporciona los servicios de internet, y la falta de cobertura en el país, lo cual limita a nuestros estudiantes y docentes a contar con enlaces eficientes para una educación en línea, provocando con ello un evidente rezago educativo en una etapa importante de un estudiante, su formación profesional.

## Referencias

- Fuentes L., B. (2001). Los institutos tecnológicos, su necesaria valoración y promoción", en La Educación Tecnológica Pública, un Reto de Calidad para México. México: COSNET-SEIT.
- Navarrete Cazales, Z., & Manzanilla Granados, H. M. (2017). Panorama de la educación a distancia en México. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 65-82.
- Organización Mundial de la Salud. (Diciembre de 2020). who.int. Obtenido de <https://rb.gy/o4glus>
- Hernández, J. (2019). Monografías.com. Obtenido de <https://rb.gy/ltykj2>
- Prensky, M. (2001). "Digital natives, digital immigrants". En The Horizon
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). NMC Informe Horizon 2016 Edición Superior de Educación. Austin Texas: The New Media Consortium.
- Reimers, F. M., & Schleicher, A. (2020). A framework to guide an education response to the COVID-19 pandemic of 2020. OECD.
- Olguin Aguila, P. A. (27 de Noviembre de 2014). <https://www.uv.mx/blogs/brechadigital/productos/>. Obtenido de [https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/Tesis\\_Pablo-Alejandro-Olguin-Aguilar.pdf](https://www.uv.mx/mie/files/2012/10/Tesis_Pablo-Alejandro-Olguin-Aguilar.pdf)
- Microsoft Forms. (13 de Octubre de 2021). Obtenido de Microsoft Forms: [https://forms.office.com/Pages/DesignPage.aspx?auth\\_pvr=OrgId&auth\\_upn=pedro.rg%40cerroazul.tecnm.mx&lang=es-MX&origin=OfficeDotCom&route=Start#FormId=BKWjWSxWCUmvs-4loVpjcFPD0wxk0KeNGrHXX5FMI6HBUNkxYRVYwRDd-MWU1KTUJETE1OSVZRR0IMTi4u](https://forms.office.com/Pages/DesignPage.aspx?auth_pvr=OrgId&auth_upn=pedro.rg%40cerroazul.tecnm.mx&lang=es-MX&origin=OfficeDotCom&route=Start#FormId=BKWjWSxWCUmvs-4loVpjcFPD0wxk0KeNGrHXX5FMI6HBUNkxYRVYwRDd-MWU1KTUJETE1OSVZRR0IMTi4u)



---

# Integración de tecnologías asociadas con el internet de las cosas y la industria 4.0

---

Rafael Ramón Pardo Villalón<sup>1</sup>, Israel Ulises Ponce Monarez<sup>2</sup> y Adriana Salinas Avila<sup>3</sup>

---

<sup>1,2,3</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Av. Plutarco Elías Calles 1210, Alfa, Ciudad Juárez, Chihuahua,

México, C.P. 32310.



**Correo correspondal**

al198625@alumnos.uacj.mx

---

## Resumen

La siguiente investigación se enmarca en tres tecnologías diferentes en el campo de la ingeniería como son: las Redes de Sensores Inalámbricos, el Almacenamiento en la Nube y la visualización de datos mediante Aplicaciones Móviles. Se consigue lograr la integración de estas, aumentando sus posibilidades de aplicaciones en el entorno cotidiano, asociado al desarrollo de las tecnologías envueltas en el Internet de las Cosas (IoT) y en la Cuarta Revolución Industrial.

La Red de Sensores Inalámbricos es implementada con módulos XBee S2C del proveedor Digi utilizando el protocolo Digi-mesh, junto a un microcontrolador Arduino Uno y un módulo WiFi ESP-01. La base de datos se implementó en Firebase y para la visualización de los datos se desarrolló una aplicación para el Sistema Operativo Android.

La implementación e integración de las diferentes tecnologías posibilita el monitoreo en tiempo real de diferentes variables deseadas y una solución práctica y económica para los usuarios.

## Abstract

The following research is framed in three different technologies in the field of engineering such as: Wireless Sensor Networks, Cloud Storage and data visualization through Mobile Applications. It is possible to achieve the integration of these, increasing their possibilities of applications in the daily environment, associated with the development of technologies involved in the Internet of Things (IoT) and in the Fourth Industrial Revolution.

The Wireless Sensor Network is implemented with XBee S2C modules from the supplier Digi using the Digimesh protocol, together with an Arduino Uno microcontroller and an ESP-01 WiFi module. The database was implemented in Firebase and an application for the Android Operating System was developed to visualize the data.

The implementation and integration of different technologies enables real-time monitoring of different desired variables and a practical and economical solution for users.

**Palabras clave:** Integración de Tecnologías; Redes de Sensores; La nube; IoT; Industria 4.0.

**Keywords:** Technology Integration; Sensor Networks; Cloud; IoT; Industry 4.0.

---

## Introducción

La evolución y desarrollo de las Tecnologías de la Información (TIC) en los últimos 50 años ha sido tan acelerada que se espera que para este año existan entre 50 y 70 mil millones de dispositivos conectados a internet, de los cuales solamente 6 mil millones serían a través de smartphones. La cantidad de información digital disponible rondará los 50 zettabytes y para el 2024 las conexiones máquina a máquina (M2M) crecerán hasta unos 27 mil millones (Marr, 2018).

Este desarrollo ha permitido transitar por la Cuarta Revolución Industrial, dando paso a tecnologías disruptivas relacionadas con las fuentes de energías limpias y sostenibles, empleo de materiales técnicos-reciclables, Big Data, la inteligencia artificial (IA) incluida en los sistemas de producción, permitiendo el desarrollo acelerado en ramas como la robótica, los sensores, las comunicaciones inalámbricas, los productos inteligentes y el internet de las cosas (IoT) (Garrell y Aguera, 2019).

Con la aparición de las nuevas tecnologías, también se ha trabajado fuertemente en la integración de las ya existentes, permitiendo la aparición de aplicaciones que automatizan procesos y aumentan el valor agregado de los productos y servicios. La integración de tecnologías en función de la solución de una problemática ha sido el objetivo fundamental de muchos desarrollos tecnológicos en los últimos años (Barrio, 2018).

Ejemplo de estas tecnologías se encuentran las redes de sensores inalámbricos como elementos principales de recolección de datos unido al almacenamiento de información en bases de datos en la nube y su visualización en aplicaciones móviles, lo cual nos permite su monitoreo en tiempo real (Realpe, 2017).

Siguiendo este esquema de integración se abre un amplio universo de aplicaciones asociadas al Internet de las Cosas (IoT) e Industria 4.0, por lo que en esta investigación se tiene como objetivo implementar una Red de Sensores conectados de forma Inalámbrica mediante el protocolo Digimesh que concentre la información en Firebase (base de datos en tiempo real) para que posteriormente sea visualizada por el usuario desde una aplicación móvil con Sistema Operativo Android.

## Materiales y métodos

El sistema lo conforman tres tecnologías diferentes: red de sensores inalámbricos, almacenamiento en la nube y aplicaciones móviles. En la Figura 1, se observa un diagrama general del sistema propuesto:



Figura 1. Diagrama general del sistema de integración de tecnologías.

Para la red de sensores inalámbricos se ha empleado cuatro módulos XBee S2C del proveedor Digi, conectados en topología malla utilizando el protocolo Digimesh. En este tipo de topología todos los nodos están conectados entre sí, cada nodo puede recibir y transmitir información lo que posibilita la creación de diferentes rutas alternativas. Esta topología presenta mayor fiabilidad en comparación a las otras y en caso de que algún nodo presente problemas, la transmisión de datos no se detiene (Pandya, 2013).

En la red se cuenta con un nodo principal el cual se encargará de inicializar y controlar la red. Está compuesto por los siguientes componentes: módulo XBee S2C (configurado como coordinador), microcontrolador Arduino Uno, shield XBee para Arduino Uno y el módulo WiFi ESP-01. El microcontrolador se encargará de recolectar la información suministrada por los nodos secundarios y el ESP-01 se encargará de la conexión y envío de la información vía WiFi hacia una base de datos en la nube (Firebase Realtime Database) para su almacenamiento.

En la Figura 2, se muestra la conexión eléctrica de los diferentes componentes del nodo principal.

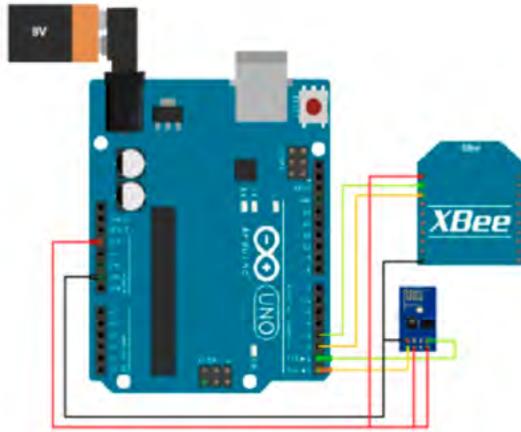


Figura 2. Conexión eléctrica de los componentes del nodo principal.

Los demás nodos de la red serán nodos secundarios y los mismos tendrán asociados a ellos sensores encargados de realizar mediciones del ambiente. Los nodos secundarios se conforman por los componentes: modulo XBee S2C (configurado como router), XBee Explorer, los sensores (Temperatura, Humedad del suelo, Lluvia) y un módulo basado en el comparador de voltaje LM393 para el acondicionamiento de la señal de los sensores.

En la Figura 3, se muestra la conexión eléctrica de los componentes que conforman los nodos secundarios.

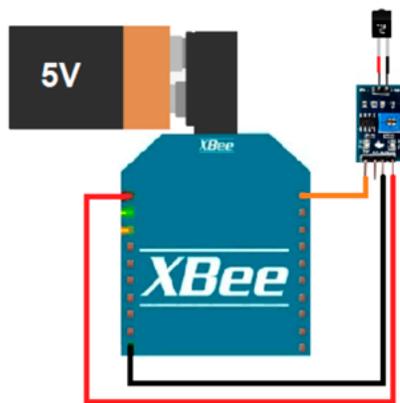


Figura 3. Conexión eléctrica de los componentes del nodo secundario.

En la Tabla 1, se muestra los parámetros configurados en los módulos XBee S2C tanto para los nodos secundarios como para el nodo principal.

Tabla 1. Configuración de los módulos XBee S2C.

Parámetro	Nodo Principal	Nodo Secundario	Observaciones
Canal	C	C	Canal de conexión de la red.
ID de la red	7FFF	7FFF	Identificador de la red.
Función	Coordinador	Router	Función de los módulos dentro de la red.
Identificador del nodo	Coordinador	Nodo n	Nombre para identificar a los módulos dentro de la red.
Modo	API	AT	Modo en cómo se configuran los nodos. El modo API convierte la información en una trama y el modo AT no.
D0	-	ADC	Habilitar el pin 0 como entrada analógica.
Frecuencia de muestreo	-	30 seg	Frecuencia de lectura del dato analógico.

Para el almacenamiento en la nube se utiliza Firebase, plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles integrada con Google Cloud Platform. Se utiliza uno de sus servicios: Firebase Realtime Database (base de datos en tiempo real), la cual permite compilar aplicaciones multiplataformas de iOS, Android y JavaScript y recibir actualizaciones automáticamente con los datos más recientes (Firebase, 2014).

La base de datos cuenta con tres campos que corresponden al número de nodos secundarios de la red, estructura sencilla para almacenar la información recolectada por los sensores. En la Figura 4, se muestra la estructura de la base de datos creada en la nube.



Figura 4. Estructura de la base de datos.

Después de creada la base de datos se desarrolla una aplicación en el Android Studio con el lenguaje de programación Java para la visualización de la información. La aplicación se sincroniza con Firebase Realtime Database, de forma tal que a medida que se actualicen los datos se mostrarán en la aplicación. Cuenta con una interfaz sencilla para el usuario que es capaz de visualizar los datos desde cualquier terminal móvil con Sistema Operativo Android conectado a Internet. En la Figura 5, se observa la interfaz de la aplicación móvil y los tres sensores identificados en los cuadros de textos en espera de leer los datos desde la base de datos en tiempo real.

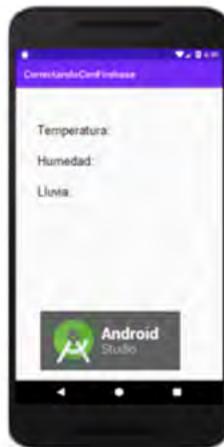


Figura 5. Interfaz de la aplicación móvil Android.

En el sistema se programaron tres elementos: el micro-controlador Arduino UNO, El módulo WiFi ESP-01 y la aplicación móvil. En la Figura 6, se muestra la lógica de la programación utilizada en forma de diagrama en bloque de los elementos.

gramación utilizada en forma de diagrama en bloque de los elementos.

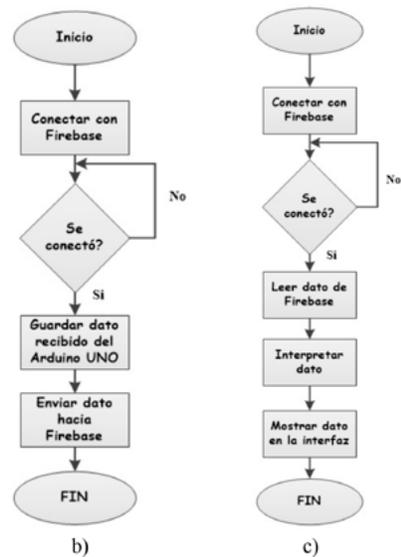
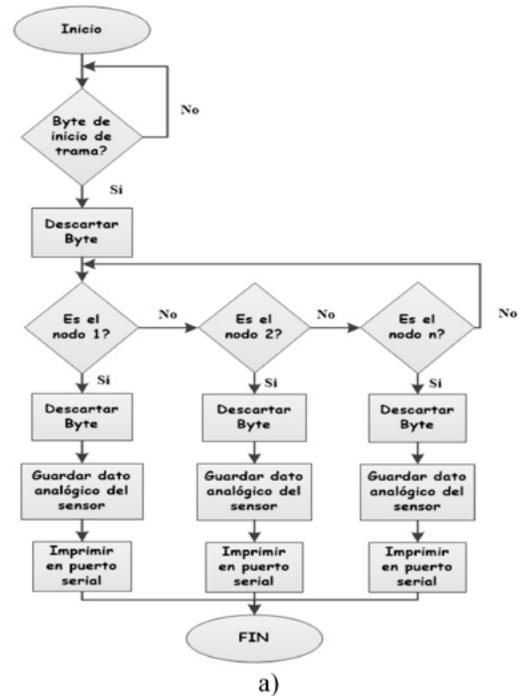


Figura 6. Lógica de programación. a) Arduino UNO, b) ESP8266, c) Aplicación en Android Studio.

## Resultados

La estructura y configuración de los nodos implementados en la red de sensores inalámbricos se pueden observar en la Figura 7. El nodo principal es el más complejo debido a que en él se concentran la mayoría de las funciones descritas anteriormente.

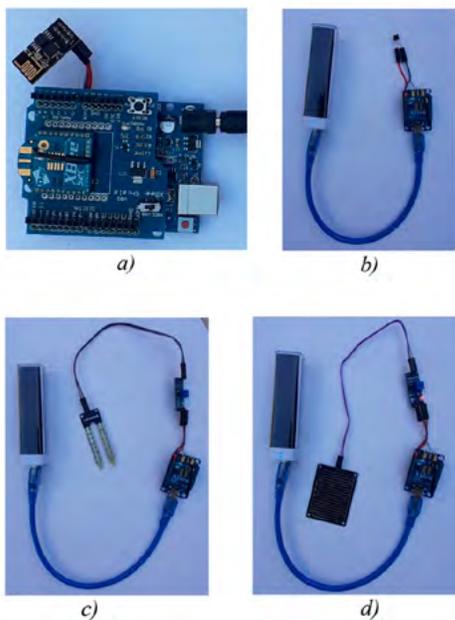


Figura 7. a) Nodo principal, b) nodo secundario 1, c) nodo secundario 2, d) nodo secundario 3.

