



# Ingeniantes®

Año 8, No.2, Vol. 1

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla

latindex

ISSN 2395-9452



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

# Ingeniantes

Año 8 / No. 2 / Vol. 1

## Información Legal

**Ingeniantes**, año 8, No. 2, Vol 1. Mayo 2021 - Diciembre 2021 es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web [citt.itsm.edu.mx](http://citt.itsm.edu.mx). Editor responsable: Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 10 de diciembre de 2021.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 25671.

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

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

The logo for LATINDEX features the word "latindex" in a stylized, lowercase serif font. The letters are primarily red, with a vertical orange bar behind the 'i' and 'n'. A small orange circle is positioned above the 'i'.

diciembre 2021

## Directorio

**Dr. Daniel Villanueva Vásquez**

Director General, ITSM, Veracruz, México

**Dr. Hugo Romero Montoya**

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

**M.E. Josefa Vásquez Trujillo**

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

**Dr. Daniel Martínez Navarrete**

Subdirector de Posgrado, ITSM, Veracruz, México

**Ing. Carlos Raúl Mata Lazcano**

Subdirector de Servicios Administrativos, ITSM, Veracruz, México

**Dr. José Edgar Soto Meneses**

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

**M.S.C. Irahan Otoniel José Guzmán**

Subdirector de Planeación, ITSM, Veracruz, México

**L.I. Lidia Herrera Domínguez**

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

## Cuerpo Editorial

Editor General

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editor

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

Coeditor

Lic. Erik Balderas González

## Administración

Ing. Mayra Lizeth Méndez Oloarte

## Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

## Sistemas

Administrador de Sistemas

M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara

Webmaster

L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

## Distribución

Publicación electrónica disponible en

[cift.itsm.edu.mx/ingeniantes](http://cift.itsm.edu.mx/ingeniantes)

Correo electrónico:

[revista.ingeniantes@itsm.edu.mx](mailto:revista.ingeniantes@itsm.edu.mx)

<http://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=25671>

## Comité de Revisión

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

# Ingeniantes



03



11



18



27



33



39

Desarrollo de una plataforma virtual de apoyo a la evaluación de la NOM-035-STPS-2018 en una MiPyme de transporte de carga \_\_\_\_\_ 03  
Betsy Zarate Díaz; Edna Araceli Romero Flores, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba

Diseño de un mesa banco ergonómico considerando la antropometría de estudiantes de nivel medio superior \_\_\_\_\_ 11  
José Ignacio Aguilar Carrasco; Ángel Evaristo Flores Ramírez; Roberto Arvizu Acosta; Arely Ortiz Ramírez; Luis Francisco Rivas Escojido, Tecnológico Nacional de México / Campus Ciudad Constitución

Calidad en una Planta de Fabricación de Lámina Acrílica \_\_\_\_\_ 18  
Jorge Durán Martínez; Leticia Díaz Domínguez; María Guadalupe Montes de Oca Sánchez; Erika Adrienne Bandala Martínez, Tecnológico Nacional de México / Campus Misantla

Aplicación de herramientas de ingeniería industrial para el aumento de la producción en números de parte A5636 y B5637 \_\_\_\_\_ 27  
José Francisco Ibarra Sánchez; María Magdalena Montserrat Contreras Turrubiarres; Diana Leticia Espericueta González, Tecnológico Nacional de México / Campus San Luis Potosí

Diagnóstico del servicio preventivo mediante Value Stream Mapping en un departamento de mantenimiento \_\_\_\_\_ 33  
Evelyn García Warneros; Edna Araceli Romero Flores; Manuel Panzi Utrera, Instituto Tecnológico de Orizaba

Evaluación del Efecto de *Chorela vulgaris* en la fertilización del Cilantro (*Coriandrum Sativum* L.), en Invernadero \_\_\_\_\_ 39  
Alfredo Lino Brito, Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec; Maribel Apolinar Aguilar, Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N°168, Extensión Hueyapan Puebla, Noel J. Arozarena Daza, Instituto de Investigaciones en agricultura tropical "Alejandro Humboldt"; Pedro J. González Cañizares, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; José Manuel Zambrano González, Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec

# Contenido



47



54



61



67



74



84

Hidrogeles antibacterianos a partir de xilanas del agave tequilero con nanopartículas de plata generadas in-situ \_\_\_\_\_ 47

Alfredo Escalante; Patricia del Rosario Retamoza Vega; Emmanuel Franco López Velarde; Jesús Guadalupe Martínez Ponce de León; Guillermo Toriz, Universidad de Guadalajara

Análisis de la resistencia mecánica ante compresión de bloques de adobe con agregados de fibra de bagazo de caña \_\_\_\_\_ 54

Adolfo Robles Rojo; Santiago Arceo Díaz; José Ricardo Moreno Peña; Dominga Zuleica Chávez Pérez. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima; Jorge Armando Ojeda Sánchez, Universidad de Colima

Nitruración por plasma utilizado para recubrir acero aleado y su respuesta tribológica \_\_ 61

Joselyn Aletia Calderón Ocampo; Ricardo Cervantes Troncoso; Celibee Adriana Calderón Ocampo; José Solís Romero, Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

Sistema de Espacios Públicos Seguros herramienta de gestión para georreferenciación de espacios en la alcaldía Benito Juárez \_\_\_\_\_ 67

Guadalupe Robles Calderón; Karen Monserrat Pérez Rodríguez; Yessica Guadalupe Pérez Rodríguez, Tecnológico Nacional de México / Campus Teziutlán

Sistema de Información Web para el Control y Seguimiento del Proceso del Servicio Social (SIWSS) \_\_\_\_\_ 74

José Alberto Medina Castañeda; Francisco Javier Gutiérrez Mata; Juan Miguel Hernández Bravo; Eduardo de la Cruz Gámez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco

Análisis de las TIC para un modelo de aula invertida: caso de estudio del ITSAV \_\_\_\_\_ 84

Erica María Lara Muñoz; Rogelio Reyna Vargas; Hugo de Jesús Lara Muñoz; Félix Efraín Corro Islas; Cristhian Villegas García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Desarrollo de una plataforma virtual de apoyo a la evaluación de la NOM-035-STPS-2018 en una MiPyme de transporte de carga

**RESUMEN:** La exposición a factores de riesgo psicosocial se ha convertido en una epidemia silenciosa de importante latencia dentro de la población trabajadora. Este proyecto entraña la creación de un paquete de recursos de gestión de riesgos basado en la NOM 035-STPS-2018 que actualmente es única norma oficial mexicana establecida particularmente para identificar, prevenir y controlar los factores de riesgo psicosocial integrándolo en un marco de orientaciones para las mipymes mexicanas con el propósito de facilitar la evaluación de los riesgos por sí mismas y promover la salud y seguridad en el trabajo en todos los centros de trabajo del país. Contiene una herramienta de técnicas de comparación que resultan en un cuestionario de evaluación de riesgos específicos, instrucciones sobre la adecuada aplicación y resultados sobre los riesgos puntuales a los cuales aplicar medidas de acción. La implementación de este proyecto mostró hallazgos positivos términos generales; el 96% de los participantes reconocieron a la plataforma virtual como sencilla y fácil de usar, aunado a ello, los responsables del área de recursos humanos afirmaron que permitía la implementación automática facilitando la obtención de resultados, perpetuando los datos y sistematizando la vigilancia continua de este tipo de riesgos.

**PALABRAS CLAVE:** Factores de riesgo psicosocial, jornadas laborales, salud ocupacional, NOM 035-STPS-2018.



## Colaboración

Betsy Zarate Díaz; Edna Araceli Romero Flores, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba

Fecha de recepción: 08 de junio del 2021

Fecha de aceptación: 30 de septiembre del 2021

**ABSTRACT:** Exposure to psychosocial risk factors has become a silent epidemic of significant latency within the working population. This project involves the creation of a risk management resource package based on NOM 035-STPS-2018, which is currently the only official Mexican standard specifically established to identify, prevent and control psychosocial risk factors, integrating it into a framework of guidelines for Mexican MSMEs in order to facilitate risk assessment themselves and promote health and safety at work in all work centers in the country. It contains a tool of comparison techniques that result in a specific risk assessment questionnaire, instructions on the proper application and results on the specific risks to which to apply action measures. The implementation of this project showed positive findings in general terms; 96% of the participants recognized the virtual platform as simple and easy to use, in addition to this, those responsible for the human resources area affirmed that it allowed automatic implementation, facilitating the obtaining of results, perpetuating the data and systematizing the continuous monitoring of these kinds of risks.

**KEYWORDS:** Psychosocial risk factors, work shifts, occupational health, NOM 035-STPS-2018.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los esfuerzos desplegados a escala mundial, para reconocer y vigilar los factores que afectan la salud y seguridad de los trabajadores, las cifras de enfermedades y muerte relacionadas con el trabajo continúan reflejando la existencia de un problema real [1]. En las últimas décadas los factores de riesgo

psicosocial han adquirido cada vez mayor relevancia; dados los numerosos estudios que confirman la relación entre estos, y sus efectos negativos en la salud ocupacional. La salud laboral debe abordar de manera integrada la salud de las personas que trabajan, en el sentido de que la salud de una persona no es divisible y se necesita integrar tanto la prevención de los riesgos laborales y extralaborales como la asistencia de los problemas de salud relacionados y no relacionados con el trabajo [2]. La gestión sistematizada brinda a la Salud y Seguridad en el Trabajo, la posibilidad de establecer un mecanismo no sólo para la evaluación sino también para la mejora continua de los resultados en esta materia, así como también para el fomento de una cultura de prevención [3]. Las empresas deben enfatizar la prevención de los accidentes del trabajo y el deterioro de la salud, por medio de la correcta gestión de salud y seguridad en el trabajo. Más de diez años de implementación mundial de dichos sistemas han mostrado que cuidar los estándares de seguridad y salud es positivo para la productividad de las empresas y para un empleo de calidad [4]. A pesar de que los datos reflejan la existencia de un problema real en cuanto a los riesgos en materia de salud laboral, la Encuesta de Accidentes y Enfermedades Ocupacionales de Estados Unidos informó que cerca del 69% de los accidentes y las enfermedades profesionales no se registraban [5]. En tanto que, la Organización Panamericana de la Salud reconoció que el perfil mixto de las patologías ocupacionales no se ve reflejado en las estadísticas oficiales de la región dado que solo entre el 1% y el 5% de las enfermedades profesionales se notifican, debido a la baja cobertura de los sistemas de salud y aseguramiento de los riesgos del trabajo, a la escasez de los servicios de salud y seguridad ocupacional, y las deficiencias de los sistemas de información, vigilancia y registro, principalmente en las empresas con menor acceso a recursos, como lo son las mipymes, y que al menos en nuestra región predominan como las principales proveedoras de trabajo [6]. En México, la NOM-STPS-2018 ha representado un hito en materia laboral y a tan solo un par de años desde su aprobación han girado en torno a ella muchas dudas, críticas, opiniones y juicios sobre su aplicación y validez. Se considera que debe ser aplicada, calificada e interpretada por expertos y aunque es muy analítica y considera categorías, dominios, sufre de sinonimia. Es muy elaborada y lleva tiempo para su aplicación, calificación e interpretación [7]. Sin embargo, es de carácter oficial y obligatorio, aplicable a todos los centros de trabajo del país sin importar su tamaño. Es por lo anterior, que resulta imprescindible aportar elementos en dicha materia que permitan a las empresas disponer de los mecanismos de análisis y prevención, así como fomentar la cultura de prevención de riesgos psicosociales en las áreas de trabajo. El primer gran reto, consiste en generar información de calidad y útil para los tomadores de decisiones y el consumo público, la cual no es una tarea exclusiva de los gobiernos. Si bien, desde la administración pública existen iniciati-

vas, es importante que sea soportada por la comunidad académica-científica, las asociaciones de profesionales, el sector empresarial, los representantes de los trabajadores (as) y la sociedad civil [8].

En este contexto, el presente proyecto es una herramienta que pretende contribuir al abordaje de los factores de riesgo psicosocial dentro del marco integrado de evaluación de riesgos psicosociales establecido por la NOM-035-STPS-2018, identificando los mecanismos de apoyo que permitan a las empresas reaccionar a la información que se les presenta como resultado de la norma y haciendo uso de la presente herramienta como medio de esclarecimiento de las variables inmersas, permitiendo definir el orden de prioridad de las acciones a tomar y el involucramiento de los integrantes de las empresas. La ventaja comparativa de este proyecto yace en la investigación exhaustiva a través de los mecanismos existentes, aprobados y avalados en distintas partes del mundo, los cuales solidifican la herramienta cuestionario que apoya a identificar las variables inmersas, con un carácter positivo y constructivo orientado y desarrollado, principalmente con vistas a suplir la falta de herramientas al alcance para micros, pequeñas y medianas empresas. Resulta muy importante impulsar la investigación en materia de bienestar emocional, el desarrollo humano y los factores psicosociales en el trabajo con un abordaje interdisciplinario y multidimensional. Además, generar metodologías adecuadas para los diferentes sectores productivos, pero, sobre todo, específicos para la cultura y necesidades del país, ya que la mayoría de las metodologías disponibles son producto de iniciativas en otros escenarios mundiales [9]. Los riesgos psicosociales y el estrés relacionado con el trabajo se han medido de distintas formas [10]. Se utilizan mucho los cuestionarios de autoevaluación, que suelen contener preguntas sobre la presencia de factores de riesgo en el entorno de trabajo, porque son muy económicos y fáciles de analizar [11]. La limitación intrínseca de los cuestionarios de autoevaluación es que proporcionan mediciones «subjetivas» y representan las percepciones de estrés laboral de cada trabajador. Las evaluaciones «objetivas» se basan en estrategias de observación, incluyendo los datos de archivo y mediciones biológicas [12]. Se investigaron ensayos aleatorios controlados, estudios de observación, estudios transversales, estudios longitudinales y estudios prospectivos. Se puso el énfasis en estudios con niveles aceptables de confiabilidad [13]. Se llevó a cabo la aplicación de esta plataforma en una empresa perteneciente a las mipymes dedicada al transporte de carga federal, obteniendo resultados positivos y hallazgos interesantes; obteniendo un ahorro en costos de consultoría externa para atender estos riesgos y facilitando la comprensión de la evaluación y análisis a través de sus propios integrantes y responsables del área. De acuerdo con los datos obtenidos, el 86% de los encuestados consideraba que el cuestionario cubría todas las causas posibles de riesgo la-

boral en una organización. Sin embargo, fue necesario adaptar de manera concreta las horas laborales permitidas, para cada caso. Aun cuando todo el personal pertenece a la misma empresa, giro, y sector, es necesario adaptarlo a las necesidades de cada uno de ellos, en este caso haciendo uso de una norma adicional, la NOM-087-SCT-2-2017, la cual establece los tiempos máximos de conducción y pausas para conductores de autotransporte federal establecida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Estos hallazgos confirman la premisa de que se debe ser muy exhaustivo a la hora de evaluar los riesgos y para cada caso debe existir un individuo capaz de emitir un juicio de manera crítica y con conocimiento de causa para cada uno de los distintos rubros que integran los factores de riesgo psicosocial.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

**Metodología**

La metodología utilizada se basa en las premisas establecida por la OIT para la gestión de riesgos psicosociales, la cual establece que es preciso realizar evaluaciones de los peligros y los riesgos con miras a identificar aquello que podría resultar perjudicial para los trabajadores y la propiedad [14], las cuales deben tratarse como cualquier otro tipo de riesgo como un enfoque sencillo de la gestión de los riesgos, en particular en las empresas de pequeña escala [15]. Pero siempre tomando en cuenta que dicha metodología debe adaptarse fácilmente al tamaño y la actividad de la empresa, así como a los recursos y competencias profesionales disponibles [16] por tanto, la metodología es adaptable, pero debe, en cualquier caso, identificar los peligros, determinar quién podría resultar perjudicado y cómo, valuar los riesgos, registrar sus conclusiones y examinar su evaluación y actualizarla periódicamente [17].

El desarrollo e implementación del proyecto se basó principalmente en 3 fases:

**Primera fase: Analizar y validar las herramientas de evaluación de riesgos psicosociales.**

En esta primera fase se realiza el análisis que permite valuar qué métodos, técnicas y/o herramientas de las disponibles pueden servir para promover la evaluación específica del riesgo psicosocial, considerando la obtención de variables de latencia determinadas, procesos de estimación de los resultados, así como la adaptabilidad a las necesidades del proyecto. Es así como se obtiene una herramienta general en la forma de un cuestionario, que deberá ser aplicada al personal de la empresa con el fin de obtener variables de latencia inmersas cuya presencia no pudo ser detectada durante la aplicación de la norma y en el que cada una de ellas cataloga sus respuestas a una codificación concreta. Los factores de riesgo psicosocial a contemplar para efectos de esta herramienta y que constituyen marco referencial de la NOM 035-STPS-2018, pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de riesgo psicosocial aplicables a la normativa mexicana.

Categorías	Factores y/o dominios
Ambiente de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones en el ambiente de trabajo.</li> </ul>
Factores propios de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga de trabajo.</li> <li>• Falta de control en el trabajo.</li> </ul>
Organización del tiempo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas laborales y rotación de turnos que exceden lo establecido en la Ley Federal del Trabajo.</li> <li>• Interferencia en la relación trabajo-familia.</li> </ul>
Liderazgo y relaciones en el trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liderazgo y relaciones negativas.</li> <li>• Violencia laboral.</li> </ul>

Una vez delimitados los factores, también conocidos como dominios, aplicables en la normativa mexicana, fue necesario realizar un conjunto de técnicas de comparación que permitieran elegir las preguntas a integrar en el cuestionario, de tal forma, que cada una de ellas permitiera identificar las variables de latencia implicadas y así poder establecer de manera más clara y puntual el riesgo incurrido. Cabe destacar que las preguntas del cuestionario se adaptaron de los diversos instrumentos de medición utilizados demostrando niveles de confiabilidad aceptables.

La literatura permite concebir que la mayoría de los factores de riesgo psicosocial han sido integrados en los métodos de evaluación existentes, sin embargo, cada autor emplea y ajusta los que de mejor manera cubren las necesidades en su legislación [18]. Y aunque, la mayoría de ellos han sido probados y replicados en diversos países, existen ciertas diferencias que deben ser consideradas. Lo anteriormente expuesto, y tras el análisis profundo de la NOM 035-STPS-2018, hace necesario tomar en cuenta que, para el caso de jornadas laborales y rotación de turnos que exceden lo establecido en la Ley Federal del Trabajo, se deba adecuar partiendo de lo referido en dicha ley; los conceptos a justipreciar en tal factor de riesgo psicosocial, para así poder realizar las interrogaciones afines y optimar el objetivo del proyecto.

Asimismo, es importante realizar un análisis cruzado con entrevistas aleatorias y la observación e integración constante de expertos para establecer si el cuestionario se encuentra competente para su propósito [19]. Las herramientas fueron perfeccionadas sobre la

marcha de los resultados obtenidos en esta primera prueba piloto. Y se resaltó la importancia de diseñar la plataforma sobre un marco de fácil utilización para aplicar estas herramientas.

Aunado a esto, se impartió una charla previa a la aplicación, como medio para promocionar y sensibilizar al personal sobre los factores de riesgo psicosocial. Dicha actividad fue importante para resolver dudas y remarcar la importancia de responder de la forma más veraz posible el cuestionario a aplicar. Asimismo, fue la oportunidad para presentar la política de privacidad de los datos personales a obtener de los trabajadores.

## Segunda fase: Diseño de la herramienta tecnológica

La realización de la plataforma digital se llevó a cabo por el departamento de "Sistemas e Informática" del Instituto Tecnológico de Orizaba, el cual se encargó de realizar la transferencia del diseño a la realidad de una plataforma digital.

### 1. Diseño

El diseño de la plataforma se realizó en primera instancia en una hoja de cálculo de Excel en la cual se realizaron los bosquejos de lo que se quería tener en la plataforma virtual. Principalmente:

- a) Digitalización de los cuestionarios.
- b) Estipulación de la política de privacidad de datos personales.
- c) Sistematización de los resultados.
- d) Obtención de indicadores.

### 2. Desarrollo

El desarrollo de la plataforma virtual comprende cuatro características fundamentales para su realización, estas pueden observarse en la Figura 1. De modo que, para la creación de la plataforma digital fue necesario desarrollar los componentes de esta tales como el lenguaje y los datos, entre otros.

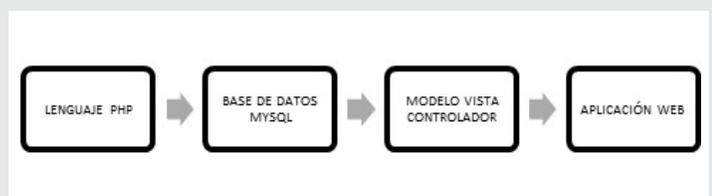


Figura 1. Características de la plataforma virtual implementada.

Para la realización de la plataforma se utilizó el lenguaje de programación PHP, es el acrónimo de Hipertext Pre-procesor, el cual es un lenguaje de programación con variables, condicionales y funciones que se ejecutan en un servidor empleando la base de datos MYSQL, es un sistema gestor de base de datos con ampliamente usado con mucha facilidad de manejo. Siendo tanto el lenguaje PHP como la base de datos MYSQL softwares de uso libre.

La metodología fue desarrollada a través de la arquitectura conocida como Modelo Vista Controlador (MVC), Figura 2, que es un patrón de diseño de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos de forma que las modificaciones al componente de la vista o a cualquier parte del sistema puedan ser hechas con un mínimo impacto en el componente del modelo de datos o en los otros componentes del sistema.

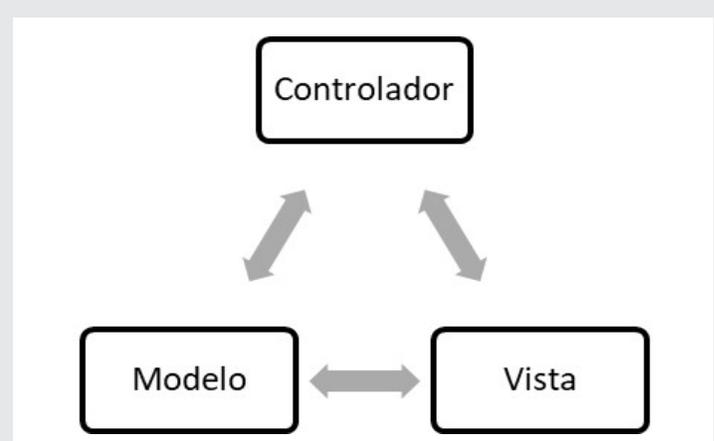


Figura 2. Modelo Vista Controlador (MVC)

Un modelo que contiene los datos y la funcionalidad de la aplicación, la vista que gestiona como se muestran esos datos y el controlador que determina que modificaciones hay que hacer en el modelo cuando se interacciona con la vista, que también puede contener algoritmos [20]. Una vez completados estos elementos, la plataforma se encuentra instalada y disponible en línea, a través del servidor asignado al Instituto Tecnológico de Orizaba. Para la programación y prueba se implementaron los apartados de la herramienta cuantitativa.

### 3. Plataforma digital

La obtención de la plataforma se traduce en un portal con diferentes opciones que permiten manipular toda la información de las empresas, así como los datos obtenidos de estas. El acceso al portal es a través de un usuario y contraseña asignado por el evaluador, es también la caratula de la plataforma y puede observarse en la Figura 3.

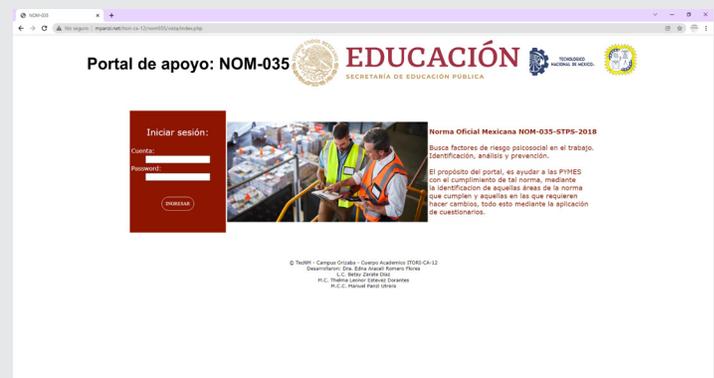


Figura 3. Portal

La plataforma cuenta con diversos apartados, para realizar las distintas funciones. Una vez iniciado el acceso con usuario y contraseña, se procede a registrar a la empresa a evaluar, en este apartado se registran los datos principales de la empresa para tener la información de cada una de las por separado y conocer sus datos generales como nombre, registro federal del contribuyente, domicilio, teléfono, giro y número de empleados, como se muestra en la Figura 4 y 5.



Figura 4. Registro de empresas

Una vez que la empresa se encuentre registrada, puede dar paso al registro de los cuestionarios. El acceso al cuestionario es a través de la asignación de un folio a los trabajadores, en este caso puede ser el coordinador el que registre la información o el mismo trabajador. Así como la visualización y obtención de indicadores, los cuales facilitan el monitoreo de riesgos.



Figura 5. Empresas registradas

**Tercera fase: Implementación de la herramienta**  
Se distribuyó el cuestionario sobre evaluación de riesgos entre todo el personal de una empresa perteneciente a la mipymes, cuyo giro es el de servicios, específicamente, el transporte de carga federal, cuya recolección de los datos tuvo una duración de aproximadamente cuatro semanas, en las cuales se evaluó a todos los integrantes de la empresa (22 trabajadores). Para la realización de esta etapa, se trabajó de la mano con un coordinador, que fue designado por el comité directivo de la empresa. El cual favoreció la familiarización con el personal y posibilitó el acceso a la cooperación de los trabajadores. Posteriormente, para poder analizar los resultados a obtener era necesario considerar los datos de la evaluación previa, estos datos se muestran en la Tabla 2. Esto, ya que de acuerdo con la NOM 035, la evaluación específica es aquella que se integra por el estudio a profundidad de los factores de

riesgo psicosocial a través de instrumentos cuantitativos (cuestionarios), cualitativos (entrevistas) o mixtos y, en su caso, clínicos [21].

Tabla 2. Resultados obtenidos con la aplicación de la NOM 035-STPS-2018

Resultados de la empresa con la Evaluación NOM 035			
Factor de Riesgo Psicosocial	Nivel de riesgo	Puntaje	Requiere evaluación específica
Ambiente de trabajo	Alto	70<90	Si
Carga de trabajo	Alto	70<90	Si
Jornadas de trabajo que exceden lo establecido en la LFT	Muy alto	≥90	Si
Liderazgo negativo	Muy alto	≥90	Si

Dicha información proporciona que es necesario aplicar la evaluación específica a los factores de riesgo psicosocial: a) condiciones en el ambiente de trabajo, b) jornadas de trabajo, c) relación trabajo-familia, y d) liderazgo negativo [22]. Una vez recolectada toda la información a través de la plataforma digital con las respuestas de todo el personal que integra la empresa, se obtuvo un comparativo con los resultados encontrados. Los hallazgos encontrados se enlistan a continuación, como puede observarse en la Figura 6.

### VARIABLES ENCONTRADAS EN LOS RESULTADOS

- ✓ **Ambiente de trabajo**  
Exceso de ruido y luz en oficinas  
Escasa señalización de prevención  
Falta de equipo de protección  
Inseguridad
- ✓ **Carga de trabajo**  
Sistemas jerárquicos inadecuados  
Demandas emocionales  
Definición clara de las tareas  
Definir perfiles de puesto
- ✓ **Jornadas laborales**  
Ajustar las jornadas por tipo de trabajo
- ✓ **Liderazgo negativo**  
Liderazgo transformacional  
Liderazgo transaccional  
Liderazgo de resultado

Figura 6. Variables inmersas.

Cabe mencionar que, para poder obtener un esclarecimiento más profundo de las variables, fue necesario realizar un análisis cruzado. El análisis cruzado consistió en cotejar los cuestionarios con entrevistas aleatorias realizadas para evaluar los riesgos.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos, una vez aplicada la implementación de la herramienta, se les pidió a los evaluados, establecer la opinión que la plataforma virtual mereció a los usuarios obteniendo que:

a) El 72.7% considera que la plataforma comprende la evaluación de todos los posibles factores de riesgo psicosocial.

b) Para el 95.5% la plataforma contiene un diseño que es fácil de usar.

c) El 85.7% aceptar preferir una evaluación a través de plataforma virtual por encima del papel.

d) Y el comité directivo en su 100% revela que los resultados arrojados por la plataforma fueron de relevancia para su información.

e) Por otra parte, un 22.7% revela sentir cierta preocupación porqué se garantizará el anonimato respecto de las respuestas al cuestionario.

## CONCLUSIONES

Este proyecto fue desarrollado con vistas a suplir la falta de herramientas para micros, pequeñas y medianas empresas. Se puede concluir que la plataforma virtual desarrollada en este proyecto como apoyo a la determinación de factores de riesgo psicosocial, es de utilidad en términos generales para las mipymes, puesto que se demostraron buenos resultados en cuanto a uso, diseño y aprobación. Sin embargo, los hallazgos también permiten concluir que es necesario desarrollar adaptaciones disponibles para los diferentes sectores productivos antes de ponerla en marcha. Y continuar realizando investigaciones específicas para la idiosincrasia y necesidades de nuestro país, ya que la mayoría de las investigaciones y métodos están creadas a partir de otros escenarios internacionales.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al Instituto Tecnológico de Orizaba, en especial a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Agradezco a cada uno de los profesores de la Maestría en Ingeniería Administrativa por alentarme constantemente, por su apoyo y contribución a ampliar mi conocimiento, en particular a los miembros de mi comité a la Dra. Edna Araceli Flores Romero, al Dr. Fernando Aguirre y Hernández, a la M.C. Nuria Ortega Petterson y al M.C. Manuel Panzi Utrera por su apoyo y seguimiento al tema de tesis.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] OMS. (2020). *Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers%27-health>*.

[2] Benavides, F. G., Declos, J., & Serra, C. (2018). *Estado de bienestar y salud pública: el papel de la salud laboral. Gac Sanit, 4(32), 377-380. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.07.007>*.

[3] OIT. (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. Obtenido de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms\\_686762.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_686762.pdf)*.

[4] Organización Mundial del Trabajo (OIT). (2012). *Integrando la promoción de la Salud a las políticas de SST en el lugar de trabajo. Ginebra: OIT.*

[5] OPS. (01 de Octubre de 2015). *Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de [www.paho.org:https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/33983/CD54\\_10Rev.%201-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.paho.org:https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/33983/CD54_10Rev.%201-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)*.

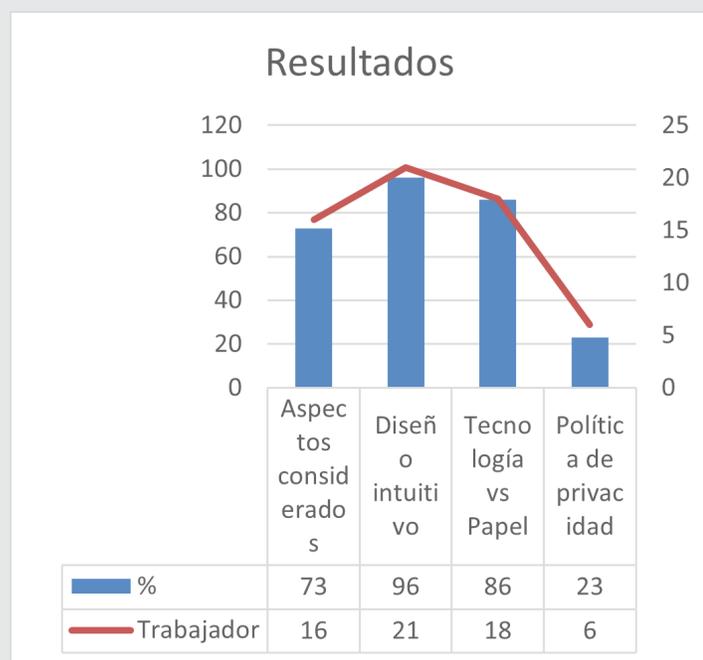


Figura 7. Resultados finales respecto a la plataforma virtual del proyecto.

Los resultados obtenidos fueron positivos en su mayoría, sin embargo, tomando como base los resultados de más arriba, se concentrarán los comentarios de los participantes y se realizaron mejoras para una próxima intervención. Se modificaron y añadieron nuevas preguntas a las ya existentes para aclarar su significado o hacerlas más objetivas. Dado que un importante porcentaje de los participantes manifestó sentirse preocupado por la privacidad de sus datos; reconociéndolo como un problema identificado no adecuadamente cubierto en el desarrollo del proyecto. También se modificaron las instrucciones para hacerlas más claras, se agregaron más definiciones de los rubros a evaluar y se hizo hincapié en la política de privacidad de los datos, específicamente en la política cero represalias.

- [6] Comisión Europea. (06 de Junio de 2014). Comisión Europea. Obtenido de [ec.europa.eu: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0332](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0332).
- [7] Almirall Hernández, P. J., Torres, J. L., Cruz, L., Cruz, L., Palenzuela, N., & Santana, E. E. (2018). Factores psicosociales laborales, riesgos y efectos. Estudio piloto para la posible introducción de una norma. *Revista cubana de salud y trabajo*, 3-13.
- [8] STPS. (10 de Octubre de 2016). Bienestar emocional y desarrollo humano en el trabajo: evolución y desafíos en México. Obtenido de <https://www.gob.mx/stps/articulos/bienestar-emocional-y-desarrollo-humano-en-el-trabajo-evolucion-y-desafios-en-mexico>.
- [9] Anaya Velasco, A. (2017). Modelo de Salud y Seguridad en el Trabajo con Gestión Integral para la Sustentabilidad de las organizaciones (SSeT-GIS). *Ciencia & Trabajo*, 19(59), 95-104. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000200095>.
- [10] Calderón Hernández, G., Serna Gómez, H. M., & Zuluaga Soto, J. (2013). Liderazgo y relaciones sociales en el trabajo como factor de riesgo psicosocial: su incidencia sobre la gestión humana en las organizaciones. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 9(2), 409-423. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/679/67932397013.pdf>.
- [11] Pacheco Ferreira, A. (2017). Ambiente de trabajo: Una evaluación de riesgos psicosociales y carga de trabajo mental en agentes de tránsito. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 49(4), 567-576. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v49n4/0121-0807-suis-49-04-00567.pdf>.
- [12] Díaz Saenz, H. R., Gómez Olguin, R., & De la Garza García, J. (2008). La relación entre comportamientos de liderazgo transformacional, contenidos de comunicación y factores de estrés en el trabajo. *Investigación administrativa*, 37(102), 7-21. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-76782008000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-76782008000200007).
- [13] Fernández Escalona, M. J., Marquez Matito, J. F., & Villalobos Antequera, F. (2013). Intervención participativa en la gestión de riesgos psicosociales. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 59(1). doi:<http://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2013000500007>.
- [14] OPS. (01 de Octubre de 2015). Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de [www.paho.org: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/33983/CD54\\_10Rev.%201-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.paho.org).
- [15] OIT. (28 de Abril de 2011). ilo.org. Obtenido de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_154127.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_154127.pdf).
- [16] Merino Salazar, P., Cornelio, C., Lopez Ruíz, M., & Benavides, F. G. (2018). Propuesta de indicadores para la vigilancia de la salud ocupacional en América Latina y el Caribe. *Revista Panamericana de Salud*. doi: <https://doi.org/10.26633/>.
- [17] CEM. (2013). Guía de prevención de riesgos psicosociales en el trabajo. España.
- [18] Pavón Mestras, J. (2018). Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <https://www.fdi.ucm.es/>: <https://www.fdi.ucm.es/profesor/fpeinado/courses/oop/LPS->.
- [19] Charria O, V. H., Sarsosa P., K. V., & Arenas O., F. (2011). Factores de riesgo psicosocial laboral: métodos e instrumentos de evaluación. *Facultad Nacional de Salud Pública*, 380-391. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5079520>.
- [20] Pressman, R.S. (2010). Ingeniería del software, Un enfoque práctico, 7a ed., McGraw-Hill Interamericana, México D. F.
- [21] STPS. (Octubre de 2018). Diario Oficial de la Federación. Obtenido de NOM 035-STPS-2018:
- [22] OIT. (2019). Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. Obtenido de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms\\_686762.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_686762.pdf).



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Diseño de un mesa banco ergonómico considerando la antropometría de estudiantes de nivel medio superior



## Colaboración

José Ignacio Aguilar Carrasco; Ángel Evaristo Flores Ramírez; Roberto Arvizu Acosta; Arely Ortiz Ramírez; Luis Francisco Rivas Escojido, Tecnológico Nacional de México / Campus Ciudad Constitución

Fecha de recepción: 16 de abril de 2021

Fecha de aceptación: 07 de septiembre del 2021

**RESUMEN:** La ergonomía es la integración de diversas disciplinas que tienen como objetivo adecuar las condiciones físicas y ambientales de trabajo al usuario para evitar lesiones y al mismo tiempo generar un estado de confort. En este contexto la presente investigación se basa en los principios del diseño ergonómico considerando las variables antropométricas de una muestra de estudiantes pertenecientes a nivel medio superior para diseñar un pupitre ergonómico a través de software CAD y posteriormente se fabricó un prototipo funcional que puede ser evaluado por los estudiantes en condiciones de uso cotidiano. Los resultados de la encuesta de evaluación muestran que el 63.33% de los estudiantes concluyeron que el mesa banco ergonómico es cómodo, el 30% afirmó que es muy cómodo y solo al 6.67% les resultó indiferente. En relación a la preferencia, el 100% de los encuestados eligieron utilizar la mesa banco diseñado antes que el convencional.

**PALABRAS CLAVE:** antropometría, diseño, educación, ergonomía, mesa banco.

**ABSTRACT:** Ergonomics is the integration of various disciplines that aim to adapt the physical and environmental working conditions to the user to avoid injuries and at the same time generate a state of comfort. In this context, the present research is based on the principles of ergonomic design considering the anthropometric variables of a sample of students belonging to the mid-upper educative level to design an ergonomic school desk through CAD software to later manufacture a functional prototype that can be evaluated by students in a regular use basis. The survey evaluation results show that 63.33% of the students concluded that the ergonomic desk is comfortable, 30% affirmed that it is very comfortable and only 6.67% found it indifferent. Regarding preference, 100% of those surveyed chose to use the designed bench rather than the conventional one.

**KEYWORDS:** anthropometry, design, education, ergonomics, school desk.

## INTRODUCCIÓN

El estado de las instalaciones donde se imparten las actividades de enseñanza aprendizaje es un factor clave en el rendimiento escolar de los alumnos, el entorno en el que interactúan los puede fortalecer o limitar. El mobiliario escolar es donde los estudiantes realizan las actividades de clase por lo tanto pueden pasar tiempo prolongado sentados en sus mesas bancos adoptando una mala postura, ya sea porque las dimensiones no son favorables o el diseño no está creado para el confort del usuario.

La Ergonomía es un conocimiento aplicado desde siempre a la búsqueda natural de la adaptación de los objetos y el medio a las personas, estos conocimientos implican la comprensión de los límites del esfuerzo del ser humano a fin de no provocar transgresiones que causen daños [1].

De acuerdo con este autor [2], la aplicación de la ergonomía en los centros escolares supone elaborar un plan o programa ajustado a las necesidades y posibilidades de la institución por tanto la ergonomía escolar se preocupa del alumnado, de los docentes y de su adecuada integración en el entorno para mejorar su confort y rendimiento.

Las instituciones educativas son consideradas como segundas casas, de acuerdo al tiempo de permanencia que se lleva en dichos lugares, por ello es necesario contar con un buen confort, encontrándose que en el ámbito escolar no se presta demasiada atención al aspecto de la ergonomía [2], pero el hecho de proponer en las instituciones educativas un estudio ergonómico podría mejorar el confort del profesorado y del alumnado, y una reducción de la carga mental en ambos, mejorando el desarrollo de los mismos.

Las aulas de los colegios e institutos educativos están distribuidas en sillas y mesas, normalmente alineadas y con iguales dimensiones, esta disposición supone que los alumnos cumplan la mayoría del horario escolar sentados en sus pupitres, en muchas ocasiones mal adaptados a sus tallas y pesos [3]. A la hora de elegir el mobiliario en el aula es importante pensar en criterios ergonómicos ya que el alumnado permanece sentado más del 80 % del tiempo que están en el centro [2]. Algunos autores han contabilizado el número de horas que pueden pasar los alumnos por año sentados en sus pupitres, siendo un número cercano al millar [3].