Al implementar el sistema se observa desde el software de configuración XCTU (XBee Configuration and Test Utility) para los módulos XBee, como se entrelazan en topología malla, Figura 8a y como se recibe desde el nodo coordinador la información en forma de trama API, figura 8b.

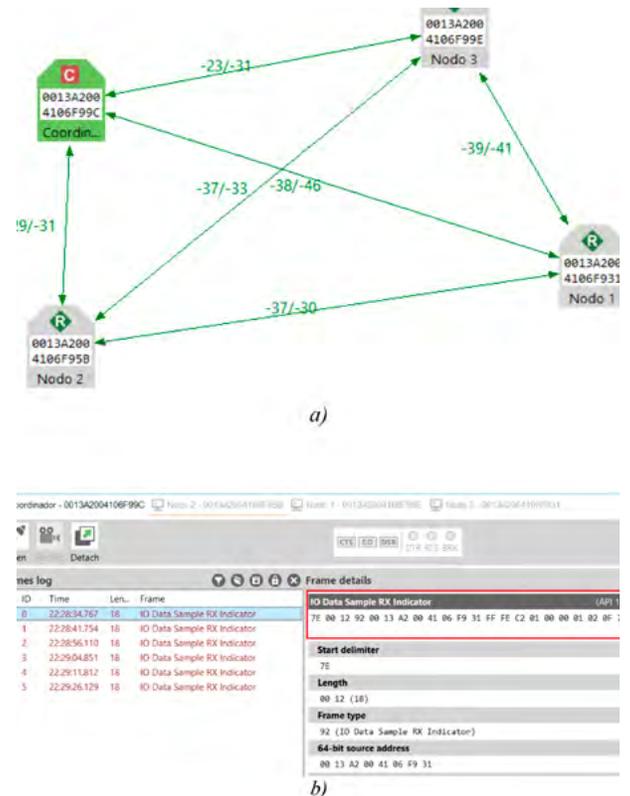


Figura 8. a) Conexión en malla de los módulos XBee S2C, b) Trama API recibida por el nodo XBee S2C configurado como coordinador.

En la Figura 9 se muestra la visualización de los datos recolectados por el nodo principal desde el puerto serial del microcontrolador Arduino Uno.



Figura 9. Salida del puerto serial del Arduino UNO.

En la Figura 10 se muestra los datos actualizados en la base de datos.



Figura 10. Base de datos Firebase actualizada con la información de los sensores.

En la Figura 11 se observa cómo los datos son actualizados en la aplicación en tiempo real cerrando todo el ciclo del recorrido de la información del sistema implementado.



Figura 11. Datos de los sensores visualizados desde la aplicación móvil.

## Discusión

En el sistema mostrado se observa la integración de tres tecnologías: redes de sensores inalámbricos, almacenamiento de datos en la nube y aplicaciones móviles, que juntas posibilitan su utilización en amplias aplicaciones en un mundo cada vez más envuelto en el Internet de las Cosas (IoT) y en

la Industria 4.0.

La configuración en malla de la red le aporta importantes ventajas mencionadas con anterioridad y la conexión inalámbrica la convierte en un sistema adaptable a diferentes condiciones del entorno. A la información obtenida por los sensores, se le dio seguimiento a medida que se transmitía por los diferentes componentes: XBee S2C Coordinador, Arduino UNO y Firebase Realtime Database, hasta ser visualizada por la aplicación móvil.

En investigaciones recientes realizadas, donde se utilizan las redes de sensores inalámbricos para aplicaciones varias con hardware similar al sistema propuesto, implementan el almacenamiento y la visualización de los datos en computadoras personales limitando la movilidad del usuario final. En muchos de estos proyectos como: (Miñán, 2017) y (Tecnología & Quindío, 2018), recomiendan como continuidad de la investigación la integración con otras tecnologías como las abordadas en este trabajo.

En la investigación se utilizaron como ejemplo para mostrar la integración de las tecnologías solo tres nodos secundarios, pero cabe destacar que el protocolo Digimesh permite muchos más, como también permite la utilización de otros sensores adaptando este sistema a diferentes necesidades del usuario.

## Conclusiones

En la presente investigación se ha implementado un sistema que integra tres tecnologías diferentes: las redes de sensores inalámbricos como recolectores de información confiables en condiciones de adaptabilidad a cualquier entorno, junto al almacenamiento de los datos en una arquitectura en la nube con un total respaldo y accesibilidad de los datos, sumado a la visualización en tiempo real desde cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android.

Las tecnologías por separado se utilizan en diferentes aplicaciones, pero al integrarlas en un sistema, aumenta considerablemente su valor de uso. La visualización de los datos en una aplicación móvil lo convierte en un producto sencillo de utilizar para los usuarios.

Las desventajas del sistema se relacionan con las propias de las redes inalámbricas asociadas a las interferencias y los ataques de hackers, aunque, la modulación utilizada y la implementación de codificadores robustos en los módulos XBee S2C para la transmisión de los datos contrarrestan eficazmente estos factores.

La medición en tiempo real de los sensores de temperatura, humedad del suelo y lluvia, conectados inalámbricamente y el almacenamiento de los datos en una base de datos en la nube logra el objetivo de la reciente investigación dando paso a futuras aplicaciones en el campo de la agricultura de precisión en un entorno local, muy apropiado para pequeños agricultores, tomando como base el sistema mostrado.

## Referencias

Barrio, A. M. (2018). Internet de las Cosas (R. Calvo (ed.); 1ra ed.). Editorial REUS S.A. <https://doi.org/978-84-290-2038-0>

Firestore. (2014). Documentación y Ayuda de Firestore Realtime Database. Google LLC. <https://firebase.google.com/docs/database> [06/2021]

Garrell, G. A., y Aguera, L. G. (2019). La Industria 4.0 en la sociedad digital. (N. Gilbert (ed.); 1era ed.). Marge Books. <https://doi.org/978-84-17313-86-9>

Marr, B. (2018). Data Strategy, How to profit from a world of Big Data, analytics and the Internet of Things. (K. Page (ed.); 1era ed.). Ecoe Ediciones and TEELL Editorial S.L. <https://doi.org/978-958-771-659-7>

[org/978-958-771-659-7](https://doi.org/978-958-771-659-7)

Miñán, Y. P. (2017). Redes Ad hoc de sensores aplicadas a la medición de campos de viento. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Pandya, K. (2013). Network Structure or Topology. International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, 1(2), 22-27.

Realpe, S. (2017). Internet De Las Cosas Y Redes De Sensores Inalámbricos: Review (Issue April, pp. 32-36). <https://www.researchgate.net/publication/316438631>

Tecnología, P. De, & Quindío, U. (2018). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado. Scientia et Technica, 23(4), 501-510. <https://doi.org/10.22517/23447214.16471>



# Optimización topológica de una biela de motor de combustión interna utilizando elemento finito

Francisco Carrillo Pereyra<sup>1</sup>, Delfino Cornejo Monroy<sup>2</sup>, Uzziel Caldiño Herrera<sup>3</sup> y Gonzalo Ibrain Duarte Figueroa<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Ave. Del Charro 450 Nte

Ciudad Juárez, Chihuahua, México. CP 32320



**Correo correspondiente**

francisco.carrillo@uacj.mx

## Resumen

Esta investigación refleja el panorama en la Educación Superior Tecnológica, ante una estrategia emergente del gobierno federal para aplicar las TIC's y enfrentar la enfermedad provocada por el virus COVID-19, surgida en diciembre de 2019 en Wuhan, China. Se presentan datos estadísticos de estudiantes en un instrumento de recolección de datos, tomando como base encuestas realizadas por investigadores de la Universidad Veracruzana en 2014 en un rubro similar; con estas encuestas, se buscó y demostró la brecha digital que existe en la Educación Superior Tecnológica, específicamente en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), derivado de la necesidad de impartir clases de manera virtual a través de plataformas digitales, haciendo necesaria la conexión a internet y el uso de las TIC'S, evidenciando falta de infraestructura digital, conjugado con diferencias económicas y sociales de los estudiantes, mismas que inciden en su aprendizaje, provocando altos índices de reprobación, deserción, estrés, y niveles bajos de aprovechamiento.

## Abstract

In the present investigation, the topological optimization of an internal combustion engine connecting rod was carried out, to reduce its component material and maintain its mechanical properties (stress and safety factor) in an acceptable range. The structural connecting rod was analyzed using the finite element method (FEM) to determine the mechanical conditions in which the element would be in service. It was concluded that it is achieved with a mass reduction of 26.72%. improving the strength-weight ratio without affecting the fundamental measurements.

**Palabras clave:** Biela; método del elemento finito; optimización topológica parametrizada.

**Keywords:** Connecting rod; finite element method; parameterized topological optimization..

---

## Introducción

La biela en un motor de combustión interna (IMC), es el elemento encargado de transmitir el movimiento entre el pistón y el cigüeñal. Esta pieza convierte el movimiento alternativo del pistón en un movimiento circular del cigüeñal. La biela trabaja a tensión y compresión, por lo cual, debe de contar con una alta resistencia. Este elemento mecánico, se divide en tres partes, la cabeza el cuerpo y el pie. La cabeza con un mayor diámetro conecta al cigüeñal, y el cuerpo une la cabeza y el pie, con una sección transversal que puede tener forma de I, H o cruz; y finalmente el pie, de menor diámetro es la conexión con el pistón.

Las bielas se fabrican generalmente con materiales que pueden ser aleaciones de aluminio, acero o titanio; y su optimización es una herramienta necesaria para la reducción de los costos de fabricación. Autores como Necedal & Wright (2006), expresaron que el éxito de optimizar, radica en establecer apropiadamente el objetivo, y el avance del estudio. En ese sentido, aparece en el gremio ingenieril la optimiza-

ción topológica (OT) que tiene como objetivo; identificar la distribución ideal del material en la geometría de una pieza en aras de disminuir su peso, sin comprometer las exigencias de resistencia mecánica requeridas en su funcionamiento, Helal et al., (2018).

Para realizar la OT, es necesario aplicar el método de los elementos finitos (FEM), con el propósito de obtener los esfuerzos mecánicos a los que trabajará la sección transversal o longitudinal de la pieza objeto de estudio. El FEM, es un procedimiento de cálculo que divide la geometría del cuerpo analizado en múltiples elementos discretos, para encontrar la solución numérica a las ecuaciones diferenciales que modelan la variable observada en cada elemento. Variable que tipifica como los esfuerzos o tensiones a los que se somete la pieza en cuestión (Pezzotti y Antico, 2008).

En la literatura se recojen ejemplos de OT, para el diseño de elementos de máquinas como las bielas. Entre estos ejemplos encontramos a Pezzotti & Antico (2008), que logra-

ron el aprovechamiento óptimo de un material en el diseño de una biela de un IMC, apoyados en la OT. Además, Pezzotti & Antico (2008) también realizaron un análisis estático lineal para obtener el esfuerzo, deformación y desplazamiento de Von Mises, alcanzando un diseño más ligero y resistente que el original. Kumar et al., (2015), investigaron la mejora de la relación peso-resistencia de una biela de IMC a través de un análisis de pandeo, hallaron que fallaba en la transición cuerpo cabeza. Shaari et al., (2010), aplicaron el método de la OT a una biela de un IMC; y mediante un análisis lineal obtuvieron una reducción de peso del 11.7%. Fegade & Bhole (2013), optimizaron topológicamente mediante un análisis estático no lineal a una biela de aleación de titanio; y tomando como restricciones el esfuerzo permisible y el factor de seguridad (FS), lograron una reducción del 1.57% de peso.

En este trabajo, se presenta la OT de una biela utilizando la metodología escrita en el epígrafe II y presentando los resultados en la sección III.

## Metodología

Para el presente estudio se consideró una biela de motor de combustión interna correspondiente a un motor Nissan VQ35DE 3.5L; y se modelo utilizando el software de diseño mecánico SOLIDWORKS, utilizando una geometría 1:1 en 3D, Figura 1. Seguidamente, se importó la geometría al software de diseño y simulación numérica Ansys; y se seleccionó el acero 4340 como material de la pieza en cuestión y cuyas propiedades se exponen en la Tabla 1.



Figura 1. Modelo virtual

Material	Acero 4340
Resistencia máxima a la rotura por tensión	931 MPa
Límite de elasticidad	503 MPa
Densidad	834 MPa
Módulo de elasticidad o módulo de Young	200 GPa
Coefficiente de Poisson	0.29

Fuente (Matweb, 2019).

El modelo computacional, se discretizó, con una malla de 2,456,842 nodos y 1,216,284 elementos, presentada en la Figura 2.



Figura 2 Discretización.

## Condiciones de frontera

Para la obtención de las condiciones de fronteras, se acudió al artículo de Serrano et al., (2017); que consideró la fuerza ejercida por el pistón hacia la biela como la primera condición de frontera. El valor de esta fuerza, en la biela que se estudia, se calculó siguiendo la metodología que a continuación se relaciona.

El modelo computacional, se discretizó, con una malla de 2,456,842 nodos y 1,216,284 elementos, presentada en la Figura 2.

Relación de Compresión en motor VQ35DE 3.5L [8],  $R_c = 13$  a 1

$$R_c = (V_{\text{cilindro}}) / V_{\text{cámara de combustión}} = 13 \quad (1)$$

Presión atmosférica en Cd Juárez.  $P_{\text{atm}} = 101,800 \text{ Pa}$

Diámetro del pistón 95.5mm o .0955m o  $r = .04775\text{m}$

$$A = \pi * r^2 \quad (2)$$

$$A = \pi * (.04775\text{m})^2$$

$$\text{Área del pistón} = 0.007163 \text{ m}^2$$

Para realizar el cálculo de la presión dentro de la cámara de combustión al instante en el que llega al punto muerto superior (PMS), se calculó las veces que se comprime la presión atmosférica en la cámara de combustión.

$$P_{\text{cam}} = P_{\text{atm}} * R_c \quad (3)$$

$$P_{\text{cam}} = 101,800 \text{ Pa} * 13 = 1,323,400 \text{ Pa o } 1.323 \text{ MPa}$$

$$P = F / \text{Área del pistón} \quad (4)$$

$$F = P * \text{Área del pistón}$$

$$F = 1,323,400 \text{ Pa} * (.007163 \text{ m}^2)$$

$$F = 9479.55 \text{ N}$$

Obtenida la fuerza, se posicionó en la cara interna del pie de la biela, en dirección vertical en el momento del PMS, un instante antes de comenzar a descender. En la Figura 3, se muestra la designación de esta condición de frontera.



Figura 3. Condiciones de frontera.

Se asignó una condición de soporte cilíndrico en la cara interna de la cabeza de la biela aparentando la adherencia al cigüeñal, el cual se puede ver en la Figura 4.



Figura 4. Soporte cilíndrico aplicado en la base de la cabeza.

## Optimización Topológica.

Para realizar la OT se eligieron las zonas donde se presentó la menor cantidad de esfuerzo y deformación; y ade-

más se consideró un FS mínimo de 1.5, con el objetivo de mantener en un rango aceptable las propiedades mecánicas, pero con menor masa del elemento.