Desde los años setenta hasta hoy en día el mobiliario escolar presenta pocas variaciones desde el punto de vista ergonómico. Los parámetros de diseño siguen siendo fundamentalmente los mismos, si bien actualmente la superficie del asiento y del respaldo son mayores y presentan una curvatura que se adapta al cuerpo del usuario, lo que hace que el asiento sea más cómodo y se dé una mayor protección a la espalda. Sin embargo, las dimensiones generales del puesto son menores que las de los pupitres de los años 50, a pesar de que la talla media del alumno, a igualdad de edad, de aquella época era menor que en la actualidad [4].

Una correcta aplicación de la ergonomía puede mejorar la satisfacción laboral del personal docente y contribuir a la mejora de los aprendizajes y el rendimiento en el alumnado, por tanto, en el contexto escolar habría que empezar a trabajar los aspectos

ergonómicos a efectos de prevenir daños para la salud o bajo rendimiento escolar que pueden ser perniciosos para el equilibrio mental y social de los individuos, llegando a materializarse en dolencias de tipo somático o psicósomático [2].

Considerando los aportes positivos que la ergonomía puede brindar en el ámbito escolar surge la presente investigación en la que se diseña y evalúa un mesa banco ergonómico funcional considerando las variables antropométricas de una muestra de estudiantes de nivel medio superior pertenecientes al Colegio de Bachilleres plantel 08 Ciudad Constitución en el estado de Baja California Sur, por tanto el objetivo es diseñar, elaborar y evaluar un prototipo de mesa banco ergonómico en función de las variables antropométricas obtenidas en una muestra de estudiantes de educación media superior, demostrando así que el diseño adecuado de mobiliario escolar puede ser un factor de interés entre los estudiantes cuando realizan actividades de aprendizaje dentro del aula. Las actividades que integraron la presente investigación se muestran en la Figura uno:

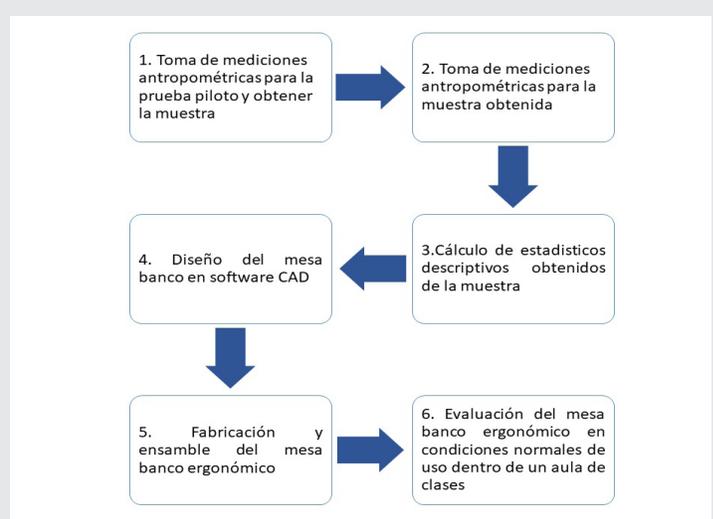


Figura 1. Mapa visual de actividades.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La toma de mediciones antropométricas de los estudiantes y la evaluación del mesa banco ergonómico se realizaron en el Colegio de Bachilleres plantel 08 ubicado en Ciudad Constitución, municipio de Comondú, Baja California Sur, es un organismo público descentralizado que ofrece servicios de educación pública a nivel medio superior validado por la Dirección General del Bachillerato y la Secretaría de Educación Pública.

Para la cuantificación de la muestra se realizó una prueba piloto con 30 estudiantes que la institución educativa proporcionó, sus edades oscilan entre los 14 y 18 años. Se les tomaron diversas mediciones antropométricas empleando los instrumentos mostrados en la Figura 2.



Figura 2. Instrumentos utilizados para la toma de mediciones antropométricas.

Realizada la prueba piloto se empleó la fórmula del promedio de acuerdo con base a la distribución normal [5] para determinar la muestra de estudiantes necesarios para una nueva toma de mediciones antropométricas.

$$n = \frac{S^2}{\frac{e^2}{z^2} + \frac{S^2}{N}} \quad \text{Ec. (1)}$$

S = Desviación estándar (de cada variable).

Z = Nivel de confianza = 95% (1.96)

N = Población = 400

e = Margen de error 5% x Media (de cada variable).

Una vez obtenida la muestra y realizada la nueva toma de mediciones antropométricas se tomaron los percentiles resultantes necesarios para dimensionar las partes que estructuran la mesa banco ergonómico, en cuestión de alcance se utilizó el percentil 5, mientras que en cuestión de holgura se emplearon los percentiles 95. Las variables antropométricas utilizadas para determinar las dimensiones se muestran en la Tabla 1. *Tabla 1. Relación entre las variables antropométricas y las partes del mesa banco ergonómico.*

Parte del mesa banco	Variables utilizadas para su diseño
Silla (respaldo, asiento y descansa brazo)	- Altura del piso al hombro (Sentado) - Altura del piso al codo (sentado) - Distancia del piso a la rodilla (sentado) - Ancho hombros - Ancho de cadera - Distancia rodilla-glúteo - Distancia codo-muñeca.
Mesa (estructura y paleta)	-Profundidad abdominal. -Ancho de cadera. -Distancia del suelo a la rodilla (sentado). -Distancia codo-muñeca. -Distancia rodilla-glúteo.

Obtenidas las dimensiones necesarias se diseñó a través de software AutoCAD el modelo del mesa banco ergonómico y posteriormente en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Constitución se ensamblaron las partes que lo integran.

Para evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes en relación a la utilización del mesa banco, este se estableció en un salón de clases de tiempo completo y se aplicó un cuestionario al término de cada clase al estudiante que utilizó el mesa banco ergonómico, de esta manera se realizaba la rotación de estudiantes cada 50 minutos que hasta completar 30 encuestados.

## RESULTADOS

El tamaño de la muestra calculada a través de la prueba piloto como se observa en la Tabla 2, donde se calculó una muestra para cada variable antropométrica y del promedio de estas se obtuvo la muestra final para la nueva toma de mediciones resultando 31 estudiantes.

Tabla 2. Datos estadísticos de cada variable antropométrica para la determinación de la muestra. Resultados en centímetros.

Variables antropométricas	Desviación	s <sup>2</sup>	Media	e <sup>2</sup>	s <sup>2</sup>	Muestra
Altura a hombros (sentado)	5.92	35.06	101.54	5.07	3.84	24.88
Altura al codo (sentado)	4.17	17.38	68.27	3.41	3.84	18.65
Distancia codo-muñeca	3.05	9.3	27.79	1.38	3.84	24.16
Distancia rodilla sentado	4.07	16.56	52.5	2.62	3.84	22.85
Ancho hombros	4.79	22.94	43.56	2.17	3.84	36.75
Ancho de cadera	4.39	19.27	34.67	1.73	3.84	38.58
Profundidad del cuerpo	3.39	11.49	22.53	1.12	3.84	35.68
Profundidad abdominal	3.75	14.09	20.81	1.04	3.84	46.02
Distancia rodilla-glúteo	4.08	16.61	52.2	2.61	3.84	23.03
Parte baja sentada	5.38	29.02	46.95	2.34	3.84	42.45
Promedio de las muestras: 31						

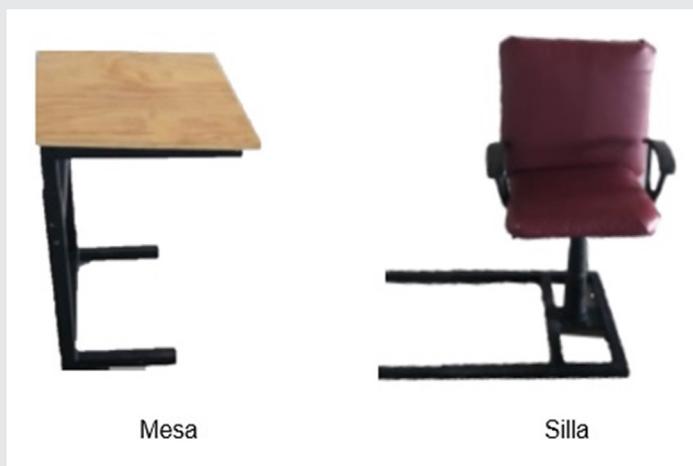
Este nuevo procedimiento fue realizado con 17 estudiantes del sexo masculino y 14 del sexo femenino, determinando por un padrón proporcionado por la institución, seleccionándose los estudiantes empleando muestreo aleatorio simple mediante números aleatorios con software Microsoft Excel®, tomando los grupos de 4A, 4B, 4C, 6A, 6B Y 6C.

Los resultados de este procedimiento se muestran en la Tabla 3 donde se pueden observar los estadísticos descriptivos necesarios para diseñar el mesa banco ergonómico.

**Tabla 3. Estadísticos descriptivos de cada variable antropométrica para diseñar el mesa banco ergonómico. Resultados en centímetros.**

Variable antropométrica	Percentil 5	Percentil 95	Promedio	Máximo	Mínimo
Altura al hombro (Sentado)	90	110.3	101.55	113	87
Altura al codo (sentando)	61.5	74.5	68.27	76	57
Distancia rodilla-glúteo	46	59	52.21	61.5	45
Distancia codo-Muñeca	23	32.5	27.79	33	22
Parte Baja Sentada	39.75	55.5	46.95	56	38
Distancia a rodilla (sentado)	45.25	58.25	52.5	59	45
Ancho Hombros	36.25	50.6	43.56	51.6	35
Ancho de Cadera	29	42	34.67	44.7	27
Profundidad del Cuerpo	16	27.45	22.54	29.5	15.5
Profundidad abdominal	15.5	27.2	20.82	28.5	15

Una vez seleccionados los materiales para la construcción del mesa banco ergonómico se ensamblaron sus diferentes partes que se pueden clasificar en dos estructuras principales (silla y mesa) como se muestra en la Figura 3:



**Figura 3. Partes que integran la mesa banco ergonómico.**

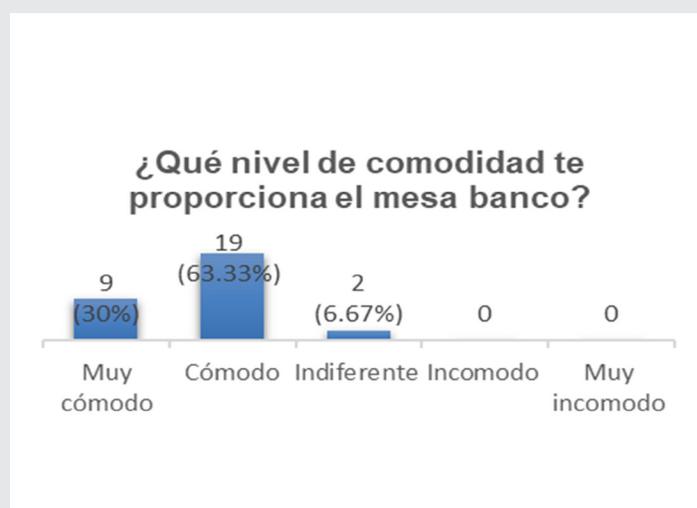
Es importante mencionar que el diseño permite que la silla gire 360 grados, también se le integró un pistón el cual sirve para elevar o bajar el asiento, además presenta un desplazamiento horizontal entre la mesa y la silla. Estas características lo hacen adecuado para las diferentes características físicas corporales de los estudiantes ya que se pueden ajustar sus dimensiones para un mejor confort. De igual manera la mesa tiene una inclinación ajustable de hasta 5 grados en la para evitar flexiones inadecuadas en la muñeca de los estudiantes cuando realizan sus actividades de escritura. Las dimensiones finales se muestran en la Tabla cuatro.

Por último, los resultados obtenidos en la evaluación solamente reflejan la percepción que tienen los participantes en relación al diseño y confort del mesa banco ergonómico durante una hora de clases por lo que su viabilidad puede ser evaluada en futuras investigaciones.

**Tabla 4. Dimensiones de la estructura de mesa banco ergonómico.**

Parte del mesa banco	Medidas en cm
Respaldo	-ancho superior 51 -ancho inferior 42 -largo 52
Asiento	-ancho 42 -largo 40
Descansa brazos	-altura 16 -largo 23
Desplazamiento vertical del asiento	12
Desplazamiento horizontal entre la mesa y la silla	17
Mesa	-largo 40 -ancho 51 -inclinación 5 grados

Los resultados de la primera pregunta realizada (Figura 4) muestran que el 63.33% de los encuestados afirma que el mesa banco es cómodo, el 30% indica que es muy cómodo y solo el 6.67% es indiferente en relación a su comodidad.



**Figura 4. Resultados de la pregunta uno de evaluación.**

La Figura 5 muestra la percepción que tienen los encuestados en relación a las proporciones del asiento y el respaldo, el 100% indicó que opción de adecuado para el asiento y el 100% indicó también opción adecuada para el respaldo, concluyendo que las proporciones que tiene el asiento y el respaldo son los correctos.

En la siguiente Figura 6 se muestran los resultados respecto a la percepción de la distancia que existe entre el asiento y la mesa, el 26.67% indica que es muy grande, el 66.66% eligieron la opción de adecuado y solo el 6.67% la opción de muy corta.

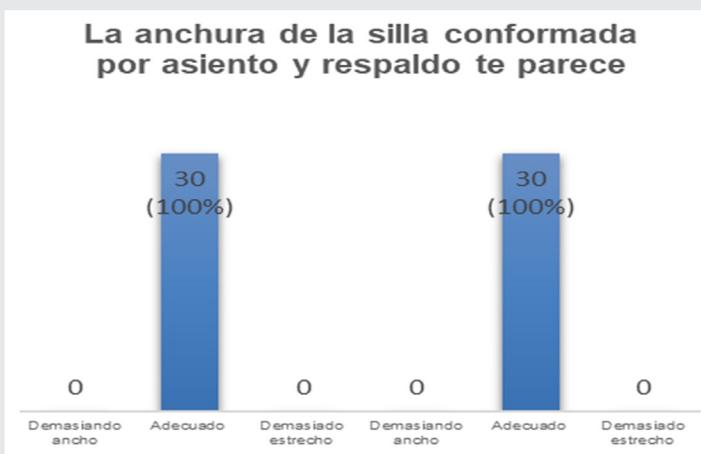


Figura 5. Resultados de la segunda pregunta de evaluación.

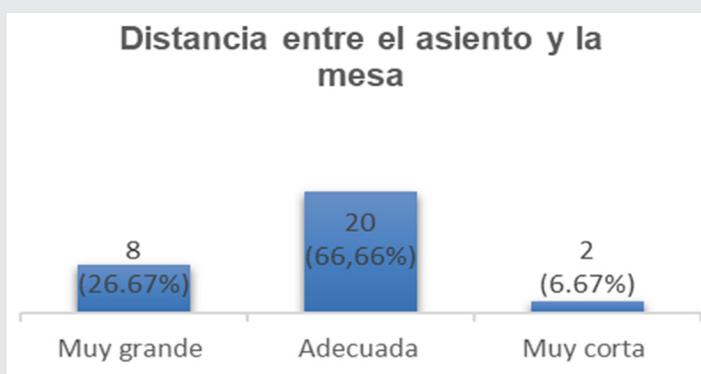


Figura 6. Resultados de la tercera pregunta de evaluación

En cuanto a la relación entre la comodidad y el desarrollo de las actividades de aprendizaje de los estudiantes, el 60% de los encuestados seleccionaron la opción de muy importante, el 30% indica que es importante y solo el 10% indica indiferente como se demuestra en la Figura 7.

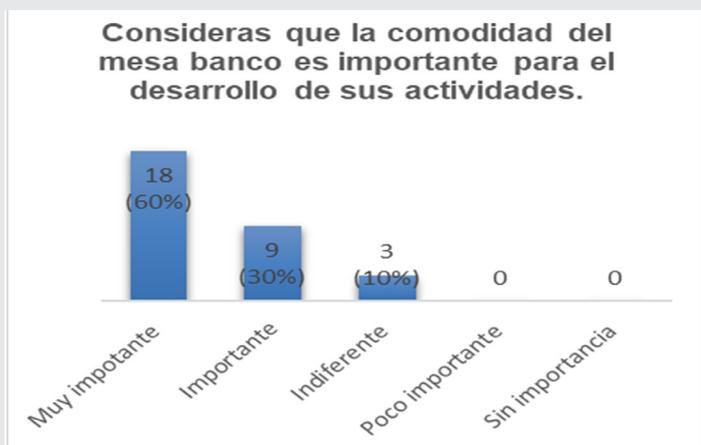


Figura 7. Resultados de la cuarta pregunta de evaluación.

Por último, en la Figura 8, se muestra la preferencia que tiene el usuario con el mesa banco ergonómico respecto al mesa banco convencional, teniendo una aceptación de 100% de los 30 alumnos.

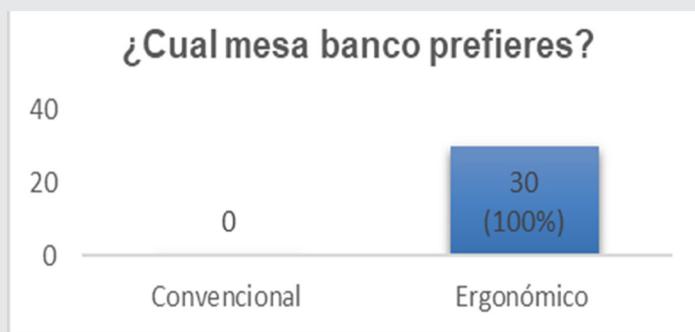


Figura 8. Resultados de la cuarta pregunta de evaluación.

### CONCLUSIONES

Una educación de calidad debe ofrecer confort y bienestar, el mesa banco escolar es un objeto esencial en la vida de los estudiantes ya que en promedio pasan de 5 a 6 horas al día en el, desde que inician su educación básica hasta nivel superior esto lo hace ser un factor muy importante en la adopción de la postura por la alteración de las curvaturas fisiológicas normales de la columna vertebral las cuales son: Hiperlordosis, Hipercifosis y Escoliosis, así como da origen a presentar contracturas muscular [6].

Después de realizar la evaluación correspondiente y utilizar los métodos ya mencionados con anterioridad, se concluye que el mesa banco ergonómico es adecuado a las proporciones físicas de los estudiantes y además que el confort puede ser un factor de interés para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje dentro del aula como se demostró en la presente investigación. De igual manera los resultados pueden servir de apoyo para la selección adecuada de mobiliario escolar ya que la utilización de una mesa banco adecuado puede motivar a los estudiantes a permanecer atentos sin que los problemas de malas posturas y posiciones incómodas sean un factor de distracción dentro del aula.

En la actividad pedagógica escolar se generan múltiples y variadas situaciones con referencia a los usuarios frente al mobiliario los involucrados en el presente estudio son jóvenes en permanente movilidad y partiendo de la premisa que todo lo que acontece en el espacio educativo escolar tiene una expresión distinta a un ámbito de personas adultas, lo que también genera necesidades propias [7] específicas de la población adolescente.

El diseño del mobiliario escolar debería considerar las dimensiones de los usuarios a los que va dirigido, en este caso para adolescentes, aplicar estos criterios antropométricos presenta grandes dificultades, ya que se trata de una población con gran variedad de dimensiones según las edades e incluso dentro del mismo grupo de edad, por lo tanto las autoridades educativas pueden apoyarse en este tipo de investigaciones para sustentar la correcta elección de mobiliario escolar

considerando la comodidad y viabilidad que este puede presentar.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Melo, J. L. (2009). *Ergonomía práctica*. Buenos Aires. Obtenido de *Guía para la elaboración práctica de un puesto de trabajo*.

[2] López Cózar, P. (Marzo de 2010). *ERGONOMÍA APLICADA AL AULA*. Obtenido de [http://www.eduinnova.es/mar2010/ergonomia\\_aula.pdf](http://www.eduinnova.es/mar2010/ergonomia_aula.pdf)

[3] Ramos Espada, D. &. (Septiembre de 2005). *Análisis de la postura sedente en una población escolar a través de un cuestionario y su posible influencia en las algias vertebrales*. Obtenido de *Pediatría Atención Primaria*.

[4] Rodríguez Jácome, L., & González Torre, P. L. (20 de enero de 2011). *La evolución del mobiliario escolar*. Recuperado el 07 de Septiembre de 2019, de *Técnica Industrial*: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-3358-la-evolucion-mobiliario-escolar.aspx>.

[5] Weiers, R. (1984). *Investigación de mercados*. Prentice Hall. 1era edición.

[6] Badía, P. (2010). *SALUD LABORAL*. Obtenido de Wolters Kluwer: <file:///publication.pdf>.

[7] Paz, M. (1996). *Aspectos ergonomicos. Guia de recomendaciones para el diseño de mobiliario escolar*. Editorial Universitaria.



# Calidad

y

# Sistemas de Manufactura

---

# Ingeniantes

# Calidad en una Planta de Fabricación de Lámina Acrílica



## Colaboración

Jorge Durán Martínez; Leticia Díaz Domínguez; María Guadalupe Montes de Oca Sánchez; Erika Adrienne Bandala Martínez, Tecnológico Nacional de México / Campus Misantla

Fecha de recepción: 08 de octubre de 2021

Fecha de aceptación: 08 de noviembre del 2021

**RESUMEN:** El control de calidad mediante la herramienta AMEF contemplada en la presente investigación para evaluar la calidad del proceso, se vincula a una Prueba de Hipótesis con resultados obtenidos en la aplicación de pruebas mecánicas en probetas de lámina extruida y comparando con el valor establecido por la American Society for Testing and Materials ASTM D790 “Estándar Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”. Finalmente, se realizó un ANOVA con la finalidad de analizar cuál es la combinación de pellets que obtiene mejor rendimiento en pruebas mecánicas y descartar materia prima con alto costo y menor rendimiento. Los resultados demuestran tres variables de mayor importancia dentro del proceso de extrusión a las cuales se encuentra vinculada la calidad de la lámina.

**PALABRAS CLAVE:** Lámina Acrílica, Extrusión, Aseguramiento de la Calidad, Core Tools, AMEF.

**ABSTRACT:** The quality control by means of the FEA tool contemplated in this research to evaluate the quality of the process, is linked to a Hypothesis Test with results obtained in the application of mechanical tests on extruded sheet specimens and comparing with the value established by the American Society for Testing and Materials ASTM D790 “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”. Finally, an ANOVA was performed in order to analyze which combination of pellets obtained the best performance in mechanical tests and to discard raw materials with high cost and lower performance. The results show three variables of major importance within the extrusion process to which the quality of the sheet is linked.

**KEYWORDS:** Acrylic Sheet, Extrusion, Quality Assurance, Core Tools, AMEF.

## INTRODUCCIÓN

La innovación dentro de los procesos productivos es una estrategia que promueve el desarrollo empresarial, contribuyendo a mejorar los niveles de productividad [1]. En este sentido, dentro del entorno de competencia global, desarrollo tecnológico e innovación, las empresas se ven forzadas a reconfigurar sus procesos [2], en la que las tecnologías se integran para crear innovadores sistemas de manufactura, gestión y formas de ha-

cer negocios, que permiten optimizar los procesos de fabricación, alcanzar una mayor flexibilidad, eficiencia y generar una propuesta de valor para los clientes, así como responder de forma oportuna a las necesidades del mercado. La gestión y aseguramiento de la calidad resulta una estrategia para impulsar la competitividad empresarial [3]. Partiendo de esta premisa, existen distintas herramientas que apoyan al aseguramiento de la calidad [4], [5], como lo es el Análisis de Modo Efecto y Falla [6] como herramienta útil para optimizar recursos y procesos para aumentar calidad logrando la satisfacción del cliente [7], [8].

En este contexto, el presente estudio se desarrolló en una planta de fabricación de lámina acrílica, con la finalidad de mejorar su capacidad y métodos de producción.

**Metodología**

Para la realización de la presente investigación se hace uso del Análisis de Modo, Efecto y Fallo (AMEF), análisis estadístico como prueba de hipótesis y ANOVA. Los documentos de referencia se sustentan en [6], [9] para el seguimiento de la metodología y la comparación de valores establecidos internacionalmente. En este sentido, el lugar de estudio con nombre código "PGM" por la confidencialidad es una planta de fabricación de lámina acrílica ubicada en Toluca de Lerdo, Estado de México, líder en América en la distribución de lámina acrílica. En este contexto, la nueva línea de extrusión tiene una capacidad de producir 1200 kilogramos de lámina extruida por hora lo cual representa un aumento en la producción comparado con los 900 kilogramos de lámina cada 24 horas que se procesan por el método de producción de cubas.

La Figura 1 muestra la línea de extrusión de lámina a la que se aplicó la herramienta AMEF.

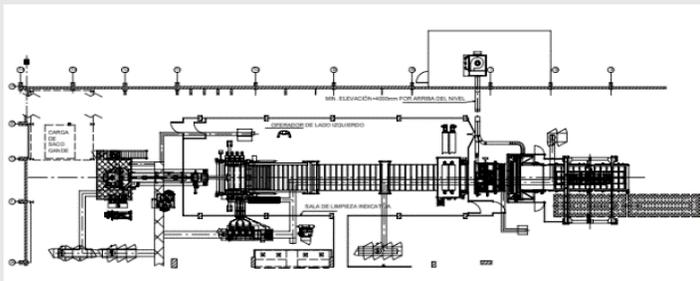


Figura 1. Línea de producción de lámina acrílica extruida.

Fuente. Tomado de manual de operación.

En la Figura 1 "Línea de producción de lámina acrílica extruida" el proceso comienza en la parte izquierda con la alimentación de la tolva de la extrusora mediante un dosificador gravimétrico para que el pellet derretido salga por un cabezal o también llamado "dado" e inserte el PMMA derretido en los cilindros de moldeo y enfriamiento "Calandra" y después transportarse por los cilindros de enfriamiento para ser empapelados y cortados y finalmente mediante el "pick up" ser coloca-

dos en las tarimas para su almacenamiento. A su vez el proceso cuenta con equipos periféricos para el apoyo al funcionamiento. La metodología a seguir se manifiesta en la Figura 2.

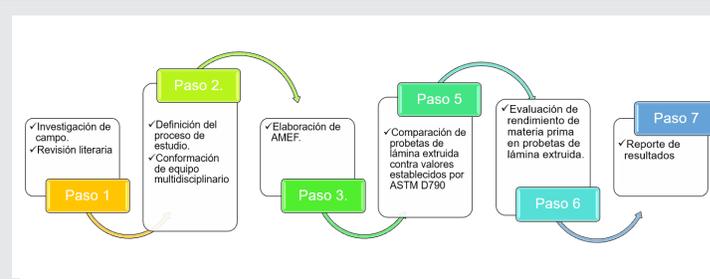


Figura 2. Metodología de investigación.

Fuente. Elaboración propia.

**Reconocimiento de Proceso**

En el desarrollo de la metodología, se dio inicio al diagnóstico del proceso visualizándolas variables que interactúan en este haciendo uso del diagrama de tortuga que se recomienda en la Norma Internacional ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de Calidad. La Figura 3 muestra el diagrama de tortuga del proceso de extrusión de lámina acrílica.

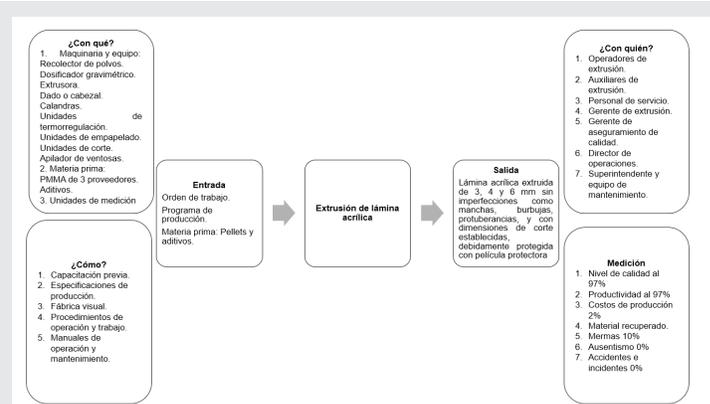


Figura 3. Diagrama de tortuga de proceso de extrusión de lámina acrílica.

Fuente. Elaborado con equipo AMEF y con base en [10].

En este contexto, para el reconocimiento de las etapas del proceso de extrusión de lámina, se desarrolló el diagrama de flujo de proceso con base en las especificaciones propuesta por [6], [11] como se muestra en la Figura 4.

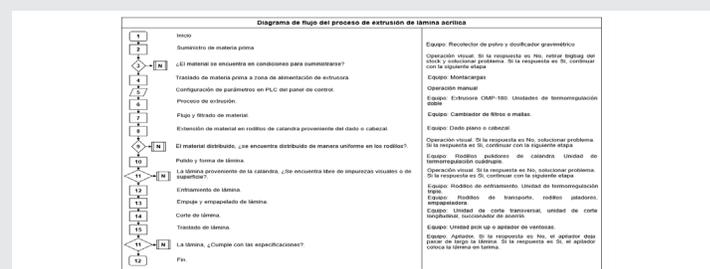


Figura 4. Diagrama de flujo de proceso de extrusión de lámina acrílica.

Fuente. Elaboración propia con equipo AMEF y con base en [6], [11].

Es importante mencionar que el diagrama de proceso que se muestra en la ilustración 6, es de gran ayuda para la elaboración del AMEF dado que es en donde se identifican las actividades clase de todo el proceso productivo y de donde se parte para identificar los modos potenciales de fallo de cada actividad.

### Identificación de problemas en el proceso de extrusión.

En este orden de ideas, con la conformación del equipo multidisciplinario es posible realizar una lluvia de ideas para identificar ciertos problemas que ocurren en los procesos de extrusión y que infieren de manera significativa en la calidad del producto final, considerando problemas no exclusivos de la maquinaria y equipo. Bajo esta premisa, se utilizaron dos herramientas para el reconocimiento de problemas, la primera herramienta es el diagrama del método 5W/1H ya que con base en [12] el desarrollo de esta herramienta permite la definición de problemas raíz, no la solución. La Figura 5 muestra la matriz 5W/1H del proceso de extrusión de lámina acrílica.

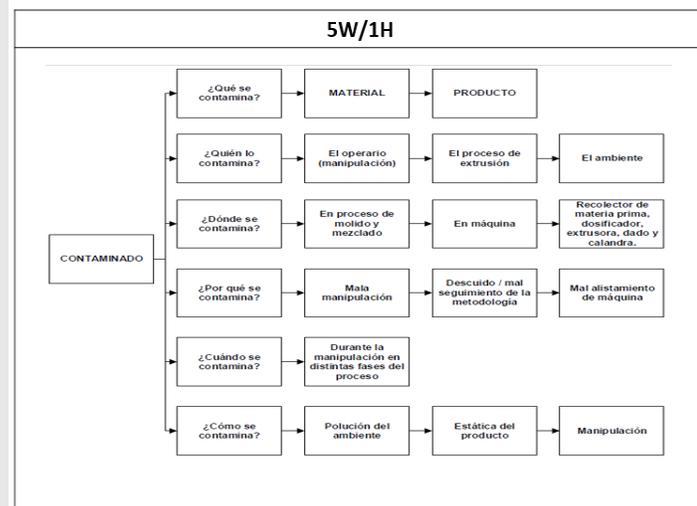


Figura 5. Matriz 5W/1H del proceso de extrusión.

Fuente. Elaboración propia con base en [12].

En este sentido, esta herramienta facilita la focalización sobre la causa de un problema mediante una serie de seis o siete preguntas [13].

La segunda herramienta para poder enlistar los problemas dentro del proceso de extrusión es el diagrama de causa-efecto. El diagrama de Causa-Efecto, también conocido como diagrama de espina de pescado o Ishikawa o análisis de 6Ms, es una herramienta bastante útil para realizar un análisis de causa raíz más complejo, profundo y detallado. Esta herramienta permite identificar todos los potenciales factores que contribuyen a la generación de un problema en el proceso y se pueden evaluar factores como mano de obra, método, máquina, material, medio ambiente y medición [14]-[16]. La Figura 6 muestra el diagrama de Causa-Efecto del proceso de extrusión de lámina acrílica.

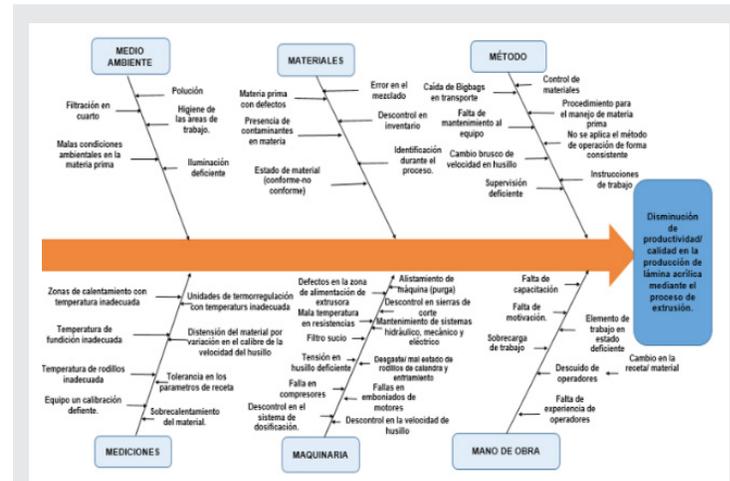


Figura 6. Diagrama Causa-Efecto del proceso de extrusión de lámina acrílica.

Fuente. Elaboración propia.

### Identificación de modos potenciales de falla.

Una vez que se elaboró el reconocimiento y diagnóstico de las variables inmersas en el proceso de extrusión de lámina acrílica extruida y de sus problemas, es posible enlistar los modos potenciales de falla que se visualizaron con base en el diagrama de flujo del proceso de la Figura 4.

Es importante mencionar que los modos potenciales de falla están vinculados cada subproceso del proceso principal ya señalado en el diagrama de flujo de proceso.

### Efectos y causas de modos de falla

Una vez que se tienen identificados los modos potenciales de falla, se identificó los efectos que estos pueden tener y que es lo que provoca su apariencia. En virtud de ser un proceso de gran tamaño, se omite el listado total de todo el proceso de extrusión de lámina acrílica y se delimita la lista de efectos y causas de modos de falla a los efectos con mayor índice de NPR, los cuales resultan ser los factores con mayor peso dentro del proceso de extrusión.

### Formato AMEF

Una vez identificados los modos potenciales de falla, y los efectos y causas es posible desarrollar el formato de AMEF de procesos para la fabricación de lámina acrílica extruida. El formato AMEF del proceso de extrusión no se muestra en este documento a causa de su extensión (15+ páginas), sin embargo, en el citado documento se consideraron los modos potenciales de fallas, causas y efectos de los modos que comprenden al mayor NRP mostrados en los resultados y conclusiones. En este sentido, se colocó una ponderación en un rango del 1 al 10 con base en [6], [10], se colocaron los controles de prevención y control para las operaciones. En este orden de ideas se obtiene el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) resultado del producto de la Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D) para identificar las variables de mayor peso dentro del proceso.

Finalmente se realizaron acciones recomendadas y los responsables.

**Prueba de hipótesis**

Para la prueba de hipótesis, se comienza con una suposición llamada "hipótesis" que se realizó acerca de un parámetro de una población [17]. En otras palabras, se estableció un valor supuesto o hipotético del parámetro de la población [18]. En este orden de ideas, para el desarrollo de la prueba de hipótesis se realizaron pruebas de tensión en una máquina universal teniendo como guía la prueba ASTM D790, en donde se describe el procedimiento y estándares para la realización de la prueba. En esta prueba se determinan los valores que deben contener las probetas de lámina acrílica, en este caso el esfuerzo tracciona de rotura en psi para una lámina acrílica genérica debe ser de 9000 puntos [9]. En este sentido, lo que se busca comprobar con el desarrollo de la prueba de hipótesis es conocer si los valores obtenidos de la prueba de tensión en probetas de lámina acrílica son estadísticamente igual al valor establecido por [9].

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos correspondientes a un día de corrida de prueba. Es importante mencionar que dada la naturaleza del producto las muestras se consideran destructivas [18] por lo que se consideró trabajar con una muestra de 39 láminas acrílicas de 3 mm.

Tabla 1. Valores de esfuerzo de rotura.

Fuente. Datos otorgados por el departamento de aseguramiento de calidad.

Esfuerzo de rotura.					
10197.34	9052.79	9893.81	9017.41	9595.75	8855.22
10701.59	11205.98	9595.75	8767.36	4478.36	9052.79
10605.31	10203.73	4478.36	9152.33	7727.66	11205.98
10595.28	9938.39	7727.66	6736.84	10605.31	10203.73
9012.3	9012.36	9657	8606.21	10595.28	
9148.85	10769.46	9200.38	8322.58	9012.3	
8855.22	8322.58	9700.99	9893.81	9148.85	

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de 0.05. Los datos se procesaron en el software estadístico Minitab. La prueba de hipótesis nula y alternativa hacen referencia a si la media de la muestra obtenida es igual o diferente a los valores que estable [9].

El establecimiento de la hipótesis nula y alternativa quedó como se muestra:

$$H1: \mu \neq 9000$$

Cabe mencionar que fue necesario obtener la desviación estándar de la muestra mediante un análisis descriptivo obtenido en Minitab.

La regla de decisión para la prueba de hipótesis es la siguiente:

$$\text{Si } P > 0.05, \text{ se acepta } H0$$

$$\text{Si } P < 0.05, \text{ se rechaza } H0$$

**Análisis de Varianza**

En este caso existe se necesitó probar la importancia de la diferencia entre tres o más medidas muestrales o, lo que equivalente, probar la hipótesis nula de que todas estas medias muestrales son iguales [19]. En otras palabras, el interés radica en conocer la variación total presente en un conjunto de datos en varios componentes, asociada con cada uno de estos componentes hay una fuente de variación para conocer en grado y como afectan estas variaciones en la variable dependiente [20]. En este contexto, el método ANOVA utilizado fue el de "clasificación en un sentido" o "experimentos con un factor" [19]. En el presente estudio se consideraron los resultados obtenidos de una prueba de dureza realizada por el departamento de aseguramiento de calidad, el valor esperado es el más cercano a 100, la muestra de estudio consiste en probetas de lámina acrílica extruida pero realizadas con distinto porcentaje de materia prima (en este caso PMMA de distintos proveedores). Dadas las políticas de privacidad de la empresa no es posible mencionar el nombre del proveedor por lo que se considera su país de procedencias. El PMMA utilizado en la extrusión proviene de Brasil, China e India. La Tabla 2 muestra el porcentaje de combinación de PMMA para la extrusión.

Tabla 2. Combinación de materia prima.

Fuente. Datos obtenidos por el departamento de aseguramiento de calidad.

Combinación
59% Brasil y 41% China
80% India y 20% China
50% China y 50% India
100% India

Los valores obtenidos de la prueba de dureza de cada lámina acrílica extruida con distinta composición se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de pruebas de dureza en lámina extruida.

Fuente. Elaboración propia.

59% B 41% C	80% I 20% C	50% C 50% I	100% I
98.79	97.09	99.49	98.90
98.82	98.23	98.56	98.87
97.87	97.14	99.35	98.76
98.25	97.36	99.38	99.20
98.65	98.03	99.50	98.89

El objetivo del desarrollo de este análisis es visualizar la existencia de diferencias en el rendimiento de la lámina acrílica dependiendo el tipo de materia prima utilizada; la identificación de una combinación adecuada signifi-

caría la optimización del proceso mediante la reducción de los costos dado que de ser todas iguales la decisión de elección se decantaría por el material que represente menor costo de adquisición.

El planteamiento de hipótesis se visualiza de la siguiente manera:

*H<sub>0</sub>: El grado de dureza de lámina igual*  
*H<sub>1</sub>: El grado de dureza de láminas es diferente*  
 La regla de decisión es la siguiente:  
 Sí  $P > 0.05$ , se acepta  $H_0$   
 Sí  $P < 0.05$ , se rechaza  $H_0$

## RESULTADOS

Después de llevar a cabo la realización del AMEF del proceso de producción de lámina acrílica extruida, fue posible identificar factores clave a los cuales se encuentra directamente vinculada la calidad final del producto.

Causas potenciales de fallo con mayor NPR. La ilustración 9 detalla las causas potenciales de fallo que obtuvieron un mayor índice NPR, lo cual será de gran ayuda para dar prioridad a los factores que tienen mayor inferencia en la disminución del rendimiento del proceso de extrusión.

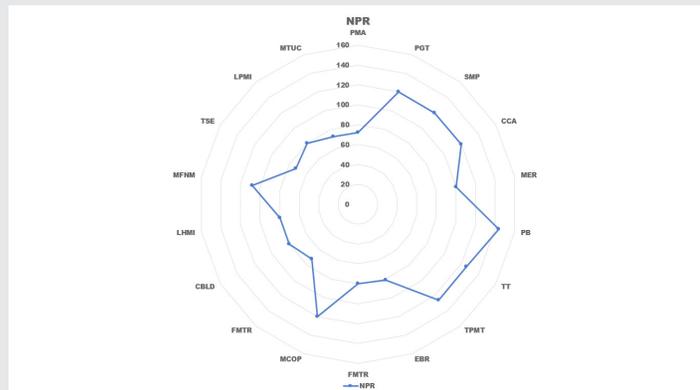


Figura 7. Cusas potenciales de fallo con mayor NPR. Fuente. Elaboración propia

La Figura 7, muestra que las operaciones con mayor índice NPR son las relacionadas a la temperatura del rodillo, velocidad del rodillo de la extrusora y la presión de la bomba. La Tabla 4 muestra la abreviatura de las operaciones con mayor NPR.

### Prueba de hipótesis

Los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis para los valores de la prueba de tensión manifestaron lo siguiente.

El análisis manifestó un valor de  $P=0.396$ . En este sentido, con base en la regla de decisión:  
 Sí  $P > 0.05$ , se acepta  $H_0$   
 Sí  $P < 0.05$ , se rechaza  $H_0$

Bajo esta premisa, el valor de  $P=0.396$  es mayor que 0.05, por lo que es posible aceptar la hipótesis nula

$$H_0: \mu = 9000$$

En este sentido es posible mencionar que la media de la muestra de las probetas de lámina acrílica extruida obtenidos en la prueba de tensión son estadísticamente iguales a los valores establecidos internacionalmente por [9].

Tabla 4. Abreviatura de causas potenciales de fallo. WFuente. Elaboración propia.

Causas potenciales de la falla	Abreviatura
Polución y condiciones de almacenamiento de la materia prima.	PMA
Problema generado por temperatura inadecuada en el proceso.	PGT
Sobrealimentación de materia prima a extrusor.	SMP
Corto circuito, fallo de alimentación del motor (no recibe corriente eléctrica), rodamiento en mal estado.	CCA
Corto circuito, humedad, mal estado de rodamientos.	MER
Presión de bomba	PB
Temperatura de tornillo. RMP de tornillo.	TT TPMT
Corto circuito, eje bloqueado por rodamientos dañados.	EBR
Falta de aceite en moto-reductor.	FMTR
Exceso de cargas abrasivas y malas condiciones de operación.	MCOP
Falla en bomba de alimentador de polímeros.	FMTR
Calibrado en boquilla y labios de dado.	CBLD
Limpieza de partes delicadas con herramienta y material inadecuado para el equipo.	LHMI
Material fundido durante flujo a través del dado tiende a no moverse en los extremos y en el centro fluye rápidamente. Alto esfuerzo local excede un valor crítico.	MFNM
Temperatura de sistemas de enfriamiento.	TSE
Limpieza de partes delicadas con herramienta y materia inadecuado para el equipo.	LPMI
Se realizó movimiento de tornillos para el ajuste de movimiento transversal durante la posición de corte de la sierra.	MTUC

### Análisis de Varianza

En el análisis de varianza se pudo observar un valor  $P=0.000$ , por tanto, con base en la regla de decisión:

$$\text{Sí } P > 0.05, \text{ se acepta } H_0$$

$$\text{Sí } P < 0.05, \text{ se rechaza } H_0$$

Se puede observar que el valor  $P=0.00$  es menor que el nivel de significancia por lo que no se acepta la hipótesis nula aceptando la hipótesis alterna:

*H<sub>1</sub>: El grado de dureza de láminas es diferente*

El análisis también manifestó un valor  $R^2=76.22\%$  y un  $R^2(\text{pred})=62.84\%$  lo que significa que el modelo se ajusta en un 76.22% y que tiene un índice de predicción en respuestas de 62.84%. En este sentido, el valor recomendable es cercano a 100, sin embargo, se puede decir que tiene un nivel de ajuste y predicción aceptable. El análisis también demostró el valor promedio de dureza de cada tipo de combinación, así como el valor mínimo y máximo en el que se pueden encontrar dichos valores, Figura 8.

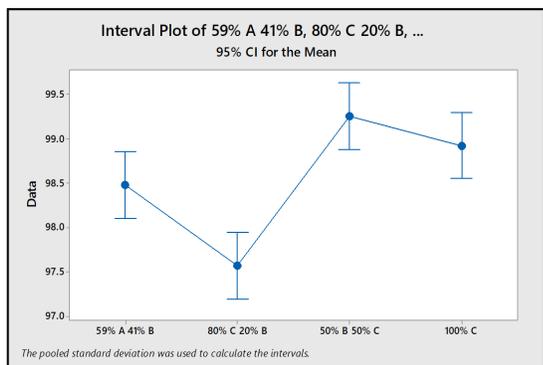


Figura 8. Intervalos de confianza y valor medio de dureza de lámina acrílica extruida.

Fuente. Elaboración propia en Minitab.

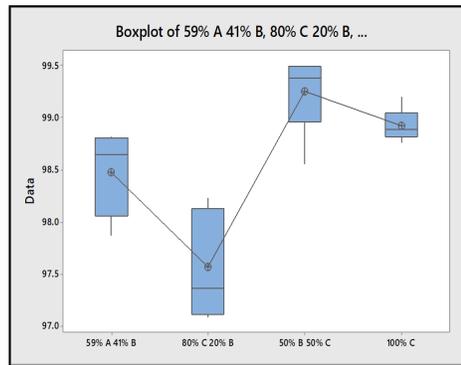


Figura 10. Diagrama de boxplot lámina acrílica. Fuente. Elaboración propia en Minitab.

Es importante mencionar que en este caso para las representaciones gráficas la letra A representa Brasil, la letra B representa China y la letra C representa la India. Siguiendo este orden de ideas, y como complemento para el ANOVA se realizó un análisis con base en la prueba Tukey para realizar todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, en otras palabras; las pruebas que no comparten letra se consideran que son significativamente diferentes entre sí.

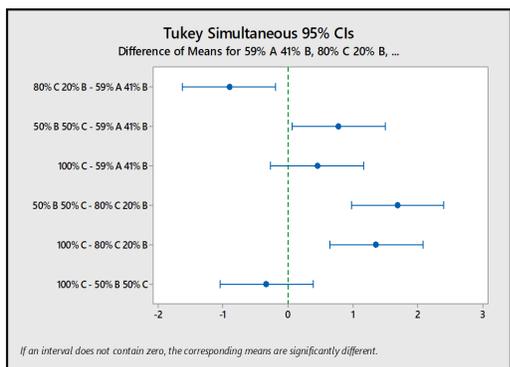


Figura 9. Método de comparación de Tukey. Fuente. Elaboración propia en Minitab.

El diagrama del método Tukey mostrado en la Figura 9 manifiesta que los valores que se visualicen a la izquierda de la línea verde (valor 0) presentan diferencias significativas en su rendimiento de dureza. Por otro lado, visualizar cual lámina acrílica extruida tiene un mayor rendimiento se utilizó un diagrama de boxplot como se muestra en la Figura 10.

Finalmente, el análisis se complementó con métodos gráficos de normalidad mostrado en la Figura 11.

En este sentido, la prueba de normalidad dentro del ANOVA de lámina acrílica extruida demuestra el comportamiento de los datos para evaluar la confiabilidad del modelo de análisis desarrollado.

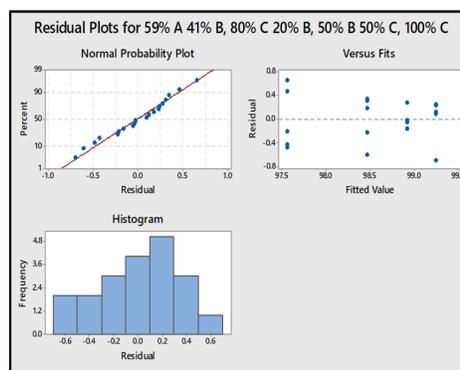


Figura 11. Normalidad de datos.

Fuente. Elaboración propia en Minitab.

### CONCLUSIONES

La prueba de hipótesis demostró que la media muestral de valor de resistencia en psi de probetas de lámina acrílica extruida obtuvo un valor de  $P=0.396$  que es mayor al valor de significancia por lo que fue posible aceptar la hipótesis nula y poder concluir que el valor del punto de flexión en psi en probetas de lámina acrílica extruida es estadísticamente igual al valor de flexión estandarizado por la [9], lo que se traduce que la calidad de lámina acrílica extruida cumple con la calidad especificada internacionalmente.

Finalmente, el análisis de varianza demostró que las láminas analizadas compuestas de diferente materia de PMMA, al menos una tiene un rendimiento diferente a las demás. A su vez, el análisis demostró que el modelo se ajusta a los datos en 76.22% y que tiene capacidad de predicción del comportamiento de los datos de 62.84%. El análisis estadístico expuso que la dureza promedio de las 4 combinaciones de PMMA se mantiene arriba de 97% con un intervalo de confianza de 97.195-98.851. Por otro lado, el método de comparación de Tukey manifestó que las láminas que no comparten similitud en su dureza son: 80% India 20% China contra 59% Brasil 41% China, de igual manera, 100% India

contra 50% China 50% India. En este orden de ideas, la gráfica de boxplot mostró que combinación de PMMA tiene mejor rendimiento siendo esta la lámina acrílica extruida con 50% PMMA de China y 50% PMMA de India. Finalmente, el análisis demostró mediante la prueba de normalidad con los gráficos "Normal Probability Plot" y "Histogram" así como "Versus Fits" se observó comportamiento normal en los datos por tanto fue posible concluir que los datos son considerados normales dando peso a la confiabilidad de la prueba.

Al finalizar el desarrollo del AMEF del proceso de extrusión de lámina acrílica y de los análisis estadísticos para seguir desarrollando la cultura de mejora continua se sugiere desarrollar métodos de filosofía Lean Manufacturing, de modo que a través del tiempo puedan desarrollarse todas las actividades bajo esta filosofía. Se recomienda:

1. Elaboración, planteamiento y análisis de distribución de planta "Layout" para evitar el cruce de procesos en distintas etapas y la reducción de movimientos dentro de los mismos.

2. Creación de planes de acción, para la ejecución de Kaizen en la planta de extrusión de lámina acrílica, entre las estrategias considerar el análisis de VSM (Value Stream Mapping).

3. Implementación de un sistema que esté enfocado en llegar a tener lugares de trabajo más organizados, ordenados y limpios logrando la mayor productividad por medio de las 5 S' (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke).

4. Preparación del método SMED a través de alistamiento de consumo de materia prima por día para lograr la reducción de los desperdicios en las herramientas a utilizar en la producción, clasificación de operarios para asignación de tareas y capacitación a los operarios, así como, el alistamiento de equipo y maquinaria.

5. Preparación de TPM como un conjunto de acciones encaminadas al mantenimiento para permitir eliminar las pérdidas por tiempos de paradas no programadas del equipo, con esto se logra un mejor control de las operaciones, mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, reducción en costos de mantenimiento.

Es importante que la empresa mantenga en uso todas las estrategias aquí planteadas para mejorar en todos los aspectos, el uso de los formatos como de auditoría de las 5 eses y de alistamiento de consumo de materias primas al día (SMED), así como la colocación de ayudas visuales con operaciones clave en el proceso de extrusión; propender la implementación de un proceso de capacitación para sus operarios que le garantice la correcta manipulación de las materias primas, los productos a reprocesar, y estandarizar el proceso de almacenamiento y transporte de materias primas con el fin de garantizar que las mismas al entrar en el proceso productivo tengan todos sus atributos físicos químicos en óptimas condiciones. Con esto se hará más

fácil la retroalimentación de los operarios y evaluar las lecciones aprendidas para evitar los mismos errores.

En la medida de lo posible realizar la implementación de CPC mecánica (compuesto comercial de purga) con el fin de optimizar el proceso de purga efectuado al momento de cambiar de producto a fabricar, lo que disminuirá el riesgo de la no conformidad de contaminado y a su vez reduce los tiempos de alistamiento de la máquina.

## BIBLIOGRAFIA

[1] M. Maya-Carillo, A. Vallejo-Villareal, V. Ramos, and B. Laborde, "Organizational Culture and Innovation in the Companies," *CienciaAmerica*, vol. 8, p. 19, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v8i2.215>.

[2] C. Ynzunza-Cortés, J. Izarl-Landeta, and J. Boccardo, "El entorno de la industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras," *Concienc. Tecnológica*, vol. 54, no. 1405- 5597, pp. 33-45, 2017.

[3] H. Hernández-palma, I. Barrios-Parejo, and D. Martínez-Sierra, "Gestión de la calidad: elemento clave para el desarrollo de las organizaciones," *Criterio Libr.*, vol. 16, no. 28, pp. 169-185, 2018, doi: [10.18041/1900-0642/criteriolibre.2018v16n28.2130](https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2018v16n28.2130).

[4] F. L. Cruz Medina, A. D. P. López Díaz, and C. Ruiz Cardenas, "Management system ISO 9001-2015: techniques and tools of quality engineering for the implementation," *Ing. Investig. y Desarro.*, vol. 17, no. 1, pp. 59-69, 2017, doi: [10.19053/1900771x.v17.n1.2017.5306](https://doi.org/10.19053/1900771x.v17.n1.2017.5306).

[5] R. Carriel, C. Barros, and F. Fernández, "Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001:2015," *Rev. científica mundo la Investig. y el Conoc.*, vol. 2, no. 1, pp. 625-644, 2018, doi: [10.26820/recimundo/2.1.2018.625-644](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.1.2018.625-644).

[6] AIAG, *Análisis de Modo y Efecto de Falla Potenciales, First Edit.*, vol. First Edit. 2019.

[7] J. A. Silva-Damian and G. M. Zelada-García, "Universidad Ricardo Palma Facultad De Medicina Humana," *Universidad Ricardo Palma*, 2018.

[8] D. Luna-Salazar, M. Mosquera, N. Suarez- Muñoz, and C. Mendoza, "Importance of the FMEA tool in industrial processes," *UnividaFup.Edu.Co*. 2019.

[9] ASTM INTERNATIONAL, "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790," *Annu. B. ASTM Stand.*, pp. 1-12, 2002.

[10] ISO 9001, "Norma Internacional ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad," *Norma Int.*, vol. Quinta Edi, p. 29, 2015.

[11] ANSI, "American National Standards Institute: Standard Flowchart Symbols," 2020.

[12] R. M. Astonitas-Castillo and M. R. León- Perfecto, "Marco teórico para el diagnóstico y propuesta de mejora de procesos administrativos en una entidad pública utilizando herramientas de Lean Service.," Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020.

[13] C. R. Canales-Silva and E. Vidal-Pérez, "Plan de mantenimiento en formato 5W+1H, de la metodología TPM, en la máquina tapadora Izquierda, Angelus 60L, según las estrategias de mantenimiento de Nestle.," Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.

[14] J. del C. Ovalles Acosta, V. Gisbert Soler, and A. I. Pérez Molina, "Herramientas Para El Análisis De Causa Raíz (Acr)," 3C Empres. Investig. y Pensam. crítico, vol. 6, no. 5, pp. 1-9, 2017, doi: 10.17993/3cemp.2017.especial.1-9.

[15] S. Bernal Romero and D. F. Niño Sanabria, "Modelo Multicriterio Aplicado a la Toma de Decisiones representables en Diagramas de Ishikawa," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2018.

[16] D. A. Aguirre-Ibarra, A. Vela-Aceves, R. I. Sánchez-Hernández, and R. K. Delgado- Herrera, "Evaluación del diagrama de Ishikawa por medio del algoritmo difuso DEMATEL," Researchgates, 2017.

[17] I. R. Levin and S. D. Rubin, *Estadística para Administración y Economía*, Séptima Ed. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 2010.

[18] R. E. . Walpole, R. H. . Myers, S. L. . Myers, and K. Ye, *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*, Novena Ed., vol. 7th Ed. México: Editorial Pearson Educación de México, S.A. de C.V, 2008.

[19] S. R. . Murray and S. J. Larry, *Estadística*, Cuarta ed. Ciudad de México: McGRAW- HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2009.

[20] C. L. Lincon, *Estadística para las Ciencias Administrativas*, Tercera Ed. Bogotá, Colombia: Editorial McGRAW-HILL, 1993.



# Calidad

y

# Sistemas de Manufactura

---

# Ingeniantes

# Aplicación de herramientas de ingeniería industrial para el aumento de la producción en números de parte A5636 y B5637



## Colaboración

José Francisco Ibarra Sánchez; María Magdalena Montserrat Contreras Turrubiarres; Diana Leticia Espe-ricueta González, Tecnológico Nacional de México / Campus San Luis Potosí

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2021

Fecha de aceptación: 08 de noviembre del 2021

**RESUMEN:** En el presente trabajo de investigación se muestra el desarrollo de algunas herramientas de ingeniería industrial aplicadas en una empresa del ramo automotriz con el objetivo de elevar la producción de las piezas A5636 y B5637 en un 15%, para ello se elaboró un diagrama de causa y efecto o también conocido como Ishikawa con el fin de conocer la causa raíz de nuestro problema, así mismo se realizó un estudio de tiempos y movimientos para determinar el tiempo estándar y la producción por hora esperada, finalmente se desarrolló un estudio de capacidad para revisar los indicadores en nuestro proceso y complementar la información.

Todas las herramientas mencionadas anteriormente permitieron realizar un trabajo integral mismo que concluyó con un aumento de la producción del 17% superando por mucho nuestro objetivo inicial.

**PALABRAS CLAVE:** Optimización de tiempos, trabajo estándar, Ishikawa, estudio de movimientos.

**ABSTRACT:** This research shows the development of some industrial engineering tools applied in a company in the automotive industry with the aim of increasing the production of parts A5636 and B5637 by 15%. For this, a cause and effect diagram was developed, also known as Ishikawa, in order to know the root cause of our problem. Likewise, a study of times and movements was executed to determine the standard time and the expected production per hour. The final step was a capacity study to review the indicators in the process and the complementarity of the information.

All the tools allowed us to carry out a comprehensive work, which concluded with an increase in production of 17%, far exceeding our initial goal.

**KEYWORDS:** Time reduction, standard work, Ishikawa, movements, skill study.

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación se llevó a cabo en una empresa ubicada en el parque industrial tres naciones en San Luis Potosí, S.L.P. Esta compañía se dedica a proporcionar soluciones eficientes en administración de energía eléctrica, hidráulica, mecánica, y parte del ramo aeroespacial a sus clientes, además de ser considerada líder a nivel mundial. La planta de San Luis Potosí se enfoca a la manufactura de transmisiones, clutches y componentes clave para transmisiones de rango medio y pesado, esta

planta lleva más de 18 años en operación y cuenta con varias certificaciones y reconocimientos.

La investigación se enfoca principalmente en la realización de un programa para el mecanizado de engranes en un torno de control numérico computarizado y el incremento de producción de los números de parte A5636 y B5637 en un 15%.

Para que el producto esté terminado y listo para su embarque, se llevan a cabo diferentes procesos, incluyendo el maquinado de la materia prima que se usa para dar forma a los engranes y flechas que van dentro de la transmisión, su función junto con la de otros componentes, es la de transformar la potencia de torque del motor hacia los ejes de las llantas del camión para que este avance.

El proceso de maquinado de engranes comienza con la recepción de la materia prima que llamamos forja, la cual se lleva a un almacén; después pasa al proceso de maquinado verde, que es el área encargada de dar forma al engrane. Posteriormente el montacarguista transporta lotes de engranes y flechas al área de tratamientos térmicos, donde se le da al material cualidades de dureza específicas, dependiendo del número de parte. Al finalizar el tratamiento térmico, el material se almacena en racks dentro de esta área, esperando pasar al siguiente proceso que se desarrolla en el área de maquinado duro. El área de maquinado duro es la encargada de dar medidas y acabados finales a los engranes y flechas, realizando procesos de maquinado interior y exterior, así como el rectificado de engranes y flechas, además de realizar inspecciones finales de características críticas, todo esto en base a dibujos previamente diseñados, con medidas específicas. Esta área está conformada por las siguientes maquinas:

- 4 tornos para maquinado de engranes.
- 2 tornos para maquinado de flechas.
- 2 rectificadoras de exteriores para maquinado de flechas.
- 4 hornos para el rectificado del engranes.
- 1 rectificadora de engranes.

Cabe señalar que en la rectificadora de engranes solo se trabajan números de parte usados por el área de enduran, área en la cual se ensambla otro tipo de transmisión. Recientemente se integró un torno y una rectificadora cilíndrica, los cuales se pretende usarlos para surtir el área de enduran, así como para próximos proyectos.

Finalmente, el material previamente maquinado pasa al área de ensamble HDT para formar una transmisión junto con otros componentes.

El trabajo de investigación "incremento de salida de producción para números de parte A5636 y B5637"

se realizará específicamente en el torno duro números dos, enfocándose en los números de parte A5636 y B5637, los cuales llevan especificaciones similares con excepción de la dureza del material y el acabado en los dientes del engrane.

Debe ser breve, esclareciendo la naturaleza del problema de investigación estudiado con su correspondiente sustento teórico. Debe considerar la(s) hipótesis del trabajo, con citación bibliográfica específica (entre paréntesis y en orden numérico de las citas); finalizando con los objetivos de la investigación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Problemática

En el proceso de torneado en duro donde se implementará el trabajo de investigación, se presentan problemas de optimización, pues al realizar observaciones se ha detectado que, cada torno tiene asignado números de parte específicos para trabajar y, por una u otra razón, presentan problemas al trabajarlos en tornos en los que no están asignados. Al procesar los números de parte A5636 y B5637, se ha observado que solo se puede correr en tornos duro, los cuales son el torno número uno y torno número cinco, lo que ocasionalmente genera retrasos para el siguiente proceso que es hornado, pues debido a la actual demanda del mercado, en torno cinco se da prioridad a trabajar con engranes para la transmisión de enduran, dejando solo el torno duro uno para procesar otros números de parte.

Para realizar el maquinado de este engrane, el operador primero debe pedir el material, realizar el cambio de modelo, avisar a calidad para que calibre el equipo de medición, realizar ajustes, y por último realizar la liberación de primera pieza. Este proceso (Diagrama 1) es el mismo para todos los engranes torneados.

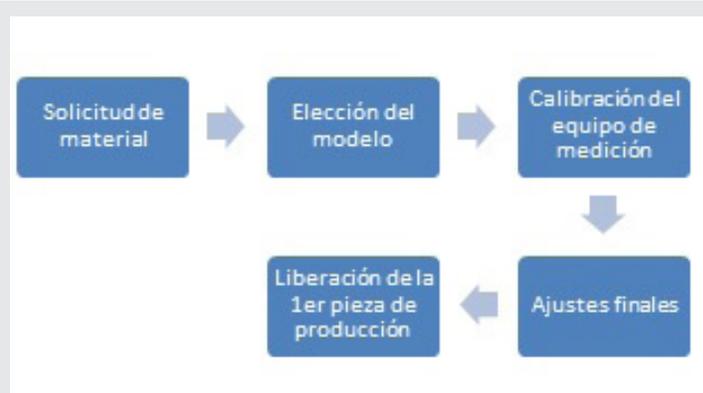


Diagrama 1. Proceso de maquinado de engranes.

Cabe mencionar que cada número de parte se trabaja de acuerdo a la demanda del cliente, pues algunos son usados para venderlos como refacciones lo que en planta se conoce como "After Market", que es el caso de los engranes en los cuales se enfoca el trabajo de investigación.

**Objetivo del trabajo de investigación**

Elevar el estándar de producción para los números de parte A5636 y B5637 en un 15%, logrando una producción de hasta 987 piezas diarias.

**Aplicación de las herramientas de ingeniería industrial para el desarrollo de la investigación.**

**Diagrama de Ishikawa**

Para empezar con la optimización del proceso previamente descrito se parte con la aplicación de la herramienta del diagrama de Ishikawa para encontrar la causa raíz a nuestro problema, una vez aplicado con la ayuda de un grupo multidisciplinario donde participaron los diferentes departamentos que integran la empresa se determinó como causa raíz que no hay un programa de producción que nos ayude a facilitar las tareas en los equipos antes mencionados.

El diagrama 2 que corresponde al de Ishikawa muestra la causa raíz de porque no se han trabajado los números de parte 4641 y 4642 en el torno 2, dando como resultado la falta de programa de producción en la máquina antes mencionada.

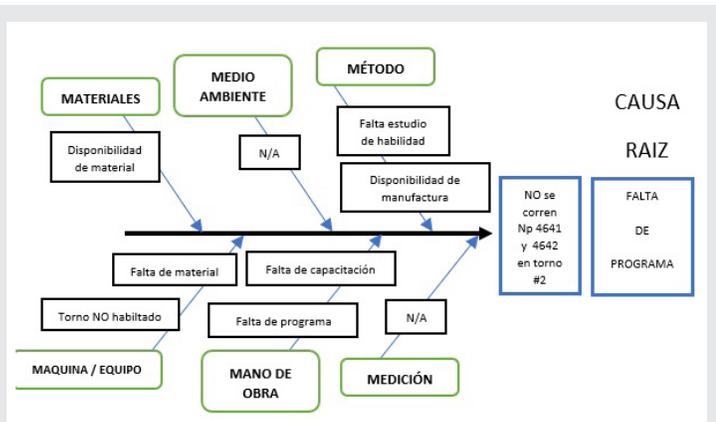


Diagrama 2. Causa raíz -Ishikawa.

**Estudio de tiempos y movimientos**

Una vez identificada la causa raíz se tomó una segunda herramienta que se trabajó en el desarrollo de la investigación, siendo un estudio de tiempos y movimientos, mismo en el que debe ser tomado en cuenta que la operación de torneado en duro, es una operación semiautomática, es decir, que no es totalmente manual ni automatizada. Para este proceso el operador toma la pieza de la tarima de entrada de material, la coloca en Chuck de torno y da ciclo al maquinado, posteriormente se procede a inspeccionar la pieza maquinada, y finalmente se coloca en tarima de salida de material. Las operaciones de inspección y colocación de material en tarima de salida se realizan cuando se está maquinando una pieza nueva, por lo que no se toman en cuenta para el tiempo total del ciclo. El concentrado del estudio de tiempos y movimientos se presenta a continuación:

Tabla 1. Datos de tiempos y movimientos.

Estudio de tiempos y movimientos			
Unidad de medida: segundos			
Operador	A	B	C
Alcanzar pieza	1	1	1
Tomar pieza	1	1	1
Colocar pieza en chuck	2	2	3
Ciclo de torno	41	41	41
Sacar pieza de chuck	2	2	3
Inspección de pieza	8	8	9
Colocar pieza en tarima de salida	3	3	4
Total de ciclo	58	58	62
Promedio de tiempo ciclo por pieza en segundos	59.33333333		

Para determinar el tiempo estándar hora por hora se usa la fórmula:

$$Producción = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{tiempo ciclo}} \quad \text{Ec. (1)}$$

por lo que:

$$Producción = \frac{3600 \text{ segundos}}{59.33333 \text{ segundos}} = \quad \text{Ec. (2)}$$

61.019 piezas por hora

De acuerdo con el estudio de tiempos y movimientos realizado, se obtiene que una pieza tiene un tiempo ciclo promedio de 59.33 segundos, y la máquina tiene una capacidad de producir 61 piezas por hora; de este tiempo se descuenta el tiempo de liberación en departamento de metrología que es de 10 minutos cada cambio de modelo dando un total de 51.13 piezas por hora; por cual se considera que el aumento del estándar de 41 piezas a 48 piezas por hora es viable, superando el objetivo que se planteó anteriormente.

**Estudio de habilidad**

A continuación, se muestra el estudio de habilidad correspondiente al número de parte A5636. La siguiente Tabla muestra los datos obtenidos para realizar el estudio de habilidad.

Tabla 2. Parámetros de la pieza.

Límite superior:	3.2100
Media	3.2097
Límite inferior:	3.2094

El estudio de habilidad de la maquina (Fig.1) muestra que la capacidad del proceso (Cp) es de 1.71; mientras que el índice de capacidad (Cpk) es de 1.35, lo que resulta aceptable pues, para que un proceso sea confiable dentro de la industria automotriz se requiere que su Cp sea igual o mayor a 1.67; mientras que el Cpk debe ser igual o mayor a 1.33. En la gráfica de probabilidad normal, se observa que todos los puntos están dentro de los límites de control por lo que se considera un proceso estable. En conclusión, la maquina tiene la capacidad de producir este número de parte sin problema.

Tabla 3. Datos obtenidos del muestreo.

Muestra	Diámetro	Muestra	Diámetro
1	3.20974	16	3.2098
2	3.20967	17	3.2097
3	3.20977	18	3.20984
4	3.2098	19	3.20973
5	3.20975	20	3.20977
6	3.2098	21	3.20975
7	3.20983	22	3.20969
8	3.20985	23	3.20982
9	3.20969	24	3.20976
10	3.20978	25	3.20968
11	3.20981	26	3.2097
12	3.20972	27	3.2098
13	3.20975	28	3.20982
14	3.20974	29	3.20977
15	3.20985	30	3.20971



Figura 2. Comparativo entre maquinas.

De igual manera, en la Figura 3 podemos observar una mejora en los tiempos de paro del área de horneado por falta de material torneado, la operación de Horneado es posterior al torneado, en el observamos que con la implementación del proyecto se logró reducir el tiempo de paros por falta de material horneado un promedio de 16 horas mensuales. Cabe señalar que a partir del mes de marzo se comenzó a implementar la mejora.

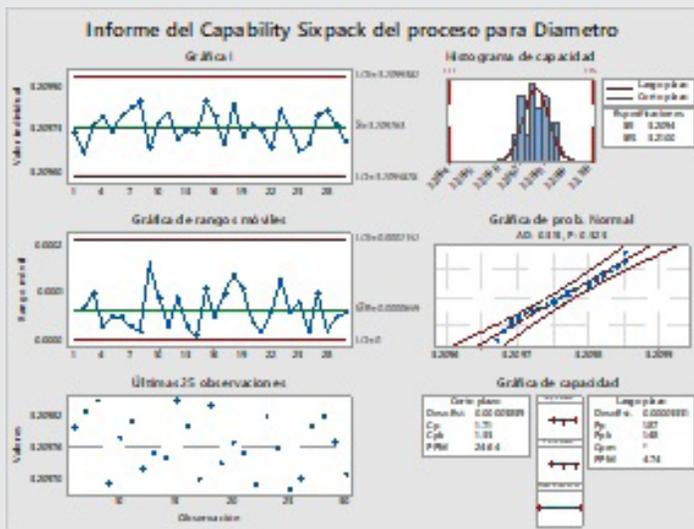


Figura 1. Informe de capacidad del proceso



Figura 3. Gráfica de tiempo de paro por falta de material.

## RESULTADOS

A continuación, en la Figura 2, se muestra un comparativo de las veces que se han producido los números de parte A5636 y B5637 y en que máquina, además se observa un cambio pues con la mejora se comienza a usar el torno dos para producir estos engranes, ahorrando un tiempo de producción de 16.97 horas que se pueden aprovechar para producir otros números de parte en torno 1 o torno 5.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con lo presentado en el trabajo de investigación, se puede concluir que es viable la habilitación del torno duro dos para correr los números de parte A5636 y B5637, pues de acuerdo con el estudio de habilidad se obtuvo un resultado del CP de 1.73, ya que para características críticas C2 en la industria automotriz la habilidad aceptable es de 1.66 mínimo, por lo que es un buen resultado obtenido.

Para el estudio de habilidad se superó el objetivo inicial del proyecto pues este era de un 15% de producción, obteniendo un 17 % de la producción, con lo que se logró aumentar el estándar por hora de tornos en duro.

Además, se obtuvo un beneficio adicional para el área de horneado reduciendo el tiempo de espera de ma-

terial torneado de estos ítems un promedio de 16 horas mensuales; por otra parte, se logró mejorar la disponibilidad del torno duro dos en un 10%.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Acevedo, A. y Linares C. (2012). *El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones*. *Industrial Data*, 15(1), 9-24, <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v15i1.6236>.

[2] Acevedo, A. (2010). *El modelo conceptual de las 4 Dimensiones para la resolución de problemas*. *Industrial Data*, 13(2), 15-24, <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v13i2.6179>.

[3] Acevedo, A., y Linares, C. (2009). *La resolución de problemas en el mundo de la empresa. Estudio exploratorio sobre relativismo decisional*. *Industrial Data*, 12(2), 81-88, <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v12i2.6136> [4] Cachay, O. (2015). *50 años reinventándonos*. *Revista Ingeniería Industrial* 5 (7), 1.

[4] Hodson, William (1996). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. 4ta. edición. Ed. McgrawHill, México.

[5] Kast y Rosenzweig (1968). *Administración en las organizaciones, enfoque de sistemas y de contingencias*. Ed. Mcgraw-Hill, México.

[6] Krajewsky y Ritzman (2000). *Administración de Operaciones*. 5a edición. Pearson-Prentice Hall. México.

[7] Mintzberg, Quinn y Voyer (1997). *El proceso estratégico. Conceptos, contextos y casos*. Prentice Hall. México.

[8] Read, James (2005). "El ingeniero industrial como administrador", en Maynard, *Manual del ingeniero Industrial*. 5ta.edición. Mc Graw Hill, México.



Calidad

y

Sistemas de  
Manufactura

---

Ingeniantes

# Diagnóstico del servicio preventivo mediante Value Stream Mapping en un departamento de mantenimiento



## Colaboración

Evelyn García Warneros; Edna Araceli Romero Flores; Manuel Panzi Utrera, Instituto Tecnológico de Orizaba

Fecha de recepción: 23 de junio de 2019

Fecha de aceptación: 17 de noviembre del 2021

**RESUMEN:** El presente trabajo de investigación fue realizado en una empresa de transporte de carga especializada en la ciudad de Río Blanco, Veracruz, México, donde uno de los pilares de la misma es el cuidado y tratamiento que realiza a las unidades que conforma el parque vehicular.

Sin embargo, la empresa no cuenta con la certeza sobre los resultados de su proceso actual para otorgar servicio preventivo a sus unidades de transporte, por lo que requiere de atención diagnóstica que le permita conocer si el tiempo estimado para este proceso, establecido en sus inicios, es hoy en día vigente, y qué oportunidades de mejora puedan surgir a través de la observación de un tercero a su proceso.

El diagnóstico obtenido, se logró a través de la integración de dos técnicas pertenecientes al pensamiento esbelto: Value Stream Mapping (VSM), y SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), las cuales fueron aplicadas por su facilidad de uso y gran aporte de información, identificando plenamente los componentes a mejorar en el proceso que implica los servicios preventivos.

**PALABRAS CLAVE:** Ingeniería, diagnóstico, servicio preventivo, SIPOC, VSM.

**ABSTRACT** This research paper was carried out in a specialized freight transport company in the city of Río Blanco, Veracruz, Mexico, where one of the pillars of the same is the care and treatment performed by the units that make up the vehicle fleet.

However, the company does not have the certainty about the results of its current process to provide preventive service to its transport units, for which it requires diagnostic attention that allows it to know if the estimated time for this process, established in its beginnings, is currently in force, and opportunities for improvement may arise through the observation of a third party to its process.

The diagnosis obtained was achieved through the integration of two techniques belonging to slender thinking such as Value Stream Mapping (VSM), and SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), which were applied for their ease of use and great contribution of information, fully identifying the components to be improved in the process that implies preventive services.

**KEYWORDS:** Ingeniería, mantenimiento preventivo, SIPOC, VSM.

## INTRODUCCIÓN

Una organización debería enfocarse en “habilidades, procesos y tecnologías” orientadas a la mejora de la “ventaja competitiva en la cadena de valor” [7], es decir, enfocar los esfuerzos para el fortalecimiento interno de aquello con lo que la empresa cuenta y que utiliza en la creación de valor, para entonces, obtener la mejora como resultado de ello, y que esto genere una transformación del estado de “ventaja comparativa a ventaja competitiva”, estableciendo un parámetro de desempeño que parte de términos

como la “eficiencia, eficacia, dinamismo, creatividad y flexibilidad” [7].

El diagnóstico de procesos en una empresa, permite conocer la capacidad con la que se está trabajando en el logro de los objetivos planteados por la misma, así como las situaciones que puedan presentarse y que deriven en variaciones que afectan el costo proyectado para las actividades que integran su cadena de valor [1].

Estas variaciones ocasionan que cada diagnóstico requiera de la adaptación de variables a cada empresa, lo cual conlleva al establecimiento de tres tipos de diagnóstico, siendo el objetivo de estos el proporcionar flexibilidad que se adecue a las variantes que cada empresa presenta como lo son: tamaño, tipo y funciones [1].

La clasificación que se considera pertinente para un diagnóstico es: Diagnóstico general, específico y estratégico, los cuales varían de acuerdo al segmento al que se enfocan, es decir; desde un nivel considerado “macro” para el diagnóstico general, donde se determinan puntos débiles desde un nivel financiero hasta el nivel operativo [1] llegando al análisis detallado de las actividades en los procesos productivos, usualmente reflejado a través de indicadores, que son utilizados en el diagnóstico específico, y finalmente un diagnóstico estratégico, donde se incluyen factores definidos por la empresa, que son claves para que esta logre su estrategia definida a mediano, corto o largo plazo.

Para un análisis de procesos, el diagnóstico que se recomienda es un diagnóstico operativo, pues permite la identificación de puntos considerados positivos para la empresa, impulsando la disminución o eliminación de aquellos que sean considerados no positivos en el proceso, así también establecer un marco donde la empresa puede trabajar hacia el sistema que considere apto para el fin que persiga.

La recomendación en un análisis de procesos, es reconocer la clasificación que pertenece el proceso a diagnosticar, estos se dividen en procesos operativos y procesos empresariales [1]. Un proceso operativo puede aplicarse al ramo de manufactura y a servicios, en general suelen tener un alto impacto en la calidad del producto. Por otro lado, un proceso empresarial no tiene injerencia directa en la calidad de un producto o servicio, podría considerarse la información como un proceso de gestión [1].

Existen herramientas que pueden utilizarse en el diagnóstico operativo, las cuales son consideradas herramientas de calidad como lo es diagramas de flujo, lluvia de ideas, diagrama causa efecto, histograma, estratificación, entre otras, su uso está definido por el proceso a analizar, y la información con que la empresa cuenta disponible al momento del estudio [1].

La denominación de valor en un proceso productivo, de acuerdo con [2], es “producto o servicio que satisface las necesidades del cliente a un precio y en un tiempo determinado” [2], partiendo de esto, los procesos en una empresa deben orientarse hacia la creación del valor definido por el cliente, por consiguiente, “el valor” debe fluir de manera continua, siendo una constante de la empresa objeto de estudio, determinar si el proceso seguido en los servicios preventivos, es conforme a los tiempos de trabajo establecidos, y que son considerados clave para el alcance de objetivos financieros en la misma. Este proceso ha sido definido desde el inicio de operaciones de la empresa objeto de estudio (Ver Figura 1), alrededor del año 1948, con sus respectivas adaptaciones al paso de los años, pero manteniendo un estándar de tiempo de ocho horas para la prestación del servicio a las unidades que conforman su parque vehicular. La empresa objeto de estudio tiene actividades de transporte de carga especializada, con una flota de noventa y cuatro unidades distribuidas entre la marca Kenworth y Freightliner.

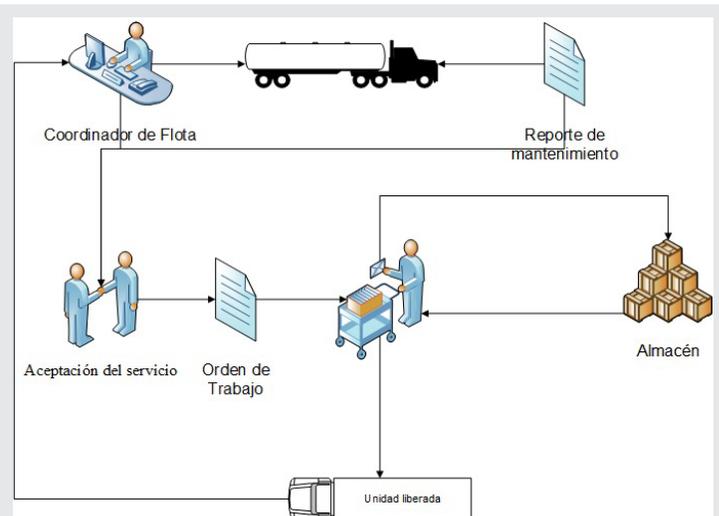


Figura 1. Flujo de materiales.

Para poder identificar el tiempo real de trabajo en la prestación de un servicio preventivo de la empresa objeto de estudio, se utilizará la herramienta Value Stream Mapping, también llamado “VSM”, la cual es una técnica utilizada en el pensamiento de “producción esbelta”, de reciente creación, y que basa su funcionalidad en la sencillez con que puede aplicarse, utilizando gráficos e iconos para plasmar lo que sucede en un proceso. Inicialmente creada con el fin de “mapear flujo de materiales e información” [2], hoy gracias a Rother y Shook (2006) aplicada para reflejar aquello que “no se ve” a primera vista, y que repercute en los resultados de un proceso [4]. Se entiende como un “mapa visual” que permite identificar las actividades que intervienen en un flujo de materiales, que son transformadas para brindar satisfacción al cliente, y dada la posibilidad de fácil entendimiento, brinda la oportunidad de señalar en el mismo mapa las áreas de mejora, donde se podrían incluir herramientas como administración visual, 5 S, Kaizen, Poka Yoke, Kanban entre otras.