Para la OT se utilizó el diseño de superficie de respuesta que ajustó los modelos, después de determinar las condiciones óptimas para que la pieza operará correctamente, Yaguas 2016.

## Resultados y discusión

Se presentan los resultados obtenidos por el análisis estructural de la biela inicial, los cuales se enfocan en la deformación total, el esfuerzo equivalente Von Mises y el FS.

La deformación total en la Figura 5, muestra su punto máximo en el pie de la biela, aunque con valores despreciables del orden de 0.045758 mm, corroborándose que la fuerza aplicada afecta directamente a la pieza y que los esfuerzos a través de esta son de 178.56 MPa a 0.0020371 MPa, como se muestra en la figura 6.

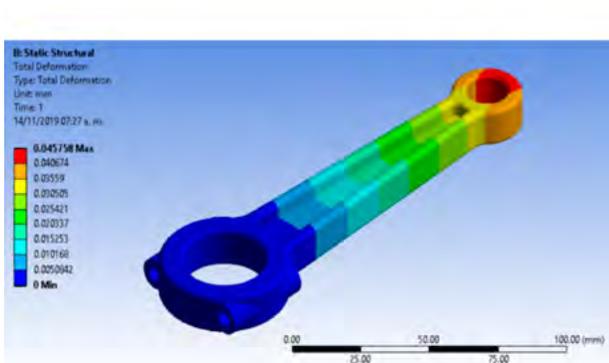


Figura 5. Análisis estructural, deformación total.

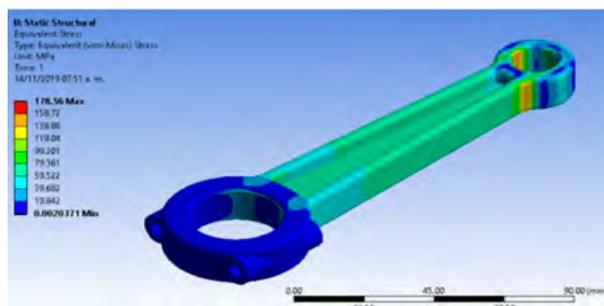


Figura 6. Análisis estructural, esfuerzo de Von Mises.

El análisis de resultados del FS Figura 7, muestra el punto mínimo de 4.6707 debido a la concentración de esfuerzos observados en el análisis de resultados de esfuerzos equivalentes de Von Mises; así como los puntos que serán afectados directamente por la carga aplicada, los cuales se encuentra en su mayoría en el pie de la biela, en la unión cuerpo-biela; y en lugares puntuales de la unión cabeza-cuerpo. El rango del FS en la biela, es de 7.6707 como mínimo, aunque pudiera llegar a un valor máximo de 15.

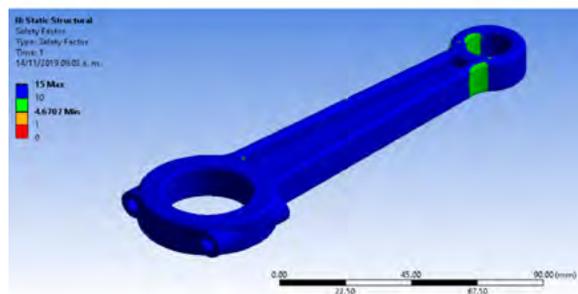


Figura 7. Factor de seguridad.

Después de haber obtenido los resultados del análisis estructural, se eligió la zona para aligerar el elemento. Se tomaron las áreas donde el esfuerzo y la deformación de Von-Mises fueran menores. Los parámetros propuestos se designaron en el mismo software que se construyó el modelo virtual.

De acuerdo con la Figura 8, se parametrizó considerando el espesor total de la pieza en estudio y el espesor de las paredes del cuerpo.



Figura 8. Parámetros.

La Figura 9, muestra el comportamiento del FS conforme se va modificando, a través de los diferentes valores que va obteniendo la dimensión del pie de la biela, siendo este, el más sensible como se mencionó anteriormente.

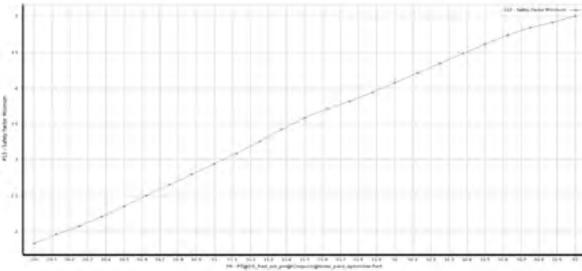


Figura 9. Factor de seguridad vs Radio externo del pie de la biela.

La Figura 10, muestra el comportamiento de la reducción de la masa de la biela, conforme van disminuyendo los valores de los 2 parámetros (Radio externo del pie y el espesor de las paredes de la biela).

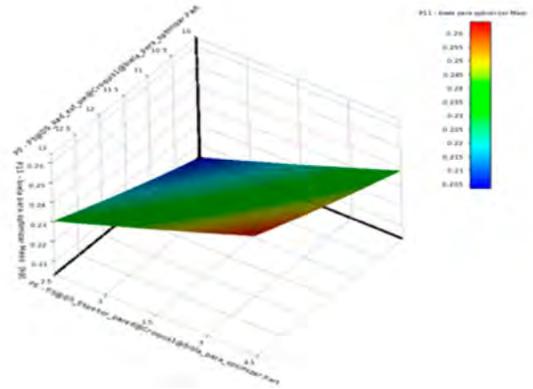


Figura 10. Masa de la biela vs espesor de la pared y radio externo del pie de la biela.

la tal  
dete  
de 0

	Candidatos					
	Candidato 1		Candidato 2		Candidato 3	
Espesor total	9.001		9.0579		9.1151	
Espesor de pared	2.501		2.505		2.2025	
Cabeza de biela	23.001		23.002		23.003	
Pie de biela	10.002		10.003		10.003	
Biela para optimizar	0.19487	0.19487	0.19508	0.19508	0.19515	0.19515
Factor de seguridad	1.8866	1.8083	1.8794	1.8214	1.8698	1.819

Fuente: Elaboración propia.

Después de elegir el mejor candidato, se realizó un análisis estructural de la biela ya optimizada, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos, de la metodología de optimización y del resultado obtenido, el cual se modeló con las nuevas dimensiones (Figura 11).



Figura 11. Biela optimizada.

A continuación, se realizó un estudio estructural de la biela para obtener la deformación total, esfuerzo equivalente de Von Mises y la herramienta de esfuerzo-Factor de seguridad.

El análisis estructural de la biela arrojó, nuevamente una deformación enfocada en el pie de esta, aunque con un desplazamiento mayor, el cual se aprecia en las Figuras 12 y 13. Al compararse la deformación máxima de cada una, obtenemos que hubo un desplazamiento máximo de 0.045758 mm por parte del modelo inicial y hasta un 0.1063 mm en el optimizado, el cual es un aumento en el desplazamiento de un 132.31% o 2.3231 veces, aunque sigue siendo un desplazamiento no significativo.

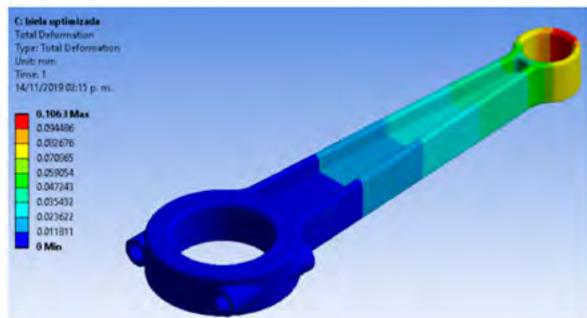


Figura 12. Deformación total biela optimizada.

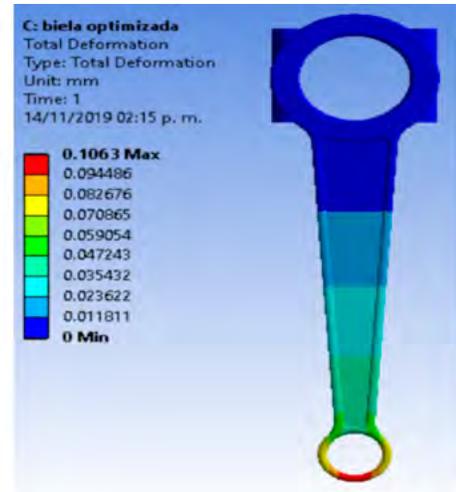


Figura 13. Deformación total vista frontal.

Los resultados del análisis del esfuerzo equivalente Von Mises en la biela optimizada, enfocaron la mayoría del esfuerzo en el pie, con valor máximo de 449.86 MPa y un mínimo de 0.0037353 MPa en la cabeza, Figura 14. A comparación, de los resultados obtenidos de la biela inicial, de 178.56 MPa respecto a los 449.86 MPa de esfuerzo máximo. Esto significó que tuvo un aumento del 151.94% o 2.5194 veces de incremento en el esfuerzo máximo.

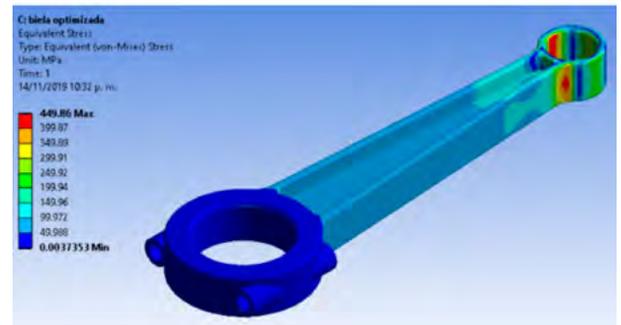


Figura 14. Esfuerzo de Von Mises.

En el análisis de resultados del FS en la biela optimizada, se observó una reducción considerable, la cual llegó hasta el 1.8539 como mínimo, enfocándose en su mayoría en el pie, Figura 15, a comparación de la biela inicial la cual tenía un FS de 4.6707 como mínimo. Esto refleja que hubo una reduc-

ción del 39.69%, a pesar de esto, el FS sigue siendo optimo, a lo planteado como meta que fue de un 1.5 y valores similares se han reportado en Yang, et al., (2006), y en Tripathi & Crasta, (2017).

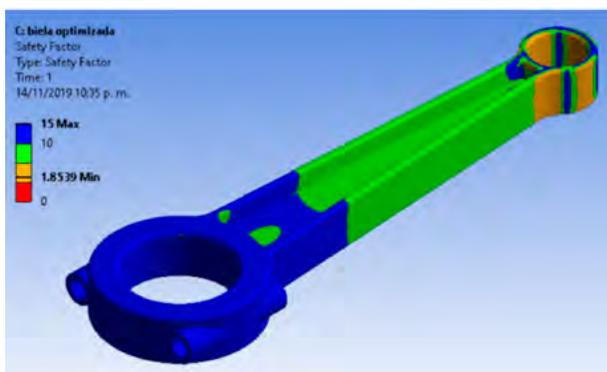


Figura 15. Factor de seguridad en la biela optimizada.

A continuación, se comparan los resultados obtenidos de la pieza inicial con la optimizada. Se presentan las reducciones del 60.31% y del 26.72%, correspondientes a 2.8168 unidades del FS y 72.85 gr de la masa respectivamente. También, se muestran los aumentos de 132.31% y 151.94% correspondientes con los 0.060542 mm del desplazamiento y 271.3 MPa del esfuerzo.

La Tabla 3, muestra la comparación de resultados obtenidos, entre el modelo de biela inicial y el optimizado.

Tabla 3. Comparación de resultados.

Biela inicial	Biela optimizada
Factor de seguridad mínimo: 4.6707	Factor de seguridad mínimo: 1.8539
Peso total: 0.27266 gr.	Peso total: 0.19981 gr.
Deformación total: Max. 4.1839 mm	Deformación total: Max. 4.448 mm
Esfuerzo de Von Mises: Max. 178.56	Esfuerzo de Von Mises: Max. 449.86

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Los resultados obtenidos muestran que es posible aligerar la biela para obtener un ahorro de material y contribuir a quitar peso, en este estudio se obtiene un 26.72 % de ahorro de masa, pero afectando significativamente el esfuerzo y el desplazamiento ya que estos aumentaron en 2.5 y 2.3 veces respectivamente, en el caso de la deformación esta presento un aumento del 7 %; mientras que el FS disminuye en 2.8 veces. Cabe mencionar que al realizar la optimización se buscó mantener el FS en un rango aceptable considerando que este sea mayor a 1.5; lo que significó un incremento en la respuesta mecánica de la pieza en estudio, a pesar de eso se consideran estos valores dentro de un rango aceptable, ya que el limite de elasticidad se encuentra en los 510 MPa; no obstante, dados los resultados obtenidos se recomienda contemplar el FS con valores mas altos con la finalidad de no afectar en exceso la resistencia del material.

## Conclusiones

En esta investigación se realizó la optimización topológica a una biela de un motor de combustión interna, se modeló utilizando el software SolidWorks; y se ejecutó el análisis utilizando el método del elemento finito, para conocer el comportamiento mecánico de la pieza, mediante el software de Ansys Workbench. Por último, se realizó la optimización topológica, con el propósito de reducir su masa.

Mediante el análisis de optimización topológica, se obtuvo una reducción de masa del 26.72%, en comparación con el modelo inicial, además de conservar un FS por encima del 1.5, logrando como resultado, un FS de 1.8539, sin llegar a una falla mecánica.

Se realizó la optimización topológica de la biela, reduciendo masa, esto resulta ser de beneficio, para el ámbito automotriz ya que, al disminuir el peso de los componentes, se puede ver reflejado en un aumento en la eficiencia del automóvil o incluso en la reducción de los costos de producción al momento de realizar las piezas en masa.

## Referencias

- A. S. Serrano, A. R. Rosas, C. L. Olmos, y R. Gutiérrez. "Análisis termo-estático de una biela de un motor de combustión interna encendido por chispa. Revista de ingeniería mecánica, pp. 27-33, 2017.
- D. Yang, Z. Yu, W. Cheng y L. Zhang. "Fatigue Analysis of Engine Connecting Rod Based on Workbench" *Advances in Computer Science Research*, volume 75, 2017. DOI: 10.2991/jnmp.2006.13.4.1
- E. Perez. "My4dsc.com Premier 4 door sport car" source: 10-de November de 2019.
- Heal, M. Alogla, A., Abdel-Aziz, K., Founda, N., y Fathallah, E. "Structure Topology optimization of internal Combustion engine connecting rode using finite element analysis". *International Journal of Applied Engineering Research*, pp. 7298-7303 2018. DOI: 10.37622/000000.
- Kumar, P. S., y Kumar, K. "Stress and analysis and shape optimization of connecting rod using different materials., *Journal on emerging trends in modelling and manufacturing*, pp. 20-28, 2015. DOI: with Prefix 10.46632
- M.S. Shaari, M.M. Rahman, M.M. Noor, K. Kadirgama y A.K. Amirrudin. "Design of connecting rod of internal combustion engine: a topology optimization approach", *National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Studies (2nd NCMER 2010)* 3-4 December. 2010
- Nocedal, J., y Wright, S. J. "Numerical Optimization" Springer, pag. 2, 2006, DOI: 10.1007/978-0-387-40065-5.
- O. J. Yaguas "Metodología de la superficie de respuesta para la optimización de una producción agrícola". *Revista de ingeniería industrial*, 2016, DOI: 10.22320/S07179103/2017.13.
- Pezzotti, S. y Antico. "Introducción a la teoría de elementos finitos" Facultad de ingeniería, Universidad nacional la plata. 2008.
- P.S. Tripathi, P.F. Crasta, "Exploring fatigue behavior of connecting rod made of Austempered Ductile Iron" *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2017.
- V. T. Fegade, K. S. Bhole. "Nonlinear Static Finite Element Analysis and Material Optimization of Connecting Rod" *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 6, June-2013.