Usualmente es la apertura a la implementación de “Administración Esbelta”, pero también es comúnmente utilizada para identificar áreas de oportunidad que resultan en reducción de tiempos de entrega, mejora de productividad y reducción de inventarios [10]. Investigaciones recientes destacan su impacto en el sistema organizacional y personal, competencias y la inteligencia colectiva misma de la empresa [10].

Un flujo de valor incluye todas las actividades que agregan valor, no agregan valor y de apoyo, las actividades que se requieren para crear un producto o servicio para el cliente, esto incluye los procesos operativos, el flujo de material entre los procesos, todas las actividades de control y dirección y también el flujo de información [4]. Con el fin de identificar un posible potencial de mejora, VSM considera, en particular, todo el tiempo de operación en comparación con el tiempo total de entrega. Cuanto mayor sea la relevancia entre el tiempo de operación y el tiempo de entrega, mayor será el potencial de mejora. VSM comprende un método de cuatro pasos que consiste en: “elegir una familia de productos”, “dibujar un mapa de estado actual”, “desarrollar mapa de estado futuro” e “implementación de mejoras para el mapa futuro”, así como un “plan de acción” para monitorear la implementación, y considerar medidas para mejorar el flujo de valor [10].

Otra de las herramientas a utilizar en este trabajo de investigación es el diagrama SIPOC, la cual “provee información para el análisis de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes” [5], lo que permitió obtener un panorama amplio de lo que sucede en el servicio preventivo de la empresa objeto de estudio, y con ello integrar un mapa de estado inicial preciso, requerido en la técnica VSM.

El diagrama SIPOC es comúnmente utilizado en la metodología Seis Sigma [5], por su facilidad en la identificación de los elementos pertinentes en un proyecto de mejora, así como su medición. Su origen proviene de su aplicación por el Dr. Edward Deming [5], mencionado en el libro “The leader’s Handbook” [6] y posteriormente popularizado.

Con base en las características que cada herramienta provee, mencionadas anteriormente, el objetivo de este trabajo de investigación es aplicar la técnica VSM y diagrama SIPOC en conjunto, para poder realizar un diagnóstico del servicio preventivo de una empresa de auto transporte.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la presente investigación en la empresa objeto de estudio, se establecieron tres fases; la primera denominada Organización, donde se contempló la planeación de los recursos que serían necesarios para llevar a cabo el diagnóstico. Posteriormente la fase de ejecución, en la cual se realizó una estancia de

observación de las actividades que integran al servicio preventivo y abarcó un periodo de 45 días. Finalmente, la etapa de diagnóstico, donde se integró la información obtenida durante el periodo de observación, y el análisis de la información obtenida, dando como resultado la elaboración del mapa de estado inicial, bajo la técnica VSM, y los tiempos considerados en cada actividad.

## Organización

De manera inicial, se procedió a la programación de los días en los que se realizó la observación de las actividades que intervienen en el servicio preventivo, así como del estudio de los sistemas que integran a una unidad, denominada “tractor” por la empresa. Los sistemas que reciben un tratamiento preventivo son el sistema de transmisión, sistema eléctrico, sistema de frenos, sistema de suspensión y motor. Se identificó al personal responsable de cada sistema, y se realizó una investigación preliminar sobre los componentes de la unidad y la ubicación de los sistemas mencionados anteriormente. A su vez, se elaboraron listas de registro de actividad con los símbolos correspondientes a espera, transporte, almacén, actividad, y decisión, con el fin de indicar de forma rápida a que rubro pertenece la actividad observada y el tiempo involucrado en la misma. También se consideró tener un registro oportuno de esperas, así como el motivo por el cual estas se presentaban en el proceso comprendido por el servicio preventivo.

Una vez completado el aspecto técnico, se realizó una breve plática con el equipo que participa en los servicios preventivos, para dar a conocer el objetivo por el que se iniciarían las observaciones de sus actividades, y así poder obtener una observación fiel de todo lo que con lleva los servicios preventivos, evitando suposiciones y posibles percepciones negativas por parte de los colaboradores.

## Ejecución

En el periodo de observación de las actividades que intervienen en los servicios preventivos de la empresa objeto de estudio, se utilizó cronómetro simple y los formatos de registro de actividad y tiempo. Dando inicio a la observación de actividades desde la introducción de la unidad a la galera de servicio, para su primera revisión de reconocimiento por parte de los especialistas, siguiendo con la inspección del reporte del operador, quien proporciona detalles del desempeño de la unidad en ruta. Continuando con la prestación del servicio se observa el manejo de un sistema de administración que registra la apertura de las órdenes de trabajo y los participantes del servicio asignado, colocándolos en tractores, tanques y dollys. La unidad es desmontada en cada uno de los sistemas que la integran, se realiza un reconocimiento previo para obtener un diagnóstico inicial, y su aceptación a servicio preventivo, o en lo correspondiente a un servicio correctivo. Una vez aceptado el servicio preventivo, se realiza el requerimiento de refacciones al almacén, y se inicia la ejecución del

servicio preventivo que contempla cambio de piezas, revisión de niveles y calibración. De manera adicional se registró la actitud que mostraron los especialistas que ejecutan las actividades del servicio preventivo, y las esperas que se presentaron, así como el origen de las mismas.

Las actividades que integran al proceso del servicio preventivo en la empresa objeto de estudio, son realizadas en una galera con capacidad para cinco “tractores”, cinco “tanques” y hasta cinco “Dolly”, los especialistas que ejecutan las actividades del servicio preventivo se organizan en: especialista eléctrico, especialista transmisión, especialista motor, especialista frenos y especialista suspensión, estos tienen un promedio de antigüedad de 15 años, lo cual nos indica el dominio total en el conocimiento de cada sistema, para llevar a cabo el servicio preventivo.

Se cubrió un horario de trabajo en condiciones normales, que abarcó ocho horas laborales, con personal completo y disponible.

### Diagnóstico.

Una vez concluido el periodo de observación en la empresa objeto de estudio, se procedió a la elaboración de un diagrama de flujo mediante la técnica SIPOC [5], el cual contemplo la entrada de información que requiere el proceso de servicio preventivo, y las actividades organizadas en bloques, conectadas mediante flechas que indican el flujo ascendente o descendente, así como las Figuras utilizadas en los diagramas de flujo convencionales que describen a la actividad.

Posteriormente, se agregó al diagrama de flujo, un apartado para indicar al responsable de la ejecución de la actividad, identificándolo mediante el puesto asignado por la empresa objeto de estudio, y finalizando con un apartado más para indicar el producto a entregar del proceso observado.

Posterior a la culminación de la elaboración del diagrama de flujo, se procedió a la integración de la información resultante en los tiempos en que los especialistas llevan a cabo el servicio preventivo en las unidades, los cuales fueron obtenidos durante la observación realizada en la empresa objeto de estudio. En total fueron ocho unidades las atendidas durante el periodo de observación de 45 días. La falta de programación en las unidades que requieren servicio preventivo origina que las unidades no reciban atención en tiempo y forma, pues el servicio de transporte que otorga la empresa objeto de estudio está disperso en todo el país, principalmente la zona centro, lo que complica que una unidad llegue a patio, al ser este el único lugar donde se le puede brindar este servicio. Es importante resaltar que si una unidad requiere atención por servicio correctivo, y esta no se encuentra en un radio de 300 km, se turna el servicio correctivo a un proveedor.

Posteriormente, se agrupó en bloques las actividades que intervienen en el servicio preventivo, organizándolas de acuerdo a la secuenciación en que son realizadas, y siendo registradas en un mapa de estado inicial, aplicando un promedio simple de tiempos por cada especialidad atendida, para incluir a las 8 unidades observadas, agregando aquellas actividades de gestión que intervienen son requeridos para el servicio preventivo con su correspondiente tiempo de ejecución. Estas son actividades que no agregan valor al servicio preventivo, pero que deben ser realizadas para el funcionamiento del proceso como lo son; recepción de unidades a patio, movilización de unidades en patio hacia galera y área de lavado, inspección y validación por coordinadores de área de taller y logística, así como esperas por surtimiento de piezas en almacén. Estas actividades se consideraron en el diagnóstico siendo o no del departamento de mantenimiento, en la empresa objeto de estudio por la intervención directa en los tiempos estándar establecidos.

### RESULTADOS

El mapa de estado inicial refleja un “total lead time” de 32,592 minutos, de los cuales sólo 194 minutos son considerados como de valor, ya que son los minutos que consumen los especialistas para llevar a cabo el servicio preventivo. En este tiempo se consideró las actividades de gestión. Ver Figura 2.

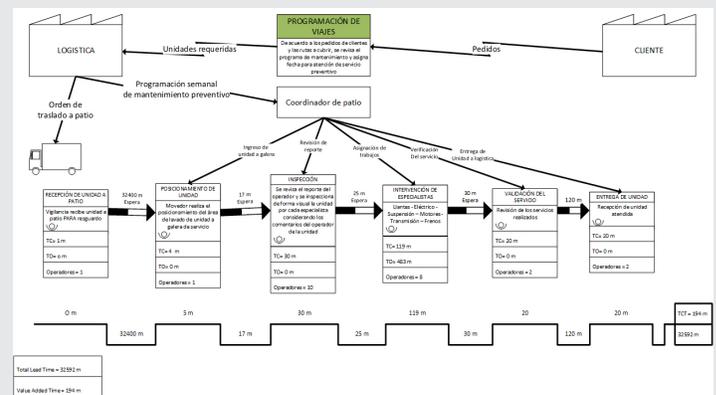


Figura 2. Comparativo entre máquinas.

También se aprecia en el mismo mapa de estado actual, que existe una falta de mecanismos para el seguimiento de la unidad desde su ingreso a las instalaciones de la empresa objeto de estudio, su tratamiento en el departamento de mantenimiento, y su posterior salida, lo que implica costos y pérdidas para la empresa que no son posibles calcular, pues se desconoce el tiempo real que una unidad se encuentra detenida en patio. Esto también ocasiona un desgaste no uniforme para el parque vehicular, pues algunas unidades son más utilizadas para la asignación de viajes que otras, sin que exista una causa para ello.

Aunque como política se tiene en la empresa objeto de estudio, la atención a una unidad por día laboral de 8

horas, el mapa de estado actual nos refleja un tiempo promedio de ejecución del servicio por especialista de 120 minutos, y tiempos de espera por 194 minutos, es decir; hay un tiempo de desperdicio invertido en esperas mayor, que el tiempo en el que se agrega valor al proceso involucrado en el servicio preventivo. La mayor espera detectada por el diagnóstico realizado al proceso del servicio preventivo, es en el patio de la empresa objeto de estudio, causado por la falta en el cumplimiento a la programación de unidades para recibir el servicio, proceso que tiene una efectividad del 50% al no cumplirse las fechas establecidas para la prestación del servicio.

Este diagnóstico se realiza solo hasta el mapa de estado inicial, por ser el objetivo de este diagnóstico la obtención del tiempo estándar en el servicio preventivo a unidades, el cual es claramente distante de las horas de trabajo establecidas para un servicio preventivo.

### CONCLUSIONES

La información obtenida en el diagnóstico realizado a la empresa objeto de estudio, mediante la integración de dos herramientas como lo es el diagrama SIPOC y mapa de estado actual de la técnica VSM, es considerada relevante por la misma, dado que se desconocía la capacidad real de atención en el servicio preventivo, así como el resultado de la aplicación de las políticas de trabajo contenidas en el departamento de mantenimiento.

La conjunción de las herramientas SIPOC y VSM, proporcionaron mayor espectro visual para la consideración de elementos vitales en la elaboración del mapa actual, facilitando la detección de oportunidades de mejora, generando trabajos a futuro en el control de costos de la mano de obra que interviene en los servicios preventivos de la empresa objeto de estudio, y la generación de dispositivos que permitan el registro oportuno de estas actividades.

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Hernández García María de los Ángeles. (2012). *Diagnóstico al proceso de implementación de cambios de ingeniería*. UNAM. México D.F.

[2] Ibon Serrano Lasa. (2007) *Análisis de la aplicabilidad de la técnica value stream mapping en el rediseño de sistemas productivos*. Universitat de Girona.

[3] Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.

[4] Rother, M., & Shook, J. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to add value and elimi-*

*nate waste*. Lean Enterprise Institute, Cambridge, MA.

[5] Brown. Charlie (2018), *Why and how to employ the SIPOC model*, *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*. 12(3), 198-210.

[6] Scholtes, P. R. (1998). *The leader's handbook: Making things happen, getting things done*. The McGraw-Hill Companies.

[7] Pinheiro de Lima, Orlem, Breval Santiago, Sandro, Rodríguez Taboada, Carlos Manuel, & Follmann, Neimar. (2017). *A new definition of infernal logistics and how to evaluate it*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 264-276. Samuel, D., Found, P., & Williams, S. J. (2015).

[8] Gavilán, J., & Gallego Torres, A. (2016). *Implementación del modelo Lean Service en el proceso de recaudo de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Fincomercio Ltda*. *Redes De Ingeniería*, 7(2), 138-147.

[9] Guo, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). *Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line*. *Advances in Mechanical Engineering*.

[10] Sunk, A., Kuhlmann, P., Edtmayr, T., & Sihn, W. (2017). *Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organisational system and methods competencies*. *International Journal of Production Research*, 55(13), 3732-3746.



**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

Ingeniantes

# Evaluación del Efecto de *Chorela vulgaris* en la fertilización del Cilantro (*Coriandrum Sativum* L.), en Invernadero



## Colaboración

Alfredo Lino Brito, Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec; Maribel Apolinar Aguilar, Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N°168, Extensión Hueyapan Puebla. Noel J. Arozarena Daza, Instituto de Investigaciones en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt"; Pedro J. González Cañizares, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; José Manuel Zambrano González, Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec

Fecha de recepción: 23 de marzo de 2021

Fecha de aceptación: 07 de septiembre de 2021

**RESUMEN:** La investigación se realizó en el Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, evaluando la efectividad de *Chorela vulgaris* en cilantro, en tres aplicaciones, al momento de la siembra (sumergiendo las semillas por 24 horas), a los 21 y 32 días después de emergida las semillas en dosis de 20 ml/l<sup>-1</sup> de agua. El cultivo fue fertilizado al momento de siembra, con la fórmula 100-30-70 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, fertilización químico mineral al 100 %. En los casos que se redujo la fertilización al 25 y 50%, se aplicó al suelo 3.0 kg/m<sup>2</sup> de composta y las respectivas aplicaciones de microalga. Conformándose cuatro réplicas por tratamientos en parcelas de 5 m<sup>2</sup>, con densidad de 30 plantas/m<sup>2</sup>, con diseño experimental de bloques al azar. Los resultados demuestran efecto positivo de *Chorella vulgaris* al contrastar el 100 % de la fertilización químico mineral, con y sin microalga, obteniendo rendimientos de 1.25 y 0.93 kg/m<sup>2</sup> respectivamente. Además de una mayor eficacia, cuando se combina la microalga con el portador de materia orgánica y reducción de la fertilización químico mineral al 25 y 50%, obteniendo rendimientos de 2.02 y 2.11 kg/m<sup>2</sup>, en ese orden.

**PALABRAS CLAVE:** aplicación edáfica de composta, cultivo de cilantro, fertilización químico mineral, reducción de la fertilización y microalga *Chorela vulgaris*.

**ABSTRACT:** The research was carried out at the Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, evaluating the effectiveness of *Chorela vulgaris* in coriander, in three applications, at the time of sowing (immersing the seeds for 24 hours), at 21 and 32 days after the seeds emerged. in doses of 20 ml l<sup>-1</sup> of water. The crop was fertilized at sowing, with the formula 100-30-70 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively, 100% chemical mineral fertilization. In the cases where fertilization was reduced to 25 and 50%, 3.0 kg/m<sup>2</sup> of compost and the respective microalgae applications were applied to the soil. Conforming four replications by treatments in plots of 5 m<sup>2</sup>, with a density of 30 plants / m<sup>2</sup>, with experimental design of random blocks. The results show a positive effect of *Chorella vulgaris* by contrasting 100% of the chemical mineral fertilization, with and without microalgae, obtaining yields of 1.25 and 0.93 kg/m<sup>2</sup> respectively. In addition to greater efficiency, when the microalgae is combined with the carrier of organic matter and reduction of chemical mineral fertilization to 25 and 50%, obtaining yields of 2.02 and 2.11 kg/m<sup>2</sup>, in that order.

**KEY WORDS:** edaphic application of compost, cultivation of coriander, mineral chemical fertilization, reduction of fertilization and *Chorela vulgaris* microalgae.

## INTRODUCCIÓN

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) pertenece a la familia Apiaceae, antes umbelífera, es una planta aromática nativa de la zona mediterránea. Las hojas del cilantro tienen tradición culinaria en la

cocina de Latinoamérica, la India y la China. De las semillas puede extraerse un extracto oleoso que se emplea en la elaboración de bebidas alcohólicas, condimentos y en la industria farmacéutica y de perfumería [1].

En la actualidad el cilantro es una de las especias de mayores implicaciones económicas, ya que es un cultivo con buen rendimiento y muy buen precio internacional. Se calcula que las especias mueven alrededor de US\$ 6.000 millones en el mercado mundial y que el sector está creciendo entre un 5 y 6% por año. Los principales países productores de cilantro son Rusia, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán. Mientras que los principales importadores de cilantro son Alemania, Estados Unidos, Sri Lanka y Japón [2].

Por su parte el Estado de Puebla anualmente se cultivan 2, 380 hectáreas de cilantro generando 71, 400 empleos directos y 204, 058 indirectos con un volumen de producción de 19, 557.74 t anuales, con un valor de producción de 48, 535.95 millones de pesos [3].

Es bien conocido de la aplicación de fertilizantes químicos minerales para mejorar el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, no siendo el cilantro la excepción. Sin embargo, las aplicaciones indistintas de estos agroquímicos han conllevado al deterioro de las características químicas, biológicas y físicas de los suelos, exigiendo un cambio en el manejo tradicional de la fertilización de los cultivos, donde las alternativas agroecológicas de nutrición de plantas (empleo de abonos orgánicos y bio-productos) se presentan como un recurso de suministro equilibrado de nutrientes, que permiten optimizar la calidad de las producciones agrícolas en armonía con el medio ambiente [4, 5].

Como una alternativa al uso de químicos de síntesis se está promoviendo el interés por los bioproductos, donde se encuentran las soluciones acuosas de microalgas. Los biofertilizantes a base de microalgas se caracterizan por ser productos Bioactivos solubles en agua, que promueven la germinación, el desarrollo de los cultivos y la sustitución parcial de fertilizantes químico-mineral en la agricultura y más específicamente en la horticultura [6, 7, 8].

Por tales motivos, el objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de la microalga *Chorela vulgaris* en el cultivo de cilantro y determinar la posible reducción de la fertilización químico mineral en el cultivo en combinación con la aplicación de un portador de materia orgánica al suelo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Invernadero del Instituto Tecnológico Superior de Tlaltlauquitepec (ITSTL), perteneciente al municipio de igual nombre, localizado en la Sierra Norte del Estado de Puebla, México. El muni-

cipio se ubica entre los paralelos 19°38' y 20°03' de latitud norte; los meridianos 97°23' y 97°37' de longitud oeste; altitud entre 300 y 2,900 metros sobre el nivel del mar (msnm) [9]. El periodo del experimento fue de septiembre-diciembre del 2019, consistiendo en tres aplicaciones de la microalga (*Chorela vulgaris*), sumergiendo la semilla por 24 horas, antes de la siembra y dos aspersiones foliares a los 21 y 32 días después de emergida (dde) las semillas, en todo los casos la dosis de aplicación del microorganismo fue de 20mL por litro de agua.

Para la reproducción de la microalga, se utilizó un recipiente de cristal de 3.5 L de capacidad, agregándole 3.2 L de agua destilada. Posteriormente se adicionó el fertilizante líquido comercial de nombre "Bayfolan® Forte" a razón de 0.5 mL del foliar por cada litro de agua estéril, con aireación constante por 20 minutos, pasado este tiempo se inoculo con 52 mL de *Chlorella vulgaris*, a partir de un cultivo líquido obtenido del cepario del laboratorio de alimentos vivo del ITSTL, de acuerdo a la metodología propuesta por [10], [11]. Para posteriormente diluir 20mL por litro de agua, esto a los 16 días de reproducción y aplicar al cultivo de cilantro, como se mencionó en el párrafo anterior.

El cultivo de cilantro, fue fertilizado en el momento de la siembra, con la fórmula fertilizante reportada por [12], 100-30-70 kg por hectárea de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente (testigo). Se conformaron cuatro réplicas por tratamientos en camas de 5 m<sup>2</sup>, con una densidad de 30 plantas/m<sup>2</sup>. Además, se aplicó 3 kg m<sup>-2</sup> de composta a base de estiércol (MO) en los tratamientos donde se redujo la fertilización química mineral (FM) al 25 y 50%, con un diseño experimental de bloques al azar, siendo los tratamientos en estudio los que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de fertilización aplicados al cilantro, en el periodo septiembre a diciembre del año 2019.

Tratamientos	Leyenda
1	100 % FM
2	100 % FM + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )
3	75 % FM + 3 kg m <sup>-2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )
4	50 % FM + 3Kg m <sup>-2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )

FM = fertilizante mineral; MO = materia orgánica.

La respuesta vegetal del cultivo se evaluó a los 22, 29, 36, 42, 50, 57 y al momento de cosecha, 64 días después de emergida las semillas (dde), para la variable altura de planta (cm). El resto de las variables respuesta: número de hojas, largo de raíz (cm), peso fresco de la parte aérea (g) (órgano de cosecha) y rendimiento (kg m<sup>-2</sup>); así como el peso seco (g) de la fracción aérea, raíz y total del cultivo al momento de la recolección, para lo cual se extrajeron 10 plantas por replicas, para el secado en estufa a 75 °C durante 72 horas. En todos

los casos la información estadística, se procesó para análisis de valor promedio, desviación estándar, varianza y separación de medias de diferencia significativa mínima (DSMn), con el paquete The SAS System for Windows 9, versión en español, según diseño experimental de bloques al azar.

Además se tomó muestra de suelo compuesta, con tres replicas antes de la preparación de suelo. El examen de suelo se realizó en el laboratorio de análisis de suelo del INECOL (Instituto de Ecología A.C) de Veracruz, según NOM-RECNAT-2000 de SEMARNAT [13], las determinaciones realizadas fueron: de K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> intercambiable (cmol+/kg); fósforo asimilable (ppm), materia orgánica (%) y pH, Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización química del suelo donde se estableció el estudio.

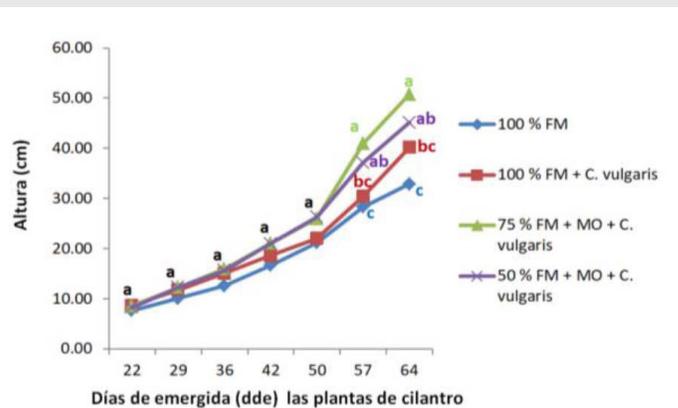
Componentes	Unidad	Valor
Textura	-	Franco
pH	-	6.78 ± 0.123
K	cmol+/kg	2.31±1.153
Ca	cmol+/kg	7.93 ±1.357
Mg	cmol+/kg	1.26 ± 2.379
P	ppm	2.08 ± 2.892
MO	%	6.17 ± 2.947

**RESULTADOS**

Los valores de la Tabla 2, destacan que el suelo sobre el cual se establecieron los tratamientos, posee adecuadas condiciones para la producción agrícola del cultivo de cilantro, según los valores presentados y de acuerdo a los criterios, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelo para México (NOM-RECNAT-2000) [13]. Por lo tanto, emplear alternativas de nutrición de cultivos con carácter agroecológico, que preserven o incrementen la fertilidad inicial del suelo, es en la actualidad una demanda de la investigación y producción agrícola.

Se ha demostrado que la fertilización tradicional de los cultivos a base de fertilizantes químicos minerales perturban la calidad agrícola del suelo, provocando disminución en los valores de materia orgánica y de pH e incrementos en las concentraciones de calcio, magnesio intercambiable y fósforo asimilable; lográndose la mitigación de tales variaciones, con el empleo de abonos orgánicos, en combinación con bio-productos, donde se utiliza la microalga *Chorela vulgaris* [14].

Por su parte la Figura 1, presenta la respuesta de la variable altura desde los 22 días de emergida (dde) las plantas de cilantro hasta los 64 dde momento en que se cosecha, nótese que la diferencia (P ≤ 0,05), es a partir de los 57 y 64 dde las plantas, evidenciando el efecto positivo de la microalga, el cual se intensifica cuando se combina con el portador de materia orgánica y se reduce la fertilización químico mineral.



Grafica 1. Altura (cm) de plantas de cilantro a los 22, 29, 36, 42, 50, 57 y 64 días de emergida (dde) las plantas. Respuesta a manejo con diferentes tratamientos de fertilización. Diferencia significativa mínima (DSMn): 4.348, 4.275, 6.016, 6.042, 7.138, 8.271 y 9.486. Coeficiente de variación (CV): 16.07, 18.39, 20.26, 15.63, 14.95, 12.09 y 11.08. \* (P ≤ 0.05).

La diferencia en altura al momento de la cosecha entre los tratamientos 2(100 % FM + C. vulgaris) y 1(100 % FM), o sea 40.24 vs 32.93 cm se debe a la aplicación de la microalga. En este sentido Abdel y Ibraheem, (2012) reportan que las microalgas producen y libran sustancias biocelulares fuera de sus células, que pueden influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas, las cuales son sustancias promotoras del crecimiento vegetal [15]. Mientras que en los tratamientos 3 (75 % FM + MO + C. vulgaris) y 4 (50 % FM + MO + C. vulgaris), las alturas finales fueron de 50.77 y 45.15 cm, debiéndose los incrementos con respecto al testigo y al tratamiento 2, a la combinación del efecto positivo del microorganismo y la aplicación edáfica de un portador de materia orgánica, creando condiciones que incrementan la eficiencia de los procesos relacionados con el desarrollo vegetal.

En la Tabla 3, se presentan las variables morfológicas, número de hojas y largo de raíz, al momento de la cosecha.

Tabla 3. Número de hojas y largo de raíz (cm) del cilantro, manejado con diferentes tratamientos de fertilización, a los 64 dde la semilla (momento de cosecha).

Tratamientos	Número de hojas	Largo de raíz
100 % FM	14.00 <sup>c</sup>	29.05 <sup>d</sup>
100 % FM + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )	15.13 <sup>b</sup>	31.70 <sup>c</sup>
75 % FM + 3 kg m <sup>-2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )	16.94 <sup>a</sup>	36.01 <sup>a</sup>
50 % FM + 3Kg m <sup>-2</sup> de MO + Microalga ( <i>Chorela vulgaris</i> )	16.91 <sup>a</sup>	34.33 <sup>b</sup>
<b>DSM<sub>n</sub></b>	<b>0.821</b>	<b>1.338</b>
<b>CV (%)</b>	<b>3.261</b>	<b>2.553</b>

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, \* (P ≤ 0.05); DSMn (Diferencia significativa mínima) y Coeficiente de variación (CV).

A partir del análisis de varianza se observan diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ), en la variable número de hojas, para las diferentes formas de fertilización al momento de la cosecha, destacando que las variantes de fertilización propuestas superaron al tratamiento testigo 100 % de FM; siendo mayor el valor de esta variable cuando se combinaron la aplicación a la semilla y foliar con microalga y el empleo al suelo de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  del portador orgánico.

Con respecto a la aplicación de abonos orgánicos al cultivo del cilantro Ayala, (2018) expone que el cilantro responde a la aplicación de tipos y dosis de abono orgánico, favoreciendo entre otras variables de crecimiento, el número de hojas [16]. Por su parte la utilización de microalgas en lo fundamental *Chorela vulgaris* ha sido reportado sus beneficios en los cultivos de maíz, trigo y uvas vinícolas, donde aumentaron sus crecimientos y rendimientos respectivamente [17, 18, 19].

La otra variable que se expone en la Tabla 3, es el largo de raíz, la cual presento diferencias significativa ( $P \leq 0,05$ ), con tendencia similar al número de hojas. La importancia de esta variable radica en que, a mayor longitud de raíz, condiciona a la planta para una mayor absorción de humedad y nutrientes. Este resultado evidencia que el microorganismo de estudio, también estimula la raíz, al respecto Norrie, (2005); Uribe et al., (2018) reportan los beneficios de las algas y microalgas en un órgano tan importante como la raíz de las plantas, por su aporte de diversos compuestos y contenidos de reguladores de crecimiento [20, 21].

Por su parte la Tabla 4, muestra la información referente a las variables fisiológicas (peso seco de la parte aérea, raíz y total de planta del cilantro a los 64 dde la semilla, momento de cosecha; presentando diferencias significativa ( $P \leq 0,05$ ), para las tres variables evaluadas, destacando en todos los casos los tratamientos 3 y 4, 75 % FM +  $3 \text{ kg m}^{-2}$  de MO + Microalga (*Chorela vulgaris*) y 50% FM +  $3 \text{ Kg m}^{-2}$  de MO + Microalga (*Chorela vulgaris*), respectivamente.

**Tabla 4.** *Peso seco (g) de la parte aérea, raíz y total de planta del cilantro, manejado con diferentes tratamientos de fertilización, a los 64 dde la semilla (momento de cosecha).*

Tratamientos	Peso seco partea aérea	Peso seco raíz	Peso seco total de planta
1	3.09 <sup>d</sup>	1.54 <sup>d</sup>	4.63 <sup>c</sup>
2	4.60 <sup>c</sup>	3.02 <sup>c</sup>	7.62 <sup>b</sup>
3	5.14 <sup>b</sup>	4.08 <sup>a</sup>	9.22 <sup>a</sup>
4	5.75 <sup>a</sup>	3.90 <sup>b</sup>	9.65 <sup>a</sup>
<b>DSM<sub>n</sub></b>	<b>0.421</b>	<b>0.144</b>	<b>0.430</b>
<b>CV (%)</b>	<b>5.66</b>	<b>2.86</b>	<b>3.46</b>

Se puede observar que el mayor peso seco de la parte aérea se presentó en el tratamiento 4, seguido por el 3, órgano destinado a la cosecha, en este particular Peil y Galvez, (2005); Casierra, et al. (2007) expresan que el rendimiento de un cultivo está determinado por

la capacidad de acumular materia seca en los órganos destinados a la cosecha [22, 23]. Por su parte, el peso seco de raíz invirtió la tendencia. Mientras que para la biomasa seca total de planta no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos 3 y 4, pero si entre estos y el resto de las variantes, lo que confirma la validez de las alternativas propuestas a la nutrición del cultivo de cilantro.

La Tabla 5, muestra las variables peso fresco de la parte aérea y rendimiento de follaje, los cuales presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), donde los tratamiento 4 y 3 muestran los mejores resultados en ese orden.

**Tabla 5.** *Peso fresco (g) de la parte aérea y rendimiento (kg m<sup>-2</sup>) de follaje fresco del cultivo de cilantro a los 64 dde la semilla (momento de cosecha).*

Tratamientos	Peso fresco	Rendimiento
1	31.53 <sup>d</sup>	0.93 <sup>c</sup>
2	42.52 <sup>c</sup>	1.25 <sup>b</sup>
3	67.40 <sup>b</sup>	2.02 <sup>a</sup>
4	71.17 <sup>a</sup>	2.11 <sup>a</sup>
<b>DSM<sub>n</sub></b>	<b>2.088</b>	<b>0.103</b>
<b>CV (%)</b>	<b>2.44</b>	<b>4.09</b>

*Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, \* ( $P \leq 0.05$ ); DSM<sub>n</sub> (Diferencia significativa mínima) y Coeficiente de variación (CV).*

El peso fresco del follaje, es una variable muy importante, ya que es la manera en que se comercializa el cilantro para su consumo en fresco. La expresión numérica de la variable expone que hubo efecto positivo del microorganismo *Chorela vulgaris*, mediante el empleo del mismo se aumentó el peso fresco del follaje con respecto al testigo, tratamientos 2 vs 1 en un 34.40%; tal resultado evidencia los efectos positivos de este microorganismo. En relación Stirk, et al. (2002); Molnar y Ördög, (2005), reportan que las microalgas y sus medios de cultivo contienen sustancias promotoras de crecimiento denominadas fitohormonas [24, 25]. De igual manera Becker, (2007) expone que poseen un contenido interesante de micro y macro nutrientes, los cuales en conjunto, tienen el potencial de mejorar la disponibilidad de nutrientes, pudiendo promover cultivos más robustos y saludables [26]. En este mismo sentido Martínez, et al. (2008) explican que estos microorganismos al suministrar condiciones más nutritivas durante el cultivo de verduras y hortalizas, favorece la obtención no solamente de cultivos más productivos, como ocurre en la fertilización convencional con productos agroquímicos, sino que podría promover la síntesis de sustancias nutricionales y funcionales de interés para el cuidado y mejora de la salud de los consumidores [27].

La información del rendimiento ratifica la tendencia de los tratamientos en estudio, donde las variantes 3 y 4 permiten una reducción del 25 y 50 % de la fertilización

químico mineral cuando se emplea un portador de materia orgánica y la microalga *Chorella vulgaris*.

Es importante señalar que en un estudio similar en cultivo de cilantro, realizado por Fierro (2015), obtiene para el tratamiento Suelo + Materia Orgánica + Consorcio de microalgas (*Chorella sp.*) y (*Scenedesmus sp.*) reproducidas a base de abono líquido de conejo, valores de altura de planta, número de hojas y rendimiento por plantas de, 73.56 cm, 19.20 y 33.71 g planta<sup>-1</sup> respectivamente a las 8 semanas [28]. Estos resultados difieren en valor con la investigación actual, siendo mayores que los obtenidos en esta, para altura y número de hojas, no así en rendimiento por planta. Tales diferencias se asocian a las condiciones de estudios, plantas de cilantro desarrolladas en bolsas, sustrato conformado por suelo y materia orgánica y reproducción de un consorcio de microalgas a partir de abono líquido de conejo.

Sin embargo, ambos estudios evidencian la importancia de combinar los microorganismos algales con aplicaciones edáficas de portadores orgánicos; ya que la tendencia en ambas investigaciones es similar.

La incorporación al suelo de un portador de materia orgánica, conjuntamente con la aplicación del microorganismo *Chorella vulgaris*, se puede considerar como práctica mejoradora de las potencialidades del cultivo de cilantro, que permite la reducción de la fertilización mineral en el mismo entre un 25 y 50%. Demostrando que la mejor respuesta productiva, no está en la dosis neta de elementos aplicados a través de la fertilización mineral y que es también función de la existencia de un entorno favorable a la planta, a cuya conformación la materia orgánica y la microalga realizan una contribución decisiva.

## CONCLUSIONES

La importancia de la investigación radica, en la propuesta de alternativas de nutrición en el cultivo del cilantro (*Coriandrum Sativum L.*), con características agroecológicas, a la utilizada tradicionalmente mediante el empleo de fertilizantes químico mineral de síntesis.

A partir de los resultados obtenidos, se puede reducir la fertilización recomendada por [12], 100-30-70 kg por hectárea de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, entre un 25 y 50% de la misma. Considerando que el Estado de Puebla, se cultivan anualmente 2,380 hectáreas de cilantro [3]; las alternativas propuestas estarían reduciendo en 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> anualmente, lo que multiplicado por el total de hectáreas que se siembran en el estado, se estaría reduciendo la aplicación de agroquímicos y su impacto en el ambiente en 119,000 y 238,000 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente de fertilizantes químico mineral. Sin embargo sería necesario evaluar la propuesta de estudio en diferentes ambientes edafoclimáticos que se presentan en el estado.

**Tales resultados permiten concluir que:**

1. El efecto distintivo de la microalga, fue positivo en función del crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Esta información se obtiene al comparar los tratamientos 2 vs el 1.

2. Las alternativas agroecológicas de nutrición de plantas propuestas (microalga *C. vulgaris*, aplicación edáfica de 3.0 kg m<sup>-2</sup> de un portador de materia orgánica y reducciones del 25 y 50% de la fertilización químico mineral), permitieron que el cultivo alcanzara mayor crecimiento y desarrollo, expresado a través de las variables: altura de planta, número de hojas, pesos secos de biomasa aérea, raíz y total de planta.

3. La incorporación al suelo de composta a base de estiércol, como portador orgánico (en dosis de 3.0 kg m<sup>-2</sup>) y el empleo del extracto de microalga *C. vulgaris*, permiten reducir la fertilización químico mineral en el cultivo entre el 25 y 50 % de la misma, sin afectar el peso fresco y el número de hojas del cilantro, componentes del rendimiento en la producción de follaje fresco del cultivo, además del rendimiento del cultivo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] González, E., Villalobos, S., Rodríguez, A. y Avilés, W., I., (2017). *Cilantro (Coriandrum sativum L.) un cultivo ancestral con potencial sub-utilizado. Libro Técnico Núm. 9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimental Bajío Celaya, Guanajuato, México, ISBN: 978-607-37-0912-5.*

[2] InfoAgro, (2019). *El cultivo del cilantro (Coriandrum sativum L, Fam. Apiáceas).* <https://www.infoagro.com/aromaticas/cilantro.htm> (consultado 26-12- de 2019).

[3] Tibaduiza, V., Huerta, A., Morales, J., Hernández, A., M. y Muñiz, E., (2018). *Sistema de producción del cilantro en Puebla y su impacto en la inocuidad. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9 (4), 773- 786.*

[4] Burbano, O. H., (1989). *El suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pastos, Colombia, Universidad de Nariño, 447 p.(Serie Investigaciones, No.1)*

[5] Lino, A., Apolinar, M., Murrieta, R., Sánchez, A. y García, K., A., (2018). *Evaluación de la fertilización órgano-mineral en cultivo de rábano (Raphanus sativus L.), bajo condiciones de invernadero. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver., México. Año 2, Núm. 1, 1849 p.*

- [6] Norrie, J. and J., P., Keathley, (2005). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine plan extract applications to Thompson seedless grape production. (Proceedings of Xth International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production) *Acta Hort.* 727 (1): 243-248.
- [7] Hernández, H. R. M., F.R. Santacruz, M.A. Ruiz, J. Norrie, y G. Hernández, (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology* 26 (1): 619-628. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1019928425569#page-1> (consultado 28/12/2019).
- [8] Lino, A., Apolinar, M., Gómez, D., Gómez, N. y García, J., A., (2019). Uso combinado de microorganismos benéficos y materia orgánica como alternativas a la nutrición edáfica en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático.* INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver., México. Año 3, Núm. 1, 2488 p.
- [9] Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, (2009). La Magdalena Tlatlauquitepec, Puebla, Clave geoestadística 21095.
- [10] Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, 2010. Protocolo: Cultivo de Microalgas. Recuperado de <https://www.academia.edu/8656000/Protocolo-microalgas>. (consultado 25/11/2018).
- [11] Romo, A., K., 2002. Manual para el cultivo de microalgas (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma De Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México. UABCS 57pp
- [12] Estrada, E., I., Garda, M., A., Cardozo, C., I., Gutiérrez, A., Baena, D., Sánchez, M., S. y Vallejo, F., A., (2004). Cultivo de Cilantro: Variedad UNAPAL Precoso. Programa de Investigación: "Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas". Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Segunda Edición, ISBN 958-8095-19-0.
- [13] SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial (segunda sección).
- [14] Lino, A., Apolinar, M., Gómez, D., Gómez, N. y García, J., A., (2019). Uso combinado de microorganismos benéficos y materia orgánica como alternativas a la nutrición edáfica en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático.* INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver., México. Año 3, Núm. 1, 2488 p.
- [15] Abdel, N., Al, A., A. and Ibraheem, I., B., M., (2012). Agricultural importance of algae. Review: *African Journal of Biotechnology*, 11(54): 11648-11658, disponible en: Available online at <http://www.academicjournals.org/AJB>, DOI: 10.5897/AJB11.3983; ISSN 1684-5315.
- [16] Ayala, J., (2018). Evaluación del cilantro a la aplicación de distintas proporciones y tipos de abono orgánico en condiciones de Montería - Colombia. Proyecto de Trabajo de grado modalidad Investigación presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Córdoba Facultad de Ciencias Agrícolas Programa de Ingeniería Agronómica, Montería, Colombia.
- [17] Mahmoud M. Shaaban , (2001). Nutritional Status and Growth of Maize Plants as Affected by Green Microalgae as Soil Additives. *Journal of Biological Sciences*, 1: 475-479. DOI: 10.3923/jbs.2001.475.479.
- [18] Faheed, F. A., & Fattah, Z. A., (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as Biofertilizer on Growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *gris.fao.org*: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2009000203> (consultado 26-12- de 2019).
- [19] El Moniem, E. A., & Abd Allah, A. S., (2008). Effect of Green Alga cells Extract as foliar spray on vegetative growth yield and berries quality of Superior Grapevines. *www.idosi.org*: [http://www.idosi.org/aejaes/jaes4\(4\)/5.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes4(4)/5.pdf) (consultado 26-12- de 2019).
- [20] Norrie, J., (2005). Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. *Tegralia*, 15: 26-30.
- [21] Uribe, M., Mateo, L., E., Mendoza, A., C., Amora, E., F., González, D. y Durán, D., (2018). Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *Revista IDESIA (Chile)*, 36, (3): 69-76, DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202>.
- [22] Peil, R., M. y Galvez, J., L., (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. bras. Agrociência*, 11 (1): 05-11.

[23] Casierra, F., Constanza, M. y Cárdenas, J., F., (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2), 299-30.

[24] Stirk, W., A., Ördög, V., Van Staden, J. and Jäger, K.,(2002). Cytokinin- and auxin-like activity in Cyanophyta and microalgae. *Journal of Applied Phycology* 14: 215-221.

[25] Molnar, Z., y Ördög, V., (2005). "Microalgal and cyanobacterial extracts in the tissue culture of higher plants (pea, tobacco, beet). *Acta Biologica Szegediensis*, 49(1-2), 39-40.

[26] Becker, E. W., (2007). "Micro-algae as a source of protein." *Biotechnology Advances*, 25, 207-210.

[27] Martínez, M. C., López, L., Hernández, M., López, C., Nieves, F. G. y Carvajal, M., (2008). "Agricultural practices for enhanced human health." *Phytochem Rev.*, 7, 251-260.

[28] Fierro, E., J., (2015). *Respuesta de Col China (Brassica rapa L. ssp. pequinensis (Lour.) Hanelt.) y Culantro (Coriandrum sativum L.) a la Aplicación al Suelo del Consorcio de Microalgas (Chlorella sp.) y (Scenedesmus sp.)*. Tesis de Grado Previa a la Obtención del Título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ciencias Agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica, Quito, Ecuador.



Bioquímica  
*y*  
Biológicos

---

Ingeniantes

# Hidrogeles antibacterianos a partir de xilanas del agave tequilero con nanopartículas de plata generadas in-situ



## Colaboración

Alfredo Escalante; Patricia del Rosario Retamoza Vega; Emmanuel Franco López Velarde; Jesús Guadalupe Martínez Ponce de León; Guillermo Toriz, Universidad de Guadalajara

Fecha de recepción: 18 de mayo de 2021

Fecha de aceptación: 07 de septiembredel 2021

**RESUMEN:** Se reporta el aprovechamiento del bagazo de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber var. azul) para la elaboración de biomateriales funcionales. El bagazo de agave (bagazo) se deslignificó con clorito de sodio y posteriormente se aisló la fracción de hemicelulosas tipo xilanas. Se encontró que el bagazo contiene 19% de xilanas. Las xilanas se modificaron para fabricar hidrogeles mediante funcionalización con anhídrido succínico para crear grupos carboxilo que posteriormente fueron conjugadas con tiramina a través de su activación con EDAC y NHS y entrecruzadas enzimáticamente con peroxidasa HRP. Las xilanas de agave, los productos succinilados y conjugados se analizaron por espectroscopía FT-IR para validar los cambios en su estructura molecular.

Los hidrogeles fueron cargados con diferentes concentraciones de nitrato de plata para la formación in-situ de nanopartículas de plata. El efecto antibacteriano contra *E. coli*, *S. aureus*, *Pseudomona aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* fue evaluado según el método de Kirby-Bauer. Se encontró que concentraciones de 10mM de  $\text{AgNO}_3$  ofrecieron un efecto antibacterial contra *S. aureus* y *E. coli*.

**PALABRAS CLAVE:** Bagazo de agave tequilero, Xilanas, Biomateriales funcionales, Hidrogeles antibacterianos.

**ABSTRACT:** In this study we report on the utilization of agave bagasse (*Agave tequilana* Weber var. azul) for production of functional biomaterials. Agave bagasse was delignified with sodium chlorite and thereafter xylans were isolated (19 wt. %). Xylans were functionalized with succinic anhydride to create carboxyl groups. Succinilated xylans were conjugated with tyramine through activation with EDAC/NHS and thereafter enzymatically crosslinked with horse radish peroxidase to create hydrogels. Agave xylans, succinylated, and conjugated xylans were analyzed with FTIR spectroscopy to asses changes in their molecular structure.

Hydrogels were formed and loaded with various concentrations of silver nitrate in order to generate in situ silver nanoparticles. Antibacterial activity against *E. coli*, *S. aureus*, *Pseudomona aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* was evaluated according to the Kirby-Bauer method. It was found that addition of  $\text{AgNO}_3$  10 mM had antibacterial effect against *S. aureus* and *E. coli*.

**KEYWORDS:** Tequila agave bagasse, Xylans, Functional biomaterials, Antibacterial Hydrogels.

## INTRODUCCIÓN

El bagazo de agave constituye el 40% en peso del agave tequilero y es fuente de grandes volúmenes de desecho de la industria tequilera, lo que representa un grave problema ambiental [1, 2]. Sin embargo, el bagazo de agave puede ser aprovechado para obtener productos de alto valor agregado a partir de los materiales lignocelulósicos que lo conforman.

Los lignocelulósicos se componen de celulosa, hemicelulosas y lignina –los polímeros más abundantes en la naturaleza (3-5) y son de gran interés para ser utilizados industrialmente debido a su bajo costo y a su amplia disponibilidad [6, 7].

Las hemicelulosas son heteropolisacáridos cuya cadena principal se compone de pentosas y hexosas, que forman cadenas de 100 a 200 unidades, y en el caso concreto del bagazo de agave, se pueden obtener hasta 20% de este biopolímero [8]. En el presente trabajo se estudiaron las xilanas del bagazo de agave tequilero ya que es la hemicelulosa más abundante en este material. Se trata de moléculas de D-xilosa unidas a través de enlaces glucosídicos  $\beta$ -(1→4), que puede presentar acetilaciones y ramificaciones de arabinosa (unida a ácido ferúlico o p-coumárico), ácido glucurónico y ácido 4-O-metil éter-glucurónico [3, 9]. Las xilanas de agave representan un biopolímero que puede ser utilizado en aplicaciones de alto valor agregado a través de la preparación de hidrogeles funcionales. Un hidrogel es una sustancia que puede retener varias veces su peso en agua y permite ser un vehículo para el envío de compuestos de interés como fármacos, biomoléculas activas [10-13], pesticidas, etc.

Para alcanzar esta propiedad las xilanas del bagazo de agave deben ser funcionalizadas con grupos reactivos que permitan obtener redes tridimensionales que retengan agua. Las xilanas contienen grupos hidroxilo que son sitios para realizar una esterificación con anhídrido acético, resultando en la implantación de grupos carboxilo que permiten la conjugación con tiramina a través de enlaces amida. El grupo fenólico de la tiramina es un grupo lábil que puede ser polimerizado/entrecruzado entre las cadenas de xilana para la formación de hidrogeles [14].

La combinación de xilanas en forma de hidrogeles con nanopartículas de plata, tiene gran potencial en aplicaciones biomédicas como agentes antimicrobiales contra bacterias y virus [15].

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Materiales.** El bagazo de agave se obtuvo de la compañía tequilera Cava de Oro ubicada en el municipio del Arenal, Jalisco, México.  $\text{NaClO}_2$  (80%),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (99%), KOH (90%), NaOH (97%),  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (99.5%), DMF (99.9%), Anhídrido Succínico (97%), Tiramina (99%), EDAC (>98%), NHS (98%),  $\text{AgNO}_3$  (99.9%), HRP (>250 unidades/mg) fueron obtenidos de Sigma-Aldrich (Toluca, México).

**Caracterización del bagazo de agave.** La composición química del bagazo de agave se realizó utilizando los estándares TAPPI. Contenido de cenizas (TAPPI T211 om-02 2002), extraíbles en acetona (TAPPI T280 pm-99, 1999), Extraíbles en agua caliente (TAPPI T207 cm-99, 1999), contenido de lignina (TAPPI T222 om-02 2002), y  $\alpha$ -celulosa (TAPPI T203 cm-99, 1999). El contenido de hemicelulosas se determinó por diferencia. El contenido de pentosanos se determinó con la TAPPI T223 cm-84. El contenido de Holocelulosa se determinó por el método usual WISE [16].

**Deslignificación del bagazo de agave.** El bagazo de agave se trató siguiendo el método de WISE con algunas modificaciones [9, 16]: 100 gr de bagazo base seca se colocan en un matraz Erlenmeyer de 5L, se le adiciona 2.5L de agua desionizada y se calienta a 70-80°C. Se le agrega 10mL de ácido acético glacial y 37.5 gr de  $\text{NaClO}_2$  y se deja reaccionar por 12 horas. El proceso se repite hasta completar 60 horas de reacción. El contenido del matraz se filtra en malla 200 y se lava con abundante agua hasta obtener una pulpa blanca (holocelulosa) se deja secar al aire.

**Aislamiento de  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosas.** Este proceso se llevó a cabo siguiendo el protocolo de Timell [17]: en un matraz Erlenmeyer de 2 L se agrega la holocelulosa obtenida (aprox 62 g) y se le añade KOH al 24% a temperatura ambiente por 24 horas con agitación manual ocasional. El contenido del matraz se filtra en papel. El Filtrado 1 se guarda para posterior uso. El producto sólido ( $\alpha$ -celulosa) se lavó con abundante agua, se dejó secar al aire y se almacenó. El material líquido del lavado (Filtrado 2) se concentra en rotavapor, hasta obtener 100mL. Se mezclan ambos filtrados (aproximadamente 500 mL) y se agregan gota a gota en un vaso de precipitado de 5L con 2.2 L de una solución al 9.1% de ácido acético en etanol. El contenido del vaso de precipitado se filtra a vacío a través de papel filtro. El producto líquido se descartó. El producto sólido (24 g Hemicelulosas de Agave) se lavó con etanol y se secaron en un horno a vacío.

**Obtención de xilanas.** Las hemicelulosas de agave se colocaron en un vaso de precipitado de 1 L, se le agregan 170 mL de KOH al 10%, se agitó magnéticamente hasta disolver por completo las hemicelulosas y se le añadió gota a gota 340 mL de solución de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  al 5%. El contenido del vaso de precipitado se centrifugó a 4000 rpm, se decantó y se recuperaron ambas fracciones (líquida y precipitada). El material precipitado se lavó con etanol, se secó a vacío y se almacenó (0.6 gr). La fracción líquida (aproximadamente 510 mL), se agregó gota a gota en un vaso de precipitado de 5L con 2.2L de una solución al 9.1% de ácido acético en etanol. El contenido del vaso de precipitado se filtró a vacío a través de papel filtro. El producto líquido se descartó. El producto sólido (22.9 gr. Xilanas de Agave) se lavó con etanol y se secaron en un horno a vacío.

**Modificación de xilanas con anhídrido succínico.** Este proceso se realizó siguiendo a [18]: 1 gr. de AX se colocó en un matraz bola de 50 mL, se dispersa con 10 mL de DMF y se dejó en agitación magnética por 30 min. Se le añade 2.5 g de anhídrido succínico y 5 mg de acetato de sodio. El matraz de reacción se tapó, se usó nitrógeno para evacuar la humedad y se mantuvo en atmósfera de nitrógeno. El sistema se calentó a 70°C y se dejó reaccionar por 24 horas. El producto de la reacción se agregó gota a gota en vaso de precipitado con 30 mL de etanol frío (-15°C). El contenido del

vaso de precipitado se filtró a vacío a través de papel filtro. El producto líquido se descartó. El producto sólido (0.9 g. Xilanas de Agave Succiniladas) se lavó con etanol y se secó en un horno a vacío. La muestra se etiquetó como AX-S.

**Conjugación con tiramina.** La conjugación se realizó siguiendo el protocolo de Kuzmenko y colaboradores [14]: 500 mg de AX-S se colocaron en un matraz bola de 50 mL y se le agregaron 20 mL de agua desionizada (DI). El matraz de reacción se tapó y se agitó magnéticamente por 30 minutos. Se añadieron 87 mg de EDAC y 63 mg de NHS, el sistema se acondicionó para que la reacción se llevara a cabo en atmósfera de nitrógeno. Se preparó una solución de 63 mg de tiramina en 6 mL de DMF y se añadieron gota a gota, la reacción se dejó en atmósfera de  $N_2$  a temperatura ambiente y en agitación por un periodo de 3 días. El contenido de la reacción se agregó gota a gota en un vaso de precipitado con 90 mL de etanol frío ( $-15^{\circ}C$ ). El contenido del vaso de precipitado se filtró a vacío a través de papel filtro. El producto líquido se descartó. El producto sólido (460 mg de AX-S tiraminizadas) se lavó con etanol y se secaron en un horno a vacío. La muestra se etiquetó como AX-TA.

**Formación de hidrogeles con nanopartículas de plata.** La elaboración de los hidrogeles se llevó a cabo siguiendo la metodología reportada por (14): 25 mg de muestra del conjugado AX-TA se disolvieron en 350  $\mu L$  de  $H_2O$  DI, se le adicionó 48  $\mu L$  de solución de HRP en agua (600  $\mu g/mL$ ), se agitó por 1 min a 2500 rpm en un equipo vortex y posteriormente se le agregó 52  $\mu L$  de  $H_2O_2$  al 0.3%. El gel se formó inmediatamente al agregar el peróxido. Otras muestras se prepararon disolviendo 25 mg de conjugado AX-TA con 400  $\mu L$  de soluciones de  $AgNO_3$  con concentraciones de 0.125, 1.25 y 12.5 mM para lograr obtener tres concentraciones finales de 0.1, 1.0 y 10.0 mM de  $AgNO_3$  respectivamente. Todos los procedimientos de formación de hidrogeles se llevaron a cabo dentro de tubos eppendorf a temperatura ambiente, obteniendo un volumen final del hidrogel de 500  $\mu L$ .

**Pruebas antibacterianas.** El efecto antibacteriano de los hidrogeles de xilanas de agave cargados con AgNPs en distintas concentraciones fue evaluado mediante el método de Kirby-Bauer cuantificando el diámetro del halo de inhibición formado por las muestras de AX-TA y AgNPs. Primeramente, se procedió a ajustar las unidades formadoras de colonias (UFC) a 0.5 según la escala de McFarland ( $1.5 \times 10^8$  UFC) en tubos con medio de cultivo Müller-Hinton. Posteriormente se cortaron discos de 5 mm de diámetro por 2 mm de grosor de cada uno de los hidrogeles cargados con AgNPs en distintas concentraciones, así como también hidrogeles solo de AX-TA como referente control, y se colocaron sobre cajas Petri con agar y se colocaron en incubación a  $37^{\circ}C$  durante 24 h. El diámetro resultante de cualquier zona

de inhibición (mm) fue medido. También se evaluaron discos impregnados con antibiótico SXT (sulfametoxazol/trimetoprima, 235 mg/mL) como control positivo. Todos los experimentos se realizaron por triplicado en condiciones con ambiente estéril.

## RESULTADOS

**Caracterización del bagazo de agave.** En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización del bagazo de agave. Es de destacarse que la fracción correspondiente a hemicelulosas, que representan el 18.6% en peso con respecto al bagazo de agave seco, está formada por pentosanos.

Tabla 1. Caracterización química de bagazo de agave

Componente	% en peso
Cenizas	3.3 $\pm$ 0.2
Extraíbles en acetona	4.2 $\pm$ 1.1
Extraíbles en agua caliente	4.2 $\pm$ 0.8
Lignina	21.5 $\pm$ 2.4
Holocelulosa (celulosa+hemicelulosas)*	66.8 $\pm$ 0.6
Celulosa	48.2 $\pm$ 2.8
Hemicelulosas	18.6 $\pm$ 2.8
Pentosanos	18.7 $\pm$ 0.5

Nota: todos los porcentajes están dados con respecto al peso del bagazo de agave seco. El porcentaje de hemicelulosas se obtuvo por diferencia entre holocelulosa y celulosa.

**Análisis de infrarrojo.** En la gráfica de la Figura 1 se muestran los espectros obtenidos mediante espectroscopía de FT-IR para las xilanas de agave (AX) sin modificar y modificadas. El espectro indicado con la línea negra corresponde a la muestra AX (xilana de agave sin modificar). Se observa su huella característica en los 1041  $cm^{-1}$  además de la banda en 895  $cm^{-1}$  característica del enlace  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) [19, 20]. Por otro lado, en el espectro de la muestra AX-S (línea azul) se observa una banda en los 1735  $cm^{-1}$  correspondiente a grupos carboxilos introducidos en las cadenas de las xilanas luego del proceso de succinilación. El espectro del material conjugado (AX-TA) se aprecia en la línea color rojo, donde se indica una banda en los 1518  $cm^{-1}$  resultado de la conjugación con la tiramina. Estos resultados validan la eficiencia de la metodología para la realización de los procesos de purificación, funcionalización y conjugación de las xilanas de agave.

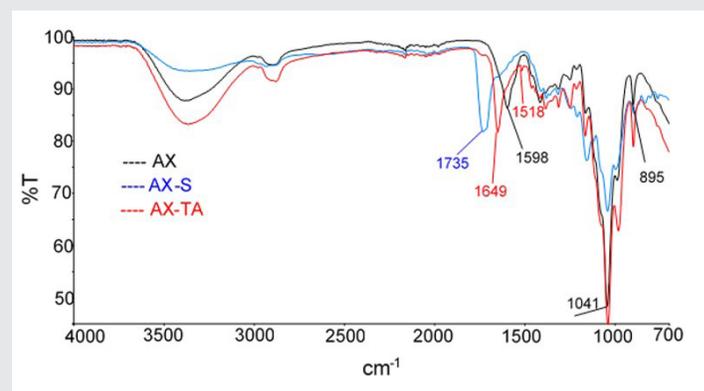


Figura 1.- Espectros FT-IR de las xilanas de agave. AX purificada (línea negra). AX-S succinilada (línea azul). AX-TA conjugado (línea roja).

**Hidrogeles de agave con nanopartículas de plata.** En la Figura 2 se muestran las características físicas del hidrogel de AX-TA. Los geles formados con y sin  $\text{AgNO}_3$  no presentaron diferencias visuales. La Figura 2a es el hidrogel de AX-TA segundos después de agregar el peróxido para su entrecruzamiento. Todos los hidrogeles presentaron la misma coloración amarillosa al inicio. La Figura 2b es la imagen SEM de la sección transversal del gel después de haberlo liofilizado. Todos los geles (con y sin  $\text{AgNO}_3$ ) presentaron las mismas características. Puede apreciarse una formación semejante a un panal de avispas.

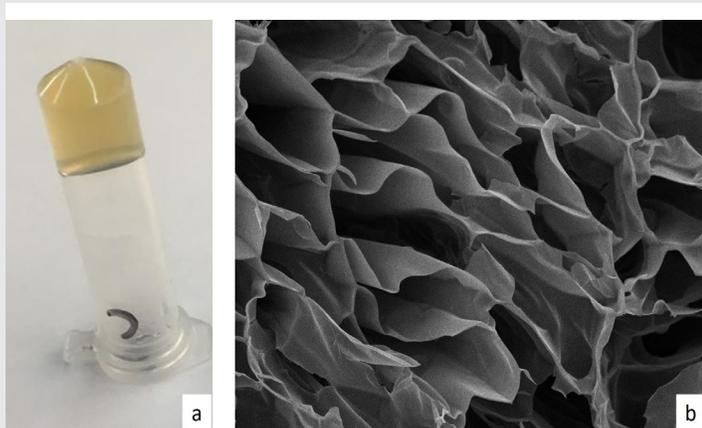


Figura 2.-Hidrogel de AX-TA (a) e Imágen SEM de la sección transversal del hidrogel AX-TA (b).

En la Figura 3 se muestran los hidrogeles cargados con diferentes concentraciones de nanopartículas de plata (AgNPs). Las xilanas presentan un grupo reductor al final de la cadena, esto hace que el  $\text{AgNO}_3$  reaccione, formando así las AgNPs. En la Figura 3 se observa claramente las diferentes coloraciones de los hidrogeles debido a la concentración de AgNPs. Estas coloraciones se obtuvieron a los 15 días de formado el hidrogel. Como confirmación de la presencia de AgNPs, se hizo un barrido por UV-Vis desde 300-1000 nm y se observó una banda entre 350 y 450 nm, característica de las AgNPs [15]. La banda fue muy pronunciada para los hidrogeles a 10mM mientras que para los de menor concentración apenas fue perceptible.

**Pruebas antibacterianas.** En la Figura 4 se muestran los discos de xilanas de agave con y sin AgNPs, se incluyó un disco más, cargado con SXT, como referencia (disco al centro del cultivo). En las Figuras 4a, 4b, 4c y 4d se muestran los cultivos con las bacterias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomona aeruginosa* respectivamente.

En la Tabla 2 se muestran los diámetros de los halos formados alrededor de los diferentes discos en cada cultivo bacteriano. Se observó que los hidrogeles cargados con 10 mM de AgNPs mostraron efecto antibacteriano en los cultivos con *Staphylococcus aureus* y

*Escherichia coli*. Los halos formados por los diferentes discos fueron medidos en milímetros.

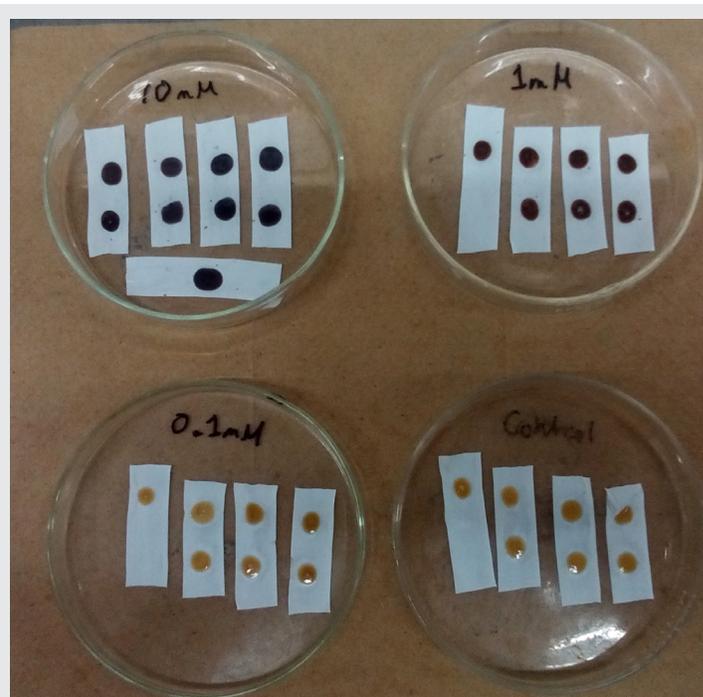


Figura 3.- Discos de hidrogeles cargados con diferentes concentraciones de AgNPs (0.1, 1.0 y 10.0 mM) y discos de hidrogeles solo con AX-TA como control negativo.

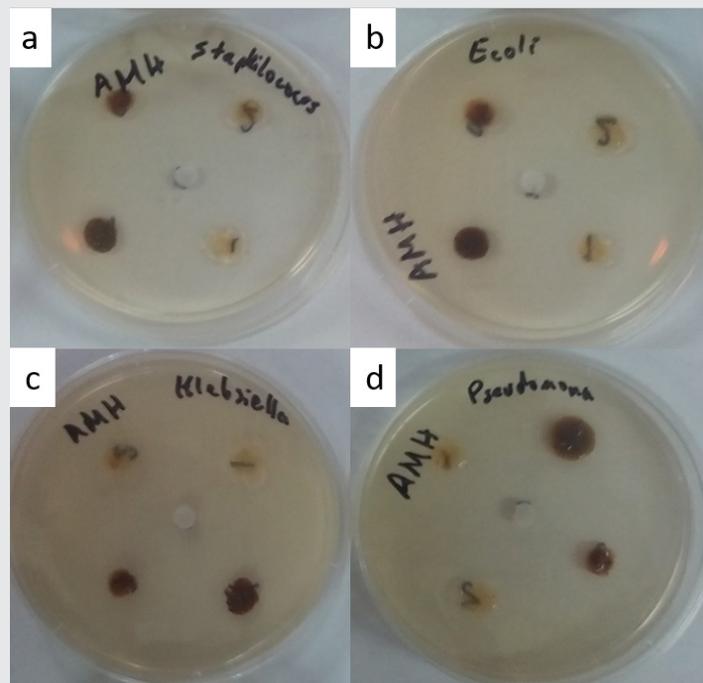


Figura 4.- Discos de hidrogeles en cultivos de bacterias a) *Staphylococcus aureus*, b) *Escherichia coli*, c) *Klebsiella pneumoniae* y d) *Pseudomona aeruginosa*.

Tabla 2. Zona de inhibición de los discos de hidrogeles en los cultivos bacterianos

Cultivo Bacteriano	Diámetro de halo (mm)				
	0	AgNPs (mM)			SXT
		0.1	1	10	
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	12	20	27
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	17	29
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	0	0	0	0
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	0	0	0	0	0

## CONCLUSIONES

El alto contenido de xilanas del bagazo de agave tequilero (19%) es una potencial alternativa para promover el aprovechamiento de este tipo de residuos agroindustriales y promover así el cuidado al medio ambiente. Este residuo, es una fuente con un alto contenido de xilanas que pueden ser utilizados en áreas de la salud, como biomédica, a partir de la modificación química de las cadenas del biopolímero. La síntesis in situ de Ag-NPs se llevó a cabo aprovechando los carbohidratos terminales de las hemicelulosas del agave, los cuales hacen el efecto de reducir la sal de plata en plata metálica con tamaño nanométrico. Las AgNPs sintetizadas in situ mostraron efecto antibacterial, principalmente contra los microorganismos *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Iñiguez, G., Acosta, N., Martinez, L., Parra, J., and González, O. (2005) Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 7. Compostaje de bagazo de agave y vinazas tequileras. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 21, 14.
- [2] Palomo-Briones, R., López-Gutiérrez, I., Islas-Lugo, F., Galindo-Hernández, K. L., Munguía-Aguilar, D., Rincón-Pérez, J. A., Cortés-Carmona, M. Á., Alatríste-Mondragón, F., and Razo-Flores, E. (2017) Agave bagasse biorefinery: processing and perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy* 20, 1423-1441.
- [3] Sjöström, E., ed (1993) *Wood chemistry: Fundamentals and applications*, Academic Press, Inc., San Diego.
- [4] Yang, Y. C., Mei, X. W., Hu, Y. J., Su, L. Y., Bian, J., Li, M. F., Peng, F., and Sun, R. C. (2019) Fabrication of antimicrobial composite films based on xylan from pulping process for food packaging. *International journal of biological macromolecules* 134, 122-130.
- [5] Gao, C., Ren, J., Kong, W., Sun, R., and Chen, Q. (2015) Comparative study on temperature/pH sensitive xylan-based hydrogels: their properties and drug controlled release. *RSC Advances* 5, 90671-90681.
- [6] Luo, J., Huang, K., Zhou, X., and Xu, Y. (2020) Hybrid films based on holistic celery nanocellulose and lignin/hemicellulose with enhanced mechanical properties and dye removal. *International journal of biological macromolecules* 147, 699-705.
- [7] García, Y. G., Reynoso, O. G., and Arellano, J. N. (2005) Potencial del bagazo de Agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. *e-Gnosis* 3, 18.
- [8] Li, H., Foston, M. B., Kumar, R., Samuel, R., Gao, X., Hu, F., Ragauskas, A. J., and Wyman, C. E. (2012) Chemical composition and characterization of cellulose for Agave as a fast-growing, drought-tolerant biofuels feedstock. *RSC Advances* 2, 4951.
- [9] Escalante, A., Gonçalves, A., Bodin, A., Stepan, A., Sandström, C., Toriz, G., and Gatenholm, P. (2012) Flexible oxygen barrier films from spruce xylan. *Carbohydrate Polymers* 87, 2381-2387.
- [10] Gutierrez-Hernandez, J. M., Escobar-Garcia, D. M., Escalante, A., Flores, H., Gonzalez, F. J., Gatenholm, P., and Toriz, G. (2017) In vitro evaluation of osteoblastic cells on bacterial cellulose modified with multi-walled carbon nanotubes as scaffold for bone regeneration. *Materials science & engineering.C, Materials for biological applications* 75, 445-453
- [11] Liu, X., Song, T., Chang, M., Meng, L., Wang, X., Sun, R., and Ren, J. (2018) Carbon Nanotubes Reinforced Maleic Anhydride-Modified Xylan-g-Poly(N-isopropylacrylamide) Hydrogel with Multifunctional Properties. *Materials (Basel)* 11
- [12] Spasojevic, D., Prokopijevic, M., Prodanovic, O., Zelenovic, N., Polovic, N., Radotic, K., and Prodanovic, R. (2019) Peroxidase-Sensitive Tyramine Carboxymethyl Xylan Hydrogels for Enzyme Encapsulation. *Macromolecular Research* 27, 764-771
- [13] Sun, X.-F., Zhang, T., and Wang, H.-H. (2021) Chapter 6 - Hemicelluloses-based hydrogels. In *Plant and Algal Hydrogels for Drug Delivery and Regenerative Medicine* (Giri, T. K., and Ghosh, B., eds) pp. 181-216, Woodhead Publishing
- [14] Kuzmenko, V., Hagg, D., Toriz, G., and Gatenholm, P. (2014) In situ forming spruce xylan-based hydrogel for cell immobilization. *Carbohydr Polym* 102, 862-868.
- [15] Morales, J., Morán, J., Quintana, M., and Estrada, W. (2009) Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata por la ruta Sol-Gel a partir de nitrato de plata *Revista de la Sociedad Química del Perú* 75, 8.
- [16] Wise, L. E., Murphy, Maxine., and D Addieco, Alfred A. (1946) Chlorite holocellulose, its fractionation and beating on summative wood analysis and on studies on the hemicelluloses. *Paper Trade* 122, 210-218.
- [17] Timell, T. E. (1961) Isolation of galactoglucomannans from the wood of gymnosperms. *Tappi* 44, 88-96
- [18] Wu, X. Y., and Lee, P. I. (2000) Preparation and characterization of inulin ester microspheres as

drug carriers. *Applied Polymer Science* 77, 833-840  
[19] Xu, F., Yu, J., Tesso, T., Dowell, F., and Wang, D. (2013) Qualitative and quantitative analysis of lignocellulosic biomass using infrared techniques: A mini-review. *Applied Energy* 104, 801-809.

[20] Fu, G. Q., Zhang, S. C., Chen, G. G., Hao, X., Bian, J., and Peng, F. (2020) Xylan-based hydrogels for potential skin care application. *International journal of biological macromolecules* 158, 244-250.



Mecánica  
*de*  
Materiales

---

Ingeniantes

# Análisis de la resistencia mecánica ante compresión de bloques de adobe con agregados de fibra de bagazo de caña



## Colaboración

Adolfo Robles Rojo; Santiago Arceo Díaz; José Ricardo Moreno Peña; Dominga Zuleica Chávez Pérez. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima; Jorge Armando Ojeda Sánchez, Universidad de Colima

Fecha de recepción: 29 de enero de 2021

Fecha de aceptación: 12 de noviembre de 2021

**RESUMEN:** Se elaboraron bloques de adobe con fibra de bagazo de caña de azúcar, con la finalidad de evaluar si presentan ventajas mecánicas, respecto a bloques de adobe tradicional. Se analizaron el esfuerzo normal necesario para causar una fractura en los bloques, y la deformación asociada, en tres tratamientos experimentales y un tratamiento testigo, con la máquina de esfuerzos Shimadzu UH-500KNI. Estos bloques fueron diseñados tomando en cuenta las características de la máquina y la norma ASTM E8M. Los resultados muestran que el agregado de fibra de bagazo de caña incrementa la resistencia mecánica y la elasticidad de los bloques. Se encontró que los bloques con un porcentaje en peso de agregado de bagazo de caña de entre el 5 % y 10 %, mostraron tanto un incremento en resistencia como en deformación previa a la fractura, respecto a la de los bloques hechos con adobe tradicional.

**PALABRAS CLAVE:** Adobe, construcción deformación, esfuerzo normal, fibra, materiales naturales.

**ABSTRACT:** Adobe blocks were made with sugarcane bagasse fiber, in order to evaluate whether they present mechanical advantages compared to traditional adobe blocks. The normal stress necessary to cause a fracture in the blocks, and the associated deformation, were analyzed in three experimental treatments and a control treatment, with the Shimadzu UH-500KNI stress machine. These blocks were designed taking into account the characteristics of the machine and the ASTM E8M standard. The results show that the addition of cane bagasse fiber increases the mechanical resistance and elasticity of the blocks. It was found that the blocks with a percentage by weight of sugarcane bagasse aggregate between 5% and 10%, showed both an increase in resistance and in deformation prior to fracture, compared to that of blocks made with traditional adobe.

**KEYWORDS:** Adobe, construction deformation, normal stress, fiber, natural materials.

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad es cada vez más frecuente que se considere el impacto ambiental y el uso de materiales sostenibles en la industria constructiva. Tal es el caso del adobe, tradicionalmente utilizado en muchas regiones del mundo, que se caracteriza por su baja conductividad térmica, la facilidad con la que la tierra del sitio de construcción puede utilizarse para la fabricación de elementos constructivos y el bajo costo de producción asociado [1]. En este sentido, las propiedades físicas del adobe favorecen el enfriamiento pasivo del interior de las edificaciones, implicando un ahorro considerable de energía [2]. Sin embargo, la vulnerabilidad ante la humedad es un factor que pone en riesgo la estructura [3].

En trabajos previos se ha propuesto el uso de fibra de bagazo de caña para mejorar las propiedades mecánicas de materiales constructivos hechos de concreto. Enfocándose en el análisis de la resistencia a compresión y flexión de mezclas de concreto, con un agregado de 2.5%, en volumen, de fibras de bagazo de caña, se encontró que la mezcla experimental presentaba ventajas respecto al material tradicional [4]. En la actualidad diversas investigaciones arrojan los resultados de las propiedades de las fibras naturales utilizadas en la construcción [5 - 9].

La presente investigación describe el proceso de preparación de bloques en los que un porcentaje del volumen de tierra fue sustituido por fibra de bagazo de caña de azúcar basado en las dimensiones mínimas de 5 cm, la forma cubica de las probetas de la norma ASTM E8M y la máquina Shimadzu UH-500KNI que se utilizó para medir el esfuerzo normal. Principalmente, se comparó la resistencia ante compresión y la deformación resultante, antes de que se presentará una fractura, sirviendo como un estudio exploratorio de la viabilidad de la incorporación de la fibra de bagazo de caña en mezclas tradicionales de adobe que pudieran ser usadas en la industria constructiva.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

**Hipótesis**

El bagazo de caña de azúcar agregado a una mezcla de adobe aumenta la resistencia de los bloques de adobe ante compresión y deformación respecto al adobe convencional.

**Metodología**

Para la elaboración de este experimento se desarrollaron las siguientes actividades:

**Obtención de los materiales**

La materia prima para la fabricación de adobe se obtuvo directamente de la ladrillera Padilla ubicada en el municipio de Villa de Álvarez, Colima, México, que produce bloques de barro cocido (también conocido en la región como ladrillo rojo) y su ubicación lo describe la Figura 1 [10].

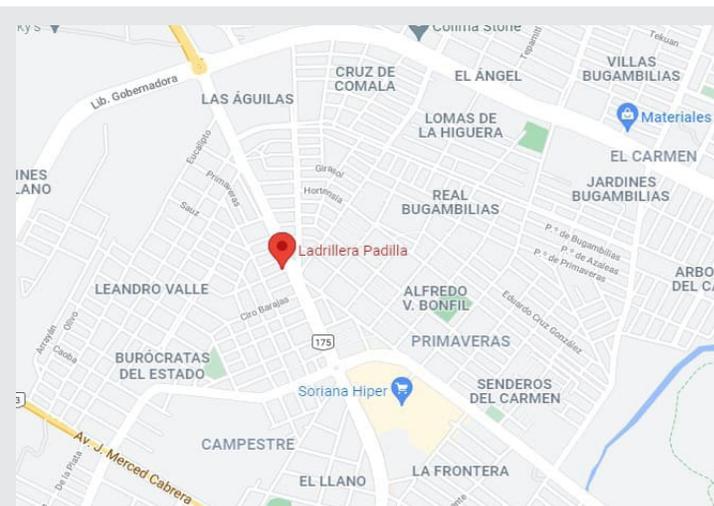


Figura 1 “Obtención de la tierra para adobe” Fuente: Google Maps.

El bagazo de caña de azúcar fue obtenido directamente del almacén del ingenio de Quesería, Cuauhtémoc, Col. Perteneciente al Grupo Beta San Miguel (Figura 2).

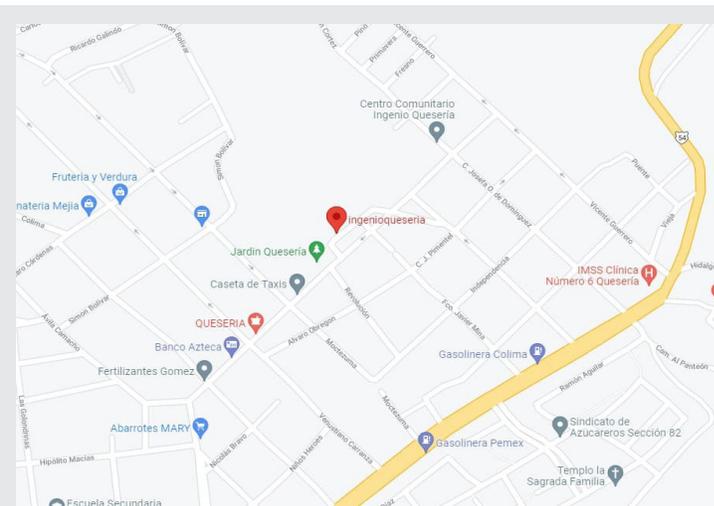


Figura 2 “Obtención de fibras” Fuente: Google Maps.

**Proporción de las mezclas para los bloques**

Para la elaboración de los bloques de adobe y fibra se plantearon las proporciones mostradas en la Tabla 1, en las que un porcentaje del peso de la tierra utilizada para preparar un bloque fue reemplazado por un peso equivalente de fibra de bagazo de caña de azúcar. Los porcentajes utilizados son del 1 %, 5% y 10% del peso de tierra sustituido con fibra de bagazo de caña.

Tabla 1 Tabla de proporciones de mezclas

Muestras	Proporciones de mezclas										
	0%		1%			5%			10%		
	Tierra (g)	Agua	Tierra (g)	Fibra (g)	Agua (ml)	Tierra (g)	Fibra (g)	Agua (ml)	Tierra (g)	Fibra (g)	Agua (ml)
1	200	14.25	198	2	14.25	190	10	14.25	180	20	14.25
2	200	14.25	198	2	14.25	190	10	14.25	180	20	14.25
3	200	14.25	198	2	14.25	190	10	14.25	180	20	14.25
4	200	14.25	198	2	14.25	190	10	14.25	180	20	14.25
Total	800	57	792	8	57	760	40	57	720	80	57

**Producción de los bloques**

Para la producción de los bloques se elaboró un molde de madera de 50 cm de largo, 9 cm de ancho y

con espacio para 7 cavidades cúbicas, en las que se colocaron las muestras utilizadas. Las cavidades cúbicas en las que se prepararon los bloques tienen 5 cm de arista. Adicionalmente, para facilitar el desmolde de los bloques, el molde de madera fue curado con aceite vegetal quemado, 24 horas antes del ingreso de las mezclas. Si bien el tamaño de los bloques utilizados no se ajusta a las recomendaciones de la norma, NMX-040-ONNCCE, que determina las dimensiones que debe tener un bloque de construcción [11], se eligió este tamaño de acuerdo a las dimensiones máximas que podían introducirse en el dispositivo experimental utilizado para ensayar los bloques.

se dejaron secar a la sombra durante una semana, en donde se procuró que fueran expuestos a las mismas condiciones ambientales y de temperatura.