# Obtención de un sanitizante base alcohol y mucilago de nopal (Opuntia Ficus Indica)

Benito Armando Cervantes Hernández<sup>1</sup>, José Víctor Galaviz Rodríguez<sup>2</sup>, Roman Daniel Romero Mitre<sup>3</sup> y Jorge Miguel Galaviz Lopez<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidad Tecnológica de Tlaxcala. Ingeniería en

Procesos y Operaciones Industriales. El Carmen Xalpatlahuaya,

Huamantla, Tlaxcala 90500, México.



**Correo correspondiente**

arbench@uttlaxcala.edu.mx

## Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad manufacturar un sanitizante a base de alcohol y mucilago de nopal (Opuntia ficus indica) debido a la pandemia derivada de la COVID-19, lo anterior coadyuvará a la disponibilidad de estos productos a costos más accesibles y, principalmente, cumplirá con los requisitos de geles antibacteriales en cuanto a la concentración de alcohol etílico recomendada por la OMS. Si bien, los geles antibacteriales son los más aceptados para la sanitización de manos por la mayor parte de la sociedad, pero un abuso en el consumo de estos productos, a la larga, puede causar problemas graves de salud, ya que éstos pudieran venir adulterados con metanol o excesivamente diluidos y no garantizar la concentración mínima de alcohol 70° Gay Lussac (G.L.). El sanitizante obtenido es una solución a base de mucilago de nopal (que le confiere propiedades emolientes) y etanol con una concentración comprobada de 70° G.L., lo que hace que tenga un alto poder germicida. Está recomendado por

Asociaciones Internacionales para combatir la COVID-19 (FDA), además de usarse sobre manos y piel, está también indicado para el uso en ropas y superficies.

## Abstract

This research had the purpose of manufacturing a based on alcohol and nopal mucilage disinfectant (*Opuntia ficus indica*) due to the pandemic came from COVID-19, the previous will contribute to the availability of affordable products and, principally, will meet the requirements of antibacterial gel regarding the concentration of ethyl alcohol recommended by the WHO. Notwithstanding, the antibacterial gel is well accepted to sanitize hands by the greatest number of the society, but the excessive use of this product, eventually, can cause serious health problems, since it could be adulterated with methanol or it can be extremely diluted so it does not guarantee the minimum concentration of alcohol 70° Gay Lussac (G.L.). The obtained disinfectant is a based on mucilage of nopal (which gives emollient features) and ethanol solution with a proven concentration of 70° G.L., that helps to have a high germicide power. It is recommended by International Associations to fight the COVID-19, in addition to being used on hands and skin, it is also recommended for clothing and surfaces.

**Palabras clave:** Sanitizante, nopal, mucilago, alcohol.

**Keywords:** Disinfectant, nopal, mucilage, alcohol.

---

## Introducción

Desde hace muchos años se reconoció la importancia de evitar el contacto del paciente con microorganismos patógenos presentes en diversas superficies. Hacia mediados del siglo XIX, Ignaz Semmelweis, en Austria, y Oliver Wendell Holmes, en Estados Unidos, establecieron que las enfermedades adquiridas en los hospitales se transmitían a través de las manos de los trabajadores de la salud. Semmelweis indicó que las manos de los médicos debían frotarse con una solución clorada para evitar que las “partículas cadavéricas” se

transmitieran de la sala de autopsias al área de partos, causando fiebre puerperal (WHO, 2009).

Tradicionalmente, la limpieza y la desinfección se han considerado conceptos sinónimos, la realidad es que son operaciones complementarias pero diferentes. La limpieza es el proceso mediante el cual se logra la eliminación de la suciedad en las superficies aplicadas, lo que al mismo tiempo significa la eliminación de la fracción principal de gérmenes presentes en las superficies (CIPAM, 1999).

Por otro lado, la desinfección es la destrucción de los microorganismos infecciosos restantes en objetos inanimados o la reducción de los mismos a niveles que no constituyen un peligro para la salud pública. Existen diferentes tipos de productos químicos que eliminan la carga bacteriana y que tienen diferentes mecanismos de acción para lograrlo (Hernández, 2013).

Se llama sanitización a la acción de eliminar o reducir los niveles de partículas viables por medio de agentes químicos posteriores a la limpieza (NOM, 2006). Un sanitizante es un agente químico que reduce o elimina, bacterias, hongos y algunos virus en superficies inanimadas. Un buen desinfectante según el test de Chambers es aquel que, a la concentración recomendada, causa un 99.9996 % de muerte a una cantidad inicial entre  $7.5 \times 10^7$  y  $1.3 \times 10^8$  células/ml en 30 segundos (Ayres y Sandine, 1980).

Un aspecto de gran relevancia para determinar la conveniencia de utilizar un desinfectante es conocer su actividad germicida. Hay una gran cantidad de métodos para evaluar este parámetro: una alternativa es la de probar el efecto in vitro, metodología indicada en la normatividad nacional actual (NMX, 1999). En otros casos, se indican pruebas realizadas directamente en la piel humana (De la Cruz et al, 2013).

La palabra antiséptico designa a un germicida que se aplica sobre la piel y otros tejidos vivos, a diferencia de los desinfectantes, que son sustancias que se utilizan sobre objetos inanimados debido a que pueden dañar la piel y otros tejidos. El empleo de antisépticos es un proceso muy frecuente en todas las organizaciones al cuidado de la salud. Entre los agentes químicos utilizados en años recientes como desinfectantes están: alcohol, cloro y compuestos clorados, formaldehído, glutaraldehído, peróxido de hidrógeno, yodóforos, ortoftaldehído, ácido paracético, compuestos fenólicos, compuestos cuaternarios de amonio, (Rutala y Weber,

2008) así como la clorhexidina (Mullany et al, 2006).

El uso de agentes químicos desinfectantes ha aumentado a través de los años; los geles a base de alcohol han sido postulados como una buena alternativa de uso para mejorar la higiene de las manos, dado que han mostrado tener una buena eficiencia antimicrobiana (Boyce y Pitted, 2002), (Widmer et al, 2007) aparte de que producen menos irritación y resequedad de la piel (Kampf & Ostermeyer, 2005). Por otro lado, su factor de reducción mínimo (RF), a partir del cual se determina su efectividad, es mayor de  $2 \log_{10}$  UFC, lo cual es considerado óptimo (Larson et al, 2005).

Sin embargo, el gel antibacterial contiene sustancias sintéticas en su elaboración que los hacen perjudiciales para la piel, como el carbopol y la trietanol amina. Estos productos químicos además de dañar la piel pueden ser tóxicos. Una alternativa natural es diseñar formulaciones de productos cosméticos cuya base sea el nopal verdulero (*Opuntia ficus-indica*), dándoles un valor agregado y hacerlos diferentes a los miles que existen en el mercado, además, de contribuir a preservar nuestro medio ambiente al usar sustancias naturales. Por ejemplo, el mucílago del nopal es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de  $13 \times 10^6$  g/mol. Contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno (Gibson y Nobel, 1990).

Estos componentes son emolientes para la piel por lo que en la actualidad se usan en diversos productos cosméticos, dermatológicos y en otras aplicaciones. La presente investigación consistió en elaborar un producto sanitizante a base de mucílago de nopal y alcohol con la finalidad de presentarlo como un sustituto de los geles antibacteriales y contribuir como alternativa para la sanitización de manos ante la pandemia de la COVID-19.

## Materiales y métodos

La Figura 1, indica la utilización del nopal verdulero (*Opuntia ficus-indica*) desde su desinfección, extracción de mucilago en solución acuosa y adicionándolo en alcohol a 96° Gay Lussac (G.L) para obtención del sanitizante a base de mucílago y alcohol a 70° G.L.

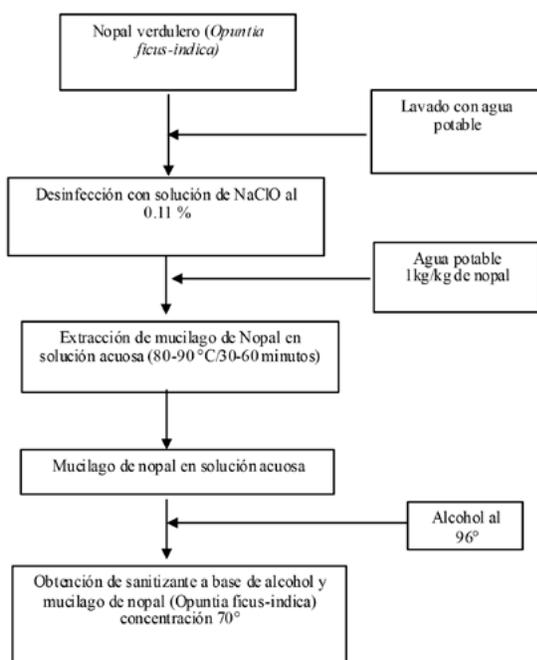


Figura 1. Proceso de obtención del sanitizante.

### Extracción de mucilago en solución acuosa

Después de la desinfección del nopal verdulero (*Opuntia-ficus indica*), como se observa en la Figura 2, se coloca en un recipiente de acero inoxidable 1 kg de nopal (troceado en cubos o tiras de 2.5 a 3.0 cm, aproximadamente) en un litro de agua (proporción 1:1). Se pone a hervir (80 a 90 °C) durante 30 a 60 minutos para lograr la extracción del mucilago de nopal en solución acuosa, teniendo un rendimiento del 40 % (0.4 L) y un pH de 4.5 como se muestra en la Figura 3.



Figura 2. Desinfección del nopal verdulero.



Figura 3. Extracción de mucilago de nopal.

Posteriormente se filtra para separar el mucilago en solución acuosa y tenerlo listo para mezclarlo con alcohol a 96° para la obtención del sanitizante como se ve en la Figura 4.



Figura 4. Filtrado del mucilago de nopal.

## Obtención del sanitizante

Para la dilución de alcohol de 96° a 70° GL con el mucilago de nopal en solución acuosa se aplicó la ecuación de dilución (ecuación 1).

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \text{Ecuación de dilución química} \quad (1)$$

Se prepararon lotes de 5 litros de sanitizante a 72°, de acuerdo con la ecuación (1) tenemos:

$$V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{(70^\circ)(5L)}{96^\circ} \cong 3.646 L$$

Por tanto, el volumen de mucilago de nopal se saca por diferencia dando,  $V_2 \cong 1.354 L.$ , es decir, se midieron 3.646 L de alcohol a 96° G.L. y se diluyeron con 1.354 L de mucilago haciendo la solución sanitizante a 70° G.L.

Para controlar el proceso de manufactura y garantizar la concentración adecuada del sanitizante de por lo menos 70° como lo marca la Organización Mundial de la Salud (OMS), se utilizó un alcoholímetro marca Robsan de 0 a 100° Gay Lussac (G.L), como se muestra en las Figuras 5, 6 y 7.



Figura. 5. Calibración del alcoholímetro a 0° con agua destilada.



Figura. 6. Comprobación de la concentración del alcohol .



Figura. 7. Comprobación de la concentración (70° G.L.) del sanitizante .

## Encuesta

Para determinar la aceptación del producto se realizó una encuesta en una población de 60 personas con edades de 25 a 60 años elegidas al azar, el tamaño de muestra se eligió de acuerdo a la fórmula estadística para muestras finitas (ecuación 2).

$$n = \frac{(N)(Z_\alpha^2)(p)(q)}{(e^2)(N-1) + (Z_\alpha^2)(p)(q)} \quad \text{Fórmula muestras finitas} \quad (2)$$

Con  $e = 5\%$ ,  $Z = 1.96$ ,  $p = q = 50\%$ . Obteniendo una muestra de 52 personas. A las cuales se les proporcionó una bo-

tella en spray de 60 ml de sanitizante para su prueba. Se les aplicó un cuestionario considerando características como: apariencia, sensación, resequedad en la piel (manos), y posible consumo del producto.

## Resultados

Se manufacturaron 20 litros de sanitizante a base de alcohol y mucilago de nopal con una concentración de 70° en alcohol. Se utilizaron envases de PET con dosificador y Tapa Flip Top de 0.25 y 0.5 litros para su presentación.



Figura. 8. Producto Sanitizante a base de alcohol y mucilago de nopal.

Como se observa en la Figura 8, al producto sanitizante elaborado como sustituto de los geles tradicionales, se le realizó un estudio de mercado para sondear su posible aceptación por el consumidor.

Los resultados de la encuesta se muestran en los siguientes gráficos.

a) La apariencia del producto te parece:

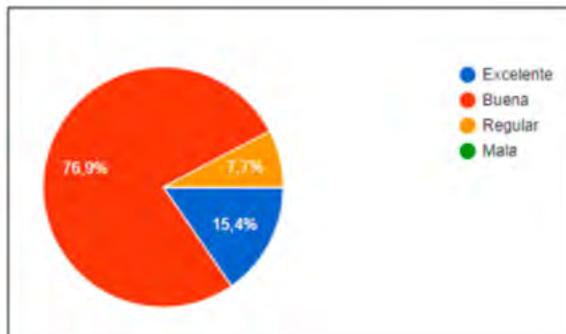


Figura 9. Apariencia del producto.

El resultado (figura 9) de la apariencia muestra una aceptación del 76.9 por ciento como buena y 15.4 por ciento como excelente de las 52 personas encuestadas.

b) ¿El producto te deja una sensación pegajosa en tus manos?

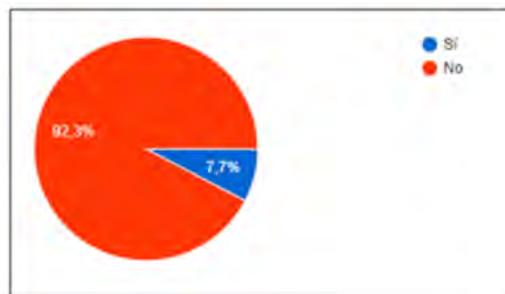


Figura 10. Sensación al tacto del producto.

Como se muestra (figura 10) el 92.3 por ciento de los encuestados no sienten sensación pegajosa en sus manos al usar el producto.

c) ¿El producto te causa resequedad en tus manos?

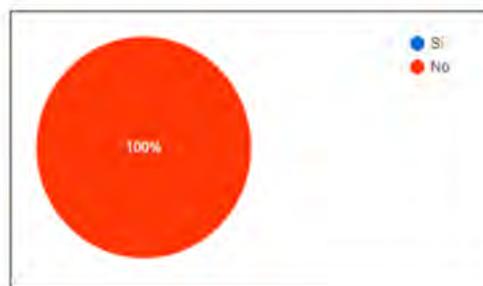


Figura 11. Resequedad del producto.

En cuanto a la resequead en las manos (figura 11) el 100 por ciento de los encuestados no sienten esa sensación al usar el producto.

d) Sientes una sensación agradable al usarlo.

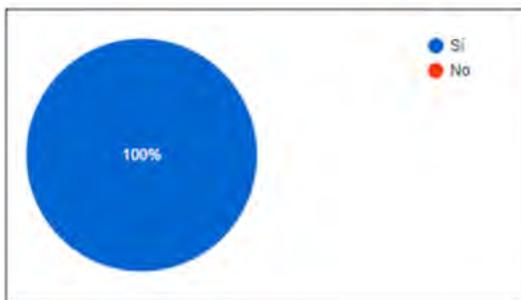


Figura 12. Sensación emoliente del producto.

El 100 por ciento de las personas perciben la sensación emoliente que deja el producto al usarlo (figura 12).

e) ¿ Estarías dispuesto (a) a consumir este producto en lugar del gel antibacterial?