### Caracterización de los materiales

La tierra que se usó para la elaboración de los bloques está compuesta principalmente de arena, limos y arcillas en porcentajes aproximados de 30%, 40% y 30%, respectivamente, de acuerdo con el distribuidor de la ladrillera y los procesos de cribado. Este tipo de material suele ser de tipo limo-arcilloso, el cual presenta proporciones equilibradas de arena y arcilla permitiendo la fabricación de bloques resistentes y porosos [12].

Por otro lado, las fibras empleadas fueron seleccionadas por medio de observación directa, de color café amarillento y tamaño no mayor a 3 cm de largo y se escogieron las que presentaran un grosor similar. Estas fibras son el resultado del desecho de la producción de azúcar (bagazo de caña), en el ingenio se procuró recuperar las de condiciones físicas similares y en mejor estado para su análisis.

### Curado del bagazo

Las fibras de bagazo utilizadas, se recolectaron del almacén del ingenio de Quesería, tal como se observa en la Figura 2, municipio colindante con el estado de Colima.

Durante su transporte, se cuidó que las fibras no fueran expuestas a agentes externos y a la radiación solar. La preparación de la fibra comenzó con su lavado con agua, para disminuir azúcares o residuos adheridos. Así mismo, se siguió la recomendación de lavado previo de manos, utilizando jabón neutro, para minimizar la contaminación de las fibras con grasa y otros posibles agentes externos. Después del lavado de la fibra, esta se dejó secar, primero, por exposición a la luz solar durante 12 horas y por 12 horas a la sombra, minimizando el riesgo de que la fibra absorbiera la humedad ambiental durante las horas de noche. La fibra seca fue cortada con tijera, asegurando que las mezclas contuvieran solo segmentos de 2.5 cm de longitud. Así mismo, se procuró mediante inspección visual que las fibras utilizadas en las mezclas tuvieran grosor y color similares.

### Sitio de análisis

Las pruebas a compresión y deformación se realizaron en el Instituto Tecnológico de Colima, en el laboratorio de mecatrónica, con la máquina para esfuerzos y deformaciones Shimadzu UH-500KNI [12].

Para cumplir con las condiciones técnicas requeridas por el equipo, tanto en las pruebas de compresión como de deformación, se siguió la norma ASTM E8M, que indica que la prueba de compresión, que se realiza en un módulo de placa de diámetro de 120 mm,



Figura 3 "Materiales y herramientas"  
Fuente: elaboración propia.

### Producción de bloques de control y los experimentales

Se verificó que cada uno de los bloques de control utilizados tuvieran el peso similar, 200 gramos. Este peso fue usado como referencia para la preparación de los bloques experimentales.

El procedimiento para cada mezcla consistió en pesar las proporciones dentro de una bolsa de plástico y con ayuda de una báscula digital.

Después, se vertieron los materiales en un recipiente de plástico con cucharas de albañilería. A continuación, se mezclaron los ingredientes, agregando agua hasta obtener una mezcla homogénea. Se colocó una bolsa de plástico a lo largo de la base del molde de madera, con el fin de impedir filtraciones y agrietamientos al verter las mezclas en las cavidades cúbicas del molde de madera. Por último, la mezcla contenida en las cavidades del molde fue apisonada constantemente hasta formar los bloques, asegurando que llenara completamente cada cavidad y se dejaron secando a la luz solar.

### Obtención de los bloques

Después de 10 horas de exposición a la luz solar, los bloques se desmontaron del molde, se separaron y

requiere que la geometría de los bloques sea cúbica o cilíndrica [13-14]. El esfuerzo normal aplicado por la máquina puede describirse mediante la ecuación 1:

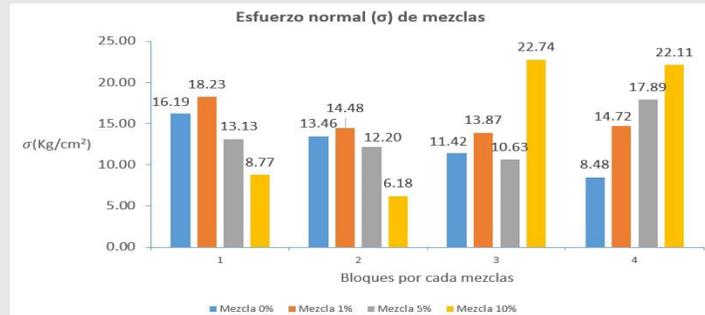
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (1)}$$

que define el esfuerzo normal ( $\sigma$ ) de los bloques como la fuerza aplicada (F) dividida entre el área transversal de la superficie de contacto (A), que en el caso de los bloques utilizados era de 25 cm<sup>2</sup>. La deformación resultante de la compresión se tomó directamente de los valores estimados por la máquina de ensayo universal.

En el caso de los bloques de control, el esfuerzo normal  $\sigma$  varió en un rango entre 8.48 y 16.19 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la deformación ( $\epsilon$ ) varió entre 2.3 y 3.2 mm/mm. Los valores obtenidos para cada una de las repeticiones pueden observarse en las columnas 3 y 4 de la Tabla 2, mientras que su magnitud relativa se muestra en las Gráficas 1 y 2. Los valores obtenidos sirvieron de referencia comparativa contra los de los bloques experimentales.



Figura 4 “Maquina para esfuerzos” Fuente: <http://photos.la-bwrench.com/equipmentManuals/10779-4286.pdf>



Gráfica 1 “Esfuerzos normales para cada uno de las cuatro iteraciones de la prueba de resistencia mecánica”

Como se puede observar en la Gráfica 1 los esfuerzos normales de las 4 diferentes mezclas que se analizaron y de los cuatro diferentes prototipos, se puede comparar su variación respecto una con otra. Los números del 1 al 4 en las abscisas representan las 4 repeticiones que se hicieron para cada mezcla (Tabla 2). Así, por ejemplo, el bloque número 1 de la mezcla con cero porcentajes de agregado de fibra (bloques de control) obtuvo aproximadamente 16 kg/cm<sup>2</sup>, en contra parte con el bloque número 2 de la misma mezcla obtuvo aproximadamente 13.5 kg/cm<sup>2</sup>.

La Gráfica 1 muestra el esfuerzo normal obtenido de las cuatro pruebas para cada uno de los tratamientos con una proporción específica de fibra. Como puede observarse, los bloques del grupo de control (representados por las barras azules, presentan un esfuerzo normal que varía entre 8 y 16 kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a los tratamientos experimentales, el que tiene 10% de fibra agregada presenta la mayor variabilidad (entre 6 y 22 kg/cm<sup>2</sup>), seguido por los tratamientos con 5%, y 1%.

En términos de los valores promedio, mostrados en la Tabla 2, todos los tratamientos con fibra superaron al grupo de control.

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los resultados de las pruebas de esfuerzo normal (en kilogramos) y deformación ante compresión de los bloques (en milímetros) de 5cm elaborados. En esta se representa los valores obtenidos de las cuatro mezclas para cada probeta analizada.

Tabla 2 Resultados de las pruebas para cada tipo de mezcla

Porcentaje fibra	Fuerza (Kg)	Esfuerzo normal σ	Deformación unitaria ε	σ promedio	ε promedio
0.00	404.82	16.19	2.30	12.39	3.08
	336.50	13.46	4.30		
	285.52	11.42	2.50		
	212.10	8.48	3.20		
0.01	455.81	18.23	2.60	15.33	2.60
	361.99	14.48	2.20		
	346.70	13.87	3.20		
	368.11	14.72	2.40		
0.05	328.34	13.13	3.50	13.46	3.18
	304.89	12.20	3.30		
	265.63	10.63	3.20		
	447.14	17.89	2.70		
0.10	219.24	8.77	4.00	14.95	13.53
	154.59	6.18	5.20		
	568.48	22.74	21.90		
	552.68	22.11	23.00		



Gráfica 2 “Deformación de los bloques”

Mediante la Gráfica 2 se muestra la deformación de los bloques analizados para cada bloque. Destacan las deformaciones de la mezcla con mayor porcentaje de fibra. De manera similar a la gráfica anterior esta segunda contrasta los valores, pero en este caso de la deformación de todos los bloques ensayados para cada tipo de mezcla.

Para la mezcla con agregados del 1% de fibra, el esfuerzo normal varió entre 14.72 y 18.23 kg/cm<sup>2</sup>, los valores obtenidos para cada bloque se muestran en la Tabla 2. Comparando los valores promedio para el esfuerzo normal entre los bloques control y este primer tratamiento experimental (12.39 y 15.33 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente), se observa que el tratamiento con 1 % de fibra de bagazo de caña muestra una resistencia promedio 25 % mayor. En cuanto a la deformación, el valor promedio de los bloques experimentales es de 2.6 mm/mm, que corresponde a un 86 % de la deformación promedio registrada en los bloques de control. En ambos parámetros, los bloques experimentales con 1 % de fibra mostraron menos variabilidad que los bloques control (Gráficas 1 y 2).

Para la mezcla con 5 % de agregado de fibra de bagazo de caña, el esfuerzo normal promedio registrado en los bloques fue 8 % mayor que el de los bloques de control, en un rango que varió entre 13.13 y 17.89 kg/cm<sup>2</sup>. La deformación promedio registrada fue de 3.18 mm/mm, apenas 3 % por encima de la deformación promedio registrada en los bloques experimentales (los registros para cada bloque se muestran en la Tabla 2). Al igual que los bloques hechos con la mezcla con 1% de agregado de fibra de bagazo de caña, los bloques experimentales con 5 % muestran menos variabilidad en ambos parámetros cuando se comparan con los bloques de control (Gráficas 1 y 2).

Los bloques elaborados con la mezcla en la que 10% del peso de tierra fue reemplazado con fibra de bagazo de caña, mostraron un comportamiento dual (Gráfica 1). En dos de ellos, el esfuerzo normal registrado fue menor que 10 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, para los restantes, fue de alrededor de 22 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, el estado final de los bloques que registraron los esfuerzos más pequeños fue distinto al de los preparados con otras proporciones, ya que se compactaron, cediendo a la fuerza aplicada por la máquina, sin presentar fractura. En el caso de los bloques que registraron los mayores esfuerzos normales, estos también presentaron las deformaciones más grandes, 21.9 y 23 mm/mm (Gráfica 2). Los bloques de este último grupo presentaron los valores promedio más altos, en cuanto al esfuerzo normal y la deformación: 15 kg/cm<sup>2</sup> y 13.5 mm/mm (Tabla 2).

## CONCLUSIONES

Se comprobó que el agregar fibra de bagazo de caña ayuda a mejorar las propiedades mecánicas de los

bloques, tal y como se demuestra en este análisis experimental.

Respecto a la resistencia promedio medida en los bloques prototipo, los bloques con fibra obtuvieron resistencias superiores entre un 10% (bloques con 5% de fibra) y 20% (bloques con 1% y 10% de fibra). Si bien la apariencia de las caras externas de los bloques variaba mucho, de acuerdo al porcentaje de fibra, los esfuerzos normales promedio de las mezclas con 1% y 10% de fibra son similares. En el caso de los bloques con 5% de fibra, se observó una posible dependencia de la resistencia de acuerdo al acomodo de las fibras en los bloques. Esta dependencia en el acomodo de la fibra, también parece haber afectado a los bloques con la mezcla de 10% de fibra añadida ya que se observó una variación del esfuerzo normal para dos de los bloques que representan apenas el 41% y 27% del máximo que fue de aproximadamente 22 kg/cm<sup>2</sup>.

Respecto al tipo de falla observada en los bloques, se observó una clara diferencia entre los bloques prototipos y los bloques con fibra añadida. Mientras que los bloques prototipo presentaron fallas frágiles, los bloques con fibra añadida se comportaron como un material dúctil ante la compresión, presentando mayores índices de deformación antes de que se produjera la fractura; esto se observó principalmente en los bloques cuyo porcentaje de fibra añadida estaba entre 5% y 10%. Esto podría parecer atractivo al momento de implementar un sistema constructivo a base de materiales naturales y orgánicos. Sin embargo, es importante mencionar la posible dependencia en el acomodo de las fibras que afectó a dos de los bloques con 10% de fibra agregada. En un trabajo a futuro se plantea estudiar la influencia de la geometría de las fibras combinadas con el adobe, para extender el estudio presentado en esta investigación exploratoria. Así mismo, se plantea estudiar las propiedades térmicas de los bloques y su interacción con el agua, ya que se observó durante la elaboración de los bloques, que lavar la fibra con agua, para remover excesos de azúcares, provoca una hinchazón notable, así como un cambio en la textura. Estas fibras tienen buenas propiedades de absorción de agua, por lo que resultaría útil realizar un análisis de su capacidad de absorción de agua dentro de los bloques. Se contempla utilizar la nomenclatura propuesta por la NMX-C-404-ONNCE y a través del estudio de los mismos plantear una alternativa justificada mediante la factibilidad técnica y ecológica para su posible industrialización.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Dr. Jorge Armando Ojeda Sánchez, del Laboratorio de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Colima y del Dr. Azael García Rebolledo, del Laboratorio del Departamento de Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Colima,

por su apoyo durante la realización de las pruebas y su guía en el análisis de los resultados.

#### BIBLIOGRAFÍA

[1] Quagliarini, E., & Lenci, S. (2010). *The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks*. *Journal of Cultural Heritage*, 11(3), 309-314.

[2] Pal, R. K. (2015). *Thermal Performance of Mud Houses*. *Research Journal of Engineering and Technology*, 6(4), 439-442.

[3] Lovón, R., & Lovón, E. (2019). *The Impact of Humidity on the Resistance of Historic Adobe Monuments*. In *Structural Analysis of Historical Constructions* (pp. 1959-1967). Springer, Cham.

[4] Saraz, J. A. O., Aristizabal, F. V., & Mejía, J. A. H. (2007). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. *Dyna*, 74(153), 69-79.

[5] Morales, B. & Cuevas, J. (2019) *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. *Revista Ingeniería UC*, 26 (2), 202-222.

[6] Sharma, V., Marwaha, B. M., & Vinayak, H. K. (2016). *Enhancing durability of adobe by natural reinforcement for propagating sustainable mud housing*. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(1), 141-155.

[7] Sharma, V., Vinayak, H. K., & Marwaha, B. M. (2015). *Enhancing sustainability of rural adobe houses of hills by addition of vernacular fiber reinforcement*. *International journal of sustainable built environment*, 4(2), 348-358.

[8] Gómez, S.A (2009). *Diseño, Experimentación y Evaluación del Sistema Constructivo Sam (Sistema de bloques fibrorreforzados con fibra del desecho del fruto del coco, para la construcción de vivienda)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

[9] Reyna, C. (2016). *Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo*.

[10] Ladrillera Padilla, Colima, Mexico. Google Maps.com, 09 de Septiembre de 2021.

[11] Mexicana, N. NMX-C-404-ONNCCE-(2012). *Bloques, tabiques o ladrillo tabicones para uso estructural-especificaciones y métodos de ensayo*.

[12] Rivera Torres, J. C. (2012). *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales*. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 164-181.

[13] SHIMADZU. (2015). *Fixed Compression Plates*. 12 de mayo de 2021 de SHIMADZU sitio web: [https://www.ssi.shimadzu.com/sites/ssi.shimadzu.com/files/test/accessory/compression/n9j25k-00000jtvra-att/C224-E100A\\_FixedCompressionPlates.pdf](https://www.ssi.shimadzu.com/sites/ssi.shimadzu.com/files/test/accessory/compression/n9j25k-00000jtvra-att/C224-E100A_FixedCompressionPlates.pdf).

[14] Kardak, A. A., & Sinclair, G. B. (2020). *Stress Concentration Factors for ASTM E8/E8M-16a Standard Round Specimens for Tension Testing*. *Journal of Testing and Evaluation*, 48(1), 711-719.



Multidisciplinario  
e  
ingenierías

---

Ingeniantes

# Nitruración por plasma utilizado para recubrir acero aleado y su respuesta tribológica

**RESUMEN:** El movimiento controlado de un componente en relación con otro, típicamente se observa en sistemas como rodamientos, articulaciones, engranes, mecanismos, correderas, etc. La modificación o adición de otros materiales, sobre la superficie del material base, se convierte en la portadora de, virtualmente, mejores propiedades, tales como: tribológicas, eléctricas, ópticas, electrónicas, químicas y magnéticas. En el presente trabajo se depositó una capa de nitruros mediante la nitruración por plasma empleando el proceso por deposición física por vapor (PVD), con la finalidad de fortalecer la superficie de un acero AISI 4140 contra desgaste. Se caracterizó la capa depositada microestructural y tribológicamente. La difusión de nitruros alcanzó penetraciones de hasta 150 micras. La capa nitrurada por plasma exhibió mayor resistencia al desgaste y capacidad de carga en condición seca comparado con la nitruración convencional por gas.

**PALABRAS CLAVE:** Nitruración por plasma, tribología, acero AISI 4140.



## Colaboración

Joselyn Aletia Calderón Ocampo; Ricardo Cervantes Troncoso; Celibee Adriana Calderón Ocampo; José Solís Romero, Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

Fecha de recepción: 13 de marzo de 2021

Fecha de aceptación: 07 de septiembre del 2021

**ABSTRACT:** The controlled movement of a component against another in some systems is typically observed such as bearings, mechanisms, gears, sliders, etc. The modification or addition of other materials on the material surface virtually becomes the carrier of better properties as for instance, tribological, electrical, optical, electronical, chemical and magnetic among others. In the present work, a nitrided layer was deposited by plasma nitriding through the physical vapor deposition technique in order for strengthening the surface of the AISI 4140 steel against wear. The diffusion of iron nitrides reached around 150 microns in depth. The nitrided layer by plasma nitriding exhibited both higher wear resistance and higher load capacity under dry condition compared to the regular gas nitriding.

**KEYWORDS:** Plasma nitriding, tribology, AISI 4140 steel.

## INTRODUCCIÓN

La superficie es crucial para el mejor desempeño de máquinas y componentes mecánicos. La modificación superficial se realiza sin que se afecte el diseño del material base (substrato) aplicando una o varias capas ya sea por deposición o difusión de especies, a fin de incrementar la resistencia al desgaste y la corrosión.

El nitrurado es un proceso difusivo que introduce nitrógeno en materiales metálicos. Durante la nitruración de aceros, se forman dos diferentes estructuras desde la superficie al núcleo, la capa compuesta y la región de difusión. En esta capa, los átomos de N se disuelven intersticialmente en exceso en la red del material metálico, para precipitar de nitruros de hierro. En los últimos años se han utilizado diferentes técnicas para nitrurar: nitruración líquida, nitruración por gas y por plasma [1]. La nitruración por líquidos y por gas son procesos que contaminan el medio ambiente y

resultan peligrosos para los operadores [2, 3], mientras que la nitruración por plasma es un proceso limpio aun- que requiere de aparatos complicados.

En lo que a nitrurado se refiere, el TiN y TiC han sido los materiales más exitosos para capas duras debido a sus excelentes propiedades tribológicas y su buena adhe- rencia a sustratos de acero. Sin embargo, exhiben altos coeficientes de fricción (por el orden de 0.6 a 1.1) cuando deslizan con otros materiales que no sean entre las mismas capas de TiN [7]. Aunque los recubrimientos de nitruro de titanio tienen una posición dominante en el mercado existe una variedad de otros recubrimientos con nitruros para aplicaciones tribológicas, tales como CrN, ZrN [8] con la configuración bicapa CrN/AlN.

En el presente trabajo se establecen condiciones de preparación para la difusión de nitrógeno en materiales metálicos ferrosos, en los que se busca mejores pro- piedades tribológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la nitruración iónica o por plasma se utilizó un reactor (Figura 1).



Figura 1. Reactor para nitruración iónica.

Se empleó acero comercial AISI 4140 como sustrato, debido a que se usa ampliamente en la industria auto- motriz, aeroespacial y en manufactura de aplicaciones

industriales. Se utilizó 7 en barra circular de 37.5 mm de diámetro y 8 mm de espesor. La composición nominal está dada en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición según norma nacional NMX-B-300-1991, (%) [12].

Fe	C	Si	Mn	P máx.	S máx.	Cr	Mo
96.8-97.8	0.38-0.43	0.15-0.35	0.75-1.00	0.035	0.040	0.80-1.10	0.15-0.25

Los parámetros de procesamiento por plasma selec- cionados se compilan en la Tabla 2:

Tabla 2. Factores de procesamiento.

Parámetros de trabajo	Cantidades
Argón	9 sccm
Nitrógeno	2 sccm
Hidrogeno	4 sccm
Corriente	50 mA
Tiempo	60 min
Presión base	100 Pa

Las muestras nitruradas se analizaron con el micros- copio óptico metalográfico invertido marca Olympus PMG-3. La microscopía electrónica de barrido (SEM) se utilizó para la caracterización microestructural, em- pleando un equipo JSM-6360LV de la marca JEOL (Fig. 1.8). El análisis de composición química se realizó por medio de la técnica de espectrometría de dispersión de energía de rayos X (EDS) a través del OXFORD INCA 200. Para cuantificar los perfiles de microdureza Vickers se utilizó un microdurómetro de la marca Shi- madzu tipo M con indentador de diamante Vickers.

Las pruebas para el análisis del desgaste se utilizó el método pin en disco que es regido por la norma ASTM G99-90. El objetivo de esta prueba es determinar la proporción del desgaste de deslizamiento y el coefi- ciente de fricción (Figura 2).



Figura 2. Tribómetro de prueba tipo pin-on.

Las condiciones de prueba utilizadas para el comportamiento por desgaste de todas las muestras se compilan en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de prueba de desgaste.

Parámetros	Adquisición
Radio de la pista de desgaste:	15.00-18.00 [mm]
Velocidad lineal:	2.00 [cm/s]
Carga aplicada:	10, 15 y 18 [N]
Condición para detenerse:	50.00 [m]
Muestra	
Substrato	Acero AISI 4140
Contraparte	
Bola:	AISI 52100
Diámetro:	5.00 [mm]
Condiciones ambientales	
Temperatura:	20.00 [°C]
Atmosfera	Aire (prueba en seco)
Humedad	50.00-62.00 [%]

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La microestructura para el acero nitrurado por plasma consiste de un núcleo interno con una capa mixta en la superficie externa (Figura 3). La capa nitrurada presenta una región de difusión de nitrógeno con precipitados de nitruros finos elongados y una capa compuesta delgada en la parte externa.



Figura 3. Producto formado en el acero 4140 nitrurado por plasma durante 1 hr.

Por su parte, el comportamiento superficial respecto al gradiente de microdureza desde la superficie para el acero nitrurado por plasma se muestra en la Figura 4. Existe un incremento en el gradiente de dureza en la capa compuesta y la disminución aguda en la zona de difusión.

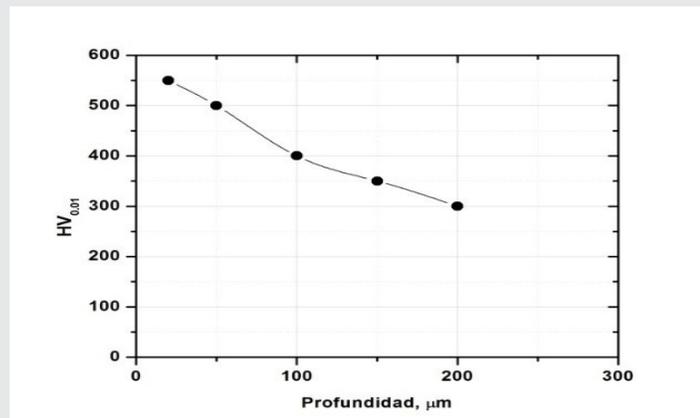


Figura 4. Perfil de microdureza como una función de la profundidad (gradiente de dureza).

La máxima dureza de la capa compuesta se observa por el orden de los 550 HV0.05. Después de este valor pico, la dureza presenta una disminución monótonica en la profundidad, con valores por el orden de las 100 µm. El substrato o material base reporta una microdureza en el rango de 250-350 HV.

Como una referencia para comparar el proceso de nitruración por plasma, se utilizó la nitruración por gas. En la Figura 5 se presenta el efecto que tiene la aplicación de una carga con 10 N sobre el acero 4140 nitrurado por gas durante 10 h. Se puede deducir que el mecanismo de desgaste principal es abrasivo-adhesivo debido a la presencia de surcos o rayado en la pista, indicando así una fuerte deformación plástica, como se puede apreciar en los incisos (a-d). A mayores ampliificaciones (d,e,f,g) se puede apreciar los surcos pero interesantemente también se aprecia un agrietamiento agudo (e) mismo que con la continuación de la prueba representan el inicio del desprendimiento de capa (d). El agrietamiento se observa perpendicular a la dirección de la pista de desgaste, lo que conFigura un indicio de capa frágil.

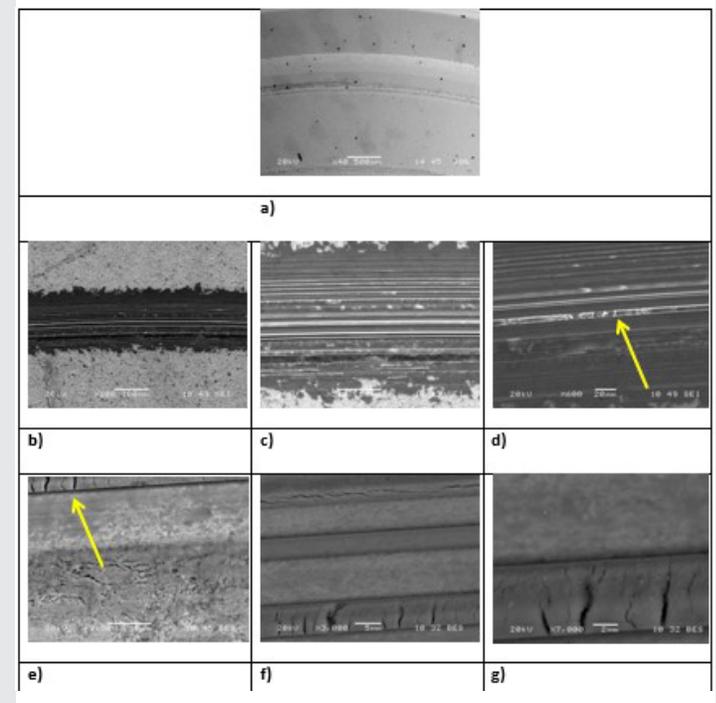


Figura 5. Micrografías tomadas con el microscopio electrónico de barrido a una muestra nitrurada por gas durante 10 hrs.

Las muestras bajo el tratamiento de nitrurado por gas en general presentan desgaste abrasivo-adhesivo, causado por granos y partículas durante el desgaste. A medida que avanza la abrasión se va desprendiendo la superficie debido a la fatiga y el elevado número de esfuerzos generando grietas y delaminación. En términos de fricción, esta elevada cantidad de grietas y desprendimientos se traduce en un gran número de asperezas en la superficie, lo que a su vez significa una variación

significativa en el coeficiente de fricción, tal y como se puede apreciar en la Figura 6.

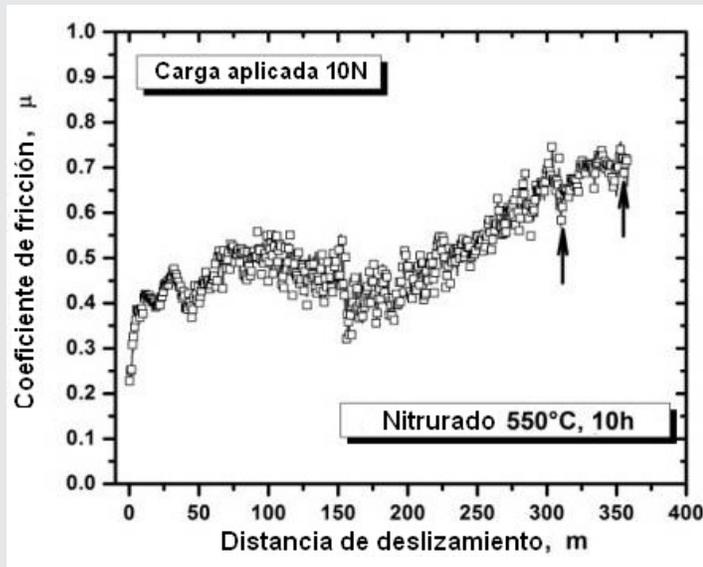


Figura 6. Comportamiento del coeficiente de fricción de la superficie nitrurada por gas.

En contraste, el comportamiento superficial sujeto al proceso de nitruración iónica o por plasma en términos de fricción, se presenta en la Figura 7.

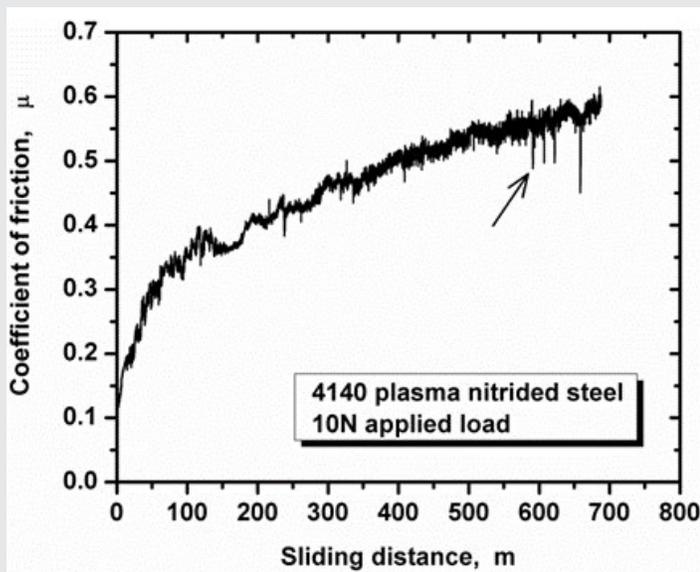


Figura 7. Comportamiento del coeficiente de fricción de la superficie nitrurada por plasma.

Se puede observar un crecimiento del coeficiente de fricción bastante gradual hasta alcanzar valores de aprox. 0.4 a una distancia de deslizamiento de los 150 m. Se observa en la misma gráfica una considerable reducción en la variación del coeficiente de fricción desde el inicio hasta prácticamente los 600 m de deslizamiento.

Para confirmar estas observaciones, en la Figura 8 se incluye una fotografía obtenida por microscopía óptica

de la pista desgastada tomada a los 60 m de deslizamiento continuo en seco en la que se evidencia la presencia de una deformación plástica en la formación de surcos por efecto del contacto entre la contraparte con 10 N de carga. Sin embargo, no se denota alguna región con posibles indicios de separación o desfragmentación de capa como sucedió en la nitruración por gas.

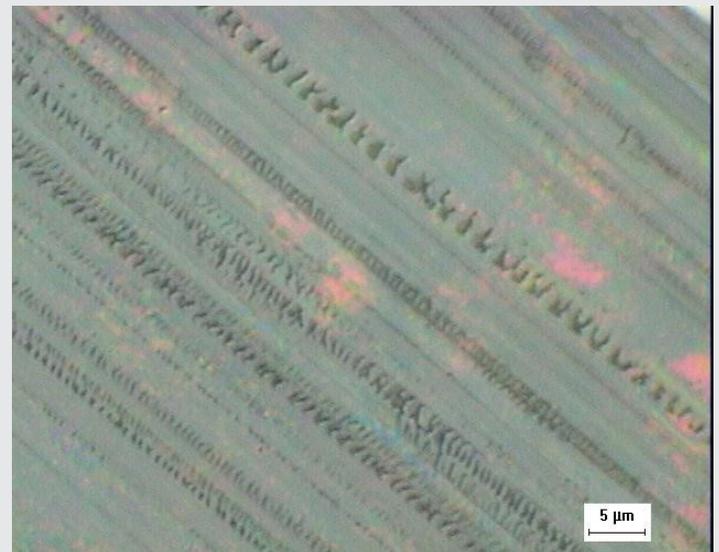


Figura 8. Pista desgastada de la superficie nitrurada por plasma con carga de 10 N y a una distancia de deslizamiento de 60 m.

Para los 200 m de deslizamiento, se aprecia mayor cantidad de surcos con incremento en la deformación plástica por efecto de la carga normal aplicada en forma continua en seco, pero persiste la adherencia sin que se presente desfragmentación o agrietamiento (Figura 9).

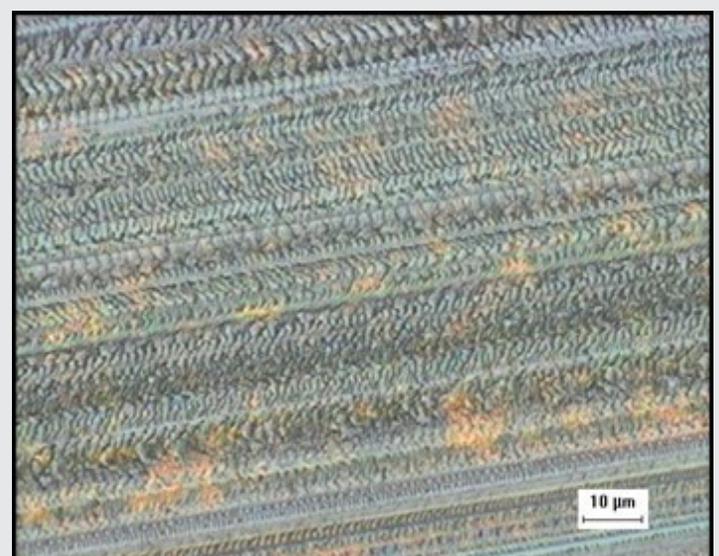


Figura 9. Pista desgastada de región nitrurada con carga de 10 N y a una distancia de deslizamiento de 200 m.

El análisis anterior se puede aún justificar con el desgaste que presenta la contraparte del sistema pin on

disc, es decir, el desgaste de la bolilla misma. En la Figura 10 se ilustra en (a) la huella de la zona desgastada sobre la bola que se utilizó en el acero nitrurado por gas. En (b), se muestra la huella del acero nitrurado por plasma.

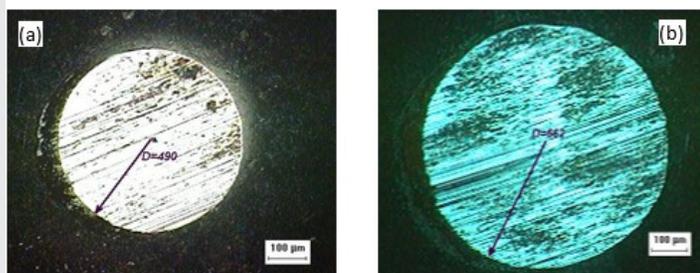


Figura 10. Desgaste de la bola (a) sobre acero nitrurado por gas y (b) sobre acero nitrurado por plasma.

La relación por desgaste representa un 36% más desgaste en la bolilla del acero nitrurado por plasma que la del acero nitrurado por gas. Esto proporciona la certeza de que la modificación superficial aplicada por plasma es más resistente que aquella aplicada por gas.

La nitruración iónica sobre el acero 4140 que tuvo una 1h de tratamiento, deja de manifiesto que tiene una capacidad de carga muy superior a la nitruración por gas, con duración de tratamiento de 10 h. Adicionalmente, se investigó con dos cargas

## CONCLUSIONES

La nitruración iónica sobre el acero 4140 que tuvo una 1h de tratamiento, tiene una capacidad de carga muy superior a la nitruración por gas, con duración de tratamiento de 10 h. El ahorro energético que ofrece el proceso de nitruración iónica es evidente con respecto al proceso de nitruración por gas. El inconveniente que quizá sea de mayor relevancia se refiere al costo inicial del equipamiento y la dificultad técnica que implica la puesta en marcha del proceso y su posterior control dado que la física de plasmas, así como las reacciones que ocurren dentro de cualquier reactor son bastante complejas.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Schaaf, P., *Laser nitriding of metals. Progress in Materials Science*, 2002. 47(1): p. 1-161.

[2] Handbook, A., *Heat Treating, in Vol. 4* 1991. p. 387-388.

[3] Patrick, W., *Jul/Aug. Heat treating progress*, 2009. 9(4): p. 12-13.

[4] Hintermann, H.E., *Adhesion, friction and wear of thin hard coatings. Wear*, 1984. 100(1-3): p. 381-397.

[5] Halling, J., *The tribology of surface coatings, particularly ceramics. Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 1986. 200C1: p. 31-40.

[6] Knotek, O., et al., *On the origin of compressive stress in PVD coatings – an explicative model. Surface and Coatings Technology*, 1991. 46(3): p. 265-274.

[7] Franklin, S.E. and J. Beuger, *A comparison of the tribological behaviour of several wear-resistant coatings. Surface and Coatings Technology*, 1992. 54-55, Part 2(0): p. 459-465.

[8] Rojo, A., et al., *Tribological properties of CrN/AlN films produced by reactive magnetron sputtering. Journal of Materials & Engineering Performance*, 2009. 19: p. 421-427.

[9] Miyoshi, K., *Fundamental tribological properties of ion beam-deposited boron nitride films. NASA technical memorandum 102088*, 1989: p. 23.

[10] Maragoudakis, N.E. and G. Stergioudis, *Boro-nitriding of Steel US 37-1. Materials Letters*, 2002. 57: p. 949-952.

[11] Heydarzadeh Sohi, M., et al., *Effect of plasma nitrocarburizing temperature on the wear behavior of AISI 4140 steel. Surface and Coatings Technology*, 2010. 205, Supplement 1(0): p. S84-S89.

[12] Industrial, S.d.C.y.F., *Norma Mexicana NMX-B-300-1991, in Barras de acero de baja aleación. 1991, Dirección General de Normas.*

[13] Oxley, P.L.B., *Metallic friction under near-seizure conditions. Wear*, 1980. 65(2): p. 227-241.



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Sistema de Espacios Públicos Seguros herramienta de gestión para georreferenciación de espacios en la alcaldía Benito Juárez

**RESUMEN:** La gestión de los espacios públicos, hoy en día se ha convertido en un tema relevante dentro de las alcaldías, principalmente para la alcaldía Benito Juárez en la CDMX, quien busca proponer espacios y acciones en pro de mejoras o construcciones seguras para las y los ciudadanos.

Contar con desarrollos tecnológicos que permitan automatizar y generar grandes volúmenes de información que, almacenados aumenten su valor y permitan la gestión de información con las diferentes autoridades que se encuentran en la mejora constante en la toma de decisiones efectivas.

La siguiente investigación aborda desarrollo e implementación del sistema web de georreferenciación geoespacial denominado "Sistema de Espacios Públicos Seguros", el cual tiene como objetivo el gestionar y alimentar la base de datos de los espacios públicos de la alcaldía Benito Juárez en la CDMX, permitiendo implementar una plataforma analítica de gran volumen de datos, conteniendo módulos de captura y seguimiento basado principalmente en CRUD (Create, Read, Update and Delete).

A través de este sistema se trazaron los polígonos de los espacios públicos, obteniendo la visualización geoespacial y el seguimiento exacto de cada expediente registrado. Esta solución tecnológica apoyará a la toma de decisiones de la alcaldía Benito Juárez.

**PALABRAS CLAVE:** Espacio público, sistema, georreferenciación, geoespacial.



## Colaboración

Guadalupe Robles Calderón; Karen Monserrat Pérez Rodríguez; Yessica Guadalupe Pérez Rodríguez, Tecnológico Nacional de México / Campus Teziutlán

Fecha de recepción: 11 de octubre de 2020

Fecha de aceptación: 11 de septiembre del 2021

**ABSTRACT:** The management of public spaces, nowadays has become a relevant issue within the municipalities, mainly for the Benito Juárez mayor's office in CDMX, who seeks to propose spaces and actions in favor of improvements or safe constructions for citizens.

To have technological developments that allow the automation and generation of large volumes of information that, when stored, increase its value and allow the management of information with the different authorities that are constantly improving in making effective decisions.

The following research addresses the development and implementation of the geospatial georeferencing web system called "Safe Public Spaces System", which aims to manage and feed the database of public spaces of the Benito Juárez mayor's office in CDMX, allowing to implement an analytical platform with a large volume of data, containing capture and monitoring modules based mainly on CRUD (Create, Read, Update and Delete).

Through this system the polygons of the public spaces were drawn, obtaining the geospatial visualization and the exact follow-up of each registered file. This technological solution will support the decision-making of the Benito Juárez mayor's office.

**KEYWORDS:** Public space, system, georeferencing, geospatial.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los espacios públicos se han vuelto un reto de innovación y mejoramiento en la calidad de vida de los ciudadanos (as). Para ello la Secretarías encargadas de las obras respecto a

los espacios públicos se encuentran en pro de diseñar y poner en marcha proyectos dirigidos en el rescate y rehabilitación de los espacios públicos que promuevan el bienestar social, obteniendo capitalizar el desarrollo económico, social y cultural.

De acuerdo con la ONU, HABITAT “Los espacios públicos y los edificios de las ciudades y los asentamientos humanos tienen que ser social, económica y ambientalmente sostenibles” [1].

Desde 1980-2000, los índices de delincuencia registrados en total en el mundo aumentaron en un 30% y se estima que alrededor del 15% de esos crímenes tienen un diseño de espacio público y el componente de gestión. Esto se ha traducido en un crecimiento de los barrios cerrados, sellados por las paredes e instalaciones de seguridad sofisticados, han surgido en casi todas las ciudades de América Latina y África [2].

Asimismo, la Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública de 2017 [3], señala que más de la mitad de la población mexicana se siente insegura en los espacios e infraestructuras públicas, ya sea en los parques y centros recreativos, en los mercados, en las calles o en el transporte público [4].

Derivado de lo anterior, la alcaldía Benito Juárez se encuentra en pro de la recuperación del espacio público para poder llevar un mejor control de la información, así como ofrecer a la ciudadanía espacios más seguros; esto mediante un sistema web geoespacial que permita el registro y gestión de los espacios públicos, permitiendo alimentar su base de datos con información real.

Lo anterior podrá generar el análisis y cruce de información con la base de datos de los delitos, para su prevención y oportuna atención, dando la posibilidad a la alcaldía de generar de estrategias en pro de la ciudadanía.

## Planteamiento del problema

La Ciudad de México ocupa el segundo lugar a nivel nacional en robo a transeúnte, según el Observatorio Nacional Ciudadano.

En la alcaldía Benito Juárez se registra que el robo y/o asalto en la población se encuentra en los niveles altos con un 71.2%. Por lo anterior uno de sus principales objetivos en su Plan de Gobierno 2019, se encuentra el “desarrollar un blindaje integral contra el delito a partir de acciones de prevención, mediante la modernización de los sistemas de vigilancia y el desarrollo e implementación del uso de la tecnología y la inteligencia para reducir la inseguridad ciudadana y la impunidad, así como eficientando la asistencia a la víctima en hechos delictivos”.

En lo referente a espacios públicos, la administración es limitada por nula automatización, ya que actualmente llevan el registro de espacios públicos en papel o bien hojas de cálculo, esto impacta en la gestión estratégica de espacios públicos y la complejidad de operación de presupuestos debido a cambios continuos y la dificultad de análisis y diseño.

Es por que, la alcaldía se encuentra en pro de la recuperación del espacio público y la seguridad de estos, específicamente con un sistema web geoespacial que permita en una primera versión el registro y gestión de los espacios públicos que alimenten la base de datos, teniendo como principal objetivo generar el análisis y cruce de información con la base de datos de los delitos, para su prevención y oportuna atención de estrategias para la alcaldía.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el siguiente apartado, se enlistan y describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema web de georreferenciación geoespacial denominado “Sistema de Espacios Públicos Seguros”, con el objetivo de gestionar y alimentar la base de datos de los espacios públicos de la alcaldía Benito Juárez en la CDMX, permitiendo implementar una plataforma analítica de gran volumen de datos, que apoye a la toma de decisiones de dicho organismo.

## Propuesta Tecnológica

La solución propuesta para la alcaldía por parte de la empresa Argento y el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, fue el desarrollo e implementación de un Sistema Web de Gestión para Espacios Públicos Seguros la cual permitirá georreferenciar, controlar, administrar, visualizar y dar seguimiento de estos, así como unir servicios geográficos, bases de datos geoespaciales y alfanuméricas, mediante un servicio web que permita la conexión de múltiples usuarios que serán los encargados de cargar, administrar y supervisar los espacios públicos en la alcaldía Benito Juárez (Ver Figura 1).

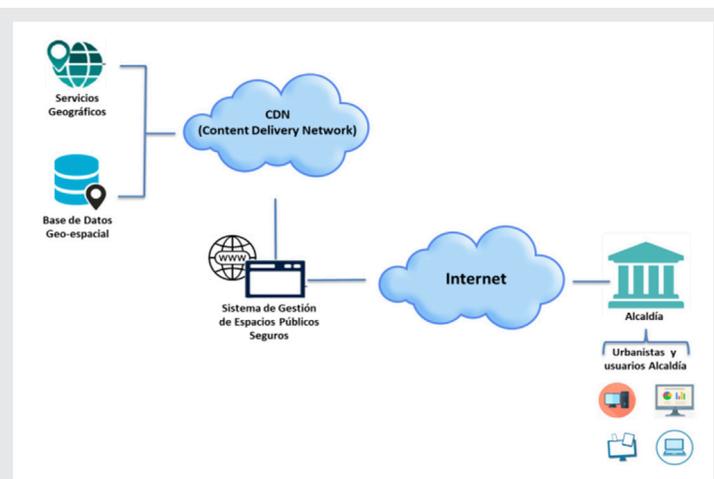


Figura 1. Diagrama tecnológico.

Fuente: Elaboración propia

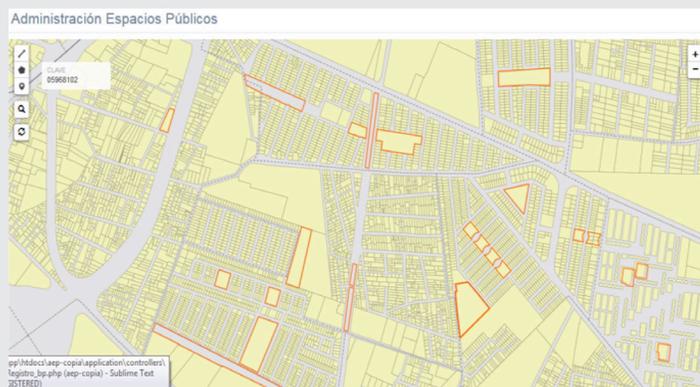


## Fase de Construcción

En esta fase se desarrolló e implementó el sistema web, apeándose al diseño establecido en la Fase de Elaboración.

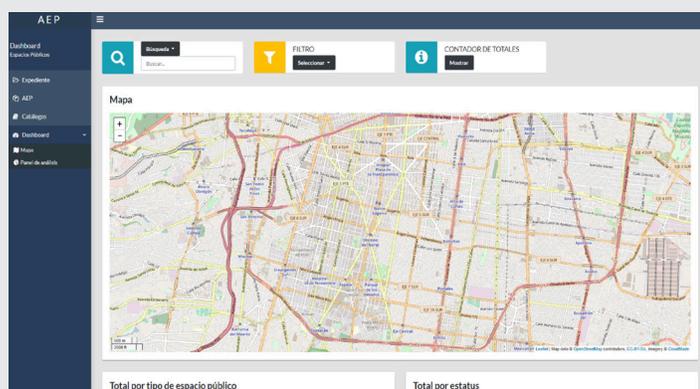
Para la codificación se consideró la base de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que son utilizados para describir y categorizar geografías con el objetivo de visualizar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente principalmente en mapas [9].

En este apartado, se presentan pantallas de la codificación, como resultado del desarrollo e implementación de este proyecto. Una de las funciones que ofrece el sistema web, es que permite mostrar la ubicación geoespacial de espacios públicos, la cual indica en tiempo real la información de cada espacio registrado, teniendo datos fidedignos que permitan hacer una toma de decisiones apropiada por los usuarios de la alcaldía Benito Juárez (ver Figura 3).



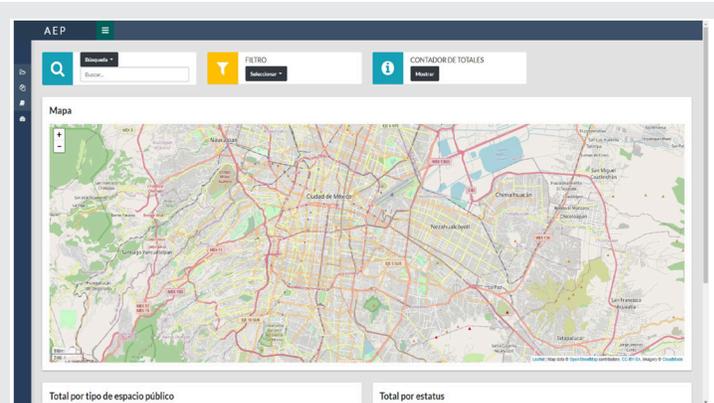
**Figura 3. Ubicación geoespacial de espacios públicos.**  
Fuente: Elaboración propia.

Otra función que tiene el sistema es que tiene opciones donde el usuario puede buscar, filtrar o saber datos totales sobre la alcaldía con sus espacios públicos. El usuario podrá navegar por el mapa además de mostrar dos gráficas con datos en la parte inferior de la interfaz, también se puede dirigir al apartado final del lado izquierdo para encontrar el módulo Dashboard, el usuario puede observar los diferentes datos de algún espacio público o de la alcaldía Benito Juárez (Ver Figura 4).



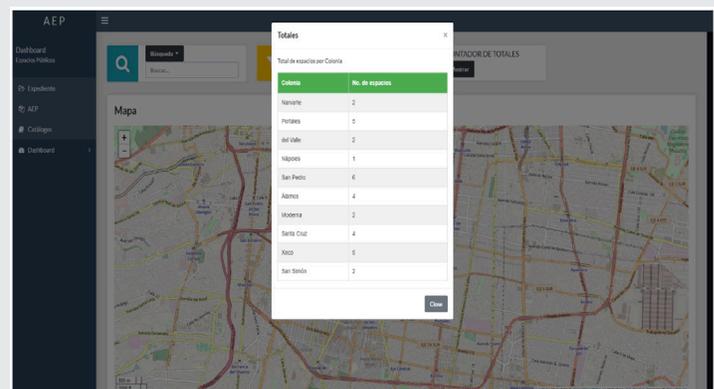
**Figura 4. Mapa de navegación de espacios públicos.**  
Fuente: Elaboración propia

También se puede visualizar e interactuar con un mapa político de la ciudad de México (ver Figura 5).



**Figura 5. Mapa para visualizar e interactuar con un mapa político de la CDMX.** Fuente: Elaboración propia

También cuenta con la opción contador de totales, la cual mostrará diferentes totales de espacios públicos seguros obtenidos de los datos ingresados a la base de datos y estos se mostrarán en una pequeña ventana emergente sobre la ventana (ver Figura 6).



**Figura 6. Contador de totales de espacios públicos seguros.**  
Fuente: Elaboración propia

La implementación de estos sistemas permitirá tener una visualización de los espacios públicos; como se muestra en la imagen, el GIS proyecta la cartográfica específica de la alcaldía y permite generar trazos de los polígonos, líneas y puntos en lugares más precisos reduciendo el margen de error de la ubicación de los espacios públicos.

## RESULTADOS

El Sistema de Gestión para Espacios Públicos Seguros en esta primera etapa, tiene como objetivo contar con el control y seguimiento de cada espacio dentro de la alcaldía. La información obtenida en un primer ejercicio generó la captura exitosa de 32 espacios públicos dentro de la alcaldía, esta información fue capturada mediante formularios diseñados con técnicas de CRUD y representadas en el mapa geoespacial.

Con apoyo del personal de la empresa Argento, se realizaron las pruebas de aceptación (Ver Figura 7 y 8) para la primera fase, requeridas por la dependencia; obteniendo como resultado satisfactorio en cada requerimiento solicitado por la alcaldía.

No.	Tipo	Requerimiento resumen	Resultado
001	Mapa base	Se agregó mapa base descrito en la solicitud	Satisfactorio
002	Tipo de mapa	Se agregó el tipo de mapa solicitado	Satisfactorio
003	Visualización	Acercamientos (zoom in) y alejamientos (zoom out)	Satisfactorio
004	Visualización	Desplazamientos (Paneo)	Satisfactorio
005	Visualización	Botón de Información	Satisfactorio
006	Visualización	Impresión de mapa	No Aplica
007	Visualización	Selección de mapa base	No Aplica
008	Visualización	Calculo de distancias (Herramientas de medición)	No Aplica
009	Visualización	Selección de elemento puntual o polígono (Herramientas de selección)	Satisfactorio
010	Factor de escala	Al cargar el visor, se presentará el mapa de la Ciudad de México, en el punto máximo de visualización se podrá visualizar el mapa de calles con puntos específicos.	Satisfactorio
011	Capas	Se agregaron las capas solicitadas	Satisfactorio
012	Capas	Datos tabulares	Satisfactorio
013	Capas	Visualización de metadatos de la capa	No Aplica
014	Capas	Descarga de metadatos de la capa	No Aplica

Figura 7. Listado de Pruebas de Aceptación.

Fuente: Elaboración propia

El almacenamiento de la información se generó en diversas Tablas relacionadas, que permiten concentración de los datos sin ser redundantes garantizando la exactitud e integridad de la información.

Al generar la primera interacción entre el Urbanista (responsable de la captura de los espacios públicos) y el sistema, el usuario se adapta al diseño de la interfaz identificando el área de trabajo (ver Figura 9); dentro de la pantalla inicial el usuario cuenta con:

1. Selector de búsqueda (Expediente, Dirección y/o Cuenta Predial).
2. Herramientas de dibujo (Polígono, línea y punto).
3. Mapa de visualización de los espacios registrados.
4. Leyendas del estatus del Espacio Público.

No.	Tipo	Requerimiento resumen	Resultado
001	Funcional	Pantalla inicial cargando mapa base.	Satisfactorio
002	Funcional	Integración de menú por categorías.	Satisfactorio
003	Funcional	Buscador de los espacios por dirección y cuenta predial.	Satisfactorio
004	Funcional	Alta de puntos, líneas o polígonos, para la asignación de espacios públicos.	Satisfactorio
005	Funcional	Permitir el seguimiento de la opinión y/o dictamen del espacio público.	Satisfactorio
006	Funcional	Permitir el seguimiento de la intervención del espacio público.	Satisfactorio
007	Funcional	Poder coordinar las gestiones de trabajo con las diferentes dependencias involucradas.	Satisfactorio
008	No funcional	El visor deberá permitir el manejo de información en tiempo real.	Satisfactorio
009	No funcional	La aplicación contará con una disponibilidad de 7 x 24.	Satisfactorio
010	No funcional	El acceso al visor incluirá un procedimiento de autorización de usuarios, en el cual los usuarios deben identificarse usando un usuario y contraseña.	Satisfactorio
011	No funcional	El visor será multiusuarios.	Satisfactorio

Realizó las pruebas por parte de la Secretaría de Finanzas

Pedro Alberto Valdés Rangel  
Subdirector de Sistemas de Información Geográficos y Datos Espaciales

Figura 8. Listado de Pruebas de Aceptación.

Fuente: Elaboración propia

Al ser un sistema web en línea los urbanistas pueden realizar el levantamiento de los espacios públicos en tiempo real al momento de encontrarse en sitio.

El sistema también permite mediante la unión de Tablas la generación y seguimiento de los expedientes que

son integrados por 1 o más espacios públicos, logrando visualizar mediante un filtro los espacios registrados en cada expediente.

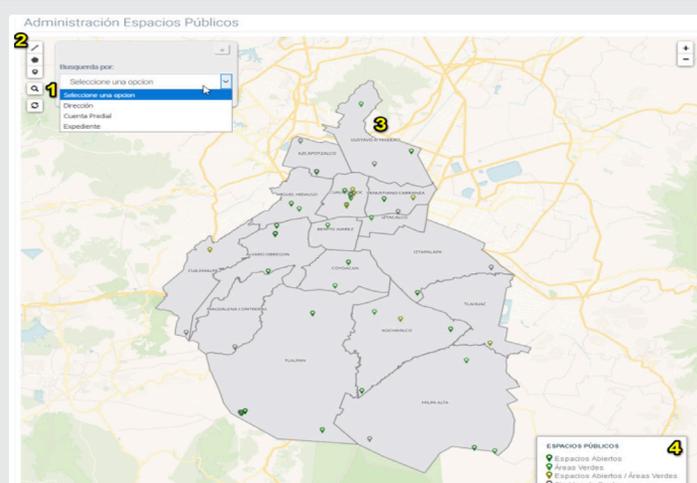


Figura 9. Pantalla principal del sistema

Fuente: Elaboración propia.

Una vez registrado la captura de los espacios públicos que se encuentran en dentro de la alcaldía, el sistema genera las gráficas dinámicas (ver Figura 10) que permiten conocer el total de espacios de acuerdo con la clasificación existente:

1. Sin uso de suelo
2. Áreas verdes
3. Espacios abiertos
4. Espacio abierto/área verde

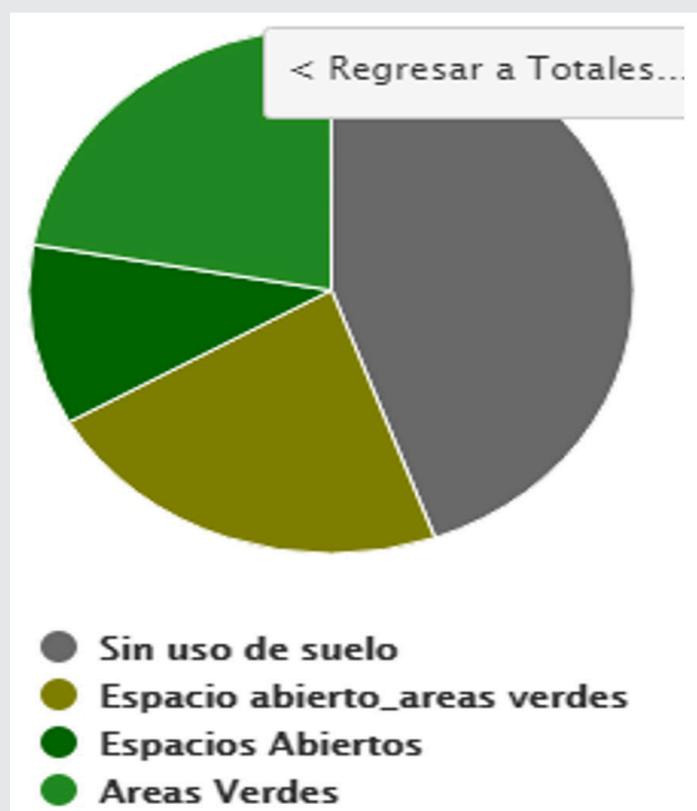


Figura 10. Gráfica del total de espacios públicos, por categoría

Fuente: Elaboración propia.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no se hubiera podido realizar sin la colaboración de la empresa Argento, el gobierno de la alcaldía Benito Juárez y el apoyo del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán; quienes, en conjunto de habilidades y conocimiento, han permitido realizar el inicio del primer sistema de gestión de espacios públicos en pro de mejorar y garantizar un ambiente tranquilo y seguro para las y los ciudadanos que visitan y/o transitan por dichos espacios.

## CONCLUSIONES

La gestión de los espacios públicos, hoy en día se ha convertido en un tema relevante dentro de las alcaldías, principalmente para la alcaldía Benito Juárez, quien busca poder proponer espacios y acciones en pro de mejoras o construcciones seguras para las y los ciudadanos.

Contar con desarrollos tecnológicos que permitan automatizar y generar grandes volúmenes de información que, almacenados aumenten su valor y permitan la generación de estrategias con las diferentes autoridades que se encuentran en la mejora constante en la toma de decisiones efectivas.

Por el momento la primera fase del Sistema de Gestión de Espacios Públicos Seguros, se concentra en la captura y seguimiento de cada espacio ubicado en la alcaldía, logrando la automatización y visualización geoespacial de los mismos.

Como trabajo futuro, se incorporará el desarrollo de un módulo que permita el cruce de la informa entre los espacios públicos y los registros delictivos que se registran a diario, estos someterlos a minería de datos y permitir la generación de estrategias oportunas para desarrollo y/o mejora en cuanto a desarrollo urbano, o bien, para estrategias de seguridad que apoyen a la reducción del índice delictivo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] *Un Women. (2017). Safe Cities and Safe Public Spaces Global Result Report. Un Women, (24). Recuperado de <https://www.unwomen.org/-/media/headquarters/attachments/sections/library/publications/2017/safe-cities-and-safe-public-spaces-global-results-report-en.pdf?la=en&vs=45>*

[2] *Temas Habitat III. (2015, 29 mayo). Recuperado de <https://habitat3.org/wp-content/uploads/Mexico-National-Report-Spanish.pdf>*

[3] *Geografía, E.D.N.I.Y. (2017). Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública (ENVIPE) 2017. INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/envi-pe/2017/>*

[4] *Kumar, M.Vijaya & Chandrasekar, C. (2011). GIS Technologies in Crime Analysis and Crime Mapping. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE).(vol-1), (7). ISSN: 2231-2307. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/6a2f/cbf3e3973cfa63fac94c9d5302601ebdfc3b.pdf>*

[5] *Julio César Rueda Chacón. (2006). Aplicación de la metodología RUP para el desarrollo rápido de aplicaciones basado en el estándar J2EE. Recuperado de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0308\\_cs.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0308_cs.pdf)*

[6] *E. Braude.(2003) Ingeniería de software - una perspectiva orientada a objetos. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.*

[7] *González, Mariana. (19 de julio de 2018). Buen diseño y administración de espacios públicos pueden disminuir inseguridad y violencia en México. Lugar de publicación: Universidad de Guadalajara. Recuperado de <http://www.udg.mx/es/noticia/buen-diseno-administracion-espacios-publicos-pueden-disminuir-inseguridad-violencia-mexico>*

[8] *R. Marín, R. Sistemas Gestores de Bases de Datos. (2019) Obtenido de revista digital: <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>*

[9] *Introducción a SIG | ArcGIS Resource Center. (2020). Esri. Recuperado de: <https://resources.arcgis.com>*



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Sistema de Información Web para el Control y Seguimiento del Proceso del Servicio Social (SIWSS)



## Colaboración

José Alberto Medina Castañeda; Francisco Javier Gutiérrez Mata; Juan Miguel Hernández Bravo; Eduardo de la Cruz Gámez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Acapulco

Fecha de recepción: 9 de noviembre de 2020

Fecha de aceptación: 30 de septiembre del 2021

**RESUMEN:** En este artículo, se plasma el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales en apoyo de CONACyT impartida en el Instituto Tecnológico de Acapulco. El objeto de este artículo es, presentar el sistema web SIWSS, el cual es un sistema de información con la finalidad de dar seguimiento y control a el proceso del servicio social en una institución educativa medio superior, este sistema se logra con ayuda de algunas herramientas de desarrollo de programación, programada en la parte del Back-End utilizando el Framework Asp.Net y para la parte del Front-End el Framework Vue.js entre otras. Este artículo forma parte de una serie de trabajos presentados para un mismo objetivo.

**PALABRAS CLAVE:** Back-End, Front-End, MVC, SIWSS, SGBD.

**ABSTRACT:** In this article, the interdisciplinary work of the Master in Computer Systems in support of CONACyT taught at the Technological Institute of Acapulco is reflected. The purpose of this article is to present the SIWSS web system, which is an information system in order to monitor and control the social service process in a high school educational institution, this system is achieved with the help of some tools of programming development, programmed in the Back-End part using the Asp.Net Framework and for the Front-End part the Vue.js Framework among others. This article is part of a series of papers presented for the same purpose.

**KEYWORDS:** Back-End, Front-End, MVC, SIWSS, SGBD.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de los sistemas de información, nos referimos a un conjunto ordenado de elementos que tienen como fin la adminis-

tración de datos e información, los cuales puedan ser recuperados y procesados de manera rápida y fácil. Permite que la información esté disponible para satisfacer las necesidades en una institución u organización.

Un sistema de información está compuesto por las siguientes funciones básicas:

- Entrada de información, en el cual el sistema toma los datos de los elementos que se requieren.
- Almacenamiento de la información, el sistema debe conservar la información de manera segura.
- Procesamiento de la información, en el cual se permite transformar la información manipular los datos necesarios que ofrezcan los elementos para la toma de decisiones.
- Salida de la información, tener la capacidad de que el sistema pueda producir la información procesada y sacar los datos de entrada a la vista del usuario.

El sistema debe proporcionar estas actividades básicas al usuario, ya que es el elemento principal que lo integra, estos se pueden definir como usuarios primarios los cuales alimentan el sistema, usuarios indirectos los cuales se benefician de los resultados, pero no interactúan con el sistema, usuarios gerenciales y directivos los cuales tienen una responsabilidad administrativa y toman las decisiones con base a la información que produce el sistema [1].

Las organizaciones cuentan con herramientas tecnológicas que ayudan con el funcionamiento de sus servicios. Páginas web para el manejo de la información, y dirigida al público en general, sistemas integrales para el funcionamiento de diferentes áreas de servicio. Muchas empresas y dependencias públicas cuentan con un sistema de Información el cual los ayuda con el funcionamiento y manejo de sus diversas áreas que ésta misma ofrece. Entonces las herramientas tecnológicas son requeridas y utilizadas para un buen común ante la sociedad [2].

El Colegio de Bachilleres Plantel #2 de Acapulco Guerrero ubicado en AV. Del Mar s/n Cañada de Los Amates, Col. Jardín de Los Amates, carece de una herramienta tecnológica que le ayude con el proceso de Servicio Social. Es una escuela pública nivel medio superior el cual brinda servicio de educación a jóvenes estudiantes que estén en el nivel o desean ingresar al plantel educativo.

En el colegio de Bachilleres plantel #2 de Acapulco Guerrero, cuentan varios departamentos para ayudar a los alumnos a crecer y avanzar profesionalmente. Uno de estos departamentos con este objetivo es el departamento del Servicio Social, el cual se encarga de que

todos los alumnos antes de concluir con sus estudios en la institución educativa realicen adecuadamente su servicio social, el cual constituye en una obligación jurídica que se encuentra prevista en diversos ordenamientos. En este mismo se implementará un sistema para el control y seguimiento del proceso del servicio social, generando reportes de evidencias y formatos de información requerida.

**OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de información web el cual lleve un control y seguimiento del proceso del Servicio Social para el Colegio de Bachilleres Plantel 2 Acapulco.

**MATERIAL Y MÉTODOS**

En esta sección se describe la arquitectura del sistema del cual trata este artículo, las herramientas utilizadas en el desarrollo, así como la metodología de desarrollo del proyecto. Para el desarrollo de este proyecto se decidió utilizar una metodología híbrida ya que esta combina las mejores prácticas de las metodologías tradicionales y las metodologías ágiles, incorporando las ventajas de cada una de ellas. Para el marco de trabajo se decidió utilizar la metodología SCRUM para marcar las pautas de las entregas de los módulos del sistema con el cliente y como metodologías para el desarrollo del Software el cual dicta los modelos y diagramas que se tenían que diseñar para el desarrollo del sistema se utilizó la metodología RUP (Rational Unified Process), se eligió ya que esta metodología define claramente quién, cómo, cuándo y qué debe hacerse en el proyecto, esta metodología está dividida en fases de las cuales para el desarrollo del sistema solo se utilizaron las fases de:

- Modelado de Negocio
- Requerimientos
- Análisis y Diseño

Las fases restantes no fueron requeridas para el desarrollo de este sistema, en la Figura 1 se aprecia todas las fases de esta metodología.

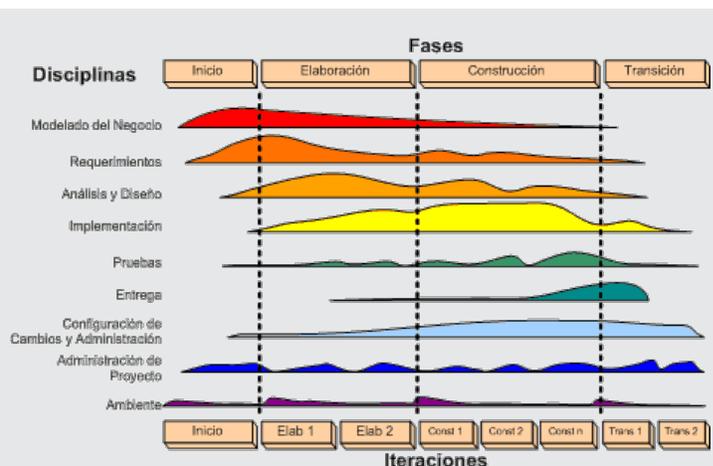


Figura 1. Fases de la Metodología RUP. Tomado de (Fernando Moreno Beltrán, 2016)



En este caso de uso "Generar Reportes de información y evidencias", el sistema SIWSS podrá realizar el proceso completamente como se menciona en el caso de uso, es decir, el sistema podrá generar el documento mencionado y también podrá imprimir este mismo.

Como se puede observar en esta Fase del desarrollo se realizaron diversos diagramas para comprender a grandes rasgos el proceso que se buscaba sistematizar. Se hará mención solo de los diagramas más relevantes que ayudaron con el desarrollo del proyecto.

Por último, mencionaremos el diagrama de entidad y relación, ya que este después da paso al desarrollo de la base de datos del sistema. Un diagrama o modelo de entidad relación es una herramienta para el modelado de datos que permite representar las entidades relevantes de un sistema de información, así como sus interrelaciones y propiedades.

A continuación, en la Figura 6, se muestra el diagrama de Entidad Relación del sistema de información Web SIWSS.

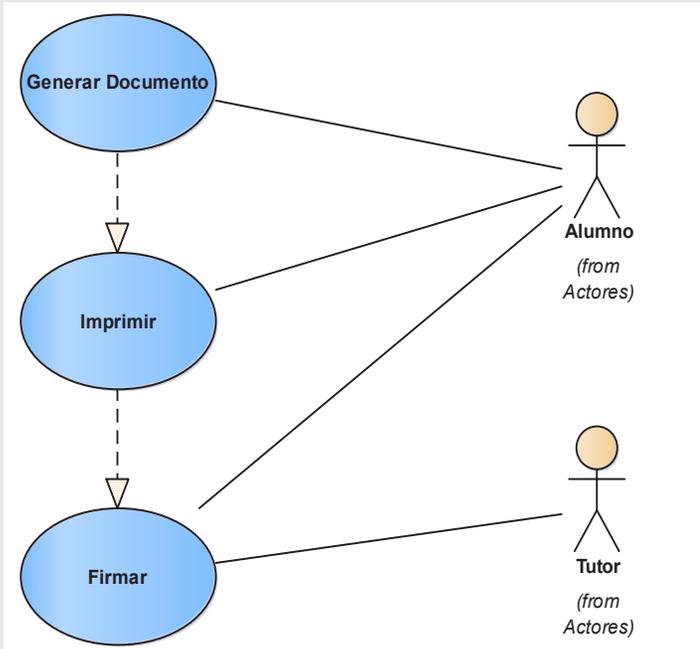


Figura 4. Diagrama de Caso de Uso - Generar Carta Compromiso  
Fuente: Elaboración propia

**Diagrama de Caso de Uso - Generar Reportes de información y evidencias.**

Este diagrama de caso de uso representa el proceso "Generar Reportes de información y evidencias" en el Modelado de Negocio, presentado anteriormente en la Figura 3.

En el diagrama de caso de uso "Generar Reportes de información y evidencias" Figura 5 se muestra un solo actor que pueden interactuar en el proceso:

- Alumno

El diagrama muestra dos casos de uso:

- Generar Documentos: el cual nos dice que el alumno puede generar los reportes de evidencia.
- Imprimir: donde el alumno puede imprimir el documento generado.

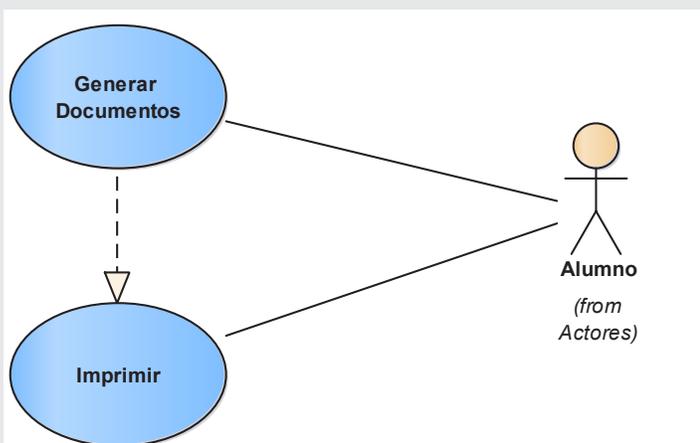


Figura 5. Caso de uso Generar Reportes de información y evidencias, Fuente: Elaboración propia

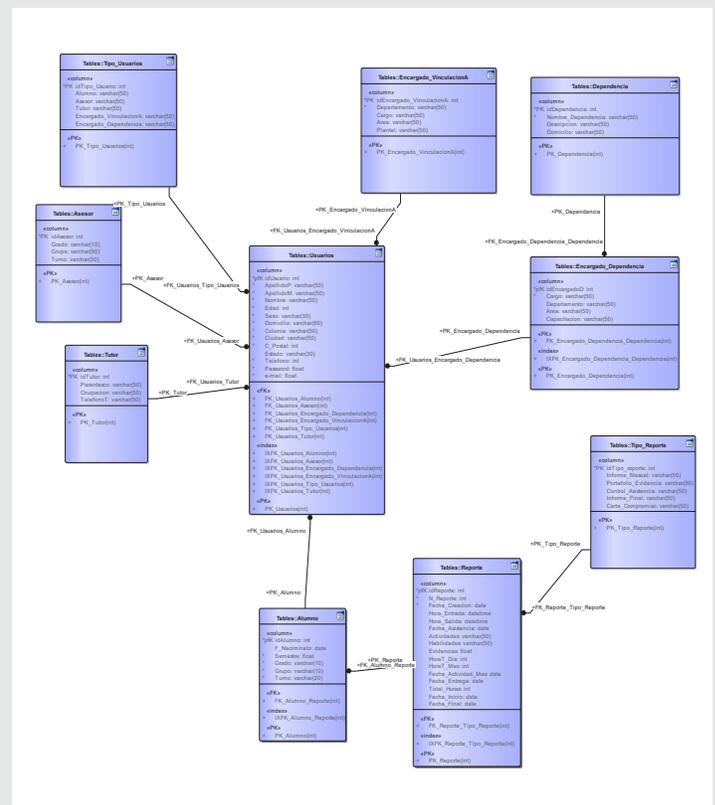


Figura 6. Diagrama Entidad-Relación del sistema SIWSS  
Fuente: Elaboración propia

Y como ya mencionamos este diagrama da paso al desarrollo de una base de datos para el sistema SIWSS, la cual se desarrolló en un gestor de base de datos llamado Microsoft SQL Server en su última versión 2019 Developer.

Teniendo realizado los diagramas necesarios y la base de datos requerida para el sistema web SIWSS, se avanzó con la fase de desarrollo del sistema para el cual se utilizaron algunas herramientas de desarrollo web.

El desarrollo del sistema se dividió en dos partes una llamada Back-End y la segunda llamada Front-End. A continuación, en la Tabla 1 y 2 se mencionan las herramientas y Frameworks utilizados hasta ahora para el desarrollo y se describe el propósito de haber utilizado cada una de ellas tanto en el Back-End como en el Front-End y la implementación de los componentes para el desarrollo del sistema.

Tabla 1. Descripción de uso de cada tecnología para el desarrollo del sistema. Back-End

Back-End	
Tecnología	Uso
ASP.NET	Es un entorno para aplicaciones web desarrollado, seleccionado por construir sitios webs dinámicos y aplicaciones web.
ASP.NET Core	Es un framework web gratis de código abierto y con un mayor rendimiento que ASP.NET. Seleccionado por su ágil desarrollo en sistemas en multiplataforma.
JavaScript	El lenguaje de programación JavaScript que permite la creación de la lógica de negocio en los controladores y de los modelos. Lenguaje funcional para el desarrollo de las funciones en el Back-End.
jsPDF	Librería para Java Script que permite generar documentos PDF a partir de una plantilla HTML o directamente por programación. Esto nos permitió poder diseñar un documento PDF de manera sencilla y adaptable.

Tabla 2. Descripción de uso de cada tecnología para el desarrollo del sistema. Front-End

Front-End	
Tecnología	Uso
HTML	Seleccionado como tecnología principal del lado del cliente, proporciona una estructura web general para cada vista del sistema.
CSS	Lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado. Utilizado para establecer el diseño visual de los documentos web en el sistema.
Bootstrap	Para crear vistas con diseño que alguien más ya desarrollo y que están disponibles gratis, se implementó el framework Bootstrap. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basado en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales.
JavaScript	Aunque indirectamente, también se utilizó para la manipulación del contenido en el Front-End realizando validaciones.
Vue.js	Es un framework progresivo para construir interfaces de usuario. A diferencia de otros frameworks monolíticos, Vue está diseñado desde cero para ser utilizado incrementalmente. La librería central está enfocada solo en la capa de visualización. Utilizado para dar una mejor vista al usuario del sistema.

El equipo de cómputo donde se desarrolló el sistema tiene las siguientes características:

- Laptop marca Dell
- Procesador Core i7
- Memoria RAM de 8 Gigas
- Sistema Operativo Windows 10

Las herramientas para el desarrollo del sistema propuesto son las siguientes:

- Visual Studio Code 2019
- Microsoft SQL Server 2019
- Visual Studio 2019

## RESULTADOS

Con base al diseño presentado en este artículo donde se mostraron los diagramas de análisis y diseño del sistema haciendo uso de UML, Estos diagramas dan soporte al desarrollo del sistema. En esta sección se muestran los resultados obtenidos al utilizar las herramientas mencionadas en el tema anterior.

Para la creación de una base de datos hecha a medida para el uso del sistema que se desarrolló se utilizó la herramienta Microsoft SQL Server, la ventaja que teníamos de utilizar esta herramienta es que nos permitió trabajar en modo cliente – servidor, donde la información y datos se alojan en el servidor y los clientes de la red sólo acceden a la información, también contiene escalabilidad estabilidad y seguridad.

En Visual Studio se codificó el sistema SIWSS, la ventaja de haber utilizado esta herramienta para el desarrollo del sistema, fue que Visual Studio es una plataforma compatible con todas las tecnologías mencionadas en el tema anterior que ayudaron en el desarrollo del sistema SIWSS, tanto en el Back-end como para el Front-end y esto nos permitió tener un sistema amigable para nuestro cliente.

Como en todo sistema, hay un inicio que todo usuario observa al ingresar a cada uno de ellos, en la Figura 7 se muestra el inicio del sistema SIWSS.

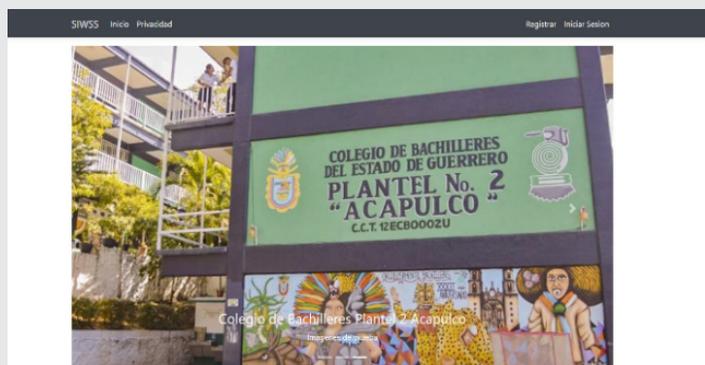


Figura 7. Página Principal o Inicio del sistema SIWSS  
Fuente: Elaboración propia

En la página principal del sistema podemos encontrar solo la información de la institución y un menú básico de información, así como un menú de acceso para el sistema. Para la programación de este inicio solo se requirió utilizar las herramientas básicas de programación ASP.NET, HTML y CSS.

El sistema cuenta con dos Menús diferentes para cada tipo de usuario, uno para administrador y el otro para el usuario Alumno. En la Figura 8 podemos observar el menú para el administrador.

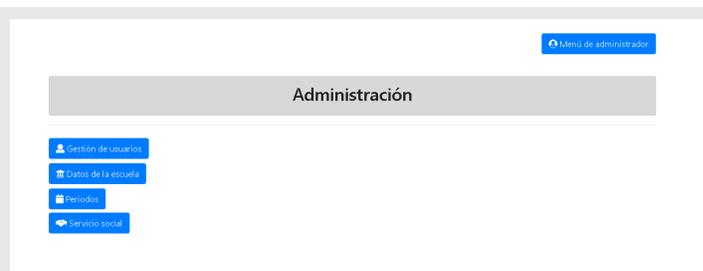


Figura 8. Menú para el administrador  
Fuente: Elaboración propia

En el menú se muestran las funciones básicas que tiene el administrador dentro del sistema, las cuales son:

- Gestión de usuario: en el cual el administrador puede contemplar a todos los alumnos registrados y activos dentro del sistema, puede agregar, modificar y eliminar todos estos usuarios tal como se muestra en la Figura 9.
- Datos de la Escuela: Es la información de la institución, la cual se puede modificar desde este menú.
- Servicio Social: está muestra la información de las empresas donde los alumnos esta realizando su servicio social, así como una relación de cada usuario que está realizando su servicio social en dicha empresa.