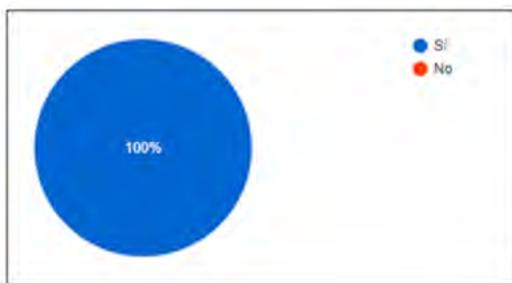


Figura 13. Potencial aceptación del producto.

Es clara la respuesta (figura 13) de los encuestados respecto al consumo del producto.

Se puede observar en las figuras anteriores la potencial aceptación del producto sanitizante, siendo una opción viable en tiempos de pandemia por la Covid-19 como sustituto de los geles antibacteriales.

Además de darle un valor agregado al adicionar mucílago de nopal al producto. Cabe mencionar que se encuestaron solo a 52 personas debido a que cuando se realizó la investigación nos encontrábamos en plena pandemia y se obstaculizo llegar a más personas. Sin embargo, en la actualidad el producto es consumido cada vez por más personas e incluso se utiliza en áreas administrativas, talleres y laboratorios de la Universidad Tecnológica de Tlaxcala.

En cuanto a los costos de las materias primas por litro de sanitizante se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Costo de materias primas e insumos para solución sanitizante alcohol más mucílago de nopal.

Materia primas e insumos	Unidad de compra	Cantidad de compra	Costo por unidad	Unidades utilizadas	Costo Variable
Nopal	Kg	1	\$ 20.00	1 Kg	\$ 20.00
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O al 96 %	ml	1000	\$ 80.00	730 ml	\$ 58.40
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3- 5 %	ml	230	\$ 21.00	15 ml	\$ 1.4
Vitamina E	Frasco con 30 cápsulas	1	\$ 40.00	2 caps.	\$ 2.7
Agua	L	20	\$ 14.00	270 ml	\$ 0.19
Hipoclorito de sodio	L	1	\$ 15.00	1.1 ml	\$ 0.016
Envase	L	1	\$ 11.00	1 L	\$ 11.00
Costo por 1000 ml de sanitizante de alcohol (70°) y mucílago de nopal.				TOTAL	\$ 93.70

En lo que respecta al costo del producto, que en comparación con los geles antibacteriales comerciales dependiendo de la marca se cotizan hasta en \$ 100.00/L, se obtuvo un promedio de 6.3 % menor, pudiéndose mejorar aumentando el volumen de producción.

Finalmente se elaboró una ficha técnica con información básica del producto.

## Especificaciones

Nombre de material: BMusil001

Código del material: BM001

Descripción química:

Solución desinfectante para manos a base de etanol y mucílago de nopal. Concentración al 70 %

INCI names: Denatured alcohol, nopal mucilage, distilled water, hydrogen peroxide, vitamin E.

Tabla 2. Características y especificaciones del producto.

Característica	Especificación
Apariencia	Turbia
Olor	Alcohólico
Color	Verde claro
PH a 20 °C	5.5-6.0

## Discusión

El etanol al 70% es el antiséptico que más se ha utilizado desde hace muchos años debido a sus ventajas: actúa rápidamente, su espectro de acción incluye bacterias, virus y protozoarios, y su costo es bajo (De la Cruz et al, 2013). El producto elaborado cumple con la recomendación de la OMS y los datos indican ser efectivo para inhibir los agentes patógenos. Además, contiene el mucílago de nopal que es rico en polisacáridos que le confiere propiedades emolientes en las manos evitando así la resequeidad provocada por el alcohol.

El uso de agentes químicos desinfectantes ha aumentado a través de los años y más aún en tiempos actuales por la pandemia de COVID-19. Los geles a base de alcohol han sido postulados como una buena alternativa de uso para mejorar la higiene de las manos, dado que han mostrado tener una buena eficiencia antimicrobiana (Boyce & Pittet, 2002), (Widmer et al, 2007). No obstante, se han dado casos de productos que han sido alterados en su composición principalmente en el mercado informal adulterando el etanol en el gel antibacterial por metanol, ya que éste es más económico, sin embargo, es altamente tóxico y al aplicarse constantemente gel adulterado el metanol es absorbido por la piel pudiéndose acumular y provocar problemas en la salud. Por tanto, el producto que se obtuvo fue elaborado aplicando la ecuación de dilución química para tener las cantidades exactas de mezcla entre el etanol (96° G.L.) y el mucílago de nopal en solución acuosa para garantizar una concentración de 70° G.L. Este cálculo se comprobó en el control de la manufactura del sanitizante con un alcoholímetro de rango de 0 a 100° G.L. Con esto se asegura que el producto no está diluido en exceso y contiene alcohol etílico a la concentración recomendada para la sanitización de las manos.

## Conclusiones

La presente investigación fue motivada por la pandemia causada por la COVID-19 aunado al encarecimiento y alto costo de productos desinfectantes, principalmente de geles antibacteriales y de la incertidumbre de que si éstos cumplen con la concentración de alcohol etílico recomendada por la OMS.

Si bien los geles antibacteriales son los más aceptados para la sanitización de manos por la mayor parte de la sociedad, un abuso en el consumo de estos productos a la

larga puede causar problemas graves de salud, ya que estos pudieran venir adulterados con metanol u otros solventes o excesivamente diluidos y no garantizar la concentración mínima de alcohol (70°). Una alternativa natural es diseñar formulaciones de productos cosméticos cuya base sea el nopal verdulero (*Opuntia ficus-indica*), dándoles un valor agregado y diferenciarse a los miles que existen en el mercado, además, de contribuir a preservar nuestro medio ambiente al usar sustancias naturales.

El sanitizante obtenido es una solución a base de mucilago de nopal (que le confiere propiedades emolientes) y etanol con una concentración comprobada de 70° G.L., lo que hace que tenga un alto poder germicida. Está recomendado por Asociaciones Internacionales para combatir la COVID-19 (FDA), además, de usarse sobre manos y piel está también indicado para el uso en ropas y superficies. Sin embargo, se recomienda efectuar en el producto retos microbianos contra bacterias, hongos y virus con la finalidad de validar su efectividad germicida.

Sin duda la mejor recomendación durante la pandemia, sigue siendo lavarse las manos con agua y jabón, ya que rompe (emulsifica) por completo la pared envolvente del virus, que está compuesta por una cubierta de fosfolípidos, semejantes a una grasa. Sin embargo, agua y jabón no siempre están disponibles cuando nos encontramos fuera de nuestros hogares por lo que siempre es útil contar con una solución sanitizante y mejor si sabemos que está garantizada con la concentración adecuada de alcohol etílico y además contiene emolientes naturales para el cuidado de la piel. Nuestra solución, al igual que los geles con alcohol, disuelve la capa de grasa que envuelve al virus y deteriora la estructura de las proteínas del virus.

El producto consideramos tiene un potencial grande en su comercialización, que bien pudiera competir con los tra-

dicionales a base de carbopol, trietanol amina y alcohol.

## Referencias

- Ayres J.C., Mundt J.O., Sandine W.E. (1980). *Food's microbiology*. United states of America: WH Freeman & Co.
- Boyce J, Pittet D. (2002). Guideline for hand hygiene in Health care settings: recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2002, 23:1-44.
- CIPAM, (1999). *Comisión Interinstitucional de Buenas Prácticas de Manufactura, Procesos de Limpieza y su Validación en Áreas de Manufactura*. México, CIPAM.
- De la Cruz, G. R., Villa, G. M., Calderón J. E., et al (2013). Comparison of germicidal activity and residual action of chlorhexidine, disinfectants based on citrus and ethanol. *Enf Infec Microbiol*. 2013; 33 (1): 6-12. (Consulted on the Internet, July 13, 2020). Available in: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=40009>
- Gibson, C. A., Nobel, S. P. (1990). En "The cactus primer". First Harvard University Press paperback edition. pp. 196-199.
- Hernández, B. F. (2013). Evaluación de la actividad antimicrobiana de tres desinfectantes utilizados en los laboratorios de microbiología general II y laboratorio I piso superior de la UMIEZ de la FEZ Zaragoza. Tesis de la UNAM. Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza. pp.8
- Kampf G, Ostermeyer C (2005). Efficacy of two distinct ethanol-based hand rubs for surgical hand disinfection a controlled trial according to prEN 12791. *BMC Infectious Diseases* 2005, 5:17.
- Larson E, Cimiotti J, Haas J, Parides M, Nesin M, Della-Latta P, Saiman L (2005). Effect of Antiseptic Handwashing vs Alcohol Sanitizer on Health Care-Associated Infections in Neonatal Intensive Care Units. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005, 9:377-383
- Mullany LC, Darmstadt GL, Tielsch JM. (2006) "Safety and Impact of Chlorhexidine Antisepsis Interventions for

Improving Neonatal Health in Developing Countries".  
*Pediatr Infect Dis J* 2006; 25: 665-675.

NMX-BB-040-SCFI-(1999). Métodos generales de análisis.  
Determinación de la actividad antimicrobiana en  
productos germicidas. Diario Oficial de la Federación.  
México, 3 de noviembre de 1999.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-(2006). Buenas  
prácticas de fabricación para establecimientos de  
la industria química farmacéutica dedicados a la  
fabricación de medicamentos. Diario Oficial de la  
Federación. (base de datos de Internet, consultado el  
13 de julio de 2020). [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.  
php?codigo=5075307&fecha=22/12/2008](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5075307&fecha=22/12/2008)

Rutala WA, Weber DJ. (2008). Healthcare Infection Control  
Practices Advisory Committee (HICPAC). "Guideline for  
Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities".  
Centers for Disease Control and Prevention, USA.

WHO, (2009). Guidelines on Hand hygiene in Health Care.  
World Health Organization.

Widmer A, Conzelmann M, Tomic M, Frei R, Stranden A  
(2007). Introducing alcohol-based hand rub for hand  
hygiene: the critical need training. *Infect Control Hosp  
Epidemiol* 2007, 28:50-54.



# Industria de la madera aserrada en México: Características y factores que limitan su desarrollo

Jarinzi Corona Terán<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico de Estudios Superiores /TES Valle de Bravo  
Km 30 de la Carretera Federal Monumento-Valle de Bravo,  
Ejido de San Antonio de la Laguna  
Valle de Bravo, México, C.P. 51200.



**Correo correspondi**  
cjarinzi@yahoo.com.mx

## Resumen

La industria forestal en México se ha concentrado en las regiones donde se ubican los bosques de coníferas, los que representan la materia prima, con lo que disminuyen los costos de transporte. Mientras que las especies tropicales, ven disminuido su aprovechamiento debido al bajo volumen y a la dificultad en su transformación industrial. En el presente trabajo se analizan bibliográficamente las características de la industria de la madera aserrada en México, comprendiendo los siguientes aspectos: recursos forestales, industria forestal, balanza comercial, producto interno bruto, aspectos tecnológicos, abastecimiento, producción, mercado y apoyos gubernamentales. La sinergia de estos factores influye y explica el comportamiento de la industrialización de la madera aserrada en México.

## Abstract

The forest industry in Mexico has been concentrated in the regions where the coniferous forests, which represent the raw material, are located, thus reducing transport costs. While tropical species, their exploitation is reduced due to the low volume and the difficulty of their industrial transformation. In this paper, the characteristics of the timber industry in Mexico are analyzed bibliographically, including the following aspects: forest resources, forest industry, trade balance, gross domestic product, technological aspects, supply, production, market and government support. The synergy of these factors influences and explains the behavior of the industrialization of sawn wood in Mexico.

**Palabras clave:** Industria forestal, coníferas, especies tropicales, madera aserrada.

**Keywords:** Forest industry, coniferous, tropical species, sawn wood.

---

## Introducción

El territorio mexicano es de 195 millones de hectáreas, de ellas 22.2 millones corresponden a bosques y 12.2 millones a selvas. México posee características para alcanzar un desarrollo forestal importante: un clima propicio, un vasto mercado interno así como una ubicación geográfica y tratados de libre comercio que le brindan acceso a las mayores economías del mundo. Sin embargo, de los 22.2 millones de hectáreas de bosques hoy se aprovechan solamente 8.7 millones, a pesar de que la oferta de madera y materia prima producida en el país es insuficiente para cubrir las necesidades de la industria forestal (Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo, 2011).

Al evaluar 42 indicadores económicos, ambientales y

sociopolíticos, se encontró que no existen bosques competitivos. Los estados con mayor puntaje fueron Coahuila, Chihuahua y Nuevo León, alcanzando un valor máximo de 57 puntos sobre 100. Mientras que el 36% de la cobertura forestal nacional se encuentra en un grado de competitividad medio bajo o bajo (IMCO Y Reforestamos México, 2014).

Es importante mencionar que los recursos forestales de México representan un importante potencial para desarrollar actividades productivas que sean competitivas nacional e internacionalmente, sin embargo, se debe incidir en desarrollar propuestas que contribuyan a lograrlo.

El objetivo de este artículo es analizar los factores que limitan el crecimiento de la industria de transformación primaria de la madera en México a través de una revisión bi-

bliográfica, con el fin de brindar información confiable sobre la industria, contribuyendo así a desarrollar estrategias para promover su desarrollo.

## Características de la industria del aserrío

La industria forestal en México, históricamente se ha concentrado en las regiones donde se localizan los bosques de coníferas, particularmente en Durango, Chihuahua, Michoacán, Oaxaca, Estado de México y Jalisco. En cambio, en las regiones con mayor diversidad de especies, como es la del trópico se localiza un menor número de plantas industriales debido a su menor volumen lo que hace a estas especies poco atractivas desde el punto de vista económico, además de la dificultad que representa su aprovechamiento, extracción e industrialización (Flores-Velázquez, et al., 2007).

### Recursos forestales

La producción forestal maderable en el año 2016 fue de 6.7 millones de metros cúbicos rollo, destacando el género pino con una producción de 5.0 millones de metros cúbicos rollo (75.1%) y encino con 0.7 millones de metros cúbicos rollo (11%). Los principales productos que se obtuvieron durante el mismo año fueron: la madera para aserrío (escuadría y durmientes) con el 74.9% de la producción, los combustibles (leña y carbón) con el 9.4% y el restante 15.7% se destinó a celulósicos, chapa y triplay, postes, pilotes y morillos (SEMARNAT, 2016).

La producción de aserrío se encuentra en primer lugar, donde los estados de Durango y Chihuahua son los principales productores. El segundo lugar se encuentra representado por la producción de combustibles (leña y carbón) en donde los estados de Sonora, Durango y Puebla son los tres principales productores. Los celulósicos se encuentran en tercer

lugar, cuyos principales productores son Durango, Tabasco y Chihuahua (SEMARNAT, 2016).

### Industria forestal

El número de aserraderos instalados en México se estima en mil 936 (CONAFOR, 2020). La mayoría son aserraderos pequeños con una producción diaria promedio de menos de 20 mil pies tabla (94 metros cúbicos rollo) y un coeficiente de aserrío promedio inferior al 60%. Se estima que la industria de aserrío opera al 56% de su capacidad instalada en un periodo breve durante el año. La existencia de estufas para el secado de la madera es insuficiente, reportándose 93 (CONAFOR, 2020), y es resultado principalmente del desarrollo histórico de la industria, de políticas comerciales viciadas y de una limitada cultura de calidad de los productos, los comerciantes y los usuarios de los productos de madera. Un alto porcentaje de la madera aserrada se vende en verde o seca al aire (FAO, 2005). Actualmente existen 58 industrias forestales en el país que cuentan con la certificación de cadena de custodia, lo que permite a los consumidores asegurarse de que la madera que compran fue obtenida en forma legal y sostenible (CONAFOR, 2020).

Otra característica de la industria, es que se desconocen las propiedades físicas y mecánicas de varias especies forestales y la deficiente promoción de nuevas especies y productos, dan como resultado un uso selectivo del recurso forestal, aumentando los costos de extracción y transporte debido a los volúmenes tan pequeños, y se observa una limitada capacidad de competir en un mercado que exige volúmenes constantes y calidad homogénea. Mientras que el uso de las especies tropicales está limitado por la logística en la extracción así como por la diversidad del procesado (Torres, 2004).

### Balanza comercial

México ha sido un país deficitario en los últimos años,

tanto en su balanza comercial de productos maderables, como de manufacturas de celulosa y papel, comportamiento que lejos de disminuir, se ha venido incrementando. En el año 2000, el déficit fue de -mil 861.6 millones de dólares, en el año 2010 el déficit fue de -5 mil 602.4 millones de dólares y en 2017 de -6,165.6 millones de dólares (CONAFOR, 2020).

Sin embargo, México tiene el potencial de producir de manera sostenible 60 millones de metros cúbicos rolo, que podrían generar empleo y ser una fuente de ingresos fiscales. Si la producción anual media aumenta de 1 a 3%, para 2025 los ingresos fiscales también podrían aumentar de 47 a 223%. Con estos niveles de crecimiento, se podría cuadruplicar el número de personas empleadas en este sector. Como ejemplo, en el año 2015, hubo 373 mil 873 personas ocupadas en el sector, y con estos niveles de crecimiento, el número de personas ocupadas podría aumentar hasta 23 mil 143 por año (Banco Mundial, 2018).

## Producto interno bruto

Entre el 2012 y 2016 el promedio del PIB del sector forestal fue de 40 mil 568 millones de pesos. Para el 2016 se reportaron 41 mil 307 millones de pesos, lo que representó un decremento del 0.7% con respecto al PIB de 2015, que fue de 41 mil 590 millones de pesos. En este periodo, la participación del Sector Forestal en la economía nacional fue constante, obteniendo en promedio una participación del 0.2% de acuerdo al valor del PIB nacional (CONAFOR, 2020).

## Aspectos tecnológicos

A nivel nacional, el gobierno mexicano fomenta acciones de apoyo, capacitación, fortalecimiento a través de instituciones de investigación, legales y financieras con el objetivo de fortalecer la industria del aserrío, mediante diagnósticos que permitan evaluar el estado en que se encuentra el sector e incrementar con ello la competitividad, la comercialización y el financiamiento (Coordinación general de producción y

productividad, s/f). Sin embargo, la industria del aserrío en el país se caracteriza por ser poco intensiva en capital, siendo posible operar pequeños aserraderos con modestas inversiones (Flores-Velázquez, et al., 2007).

## Abastecimiento

La problemática principal de la cadena forestal maderable se concentra en la producción de madera en rolo, y por tanto, en la madera aserrada. La existencia de terrenos que no cuentan con accesibilidad física y económica, la baja calidad de la materia prima, los precios poco competitivos y la limitada seguridad, suficiencia y constancia en el suministro de la madera son algunos de los factores que han llevado a una contracción de la industria nacional forestal (ITAM, 2010), y por tanto afectan negativamente a la industria del aserrío. Además de que compite fuertemente con la industria del tablero contrachapado por la materia prima.

Por otra parte, la extracción y el transporte tienen obstáculos. Algunas técnicas son atrasadas y el parque de maquinaria, en su mayoría, es obsoleto. Los productores y contratistas no ganan lo suficiente para renovar su tecnología porque la productividad es baja y los costos son altos. Algunas prácticas de extracción causan impactos negativos al suelo, dificultan la optimización del valor de la madera y representan una pérdida económica, tanto para los productores primarios como para la industria de transformación. Los problemas se centran en los altos costos de extracción y transporte, generados principalmente por las condiciones de los caminos de acceso así como de los sistemas de abastecimiento tradicionales, arrime y carga manual, con bestias y motogrúas y el sistema de transporte. Esto incide también en un deficiente manejo técnico y administrativo del recurso (CONAFOR, 2014).

La incertidumbre en el abasto de la materia prima constituye otro problema de la industria forestal. Los contra-

tos entre industriales y productores regularmente son por temporada y muy variables, lo cual origina un alto riesgo. En casos en que la industria realiza la extracción, el riesgo usualmente se compensa con una baja inversión en el bosque y poco control en las actividades de la extracción, con el consecuente impacto ambiental. Por otro lado, el alto riesgo limita la inversión y modernización de la industria, así como la posibilidad de enfrentar compromisos de calidad y cantidad que requiere el mercado internacional (Torres, 2004).

## Producción

En el año 2016, la producción de madera aserrada fue de 2,248 miles de metros cúbicos, el consumo de 3,762 miles de metros cúbicos, por lo tanto, las importaciones fueron de 1,514 miles de metros cúbicos (CONAFOR, 2019), lo que refleja un déficit de 40%, siendo incapaz de satisfacer la demanda nacional, a pesar de que la industria del aserrío, ha incrementado sus instalaciones de 1,250 en 2005 (FAO, 2005) a 1,936 en 2020 (CONAFOR, 2020). De acuerdo con Flores-Velázquez, et al. (2007), los aserraderos son instalaciones de baja productividad con maquinaria y equipo de bajo nivel tecnológico que se caracterizan por la escasa eficiencia de conversión de la materia prima, lo que se traduce en un coeficiente de aserrío de 50% y el resto se transforma en costeras, recorte, virutas y aserrín donde no es posible aplicar de forma eficiente las economías de escala. Mientras que la capacidad de agregar valor agregado a la madera aserrada se ve limitada por la baja calidad del producto final y las insuficientes estufas de secado (CONAFOR, 2014). Otros factores que influyen son la limitada capacitación del personal y la falta de mantenimiento a la maquinaria.

## Mercado

Los estándares mínimos exigidos por el comercio internacional de la madera aserrada, aplicados en México por las grandes firmas minoristas, son entre otros: clasificación estricta de acuerdo con sus normas de calidad, estufado

de madera en ciertas clasificaciones, entrega puntal de los pedidos acordados, en tiempo y en volumen; empaquetado y flejado por medida, firma de un convenio de penalización para compensar las fallas en la entrega de los pedidos y código de barras (CCMSS, 2010). La industria del aserrío al ser poco intensiva en capital, no tiene posibilidad de cumplir con los mencionados estándares.

## Apoyos gubernamentales

En el país, los apoyos económicos al sector forestal se incluyen en el programa "apoyos para el desarrollo forestal sustentable". Hasta el 2019 este programa estaba integrado por siete componentes. En 2020 se ajustaron a cuatro. El componente uno, manejo forestal comunitario y cadenas de valor contiene la transformación de la madera. Entre 2018 y 2019, el monto total de recursos asignados a los componentes del programa de "Apoyos para el desarrollo forestal sustentable", disminuyó de 2,149 millones de pesos a 1,880 millones de pesos (12%). En 2020 los apoyos otorgados por este programa fueron de 1,308 millones de pesos, disminuyendo 30% respecto a 2019, lo que refleja una baja prioridad del sector en la administración actual. En el caso del componente uno, en el 2018, el recurso asignado fue de \$684 millones 392 mil 414, para el 2019 disminuyó a \$423 millones 754 mil 799, mientras que para el 2020 disminuyó a \$413 millones 186 mil 605 (Madrid y Hernández, 2021) lo que indica que hay industrias que dejaron de tener la posibilidad de acceder a ese recurso y con ello incrementar su operatividad.

## Créditos

El crédito forestal aunque ha cambiado en su estructura dado que han ganado importancia los créditos a plantaciones forestales, sigue siendo extremadamente modesto. Representa sólo el 0.88 del orientado al sector primario de México. los créditos multilaterales tanto del Banco Mundial como del Banco Interamericano de Desarrollo, no han tenido el impacto ni la resonancia esperada y en poco han con-

tribuido a cambiar la tendencia en materia forestal (Torres, 2004).

## Discusión

Es necesario fomentar, las oportunidades que presenta el desarrollo de las actividades forestales a nivel nacional. La producción nacional no es suficiente para abastecer el mercado interno, sin embargo, favorecer la adquisición de maquinaria incrementará la productividad y competitividad; y se ofertarán productos con mayor valor agregado.

## Conclusión

México es un país extenso y megadiverso, contando con una importante cantidad de recursos forestales. Sin embargo, a pesar de este escenario, presenta un bajo rendimiento maderable, con pocas especies bajo aprovechamiento, problemas en el manejo forestal, sistemas de aprovechamiento, organización para la producción y una serie de políticas públicas que propician que la industrialización de productos maderables sea deficiente y, provocan que el país importe productos para poder satisfacer la demanda nacional. Debe trabajarse, de manera conjunta, dueños o poseedores de tierras forestales, industriales, sector gubernamental y las empresas bancarias, para actualizar la industrialización de la madera aserrada y lograr la competitividad que permita el comercio en el mercado internacional.

## Referencias

Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo. (2011). El aporte de Financiera Rural en el sector forestal de México. *Revista ALIDE*. Julio-Septiembre, 13-16. [https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/El\\_aporte\\_de\\_financiera\\_rural\\_en\\_el\\_sector\\_forestal\\_de\\_Mexico.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/El_aporte_de_financiera_rural_en_el_sector_forestal_de_Mexico.pdf)

CCMSS, Rainforest Alliance, Reforestemos México. (2010). Manual de buenas prácticas en los aserraderos de comunidades forestales. México. <https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/Manual-de-buenas-practicas-en-aserraderos-de-comunidades-forestales.pdf>

CONAFOR (2020). El Sector Forestal Mexicano en Cifras 2019. Bosques para para el bienestar social y climático. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7749El%20Sector%20Forestal%20Mexicano%20en%20Cifras%202019.pdf>

CONAFOR. (2014). Programa Nacional Forestal 2014-2018. México. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5342498](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5342498)

CONAFOR. (2019). Estado que guarda el sector forestal. México. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7743Estado%20que%20Guarda%20el%20Sector%20Forestal%20en%20Mexico%202019.pdf>

Flores-Velázquez, R., Serrano-Gálvez, E., Palacio-Muñoz, V. H. y Chapela, G. (2007). Análisis de la industria de la madera aserrada en México. *Madera y Bosques*, 13(1), 47-59. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61713105.pdf>

Instituto Mexicano para la Competitividad, A. C., y Reforestamos México, A. C. (2014). Índice de competitividad forestal estatal. [https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2014/07/Indice\\_Forestal\\_2014\\_Situaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_estados.pdf](https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2014/07/Indice_Forestal_2014_Situaci%C3%B3n_de_los_estados.pdf)

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). (2010). El sector forestal en México: Diagnóstico, prospectiva y estrategia. Centro de Estudios de Competitividad. México. [http://cec.itam.mx/sites/default/files/devcecitam.mx/noticias/aadjuntos/2015/03/forestal\\_0.pdf](http://cec.itam.mx/sites/default/files/devcecitam.mx/noticias/aadjuntos/2015/03/forestal_0.pdf)

Madrid, L. y Hernández, K. (2021). ¿Hacia dónde van los apoyos al sector forestal en la nueva administración? Nota informativa. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. [https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2021\\_02\\_SubsidiosForestales.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2021_02_SubsidiosForestales.pdf)

Coordinación general de producción y productividad. (s/f). Logros y perspectivas del desarrollo forestal en México 2007-2012. CONAFOR. México [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/LOGROS\\_Y\\_](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/LOGROS_Y_)

PERSPECTIVAS\_DEL\_DESARROLLO\_FORESTAL\_EN\_MEXICO.PDF

SEMARNAT (2016). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016. México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf>

The World Bank. (2018). Project appraisal document on a proposed loan in the amount of US\$56 million and on a proposed grant from the biocf plus-ISFL Trust fund in the amount of US\$10 million to The United Mexican States for a strengthening entrepreneurship in productive forest landscapes project. <https://documents1.worldbank.org/curated/pt/670141517454051085/text/Mexico-PAD-01092018.txt>

Torres, R., J. M. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Documento de trabajo. Informe Nacional México. FAO. ESFAL/N/2. Roma, Italia. [https://www.researchgate.net/publication/308141519\\_Rojo\\_Juan\\_Manuel\\_Torres\\_Estudio\\_de\\_tendencias\\_y\\_perspectivas\\_del\\_sector\\_forestal\\_en\\_America\\_Latina\\_al\\_ano\\_2020\\_informe\\_nacional\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/308141519_Rojo_Juan_Manuel_Torres_Estudio_de_tendencias_y_perspectivas_del_sector_forestal_en_America_Latina_al_ano_2020_informe_nacional_Mexico)



# Uso de piezoeléctricos para análisis de vibraciones

Kevin Morales Almanza<sup>1</sup> y José de Jesús Agustín Flores Cuautle<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de  
Orizaba Avenida Oriente 9 No. 852. Col. Emiliano Zapata.  
Orizaba, Ver. C.P. 94320.



**Correo correspondiente**  
jflores\_cuautle@hotmail.com

## Resumen

El análisis de vibraciones es práctico en el mantenimiento preventivo; en particular, el uso de este tipo de análisis aplicado a las máquinas rotativas reduce los costes de mantenimiento y reparación mediante la aplicación de acciones controladas. En este trabajo se presenta un sistema de adquisición de vibraciones mecánicas desarrollado a partir de un material piezoeléctrico. Se reportan los resultados de este sistema utilizado en una mezcladora comercial para monitorear su potencial.

## Abstract

Vibration analysis is practical in preventive maintenance; particularly, the use of this type of analysis applied to rotating machines reduces maintenance and repair costs by performing controlled actions. In this work, a mechanical vibration acquisition system developed from a piezoelectric material is presented. The results of this system used in a commercial blender for monitoring its potential are reported.

**Palabras clave:** Vibración, máquina electromecánica, piezoeléctrico, análisis de señales.

**Keywords:** Vibration, electromechanical machine, piezoelectric, signal analysis.

## Introducción

En el ámbito industrial las vibraciones son un fenómeno considerado negativo, en particular en aquellas industrias en las que se utilizan máquinas rotatorias, las vibraciones pueden inducir fallas. Las vibraciones mecánicas en máquinas rotatorias pueden resultar en fracturas, reducción de la vida de los componentes mecánicos, gasto adicional de energía eléctrica y en el peor de los casos en la falla total de la máquina en cuestión. Por otro lado, dentro de la filosofía del mantenimiento preventivo la comprobación de diversas variables físicas puede detectar cambios que supongan una falla en el corto y mediano plazo. La detección temprana de posibles condiciones de falla puede reducir los costos de mantenimiento debido a que se pueden implementar acciones controladas como lo son los paros programados para mantenimiento, intervalos entre mantenimiento más prolongados, prevención de fallas totales entre otras (Fluke 2021).

Existen en el mercado diversos equipos comerciales dedicados a la medición y monitoreo de vibraciones (Fluke 2021), cuyas ventajas son evidentes, sin embargo, en muchas pequeñas y medianas empresas, los costos asociados a la compra de este tipo de equipos hacen prohibitivo su uso.

El análisis de vibraciones para aplicaciones de detección temprana de fallas consiste en la medición de amplitud y frecuencia de las vibraciones en los diferentes ejes del equipo que se quiere estudiar, a partir de la obtención de la amplitud y la frecuencia, se pueden derivar indicadores del estado del equipo bajo estudio.

Prácticamente todos los equipos electromecánicos presentan vibraciones, ya sea transitorias o constantes, la frecuencia de dichas vibraciones estará asociada con las condiciones de trabajo de dicho equipo. En particular, las máquinas rotatorias presentarán vibraciones debido a su

forma de operación, estas vibraciones dependerán en gran medida de la velocidad de operación de la máquina, así como del trabajo mecánico asociado a dicha máquina, sin embargo, la presencia de vibraciones anormales puede ser el indicador de una posible falla.

Por otro lado, un material piezoeléctrico tiene la característica de generar una polarización eléctrica cuando es sometido a una tensión mecánica (Flores Cuautle 2008, Suaste Gómez, González Moran et al. 2010), esta característica es deseable debido a que este tipo de sensores generan su propia señal eléctrica a partir del fenómeno que se desea medir. En general, los materiales piezoeléctricos pueden ser encontrados en forma de monocristales, polímeros, o cerámicos (Uchino, Kimura et al. 2010), la elección del tipo de material a utilizar dependerá en gran medida de la aplicación a la cual este destinado. Los polímeros piezoeléctricos tienen una gran resistencia mecánica y un coeficiente piezoeléctrico aceptable para la mayoría de las aplicaciones (González Ballesteros 2006) sin embargo, su baja temperatura de operación limita sus posibles usos. Respecto a las cerámicas piezoeléctricas, estas presentan una gran dureza, y una elevada temperatura de operación, aunque su fragilidad hace que se deban de extremar precauciones en su manejo (Rodríguez-Ruiz, González-Ballesteros et al. 2008, Suaste Gómez and Flores Cuautle 2008, Lara-Hernández, Benavides-Parra et al. 2017). En este trabajo se presenta un método para detectar vibraciones a partir de un sensor piezoeléctrico.

## Metodología

Un material piezoeléctrico es capaz de generar una señal de corriente alterna debido que la polarización eléctrica que genera depende de la dirección en la cual le sea aplicada la tensión mecánica, esto es, la polarización cambia cuando cambia la dirección de la tensión, es por ello que se hace ne-

cesario diseñar un circuito de rectificación que permita tener una corriente directa que pueda ser leída por un microcontrolador (Morales Almanza and Flores Cuautle 2021). En la Figura 1, se muestra un diagrama del sensor piezoeléctrico con los respectivos componentes electrónicos para obtener una señal de corriente directa a partir del piezoeléctrico.

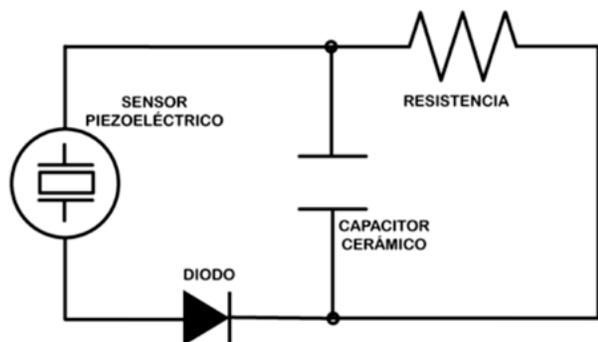


Figura 1. Circuito básico para el sensor de vibraciones basado en un piezoeléctrico.

La magnitud de la carga eléctrica que puede generar un piezoeléctrico depende del tipo de material del cual se trate, de la temperatura a la cual este operando, de su coeficiente piezoeléctrico (constante de conversión entre la tensión mecánica y la polarización del material) y, sobre todo, de la magnitud de la tensión aplicada al piezoeléctrico. La carga eléctrica generada puede llegar a ser del orden de kV en determinadas condiciones, por esta razón se hace necesario implementar un circuito que limite el voltaje generado por nuestro detector para que dicho voltaje no dañe los circuitos de adquisición de datos (Morales Almanza and Flores Cuautle 2021). La Figura 2, muestra un diagrama esquemático de un circuito limitador de voltaje usando como base un par de diodos Zener conectados en una configuración antiparalelo, el voltaje de trabajo de estos diodos fue elegido de tal forma que este detector sea compatible con sistemas de adquisición de datos de 5 V.

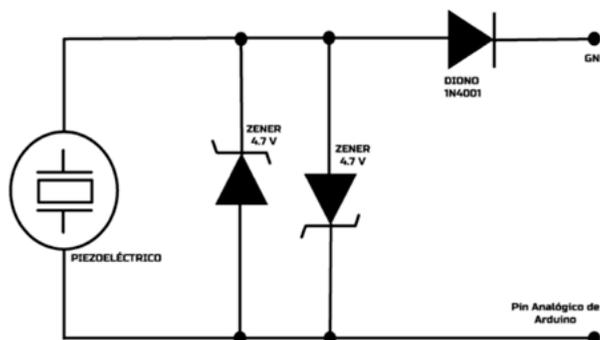


Figura 2. Configuración antiparalelo de diodos Zener, para la protección de la tarjeta Arduino.

Una vez que se tiene la configuración mostrada en la Figura 2, el sensor es colocado sobre el equipo electromecánico que se desea estudiar y la salida del sensor se conecta a un sistema de adquisición de datos, en nuestro caso un microcontrolador, es importante hacer notar que la precisión de nuestros resultados dependerá directamente de la frecuencia de adquisición de datos y estará limitada por el teorema de Nyquist, el cual establece que la velocidad de muestreo de una señal deberá ser al menos el doble de la máxima frecuencia de la señal a analizar (Morris 2001, Proakis 2007).

La Figura 3, muestra un diagrama a bloques del sistema propuesto para el estudio de las vibraciones, en general el sistema consta de 4 grandes bloques, el sensor piezoeléctrico, el sistema de adquisición de datos, el procesamiento y la visualización.



Figura 3. Diagrama a bloques del sistema propuesto para el estudio de vibraciones.

## Resultados

Con la finalidad de comprobar el comportamiento de este sensor, este se colocó sobre una licuadora de tres velocidades y se adquirieron datos durante 5 segundos con un tiempo de 10ms entre cada lectura, en total se adquirieron 500 datos, la Figura 4, muestra los datos obtenidos para una de estas mediciones.

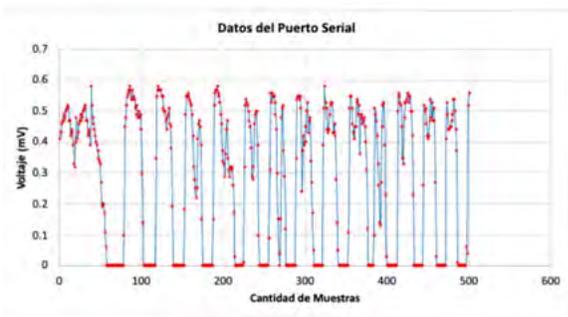


Figura 4. Datos obtenidos mediante la tarjeta de adquisición de datos.

Debido a que en el análisis de vibraciones uno de los factores más importantes a tomar en cuenta es la frecuencia a la cual se encuentran las diversas vibraciones, se procesaron los datos utilizando un algoritmo de transformada rápida de Fourier (Proakis 2007), de esta forma se obtuvo el espectro de frecuencias de vibración para la licuadora operando a tres diferentes velocidades, en la Figura 5, se muestran los resultados de aplicar la transformada rápida de Fourier a los datos obtenidos.

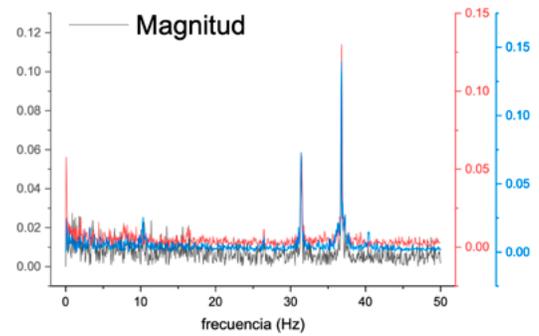


Figura 5. Señal piezoeléctrica en el dominio de la frecuencia para tres velocidades de la maquina rotatoria.

A partir de los datos mostrados en la Figura 5, no es posible determinar si existen diferencias entre los espectros de frecuencia de las diferentes mediciones, por esta razón la Figura 6, muestra una ampliación de las señales obtenidas en el rango de frecuencias de 30 Hz a 33 Hz. En esta figura es posible apreciar un incremento de la frecuencia de vibración cuando se incrementa la velocidad de operación de la licuadora

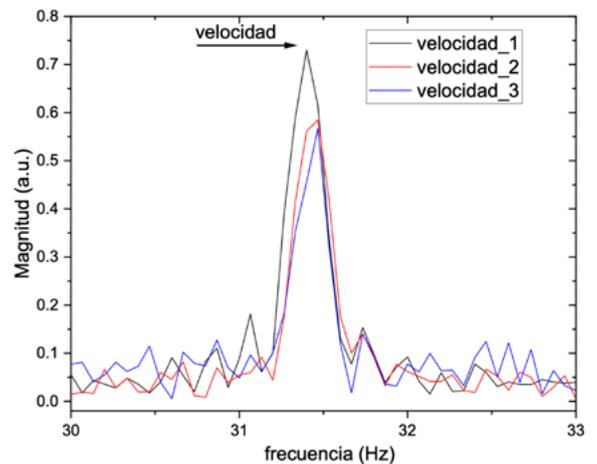


Figura 6. Acercamiento de la región de 30 Hz a 33 Hz de los datos mostrados en la Figura 5.

Tal como ya se mencionó, la resolución de este sensor depende en gran medida de la frecuencia de adquisición de

datos utilizada, por esta razón se disminuyó el tiempo de adquisición de datos utilizando un tiempo de adquisición de 100  $\mu$ s. Con este nuevo tiempo de adquisición se logra una frecuencia de adquisición de 10 kHz con lo cual se incrementa la información que se puede obtener mediante este sensor. La Figura 7, muestra la señal obtenida a partir del sensor piezoeléctrico con una frecuencia de adquisición de 10 kHz.

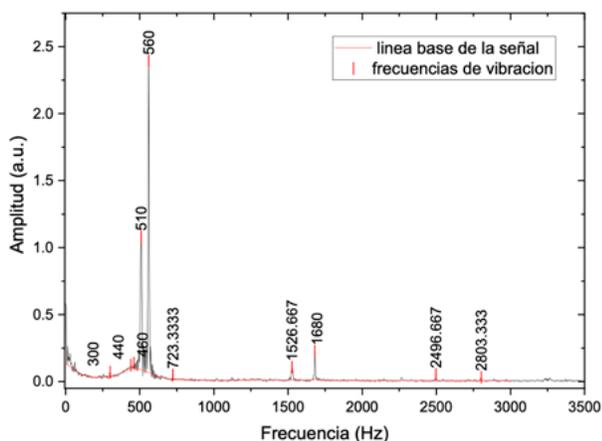


Figura 7. Señal piezoeléctrica obtenida de una máquina rotatoria de alta velocidad.

En la Figura 7, se pueden observar un mayor número de frecuencias de vibración, esto es debido a los diversos componentes mecánicos que se encuentran presentes dentro del aparato que estamos analizando, es posible apreciar que la frecuencia de 560 Hz es la que tiene una amplitud significativamente más alta comparada con las frecuencias detectadas

## Conclusiones

La medición y monitoreo de vibraciones en máquinas electromecánicas es una herramienta que permite reducir costos, debido a que tiene una incidencia directa sobre la planificación de mantenimiento preventivo, el bajo costo asociado al desarrollo de este sistema permite su implementación en pequeñas y medianas empresas sin implicar un gasto significativo.

Entre las limitaciones que aparecen en el sistema presentado se puede mencionar la velocidad de adquisición de la señal, para el caso del microcontrolador utilizado, la frecuencia máxima que puede ser utilizada está limitada a los 10 kHz. Respecto a la resolución del sistema es importante mencionar que la resolución del convertidor analógico digital utilizado, hace que la resolución sea de 8 bits para una señal cuya amplitud se encuentra en un rango de 0 a 5 volts con lo cual se traduce en una resolución de 5 mV.

El uso microcontroladores con mayores prestaciones puede conducir al incremento en los costos, en cuyo caso se deberá hacer un análisis de relación costo-beneficio para determinar la viabilidad del cambio.

## Referencias

Flores Cuautle, J. J. A. (2008). fabricación y caracterización de cerámicas ferroeléctricas con implante de platino para mejorar su desempeño. Electrical Engineering Department. México, Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. MsC.

Fluke (2021). "Descripción de los beneficios del monitoreo y el análisis de las vibraciones." Retrieved 01/10/2021, 2021, from <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/vibraciones/descripcion-de-los-beneficios-del-monitoreo-y-el-analisis-de-las-vibraciones>.

González Ballesteros, R. (2006). Desarrollo de transductores

piroeléctricos basados en cerámicas de titanato de plomo modificado con elementos de las tierras raras y polímeros de poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF) para su aplicación en microscopía fotopiroeléctrica. Electrical Engineering. Mexico, CINVESTAV. PhD.

Lara-Hernandez, G., et al. (2017). "Influence of poling voltage on optical absorption spectra, thermal properties, and structure of PLZT ceramics." *Ferroelectrics* 507(1): 159-171.

Morales Almanza, K. and Flores Cuautle, J. J. A. (2021). Generación de energía eléctrica a partir de vibraciones en máquinas rotativas. Maestría en Ingeniería Electrónica. México, Instituto Tecnológico de Orizaba. M.E.

Morris, A. S. (2001). 5 - Measurement noise and signal processing. *Measurement and Instrumentation Principles* (Third Edition). Oxford, Butterworth-Heinemann: 73-101.

Proakis, J. G. (2007). *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, And Applications*, 4/E, Pearson Education.

Rodríguez-Ruiz, R., et al. (2008). "Determination of the Pyroelectric Coefficient for (Bi<sub>0.5</sub>Na<sub>0.5</sub>)<sub>0.935</sub>Ba<sub>0.065</sub>TiO<sub>3</sub> Piezoelectric Ceramics." *Ferroelectrics* 368(1): 216-223.

Suaste Gomez, E. and J. J. A. Flores Cuautle (2008). Behavior of the temperature dependence of dielectric constants and Curie temperature of Pt-implanted modified BaTiO<sub>3</sub>, KNbO<sub>3</sub>, PbZrO<sub>3</sub>, Pb<sub>0.88</sub>Ln<sub>0.08</sub>Ti<sub>0.98</sub>Mn<sub>0.02</sub>O<sub>3</sub> (Ln= La, Eu) ceramics. *International Materials Research*, Cancun, Mexico.

Suaste Gomez, E., et al. (2010). Ceramic-Controlled Piezoelectric: Development, Applications and Potentiality in Electrical and Biomedical Engineering. *Piezoelectric Ceramics*. E. Suaste Gomez, Intech: 209-228.

Uchino, K., et al. (2010). *Advanced Piezoelectric Materials*. K. Uchino, Woodhead Publishing: xi-xiii.



# Validez y fiabilidad de un instrumento de medición para un trabajo de investigación

Miguel Ángel Hernández Rivera<sup>1</sup>, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina<sup>2</sup>, Adán Valles Chávez<sup>3</sup> y Salvador Noriega Morales<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Intituto Tecnológico de Ciudad Juárez,

Av. Tecnológico 1340, Fuentes del Valle,

C.P. 32500, Cd. Juárez, Chihuahua.



Correo correspondal

miguel.hr@cdjuarez.tecnm.mx

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

Calle Henry Dunant planta alta, Omega, C.P. 32584, Cd. Juárez,

Chihuahua.

## Resumen

En el presente artículo se describe el proceso de elaboración de un instrumento de medición que se utilizará en la recolección de los datos para el trabajo de investigación que busca identificar los principales factores que determinan el mejoramiento de la eficacia de la cadena de suministro. El estudio contempla el proceso de validez de contenido mediante el juicio por un experto y la fiabilidad del instrumento. Se utilizó el estadístico de Kendall como índice de concordancia en la validez del contenido y para la fiabilidad se utilizó el coeficiente de Alpha de Cronbach y el de Omega de McDonald para respaldar los resultados del coeficiente de Alpha de Cronbach. El instrumento, que responde a una escala tipo Likert, está conformado por 44 ítems en su primera prueba, posteriormente se adecuó a 44 ítems. Los resultados obtenidos muestran que el instrumento es confiable, permitiendo de esta manera utilizarlo en la investigación.

## Abstract

This article describes the process of developing a measurement instrument that will be used in the collection of data for the research work that seeks to identify the main factors that determine the improvement of the efficiency of the supply chain. The study considers the content validity process through the judgment by an expert and the reliability of the instrument. The Kendall statistic is used as an index of agreement in the validity of the content, and for reliability the Cronbach's Alpha coefficient and McDonald's Omega coefficient were used to support the results of the Cronbach's Alpha coefficient. The instrument, which responds to a Likert-type scale, is made up of 44 items in its first test, then it is adapted to 44 items. The results obtained show that the instrument is reliable, thus allowing it to be used in research.

**Palabras clave:** Instrumento de medición, validez de contenido, juicio por un experto, coeficiente del Alpha de Cronbach, coeficiente de Omega de McDonald.

**Keywords:** Measurement instrument, content validity, judgment by an expert, Cronbach's Alpha coefficient, McDonald's Omega coefficient.

---

## Introducción

Durante el proceso que se sigue en un trabajo de investigación surge la necesidad de probar la hipótesis que se plantea, mediante la recolección de los datos utilizando un instrumento de medición cuyas cualidades principales son; que su diseño garantice la recolección de la información que se quiere obtener (validez de contenido), y además, debe ser confiable, es decir, que sus mediciones deben tener consistencia a medida que pasa el tiempo (confiabilidad), para que la información que se obtenga sea la que el investigador requiere, reduciendo de esta forma el riesgo de un posible sesgo en los datos recolectados debido al mal diseño del instrumento.

### Marco Teórico

De acuerdo a Mousalli K. (2017), la validez de contenido se refiere a la cualidad que tiene el instrumento de medir lo que debe medir. Mencionan Escobar, J. y Cuervo, Á. (2008), que la validez de contenido se establece en dos de las más frecuentes situaciones: el diseño de una prueba y la validación del instrumento construido para una población diferente pero que se adaptó a través de un procedimiento de traducción o equivalencia semántica, siendo necesario validar dichos instrumentos en términos de su contenido y es allí donde la evaluación realizada por expertos cobra especial relevancia debido a que ellos son los que deben modificar o eliminar los ítems que lo requieran, como el caso de las expresiones idiomáticas. Explica Escobar, J. y Cuervo, Á.

(2008), que de acuerdo a Cohen y Swerdik (2001), que la validez de contenido consiste en que tan adecuado es el muestreo que hace una prueba del universo de posibles conductas, de acuerdo con lo que se pretende medir.

Los ítems capturan las dimensiones que la prueba pretende medir. Los ítems seleccionados deben medir las dimensiones del constructo: Un error de validez de contenido puede ser que la dimensión semántica no tuviera ningún ítem que la evaluara, o que los ítems de la dimensión sintáctica sólo evaluaran una parte de ésta, al contrastar con lo que se pretende evaluar en dicha dimensión.

De acuerdo a Escobar y Cuervo (2008), el Coeficiente de concordancia W de Kendall se utiliza cuando se quiere conocer el grado de asociación entre k conjuntos de rangos (Siegel y Castellan, 1995), por lo cual es particularmente útil cuando se les solicita a los expertos asignarles rangos a los ítems, por ejemplo, de 1 a 4. El mínimo valor asumido por el coeficiente es 0 y el máximo 1.

Un acuerdo de 0.55 sería considerado bajo, y se podría inferir que hay dificultad en la clasificación, o que incluso, pueden tener ambigüedad en los indicadores que les permiten decidir en uno u otro sentido. Un acuerdo de 0.7 se considera como el mínimo aceptable. La fiabilidad de un instrumento se puede estimar con el alfa de Cronbach. La fiabilidad mediante el alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch y Comer, 1988).

Entre más se acerca el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados. La fiabilidad de la escala debe obtenerse siempre con los datos de cada muestra para garantizar la medida fiable del constructo en la muestra concreta de investigación.

De acuerdo a Bakieva, González y Sancho, (2014), el co-

eficiente de Alfa de Cronbach es un modelo de consistencia interna que se basa en el promedio de las relaciones entre los ítems. Durante el análisis, tiene la ventaja de evaluar cuanto mejoraría (o empeoraría) la fiabilidad de la prueba si se excluyera un determinado ítem. Como criterio general, George y Mallery (2003), sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa >.9 es excelente.
- Coeficiente alfa >.8 es bueno.
- Coeficiente alfa >.7 es aceptable.
- Coeficiente alfa >.6 es cuestionable.
- Coeficiente alfa >.5 es pobre.
- Coeficiente alfa < .5 es inaceptable.

Mencionan Ventura y Caycho (2017), que en cuanto a las limitaciones al utilizar el coeficiente alfa de Cronbach, se encuentra que está afectado por el número de ítems, el número de alternativas de respuesta y la proporción de la varianza del test de acuerdo a (Domínguez-Lara y Merino-Soto, 2015a). Lo anterior se puede ver en la expresión matemática:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

- $\alpha$  dónde:  $\alpha$  es el símbolo del alfa de Cronbach.
- $K$  el número de ítems.
- $\sum S_i^2$  i suma de las varianzas de cada ítem.
- $S_T^2$  la varianza total.

También comenta Ventura y Caycho (2017), que Lozano, García-Cueto y Muñiz (2008), mediante un estudio de simulación demostraron que la disminución en las alternativas de respuesta, disminuye la variabilidad de la escala, afectando el coeficiente alfa. Además, el coeficiente alfa presenta también el inconveniente de trabajar con variables continuas, algo que en ciencias sociales no ocurre, lo cual minusvalo-

ra la confiabilidad (Elosua y Zumbo, 2008), además de estar influido por el error muestral (Ledezma, 2004). No obstante, una de sus principales ventajas, es que sólo necesita una aplicación de la prueba para su cálculo según (Schmidt y Ilies, 2003). Menciona Ventura y Caycho (2017), que el coeficiente omega, a diferencia del coeficiente de alfa trabaja con las cargas factoriales según (Gerbing y Anderson, 1988), que son la suma ponderada de las variables estandarizadas, transformación que hace más estable los cálculos (Timmerman, 2005) y refleja el verdadero nivel de fiabilidad. En segundo lugar, no depende del número de ítems tal como se aprecia en su expresión matemática (McDonald, 1999):

$$\omega = \frac{\left( \sum_{i=1}^k \lambda_i \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^k \lambda_i \right)^2 + \sum_{i=1}^k (1 - \lambda_i^2)}$$

Dónde:

- $\omega$  es el símbolo de coeficiente omega.
- $\lambda_i$  es la carga factorial estandarizada de  $i$ .

También comenta Ventura y Caycho (2017), en tercer lugar, el coeficiente omega es considerado una adecuada medida de la confiabilidad si no se cumple el principio de tal equivalencia, el cual puede incumplirse si los coeficientes de los ítems que conforman una matriz de solución factorial presentan valores muy diferentes según (McDonald, 1999). De acuerdo a Ventura y Caycho (2017), para considerar un valor aceptable de confiabilidad mediante el coeficiente omega, éstos deben encontrarse entre .70 y .90 según (Campo-Arias y Oviedo, 2008), aunque en algunas circunstancias pueden aceptarse valores superiores a .65 (Katz, 2006).

## Metodología

El proceso de validación y la fiabilidad del instrumento se llevo a cabo de acuerdo al siguiente diagrama:



Figura 1. metodología de validación.

La validez de contenido se hizo mediante el juicio de un experto utilizando la tablilla que recomienda Escobar&Cuevo (2008), ver anexo 1.

Una vez que terminaron la evaluación los expertos, se recopilaron los datos obtenidos para calcular el nivel de concordancia entre jueces y para este análisis se utilizó el estadístico de Kendall, con la ayuda del software IBM SPSS Statistics versión 25. Se hizo la prueba de concordancia por cada uno de los cuatro ítems a evaluar en la tablilla. Estos son:

- a) Suficiencia.
- b) Coherencia.
- c) Relevancia.
- d) Claridad.

A continuación se muestra en la Tabla 1, los de resultados obtenidos para cada ítem.

Tabla 1. Resultados obtenidos por cada ítem.

ÍTEM	ÍNDICE DE KENDALL	OBSERVACIONES
Suficiencia	0.775	
Coherencia	0.783	
Relevancia	0.273	
Claridad	0.741	

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la fiabilidad del instrumento se usaron

los datos obtenidos de la aplicación de una muestra de 37 encuestas para calcular el índice del Alpha de Cronbach con la ayuda del lenguaje de programación R versión 4.0.3 (2020-10-10, obteniéndose los resultados que se muestran a continuación:

Raw	alpha	std.alpha	G6(smc)	average_r	S/N	ase	sd	median_r
0.96	0.96	1	0.38	26	0.0091	5.3	0.82	0.37
Lower	<b>alpha</b>	upper	95% confidence boundaries					
0.94	<b>0.96</b>	0.98						

El tamaño de la muestra se calculó considerando un universo de 150 empresas a las que va dirigida la investigación y se utilizó la fórmula de aleatorio simple, cómo se menciona en Bernal (2010). La fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{S^2}{\frac{\epsilon^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Dónde:

- $S^2 = p(1-p)$  donde  $p$  y  $q$  serán del 50% (0.50).
- $N$ : Tamaño de la población.
- $n$ : Tamaño necesario de la muestra de empresas.
- $Z$ : Nivel de confianza o margen de confiabilidad (Se sugiere utilizar un margen de confianza alto: 95 % de confianza, para un valor de  $Z = 1.96$ ).
- $S$ : Desviación estándar de la población (estimada mediante una muestra piloto determinar tamaño de la piloto).  $S^2 = p(1-p)$  donde  $p$  y  $q$  serán del 50% (0.50).
- $p$ : Esta probabilidad se estima sobre marcos de muestreo previos o se define. La certeza total siempre es igual a uno, las posibilidades a partir de esto son “ $p$ ” de que si ocurra y “ $q$ ” de que no ocurra ( $p + q = 1$ ). Cuando no tenemos marcos de muestreo previos, usamos un porcentaje estimado de 50%, es decir asumimos que  $p$  y  $q$  serán del 50% (0.50), y que resulta lo más común, particularmente cuando

seleccionamos por primera vez una muestra en una población (Hernández Sampeiri, Fernandez, & Baptista, 2014).

- $\epsilon$ : El error máximo aceptable se refiere a un porcentaje de error potencial que admitimos tolerar de que nuestra muestra no sea representativa de la población (de equivocarnos). Los niveles de error pueden ir de 20 a 1%. Los más comunes son 5% y 1% (uno implica tolerar muy poco error, 1 en 100, por así decirlo; mientras que 5%, es aceptar en 100, 5 posibilidades de equivocarnos) (Hernández Sampeiri, Fernandez y Baptista, 2014).

Los valores que se asignaron son los siguientes:

$$S^2 = p(1-p) = .50(.50) = .25$$

Tamaño del universo = 150

Error máximo aceptable  $\epsilon = 14\%$

Porcentaje estimado de la muestra = 50%

Nivel deseado de confianza = 95%

Por lo tanto, el tamaño de la muestra calculado será:

$$N = 37$$

Para respaldar los resultados obtenidos con el índice del Alpha de Cronbach se utilizó el coeficiente de Omega de McDonald y los cálculos se hicieron con el software JASP 0.8.5.1 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Reliability Analysis		
Scale Reliability Statistics		
	Cronbach's $\alpha$	McDonald's $\omega$
scale	<b>0.962</b>	<b>0.964</b>

Note. Of the observations, 37 were used, 0 were excluded listwise, and 37 were provided.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos al hacer la validez de contenido muestran un valor arriba de 0.7 en la suficiencia, coherencia y claridad, valores aceptables de acuerdo a Escobar y Cuervo (2008), mientras que en la relevancia fue 0.273, por lo tanto el nivel concordancia se considera aceptable. En lo que se refiere a la fiabilidad del instrumento, se obtuvo un coeficiente del Alpha de Cronbach de 0.964 que, de acuerdo a George y Mallery (2003), se considera excelente ya que el resultado es  $> 0.9$ . También se calculó el coeficiente de Omega de McDonald para respaldar el resultado obtenido con el índice del Alpha de Cronbach y fue de 0.964 confirmando lo que menciona Ventura y Caycho (2017) que de acuerdo a Domínguez-Lara y Merino-Soto (2015), en cuanto a las limitaciones del índice del Alpha de Cronbach en cuanto al número de ítems y el número de alternativas de respuesta tal como se muestra en la fórmula matemática para su cálculo, además el coeficiente alfa presenta el inconveniente de trabajar con variables continuas, pero a pesar de que en este instrumento de medición se utilizaron variables ordinarias, el número de ítems (43) sirvió para que el índice del Alpha de Cronbach fuera arriba de 0.9 valor que se confirma al realizar el cálculo del coeficiente del Omega de MacDonald cuyo resultado también sale por arriba de 0.9, confirmando la afirmación de Ventura y Caycho (2017), según (Gerbing y Anderson, 1988), que trabaja con las cargas factoriales y que no depende del número de ítems.

## Referencias

- Bakieva, M.; González J. y Sancho, C. (2014). Análisis de Fiabilidad Alfa de Cronbach, InovaMide L4U.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la Investigación. México, D.F.: Pearson Educación de México, S.A de C.V.
- Campo-Arias, A. y Oviedo, H. C. (2008). Propiedades psicométricas de una escala: la consistencia interna. *Rev Salud Pública*, 10 (5), pp. 831-839.
- Cohen, R. y Swerdlik, M. (2001). Pruebas y evaluación psicológicas: Introducción a las pruebas y a la medición. México: Mc Graw Hill.
- Domínguez-Lara, S. A. D. y Merino-Soto, C. M. (2015b). Sobre el reporte de confiabilidad del Clarp TDAH, de Salamanca (2010). *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13 (2), pp. 1316-1317.
- Elosua, P. y Zumbo, B. (2008). Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. *Psicothema*, 20 (4), pp. 896-901.
- Escobar, J. y Cuervo, Á. (2008). Validez de Contenido y Juicio de Expertos: Una aproximación a su Utilización. *Avances en la Medición* 6, 27-36.
- George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4th ed)*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gerbing, D. W. y Anderson J. C. (1988). An update paradigm for scale development incorporating unidimensionality and its assessment. *Journal of Marketing Research*, 25 (2), pp. 186-192.
- Hernández Sampeiri, R.; Fernández, C. C y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Katz, M. H. (2006). *Multivariable analysis (2a ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press
- Lozano, L., García-Cueto, E. & Muñoz, J. (2008). Effect of the number of response categories on the reliability and validity of rating scales. *Methodology*, 4 (2), pp. 73- 79.
- McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mousalli, G. (2017). *Los Instrumentos de Evaluación en la Investigación Educativa*. Mérida: Resarchegate management
- Schmidt, F. L.; Le, H. y Ilies, R. (2003). Beyond alpha: An empirical examination of the effects of different sources of measurement error on reliability estimates for measures of individual differences constructs. *Psychological Methods*, 8, pp. 206-224.



**UTCJ** THEOREMA  
REVISTA CIENTÍFICA

Número **18**  
Enero - junio 2022



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE CIUDAD JUÁREZ

ISSN: 2448-7007