En la Figura 9 podemos observar parte del código fuente de implementación para poder programar las funcionalidades del administrador, así como sus vistas ya presentadas con anterioridad.

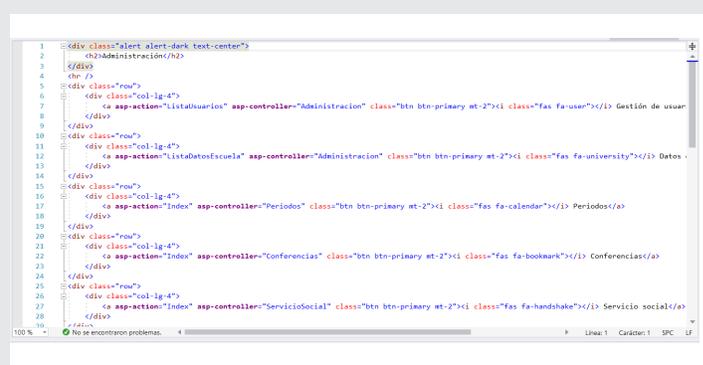


Figura 9. Código fuente de implementación  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 podemos observar el menú del servicio social desde el menú del administrador que nos lleva a más información detallada de las empresas o instituciones donde los alumnos realizan su servicio social.



Figura 10. Vista previa de una Lista de usuario desde el menú Gestión de usuarios

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11 podemos observar el código fuente de implementación que se utilizó para programar la parte de la funcionalidad del sistema el cual muestra una lista de usuarios al administrador del sistema.

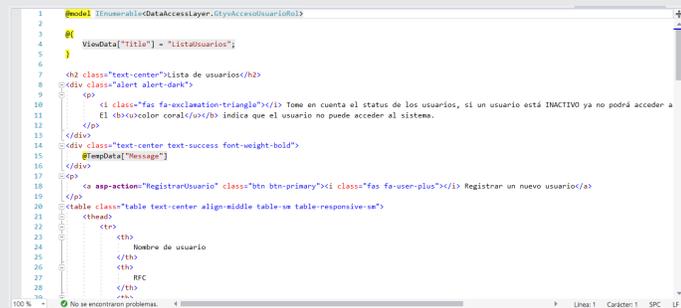


Figura 11. Código Fuente de Implementación

Fuente: Elaboración propia

En el menú que se muestra en la Figura 12 el usuario puede modificar fechas de los programas o periodos en los que se realizan los servicios sociales en la institución, se puede obtener la información de los convenios

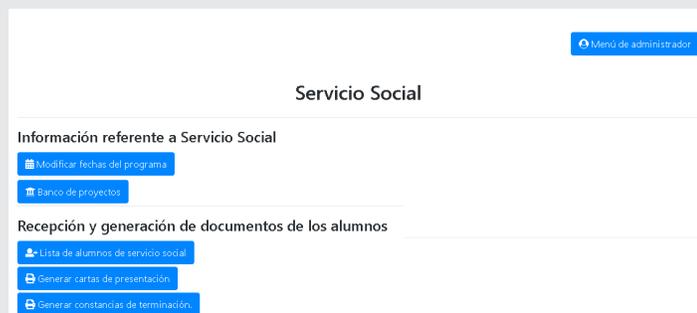


Figura 12. Menú del Servicio Social

Fuente: Elaboración propia

con las empresas e instituciones donde los alumnos pueden estar realizando su servicio social, así como un banco de proyectos para que los alumnos puedan elegir entre algunos de ellos. Toda esta información, puede ser agregada, modificada y eliminada por el usuario administrador únicamente.

De igual forma en el mismo menú el usuario puede obtener Formatos como una lista de los alumnos realizando su servicio social con toda su información básica,

otro formato que pueden obtener son las constancias de terminación para los alumnos.

En la Figura 13 podemos observar el código fuente de implementación que se utilizó para el funcionamiento del sistema en la parte del servicio social. El cual muestra un menú con varias funcionalidades que el usuario puede acceder y disponer de ellas.



Figura 13. Código fuente de implementación

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 podemos ver el menú para el usuario Alumno.

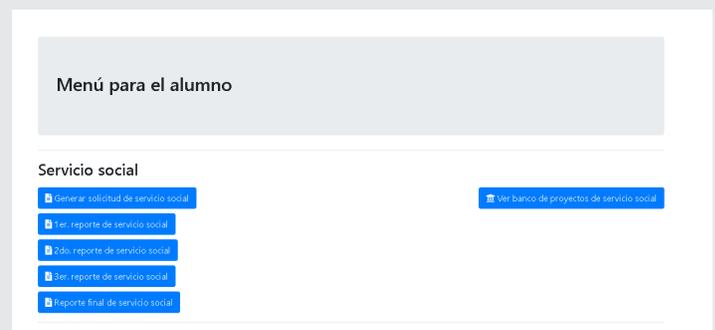


Figura 14. Menú para el usuario Alumno

Fuente: Elaboración propia

El menú cuenta con las siguientes acciones para los usuarios:

- Generar Solicitud de servicio social: el cual genera una carta para solicitar a una empresa o institución, participar en algún proyecto o programa y así poder hacer su servicio social en ella.
- 1er reporte de servicio social: El cual es el primer reporte de evidencia de las actividades realizadas en el servicio social.
- 2do. reporte de servicio social: El cual es el segundo reporte de evidencia de las actividades realizadas en el servicio social.
- 3er reporte de servicio social: El cual es el Tercer reporte y último de evidencia de las actividades realizadas en el servicio social.
- Reporte Final de servicio social: El cual sería como la carta de liberación por parte de la empresa para el alumno, indicando que realizó su servicio social satisfactoriamente.

En el menú para el alumno también podemos observar una opción para poder ver un banco de proyectos del servicio social, para que puedan elegir alguno y realizarlo.

Todos los formatos mencionados anteriormente, incluyendo los reportes de evidencia son generados y descargados en archivos PDF, esta función se realizó utilizando la librería jsPDF mencionada anteriormente en el tema anterior.

En la Figura 15 se muestra parte del código fuente de implementación que se utilizó en la parte del usuario alumno, el cual cuenta con las diferentes funcionalidades que se mostraron en la Figura 14.

[4] *El Lenguaje Unificado de Modelado Guía del usuario. Madrid (España): PEARSON EDUCACIÓN, S.A.*

[5] *Sommerville, I. (2016). Desarrollo ágil de Software. En Ingeniería de Software (págs. 72-74). Pearson.*

[6] *Rogelio Toledo García, C. A. (10 de 02 de 2017). Diferentes metodologías ágiles. Obtenido de Diferentes metodologías ágiles: <https://lorbada.com/blog/2017/02/10/diferentes-metodologias-agiles/>.*

```

1  using System.Security.Claims
2
3  <div class="jumbotron">
4  <h2>Menú para el alumno</h2>
5  </div>
6  <p class="text-success text-center font-weight-bold">
7  @TempData["Message"]
8  </p>
9  <p class="text-danger text-center font-weight-bold">
10 @TempData["Alert"]
11 </p>
12 </div>
13 <div class="row">
14 <div class="col-lg-4">
15 <h3>Conferencias</h3>
16 <a asp-action="RegistrarConferencia" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-address-book"></i> Registrarse a una conferencia</a>
17 </div>
18 </div>
19 </div>
20 <div class="row">
21 <div class="col-lg-12">
22 <h3>Servicio social</h3>
23 <a asp-action="SolicitarPeriodoSS" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-file-alt"></i> Generar solicitud de servicio social<
24 <a asp-action="BancoProyectos" class="btn btn-primary mt-2 float-right"><i class="fas fa-university"></i> Ver banco de proyectos de ser
25 <a asp-action="RegistrarPrimerReporte" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-file-alt"></i> 1er. reporte de servicio social</a>
26 <a asp-action="RegistrarSegundoReporte" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-file-alt"></i> 2do. reporte de servicio social</a>
27 <a asp-action="RegistrarTercerReporte" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-file-alt"></i> 3er. reporte de servicio social</a>
28 <a asp-action="RegistrarFinalReporte" class="btn btn-primary mt-2"><i class="fas fa-file-alt"></i> Reporte final de servicio social</a>
29 </div>
30 </div>

```

Figura 15. Código fuente de implementación  
Fuente: Elaboración propia

**CONCLUSIONES**

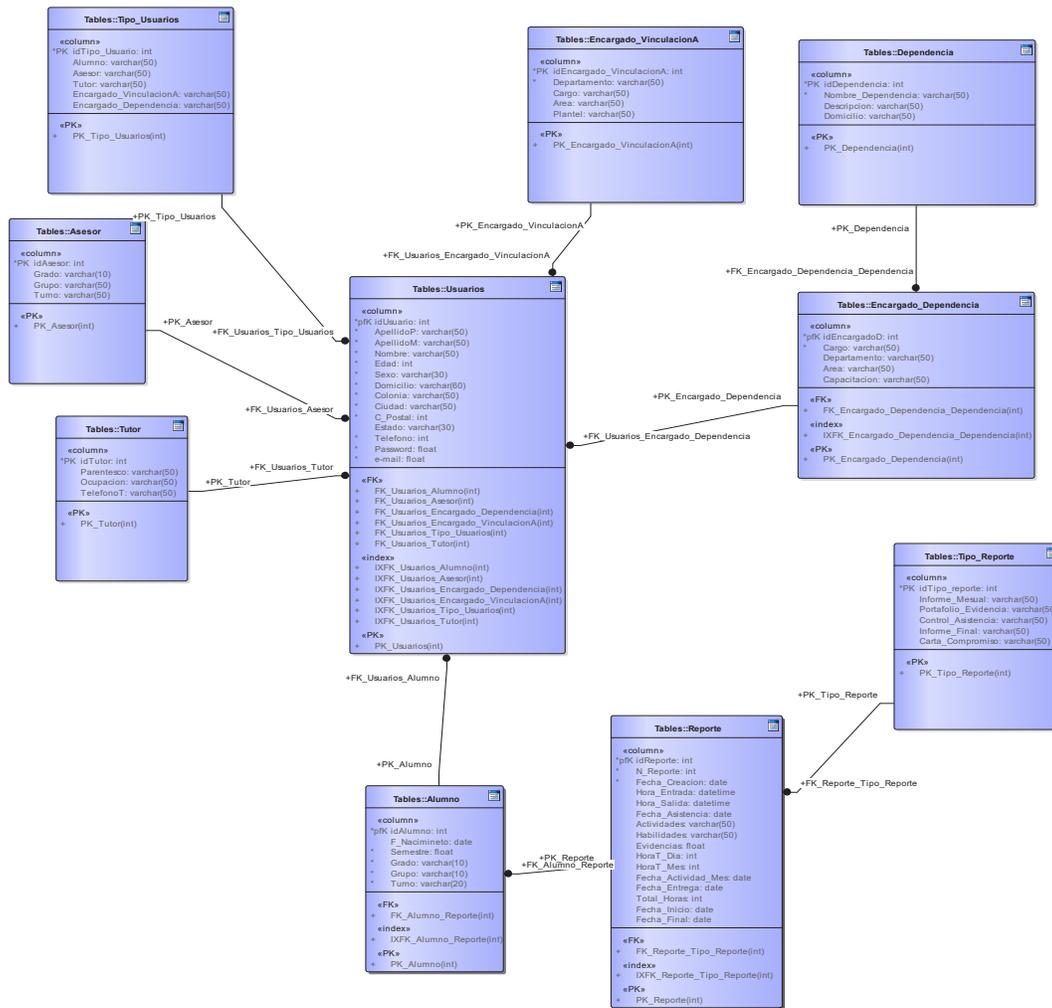
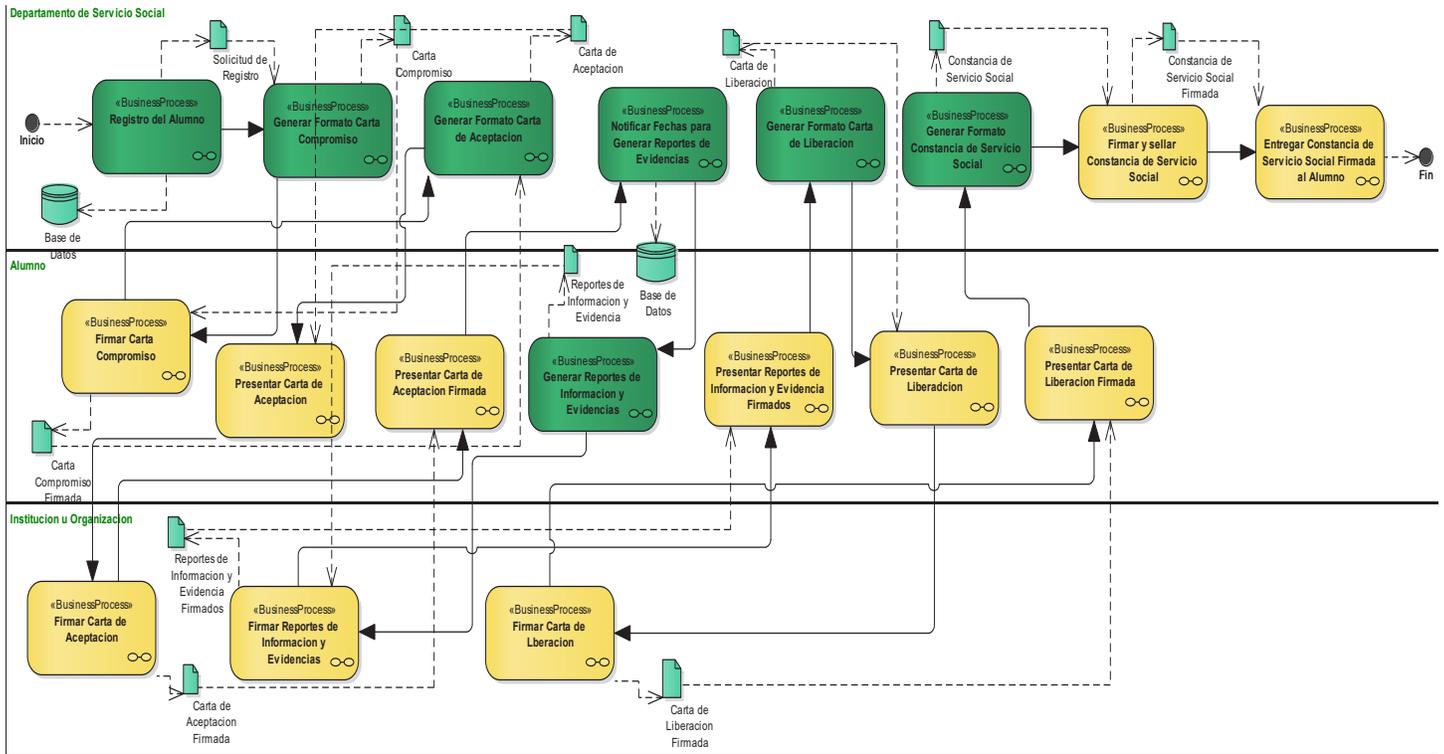
El sistema presentado en este artículo pretende facilitar la manipulación de la información que se genera en el proceso del servicio social de la institución educativa Colegio de Bachilleres Plantel 2 Acapulco, Guerrero, ya que en la actualidad la institución no dispone de una herramienta similar a la que se desarrolló para este proceso, y por el cual se decidió desarrollar este sistema. Se hace mención de todo el proceso que se realizó para llegar a un producto final en este caso el sistema SIWSS. También podemos decir que el sistema ayudara a la reducción del material que se utiliza para el funcionamiento del proceso del servicio social dentro de la institución ya mencionada.

**BIBLIOGRAFÍA**

[1] *U. N. A. d. M. Dirección General de Orientación y Atención Educativa, «SISTEMA DE INFORMACIÓN AUTOMATIZADA DE SERVICIO SOCIAL,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.siaas.unam.mx/>.*

[2] *Fernando Moreno Beltrán, G. V. (Marzo de 2016). RUP Guia para novatos - Ingeniería en Sistemas Computacionales, de la Universidad Politécnica de Zacatecas. Obtenido de RUP Guia para novatos - Ingeniería en Sistemas Computacionales, de la Universidad Politécnica de Zacatecas.: <https://rupnoobs.wordpress.com/>.*

[3] *Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobson, I. (2006).*





Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Análisis de las TIC para un modelo de aula invertida: caso de estudio del ITSAV



## Colaboración

Erica María Lara Muñoz; Rogelio Reyna Vargas; Hugo de Jesús Lara Muñoz; Félix Efraín Corro Islas; Cristhian Villegas García, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2021

Fecha de aceptación: 07 de septiembre del 2021

**RESUMEN:** Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), son herramientas que actualmente se utilizan en cualquier ámbito, incluido el educativo. En el presente artículo, se realiza el análisis de las TIC que más utilizan y dominan estudiantes del ITSAV (Instituto Tecnológico Superior de Alvarado) con la finalidad de que estas tecnologías formen parte de las utilizadas en la implementación de un modelo de aula invertida.

El estudio se llevó a cabo considerando 74 sujetos de estudio de cuatro unidades académicas del ITSAV. Se hizo uso de un instrumento para la recolección de la información, validando su confiabilidad a través de la determinación del coeficiente de Alfa de Cronbach utilizando el software SPSS versión 23 y su interpretación estadística. Los resultados de la prueba arrojaron un valor de .923 del coeficiente, con lo cual se comprueba la validez y confiabilidad del instrumento.

Dentro de los resultados, se obtuvieron más de 50 nombres entre herramientas, plataformas, redes sociales y tecnologías que utilizan los estudiantes con un nivel de dominio de uso, bueno. Por lo que estas herramientas junto con otras que se sugieren en el modelo de aula invertida serán las que formen parte de la implementación de dicho modelo.

**PALABRAS CLAVE:** aula invertida, estilos de aprendizaje, herramientas tecnológicas, plataformas tecnológicas, tecnologías de la información y comunicación, TIC.

**ABSTRACT:** Information and communication technologies (ICT) are tools that are currently used in any field, including education. In this paper, the analysis of the ICT that most commonly use and dominate students of the ITSAV (Instituto Tecnológico Superior de Alvarado) is carried out in order to make these technologies part of those used in the implementation of a flipped classroom model.

The study was conducted considering 74 study subjects from four ITSAV academic units of the ITSAV. An instrument was used for the collection of information, validating its reliability through the determination of the Cronbach's Alpha Coefficient using SPSS software version 23 and its statistical interpretation. The test results yielded a value of .923 of the coefficients, checking the validity and reliability of the instrument.

Within the results, more than 50 names were obtained between tools, platforms, social networks and technologies used by students with a level of usage mastery, well. Therefore, these tools along with others suggested in the flipped classroom model will be the ones that are part of the model implementation.

**KEYWORDS:** flipped classroom, learning, styles, technological tools, technological platforms, information and communication technologies, ICT.

## INTRODUCCIÓN

Ante la situación de la salud que se comenzó a vivir debido a la pandemia del COVID-19, los estudiantes se vieron obligados a utilizar con mayor frecuencia las tecnologías de información y comunicación (TIC) convirtiéndose éstas en protagonistas para facilitar el acceso a la información y sobre todo a las clases y los contenidos abordados por los docentes en cada uno de los planteles educativos.

Las TIC conocidas como "el conjunto de herramientas, soportes y canales para el acceso y el tratamiento de la información" [1] fueron y siguen siendo el acompañante de la educación, pero ¿en cuáles herramientas los estudiantes tienen mayor dominio

y se les facilitan utilizar más?, ¿existen dificultades en los estudiantes para tener acceso a las tecnologías y poder atender las clases en línea?

Actualmente, estas tecnologías facilitan un nuevo contexto tecnológico [2], además de que han estado presentes en los jóvenes, desde su infancia, es prácticamente imposible que no hagan uso de estas de manera cotidiana, han sido parte de su vida social, personal y actualmente también académica. Por lo que las TIC representan un nuevo entorno de aprendizaje que generan habilidades en los estudiantes [3] durante su formación académica, jugando un papel muy importante para el desarrollo de las actividades didácticas.

Con el objetivo de conocer las TIC que utilizan mayormente los jóvenes estudiantes al realizar sus actividades académicas, se realizó un estudio de caso, que mostrara estas tecnologías, para posteriormente, de ser factible aplicar el modelo del aula invertida.

Por lo que el presente artículo muestra los resultados obtenidos de un estudio realizado con doble finalidad, el primero, conocer las tecnologías que más utilizan los estudiantes, así como el nivel de dominio que tienen de éstas, y el segundo, integrar las herramientas y/o tecnologías como las principales a utilizar en la implementación de un modelo de aula invertida, debido a que estos resultados, darán la pauta a continuar con una investigación en proceso, relacionada con este modelo, ya que es un modelo que puede dar solución a las ausencias en el aula de clases, por cualquier tipo de inconvenientes que se puedan presentar.

El modelo de aula invertida sugiere que las actividades que se realizan en el aula de clases sean llevadas a cabo fuera de ella, como actividades que se realicen previo a las clases, de la misma manera, las actividades elaboradas en casa o fuera del aula, sean llevadas a cabo, como actividades de participación dentro del aula en la clase [4]. En otras palabras, los estudiantes en lugar de recibir el conocimiento directamente desde el docente como se hace tradicionalmente, disponen de diversos recursos que deberán utilizar, ver y analizar fuera de su horario de clases [5]. Por lo que habrá que implementar diversas estrategias que permitan que los estudiantes se encuentren activos y promueva en ellos la colaboración y construcción de su conocimiento.

Algunas de las investigaciones realizadas del modelo del aula invertida [4][6][7], demuestran que éste desarrolla buenos hábitos de estudio y la autorregulación, además de que los estudiantes aprenden de manera activa, autónoma, asumiendo roles más activos, participando y coordinando diálogos, también mantiene el compromiso, el aprendizaje personal y grupal, asimismo, los estudiantes dedican más tiempo a reflexionar sobre su propio aprendizaje e incluso se puede observar un incremento en cuanto a la evaluación del desem-

peño de los estudiantes y el promedio de sus calificaciones, comparadas con calificaciones, haciendo uso de otra metodología diferente.

Por otra parte, se comenta que el modelo de aula invertida es benéfico tanto para el docente como para el estudiante, ya que la dinámica de la clase es mucho mejor, debido a que el estudiante es más participativo y activo durante el desarrollo de esta y se observa mayor responsabilidad y compromiso, por el lado docente, este tiene un rol mucho más flexible al convertirse en un asesor o guía [7].

Como se puede observar, el modelo del aula invertida puede ser una solución a las ausencias de los estudiantes en el aula de clases, ya que el docente tendrá que diseñar las actividades, seleccionar las herramientas y utilizar las estrategias adecuadas que permitan que el estudiante siga motivado, adquiriendo conocimiento y construyendo su aprendizaje.

Es muy importante, que desde que se sabe que se va a implementar alguna asignatura con este modelo, se realice una selección de las TIC más adecuadas que se puedan adaptar tanto a las particularidades del modelo, como a los estilos de aprendizaje de los estudiantes, por lo que se deberá de cumplir con las características y sugerencias [8] del modelo sin descuidar las maneras de aprender del estudiante.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, considerando las unidades académicas de Alvarado, Medellín de Bravo, Lerdo de Tejada y Tlalixcoyan, con la participación de 74 sujetos de estudio.

Se aplicó un test desarrollado en Google Form, una vez que los estudiantes por lo menos cursaron un semestre en línea haciendo uso de distintas tecnologías de la información y comunicación durante sus clases.

Las carreras que formaron parte del estudio fueron del área de sistemas computacionales y de ingeniería en gestión empresarial.

El formulario estuvo diseñado con preguntas generales y preguntas para conocer el tipo de tecnología que utilizan los estudiantes con mayor frecuencia y el nivel de dominio en el uso de estas.

La confiabilidad del instrumento fue validado a través del coeficiente de Alfa de Cronbach, haciendo uso del software estadístico SPSS en su versión número 23, para la interpretación estadística del mismo, obteniendo como resultado un valor de .923 del coeficiente de Alfa de Cronbach comprobando de esta manera la validez y confiabilidad del instrumento aplicado a los sujetos de estudio.

Una vez aplicado el test, se obtuvo la base de datos de las respuestas y estas fueron analizadas para obtener los resultados que se muestran en la siguiente sección.

## RESULTADOS

En los resultados obtenidos después de la aplicación del test, se observa que los estudiantes hacen uso de diversas herramientas, software y plataformas para el desarrollo de sus actividades académicas, por lo que a continuación se darán a conocer los mismos.

Dentro de los programas de cómputo que utilizan los estudiantes con mayor frecuencia para realizar sus actividades, se encuentran los procesadores de texto con un 100% de uso, las hojas de cálculo en un 96%, las presentaciones electrónicas al utilizarlas un 100%, software de edición de vídeos con un 70% y software de diseño gráfico con un 73% como lo puede observar en la Figura 1.

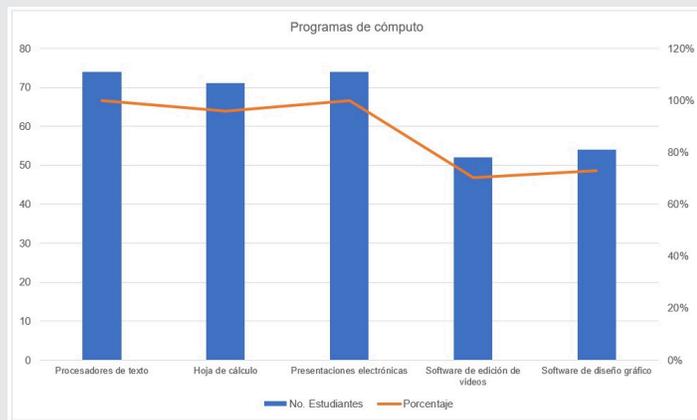


Figura 1. Programas de cómputo más utilizados  
Fuente: Elaboración propia

Para poder comunicarse a través de la red de Internet, los estudiantes utilizan lo que son el correo electrónico y los programas de mensajería instantánea en un 100% y las redes sociales en un 97%, véase la Figura 2.

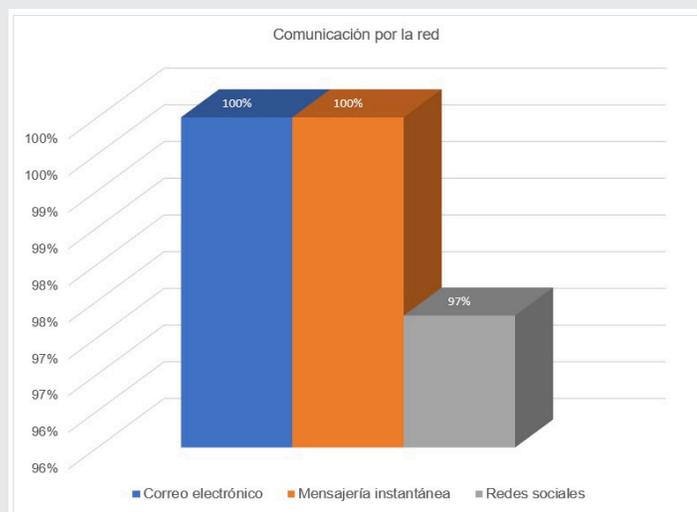


Figura 2. Herramientas para comunicarse por la red  
Fuente: Elaboración propia

Para tener acceso a diversa información y a las actividades académicas utilizan los navegadores de internet y las plataformas educativas en un 100%, documentos en la nube un 97%, generador de formularios un 78%, el alojamiento de videos en un 82% y la consulta a bases de datos bibliográficas en un 46%, como se observa en la Figura 3.

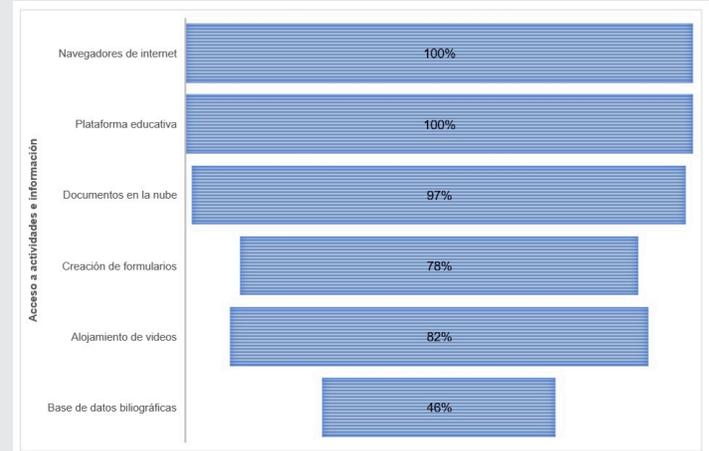


Figura 3. Acceso a actividades e información  
Fuente: Elaboración propia

De los 74 sujetos de estudio, se encontró que el 100% tiene computadora personal, ya sea de escritorio o portátil, incluso existen estudiantes que cuentan con ambos tipos de computadoras, como se observa en la Figura 4.

Si tiene computadora personal ¿de qué tipo es? Seleccione las opciones que apliquen en su caso

74 respuestas

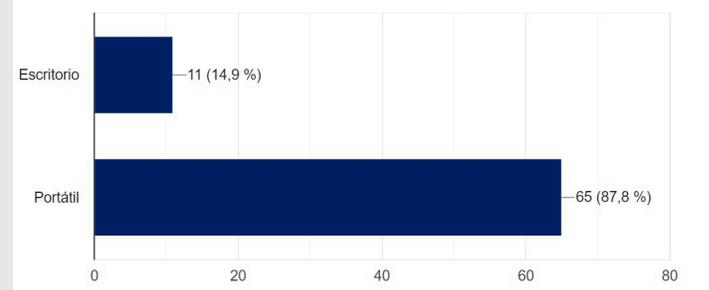


Figura 4. Estudiantes con computadora personal  
Fuente: Elaboración propia

De estos, el 93.2% tienen acceso a internet desde su computadora y solo el 6.8% no lo tiene, esto lo puede observar en la Figura 5.

Incluso en la mayoría de los casos, la velocidad del internet supera los 5 Mbps, siendo mayor la población que tiene 10 Mbps de velocidad en su servicio, esto es un 24.3% como se ilustra en la Figura 6.

En cuanto a los dispositivos móviles que utilizan los estudiantes, se encontró que solamente el 4.1%, equivalente a tres sujetos de estudio, no cuentan con uno,

el resto, por lo menos tiene uno disponible para poder realizar sus trabajos académicos. Observe la Figura 7.

¿Tiene acceso a Internet desde su computadora?

74 respuestas

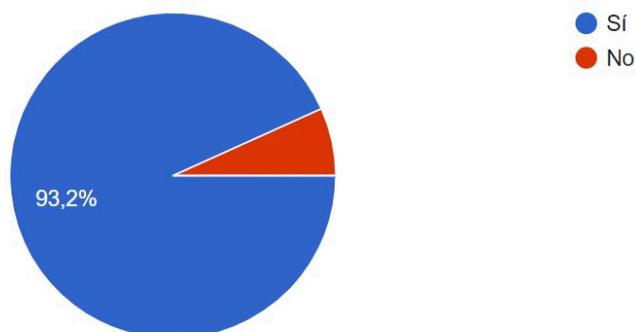


Figura 5. Estudiantes con acceso a Internet

Fuente: Elaboración propia

Si tiene acceso a Internet, seleccione la velocidad de su servicio

74 respuestas

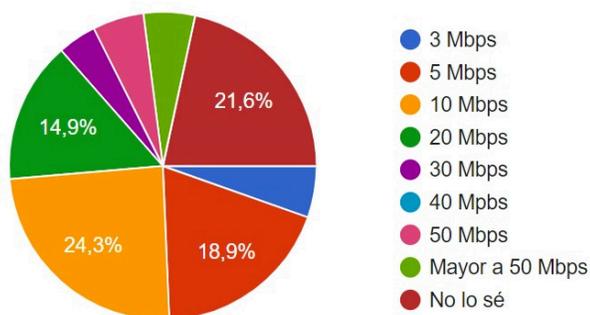


Figura 6. Velocidad en el servicio de Internet

Fuente: Elaboración propia

Identifique los dispositivos móviles que tenga disponibles para trabajar. Seleccione las opciones que apliquen en su caso

74 respuestas

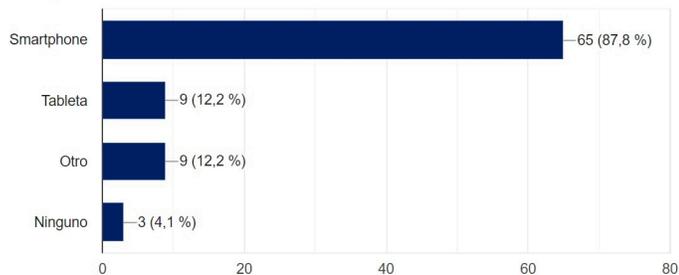


Figura 7. Dispositivos móviles disponibles para realizar trabajos

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las herramientas, programas y plataformas que más utilizan los estudiantes se encuentran: como procesador de textos, Microsoft Word, la hoja de cálculo más usada es Microsoft Excel, las presentaciones

que realizan los estudiantes es con Microsoft Power como programa de diseño hacen uso de Paint, como programa de correo electrónico utilizan más el Gmail, el Google Chrome para realizar las búsquedas de internet, WhatsApp utilizado como mensajería instantánea, Google Classroom como plataforma educativa, Wondershare Filmora para la edición de videos, Google Drive para alojar documentos en la nube, Facebook como red social mayormente utilizada, el programa generador de encuesta es Google Form y la plataforma para alojar videos es YouTube. El porcentaje de uso de estas herramientas de acuerdo con los sujetos de estudio, lo podrá observar en la Figura 8.

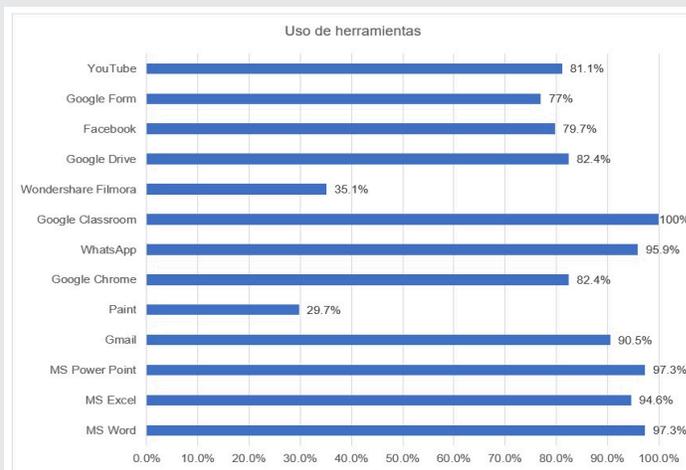


Figura 8. Herramientas más utilizadas por los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8 se puede observar que el programa de edición de video más utilizado por el 35.1% de los sujetos de estudio es Wondershare Filmora, sin embargo, existen otros que también utilizan como el Camtasia, el aTubeCatcher, el VLC Media Player, el Movie Maker, entre otros. De la misma manera, se puede observar el uso de Paint en un 29.7%, por lo que existen otros programas de diseño utilizados como lo son el PhotoShop, Corel Draw, Adobe Illustrator, entre otros.

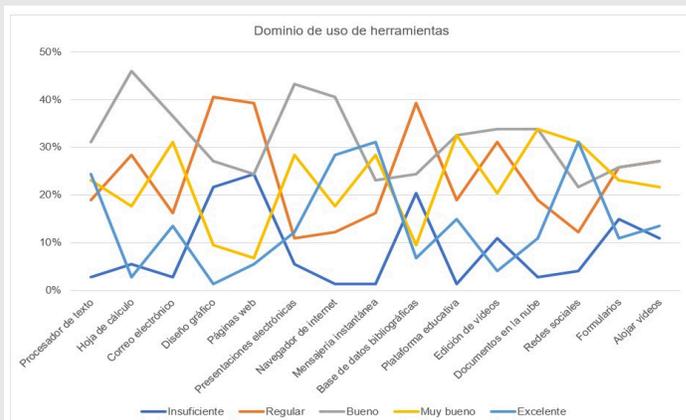


Figura 9. Nivel de dominio de las herramientas más utilizadas por los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en cuanto al nivel de dominio de las herramientas que más utilizan los estudiantes, se catalogaron como bueno en un 31%, regular un 24%, muy bueno el 22%, dominio excelente el 14% y un 9% como insuficiente. En la Figura 9 podrá observar que la línea gris se encuentra por arriba de las demás líneas, seguida por la línea naranja, mismas que hacen referencia al nivel de dominio bueno y regular respectivamente.

## CONCLUSIONES

Dentro de los datos analizados, se observa que todos los estudiantes cuentan con al menos un dispositivo electrónico para realizar sus actividades académicas, ya sea computadora personal de escritorio o portátil, inclusive el 95.9% de los sujetos de estudio tienen por lo menos un dispositivo móvil disponible. Por otro lado, se tiene que el servicio de internet no representa un reto, ya que incluso las velocidades del servicio son bastante aceptables para los trabajos académicos, en su mayoría alcanzan los 10 Mbps. Por lo que no existe dificultad para que los estudiantes puedan utilizar diversas TIC o herramientas que el docente ponga a disposición en el modelo del aula invertida.

Con el presente estudio, se conocieron más de 50 tecnologías, plataformas y herramientas que utilizan los estudiantes, incluso el nivel de dominio que predomina en el uso de estas oscila entre bueno y regular. Sin embargo, a pesar de que se conozcan las tecnologías que más manejan los jóvenes para realizar sus actividades, el modelo del aula invertida, es más que sólo utilizar tecnologías, habrá que diseñar, adaptar y adoptar muchas otras herramientas, plataformas y tecnologías, así como hacer uso de estrategias que permitan que los estudiantes puedan adquirir el conocimiento, las habilidades y competencias necesarias para que estos puedan resolver diversas problemáticas ya sea en su entorno laboral, profesional o personal.

Una vez se tengan los elementos a considerar en el modelo de aula invertida y se prepare alguna clase con este modelo, no hay que perder de vista que la interacción docente y estudiantes sigue siendo necesario, no porque el estudiante tenga que revisar contenidos fuera del aula de clase, significa que el docente se va a desentender de esos contenidos, el rol del docente es sumamente importante para que exista ese diálogo, la confianza y sobre todo el acompañamiento con la finalidad de que el docente siempre esté presente y pueda reconocer y detectar si los estudiantes están adquiriendo los conocimientos, están motivados y si siguen con el mismo o mayor interés en sus estudios y aprendizaje.

Otro aspecto importante para considerar, serán los estilos de aprendizaje, ya que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera, por lo que las clases de tipo aula invertida, deberán estar diseñadas considerando los estilos de aprendizaje de los estudiantes,

para que estos no pierdan el interés y sobre todo no les resulte complejo las actividades que tengan que revisar fuera del aula.

Por lo que se concluye, que los resultados del presente caso de estudio muestran que el modelo del aula invertida se puede emplear, debido a que los estudiantes dominan y hacen uso de las TIC, cuentan con el servicio de Internet y con los dispositivos móviles que les permiten realizar sus actividades, por lo que no existe impedimento para aplicar el modelo del aula invertida.

Como trabajo futuro, se analizarán más herramientas que se ajusten a los estilos de aprendizaje de los estudiantes y se diseñarán e implementarán actividades para desarrollar cursos siguiendo las características del modelo de aula invertida.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Mendoza, L. (2020). *Lo que la pandemia nos enseñó sobre la educación a distancia*. *Revista latinoamericana de estudios educativo*, 50(Esp), 343-352. doi: 10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.119.

[2] Gargallo, A. (2018). *La integración de las TIC en los procesos educativos y organizativos*. *Educar em Revista, Curitiba, Brasil*, 34(69), 325-339. doi: 10.1590/0104-4060.57305.

[3] García, M., Reyes, J., & Godínez, G. (2017). *Las Tic en la educación superior, innovaciones y retos*. *RICSH Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 6(12), 1-18. doi: 10.23913/ricsh.v6i12.135.

[4] Hernández, C., & Tecpan, S. (2017). *Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: un estudio de caso en la formación de profesores de física*. *Estudios Pedagógicos*, 43(3), 193-204.

[5] Kraus, G., Formichella, M., & Alderete, M. (2019). *El uso del Google Classroom como complemento de la capacitación presencial a docentes de nivel primario*. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (24), 79-90. doi: 10.24215/18509959.24.e09.

[6] González, M., & Huerta, P. (2019). *Experiencia del aula invertida para promover estudiantes prosumidores del nivel superior*. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(2), doi: 10.5944/ried.22.2.23065.

[7] Aguilera, C., Manzano, A., Martínez, I., Lozano, M., & Casiano, C. (2017). *El modelo Flipped Classroom*. *International Journal of Developmen-*

*tal and Educational Psychology*, 4(1), 261-266.  
doi: 10.17060/ijodaep.2017.n1.v4.1055.

[8] Perdomo, W. (2017). *Ideas y reflexiones para comprender la metodología Flipped Classroom*. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (50), 143-161



# Ingeniantes

Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla