



# EmprendeCiencia

Una publicación del CITE Pánuco Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco



TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO





**EMPRENDECIENCIA, Año 2024, número 2, volumen 3 enero-junio 2024**, Revista electrónica de publicación semestral emitida por el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Avenida Artículo Tercero Constitucional S/N Colonia Solidaridad, Pánuco Veracruz C.P. 93990 teléfono 8462662898. <https://www.panuco.tecnm.mx/emprendeciencia@panuco.tecnm.mx> Editora Responsable M.T.A. Lilia Alejandra Alvarado Delfín, Número de reserva de derechos al uso exclusivo **04-2022-110414061500-102** y con **ISSN 2954-5129**. Otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación e Incubación Empresarial, M.T.A. Lilia Alejandra Alvarado Delfín Avenida Artículo Tercero Constitucional S/N Colonia Solidaridad, Pánuco Veracruz C.P. 93990. Fecha de la última actualización 30 de mayo del 2024.

# ***EmprendeCiencia***

**Año 2024 vol. 3 núm. 2**

**ISSN 2954-5129**

**<https://www.panuco.tecnm.mx/>**

La Revista ***EmprendeCiencia*** es una publicación periódica respaldada por el Centro de Innovación e Incubación Empresarial del Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco. Su objetivo principal es proporcionar un espacio destinado a la difusión de trabajos y proyectos relacionados con áreas como el emprendedurismo, el desarrollo empresarial, el desarrollo tecnológico, la innovación educativa y la innovación social. Esta revista sirve como un foro para que los investigadores y profesionales compartan sus conocimientos, avances y experiencias en estos campos, contribuyendo así al intercambio de ideas y al desarrollo de estas áreas de interés.

Los escritos presentes en esta revista han pasado por un riguroso proceso de evaluación realizado por especialistas en el campo, y las perspectivas expresadas en ellos son completamente responsabilidad de los autores. Tanto el contenido de los artículos como la responsabilidad asociada recaen en los autores y sus respectivas instituciones. La reproducción parcial o total del material de esta revista está permitida, siempre y cuando se obtenga la autorización de los autores y se haga una adecuada referencia al contenido original.

# Créditos

## Directivos:

***Mtra. Jeanett Martínez Etienne***

Directora General

Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco

***Rosalío Vázquez Valadez***

Sub director de Vinculación

Responsable del Centro de Innovación e Incubación Empresarial

Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco

## Consejo Editorial:

***M.T.A. Lilia Alejandra Alvarado Delfín***

Editora Responsable / Coordinadora General

***M.C.A. Manuel Cornelio Torres Maza***

***Dr. Gil Santana Esparza***

***Dra. Violeta Jiménez Zarate***

Coordinadores Editoriales

## Equipo Técnico:

***M.S.I. Patricia Hernández Rodríguez***

Diseño de Portada

***Dr. Eric Álvarez Baltierra***

Diseño web

***M.S.I. Héctor Hugo Moreno Pérez***

Administrador Web

***Ing. Ludivina Valdéz Tovar***

Asistente Administrativa

## Comité Editorial:

***M.C.A Samira King Delgado***

***M.F. Luz Ángela Hernández Rivera***

***M.C.A. Jesús Muñiz Blanco***

***M.A. Marlene Pérez Arteaga***

TecNM Campus Pánuco

# Comité Científico

**Dr. Arturo Ernesto Mares Gardea**  
*TecNM Campus CENIDET*

**Dr. Jorge Alberto Galaviz Pérez**  
*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*

**Dr. Arturo López Marure**  
*Instituto Politécnico Nacional*

**Dr. Juan Carlos Manjarrez López**  
*Universidad Tecnológica de Puebla*

**Dr. Adrián Vázquez Vázquez**  
*Universidad Politécnica Altamira*

**Dra. Liz del Carmen Cruz Netro**  
*Investigadora Independiente*

**Dr. Ernesto Cavazos Reyes**  
*Fundación Solidaridad Latinoamericana*

**Dr. Hugo Rojas Chávez**  
*TecNM Campus Tláhuac II*

**Dr. Marco Antonio Ríos Medina**  
*Universidad Santander México*

**M.I.T. Carlos Augusto Jiménez Zarate**  
*Universidad Autónoma de Nuevo León*

**Dra Mayra Elizabeth Brosing Rodríguez**  
*Universidad Autónoma de Nuevo León*

**Dra. Zugey Berenice Cuevas Carballo**  
*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*

**Dra. Jessica Ivonne Hinojosa López**  
*Universidad Autónoma de San Luis Potosí*

**M.S.I. Rosa María Hernández Rejón**  
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*

**Dr. Ángel José Martínez Salinas**  
*Universidad Nacional Autónoma de México*

**Dr. Jarniel García Morales**  
*TecNM Campus CENIDET*

**Dra. María Yasmín Hernández Pérez**  
*TecNM Campus CENIDET*

**Dra. Violeta Jiménez Zarate**  
*TecNM Campus Pánuco*

**Dr. Gil Santana Esparza**  
*TecNM Campus Pánuco*

**M.C.A. Manuel Cornelio Torres Maza**  
*TecNM Campus Pánuco*

**M.T.A. Lilia Alejandra Alvarado Delfín**  
*TecNM Campus Pánuco*

**M.C.A. Samira King Delgado**  
*TecNM Campus Pánuco*

**M.C.A. Jesús Muñiz Blanco**  
*TecNM Campus Pánuco*

**M.F. Luz Ángela Hernández Rivera**  
*TecNM Campus Pánuco*

## **Inclusión y Diversidad: Descubriendo nuevos genios**

En la era moderna, la inclusión no es solo un principio ético, sino una estrategia esencial para fomentar la innovación tecnológica y la investigación científica. La inclusión de individuos con trastornos diagnosticados, como el autismo, el TDAH y otros, ha demostrado ser una fuente inestimable de creatividad y talento. Este enfoque no solo promueve la equidad, sino que también impulsa avances significativos en diversas disciplinas.

La inclusión de personas con trastornos diagnosticados aporta una diversidad cognitiva crucial para la innovación. Las diferentes formas de pensar y resolver problemas pueden conducir a soluciones únicas y creativas. Por ejemplo, las personas con autismo a menudo tienen habilidades excepcionales en áreas como el pensamiento lógico y la atención al detalle, lo que puede ser invaluable en campos como la programación y el análisis de datos. Crear ambientes inclusivos donde todos los individuos puedan contribuir plenamente fomenta una cultura de innovación. Empresas tecnológicas líderes, como Microsoft y SAP, han implementado programas específicos para contratar a personas con autismo, reconociendo su potencial para aportar perspectivas únicas y habilidades especializadas que benefician a toda la organización.

La inclusión en la investigación científica también implica el desarrollo de enfoques personalizados que consideran las necesidades y habilidades individuales. Investigaciones recientes han explorado cómo las personas con TDAH pueden tener ventajas en la multitarea y la capacidad de generar ideas rápidamente, cualidades que pueden ser aprovechadas en investigaciones científicas y tecnológicas. La neurodiversidad es un campo emergente que estudia cómo las variaciones en el cerebro humano pueden contribuir a diferentes formas de inteligencia y habilidades. La investigación en neurodiversidad no solo ayuda a

entender mejor los trastornos del desarrollo neurológico, sino que también revela talentos ocultos y potencial en personas que anteriormente podrían haber sido subestimadas.

Históricamente, muchas personas que ahora podrían ser diagnosticadas con trastornos del espectro autista o TDAH han realizado contribuciones significativas a la ciencia y la tecnología. Nikola Tesla, por ejemplo, exhibió comportamientos que hoy podrían asociarse con el autismo. En la actualidad, personas como Temple Grandin, una científica prominente con autismo, han transformado sus desafíos en fortalezas, realizando avances significativos en la ciencia animal y la industria agrícola. Además de Grandin, otros ejemplos de éxito incluyen a Greta Thunberg, una joven activista climática con síndrome de Asperger, que ha movilizado a millones de personas alrededor del mundo para enfrentar el cambio climático. Satoshi Tajiri, el creador de Pokémon, ha compartido su experiencia viviendo con autismo y cómo esto influyó en su creatividad y éxito. También está John Elder Robison, autor y defensor del autismo, cuyo trabajo en tecnología y su habilidad para reparar equipos electrónicos complejos destacan sus talentos únicos.

Organizaciones educativas y empresas están adoptando políticas inclusivas para identificar y nutrir el talento de individuos con trastornos diagnosticados. La Universidad de Stanford y el MIT, por ejemplo, han implementado programas de apoyo específicos para estudiantes con trastornos del aprendizaje, brindándoles las herramientas y el entorno necesario para sobresalir en sus estudios e investigaciones. Además, en el ámbito empresarial, Google ha lanzado iniciativas para contratar y apoyar a personas con neurodiversidad, reconociendo el valor único que aportan a la innovación tecnológica.

La inclusión de individuos con trastornos diagnosticados en la innovación tecnológica y la investigación científica no solo es una cuestión de justicia social, sino también una estrategia efectiva para impulsar el progreso. La diversidad cognitiva y las perspectivas únicas que aportan estas personas son recursos valiosos que pueden llevar a descubrimientos y avances significativos. Fomentar

ambientes inclusivos y apoyar la investigación en neurodiversidad no solo beneficia a las personas directamente afectadas, sino que también enriquece a la sociedad en su conjunto, abriendo nuevas fronteras en el conocimiento y la tecnología.

Promover la inclusión y valorar la diversidad de habilidades y perspectivas es crucial para construir un futuro más innovador, equitativo y próspero. En un mundo donde cada vez más se reconoce la importancia de la neurodiversidad, estamos apenas comenzando a descubrir el vasto potencial que reside en cada individuo, independientemente de sus diagnósticos





# Índice

<b>Nuevo sistema de protección del acero de refuerzo embebido en concreto mediante recubrimientos base magnetita sellada con cerio</b> <i>De la Cruz Cruz Christian Antonio†, Onofre Bustamante Edgar, Espíndola Flores Ana Cecilia.</i>	1
<b>Obtención de Biodiésel a Partir de Aceite de Palma Crudo con Catalizadores de Ni/SBA-16</b> <i>Vicente Jiménez Yesenia, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Del Ángel Meráz Ebelia, Encarnación Gómez Cecilia, García Zaleta David Salvador, Aguilar Sánchez Nelly C., María Guadalupe Hernández Cruz</i>	10
<b>Diseño de un sistema de riego por goteo a través de energía solar fotovoltaica en el cultivo de sandía</b> <i>Rodríguez Chiunti Miguel Ángel, Heribia Virues Arturo, Vidal Gamboa Adán</i>	20
<b>Propuesta de un prototipo electrodoméstico para el secado de pies</b> <i>Aguirre Lara Nubia Iselda, Cruz Méndez Alma Leticia, Arenas Méndez Manuel Antonio, Santiago Santiago Ariadna Daulet</i>	40
<b>Software en la nube a través de bases de datos NoSQL para apoyo en el ámbito escolar.</b> <i>Torres Espinosa Pedro, Bucio Chong Diana Berenice, Molar Velázquez Gabriela</i>	54
<b>Semiconductores y el Cambio de Paradigma: México en la Era de la Tecnología Global</b> <i>Jiménez Echeverría José Roberto, García Echeverría Armando, Cisneros Alejandro Luis Marcos, Delgado Pichardo Juan Carlos, López Hernández Francisco Javier.</i>	62
<b>Propuesta De Estrategias Para La Implementación De La Revolución Industrial 4.0 En El ITSAO”</b> <i>Arias Aragón Adalit, Mejía Ramírez Rosario, Julio Cesar Rojas Nando, Yoxkin Estévez Martínez, Carlos Alberto Rodríguez de Dios</i>	88
<b>Evaluación de la usabilidad de un sistema de telemedicina</b> <i>Ramírez Vázquez Juan Carlos, Rivera García Guadalupe Esmeralda, Pérez Arteaga Elizabeth</i>	110

# Nuevo sistema de protección del acero de refuerzo embebido en concreto mediante recubrimientos base magnetita sellada con cerio.

De la Cruz Cruz Christian Antonio\*†, Onofre Bustamante Edgar\*, Espindola Flores Ana Cecilia \*

\*Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, México.  
eonofre@ipn.mx

## Palabras clave:

Corrosión, magnetita, cerio, protección catódica, concreto, acero de refuerzo

## Keywords:

Corrosion, magnetite, cerium, cathodic protection, concrete, reinforcing steel

## RESUMEN

El sistema concreto-acero de refuerzo es de gran importancia para la industria de la construcción debido a que presenta excelentes propiedades como: manejo y/o trabajabilidad, resistencia mecánica, durabilidad y además una gran versatilidad de aplicaciones a las que se puede someter. Sin embargo, al estar expuesto en agua de mar, los iones agresivos difunden en el concreto a través de los poros hasta llegar al acero de refuerzo, provocando un deterioro en este sistema, que promueve la pérdida de las propiedades mecánicas. Por lo tanto, en este trabajo se plantea modificar superficialmente el sistema concreto-acero de refuerzo, mediante la aplicación de recubrimientos base magnetita, sellada con cerio utilizando un tratamiento de conversión química base cerio (CeCCT'S) en concentraciones de 0.01M. El análisis que se presenta en este trabajo comprende resultados después de 3 años en exposición en agua de mar. El seguimiento de los sistemas modificados se llevó a cabo empleando técnicas electroquímicas como: Potencial a Circuito Abierto (OCP), Resistencia a la polarización Lineal (LPR), y Curvas de Polarización (PC), para determinar su comportamiento electroquímico, así como el tiempo de vida del sistema concreto-acero de refuerzo.

## ABSTRACT

The concrete-steel reinforcement system is of great importance for the construction industry because it has excellent properties such as: handling and / or workability, mechanical resistance, durability and also a great versatility of applications to which it can be subjected. However, when exposed in seawater, aggressive ions diffuse into the concrete through the pores until they reach the reinforcing steel, causing a deterioration in this system, which promotes the loss of mechanical properties. Therefore, in this work it is proposed to superficially modify the concrete-reinforcing steel system, by applying magnetite-based coatings, sealed with cerium using a cerium-based chemical conversion treatment (CeCCT'S) at concentrations of 0.01M. The analysis presented in this paper includes results after 3 years of exposure in seawater. The monitoring of the modified systems was carried out using electrochemical techniques such as: Open Circuit Potential (OCP), Linear Polarization Resistance (LPR), and Polarization Curves

(PC), to determine their electrochemical behavior as well as the life time of the concrete-reinforcing steel system.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad el estudio del deterioro de los materiales metálicos empleados en la construcción o ensamblaje de equipos se ha incrementado, con el objetivo de coadyuvar y disminuir los costos de mantenimiento, al mismo tiempo incrementar el tiempo de vida de estos materiales [1-2]. Además de estudios relacionados con la selección de materiales modificados como la unión física de diferentes materiales tanto metálicos como no metálicos, para extender el tiempo de vida y mejorar las propiedades electroquímicas. Además, del estudio de otros métodos para la disminución de la velocidad de corrosión, dentro de los cuales, se encuentra los recubrimientos, inhibidores y la aplicación de protección catódica [3-4]. La protección catódica es uno de los principales métodos de protección que permite mantener al acero de refuerzo inmune. De acuerdo con el diagrama de Pourbaix del sistema Fe-H<sub>2</sub>O y el criterio termodinámico de los -850 mV vs ER<sub>Cu/CuSO<sub>4</sub></sub>. bajo estas condiciones el acero de refuerzo se encuentra dentro de la zona de inmunidad. Por lo que al menos termodinámicamente se elimina la posibilidad de que el acero de refuerzo soporte una reacción de oxidación. Sin embargo, uno de los principales problemas al aplicar protección catódica es la alta resistividad que posee el concreto, por lo tanto, se incrementa el costo de aplicación de este método de protección.

No obstante, los recubrimientos representan uno de los métodos más utilizados para contrarrestar los problemas de corrosión que presenta el acero de refuerzo embebido en concreto, los cuales, funcionan principalmente creando una barrera física/mecánica entre el material metálico y los iones agresivos que se encuentran en el concreto y/o el medio que los rodea, como puede ser agua de mar o dulce.

Adicionalmente en los últimos años se han incorporado el uso de inhibidores como método de protección para este sistema, siendo de gran utilidad, debido, a que poseen la propiedad de adherirse sobre la superficie y crear una pequeña barrera

en puntos localizados que estén desprotegidos y poder así permitir la protección del sistema [5].

En este trabajo se evaluó el efecto de los iones agresivos sobre el tiempo de vida del acero de refuerzo sometido a agua de mar, después de 3 años de exposición. El sistema concreto-acero de refuerzo (C-AR) contemplo una modificación superficial sobre el acero de refuerzo, aplicando una oxidación controlada, también conocida como Tratamientos de Conversión Química (TCQ), para formar óxidos estables y poder crear una barrera protectora (magnetita), sin embargo, esta capa protectora, por lo general es muy porosa, para sellar estos poros, se utilizó un tratamiento de conversión química base cerio (Ce-TCQ), aprovechando la características de inhibidor de corrosión que tiene el  $\text{CeO}_2$ , favoreciendo su depósito sobre los poros formados del pavonado. El seguimiento de los sistemas modificados se llevó a cabo empleando técnicas electroquímicas como OCP, LPR y PC, para determinar su comportamiento electroquímico, así como el tiempo de vida del sistema concreto-acero de refuerzo.

## **DESARROLLO**

### **Materiales**

Fueron evaluadas las probetas modificadas mediante tratamientos de magnetita y magnetita sellada con cerio después de 3 años de exposición en agua de mar.

El arreglo experimental incluye la modificación superficial, la cual, se realizó aplicando un recubrimiento de magnetita en tiempos de 10 y 30 minutos, y la magnetita sellada con cerio, aplicando un tratamiento de conversión química base Cerio (CeCCT's) en concentraciones de 0.01M.

Las probetas analizadas tienen un arreglo de tres electrodos simulando una celda electroquímica, donde el electrodo de trabajo es la varilla de acero de refuerzo, el electrodo auxiliar, una varilla de acero inoxidable y el electrodo de Calomel Saturado como electrodo de referencia.

**CARACTERIZACIÓN ELECTROQUÍMICA**

Las técnicas electroquímicas se llevaron a cabo empleando un potenciostato-galvanostato de la marca Gill AC serial No. 1650.

**Potencial a Circuito Abierto (OCP)**

Se monitoreo el potencial a circuito abierto (OCP) durante un periodo de tiempo de 1800 segundos, para cada probeta estudiada y determinar el estado termodinámico del acero de refuerzo [6-7].

**Resistencia a la Polarización Lineal (LPR)**

Para determinar la velocidad de corrosión se utilizó la técnica de LPR, aplicando una perturbación y/o polarización del sistema de  $\pm 20$  mV a partir de potencial de corrosión con una velocidad de barrido de 0.25 mV/s [8].

**Curvas de Polarización (PC).**

Las curvas de polarización potenciodinámica se realizaron aplicando un barrido de potencial en el intervalo de -100 a 900 mV, con una velocidad de barrido de 1 mV/s. Los parámetros determinados a partir de estos resultados permiten conocer si existe la presencia de una capa pasiva [9].

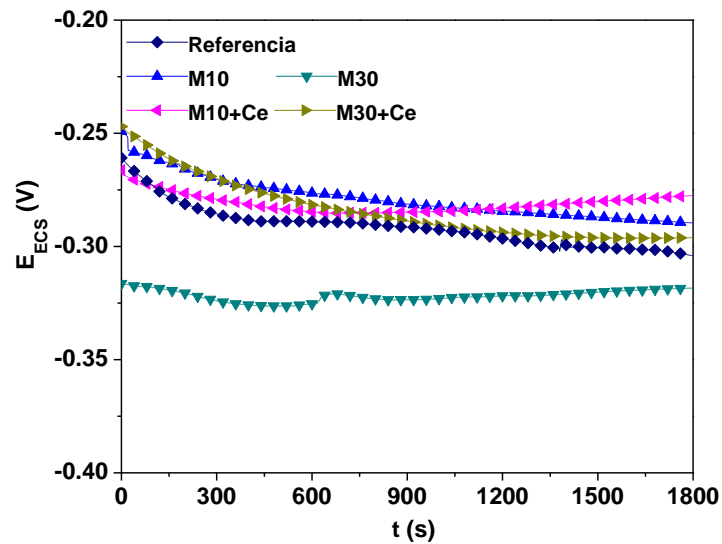
**RESULTADOS****Potencial a circuito abierto (OCP)**

Después de tres años de exposición, los especímenes modificados a partir de la superficie del acero de refuerzo fueron evaluados mediante OCP para determinar su comportamiento termodinámico (Figura 1) La muestra testigo (Referencia) presentó valores de  $E_{\text{corr}} \approx -294$  mV. muy similar a los valores que presentan los especímenes modificados con magnetita M10, M10+CeCCT's y M30+ CeCCT's. Sin embargo, el espécimen M30 presenta un desplazamiento hacia valores más negativos de por lo menos 26 mV respecto al espécimen testigo, mostrando un valor de  $E_{\text{corr}} \approx -320$  mV, indicando que el acero de refuerzo se encuentra más activo con

respecto al resto de los especímenes. Este comportamiento puede asociarse con un grado mayor de degradación o corrosión del acero de refuerzo, considerando que el  $E_{corr}$  se establece como consecuencia de las reacciones óxido-reducción.

De acuerdo con la Norma ASMT C876-91, valores menores de potencial (-200 mV) con respecto al RE de Cu/CuSO<sub>4</sub> ó -102 mV con respecto al RE de Calomel saturado ( $E_{ECS}$ ), existe menos de un 10 % de probabilidad de que las estructuras sufran corrosión, mientras que a valores de -102 a -252 mV presentan una probabilidad superior al 10 %, finalmente, cuando se alcanzan valores mayores de -252 mV tienen un riesgo del 90% de sufrir corrosión.

Con respecto a las probetas del acero de refuerzo recubiertas con magnetita (M10 y M30) podemos observar que presentan  $E_{corr}$  muy negativos entre -270 y -325 mV que de acuerdo con la Norma ASMT C876-91, presentan un riesgo del 90% de sufrir corrosión, al menos termodinámicamente hablando. Sin embargo, es importante considerar que la magnetita se caracteriza por ser porosa, por lo que un incremento del área superficial podría ser el causante del desplazamiento del  $E_{corr}$  a valores tan negativos. Por otro lado las muestras y magnetita sellada con cerio (M10+Ce y M30+Ce), presentan  $E_{corr}$  estables y más positivos que las muestras solo con magnetita (M10 y M30) e incluso más positivas que la muestra referencia, como consecuencia del sellado de los poros de la magnetita con el Cerio, disminuyendo así la susceptibilidad a sufrir corrosión [10,11].



**Fig. 1. Comportamiento del OCP de las muestra de acero reforzado recubiertas con magnetita durante 10 y 30 min y magnetita sellada con cerio, expuestas en agua de mar.**

### Resistencia a la Polarización Lineal (LPR)

Como se observa en la tabla 1 se encuentran resumidos los resultados obtenidos mediante LPR. Es importante considerar que la Resistencia a la polarización de acuerdo con la ley de Ohm es inversamente proporcional a la corriente que circula por el sistema y por lo tanto, y la corriente resultante es directamente proporcional a la velocidad de corrosión del sistema evaluado. Por lo tanto, en la tabla 1 se puede observar que tanto la muestra desnuda (referencia) como las muestras con magnetita B10 y B30 presentan una  $R_p$  muy similar (mismo orden de magnitud). Y por lo tanto mayor velocidad de corrosión comparadas con la muestras con recubrimiento de magnetita selladas con cerio (B10+Ce y B30+Ce). Las cuales, presentar una  $R_p$  mayor en al menos un orden de magnitud y por tanto, una menor velocidad de corrosión de igual forma un orden de magnitud menor. Este comportamiento coincide perfectamente con lo observado mediante OCP y es debido a que el cerio se deposita preferencialmente sobre los poros de la magnetita disminuyendo así la susceptibilidad a sufrir corrosión [10,11].

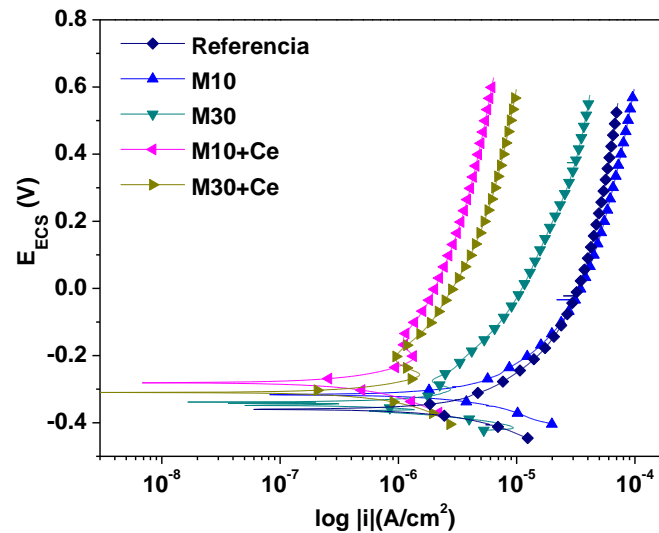
Tabla 1. Resultados de Rp de las muestra evaluadas en presencia de NaCl 3% en peso.

Sample	Rp	$i_{corr}$ (A/cm <sup>2</sup> )	$V_{corr}$ (mmy)
Referencia	9.60E+03	2.71E-05	3.20E-02
B10	3.62E+03	7.19E-06	8.49E-03
B30	9.07E+03	2.87E-06	3.39E-03
<b>B10 + Ce</b>	<b>3.25E+04</b>	<b>8.00E-06</b>	<b>9.45E-04</b>
<b>B30 + Ce</b>	<b>2.70E+04</b>	<b>9.62E-06</b>	<b>1.14E-04</b>

### Curvas de Polarización (PC).

Los resultados de las CP se muestran en la Fig. 2. Como se puede observar las muestras con recubrimiento de magnetita obtenido durante 10 min (M10) muestran un comportamiento prácticamente igual que la muestra referencia. No obstante, la muestra con magnetita obtenida durante 30 minutos (M30) presenta un ligero desplazamiento del potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ) a valores más positivo y una densidad de corriente de corrosión ( $i_{corr}$ ) menor como consecuencia de la presencia de una capa pasiva porosa que puede presentar una velocidad de corrosión menor ( $V_{corr}$ ) al menos temporalmente. Debido principalmente a que una vez que ingresen los iones agresivos o el agua a través de los poros de la película pasiva nuevamente iniciará el proceso de corrosión. Ahora bien con respecto a las muestras con recubrimiento de magnetita + Ce, presentan una disminución de la  $i_{corr}$  al menos un orden de magnitud con respecto a la probeta sin modificación, como resultado de la formación de la capa pasiva comúnmente desarrollada sobre el acero de refuerzo embebido en concreto. La cual, es relativamente estable y forma una barrera que impide el paso del electrolito hacia el acero de refuerzo. Esta película sigue siendo porosa, sin embargo, al sellarse los poros con óxidos de cerio impide el paso de los iones agresivos, mostrando mayor estabilidad y menor velocidad de corrosión [11,12]. Estos resultados coinciden perfectamente con los obtenidos en OCP y LPR.





**Figura 3.** Curvas de Polarización de las muestra de acero refuerzo recubiertas con magnetita durante 10 y 30 min y magnetita sellada con cerio, expuestas en agua de mar.

## CONCLUSIONES

Los recubrimientos base magnetita obtenidos a 10 y 30 minutos, presentan pobres propiedades electroquímicas, debido principalmente a la alta porosidad intrínseca de estos recubrimientos. Sin embargo, pueden funcionar como un perfil de anclaje para incrementar la adherencia de la pasta de concreto con el acero de refuerzo y producir un sistema concreto-acero de refuerzo con mayor estabilidad y resistencia a la flexión.

Las muestras de acero de refuerzo con recubrimientos de magnetita sellada con cerio presentan mayor resistencia a la corrosión que la muestra referencia y que las muestras solo con magnetita, debido a que al ser selladas con cerio los recubrimientos de magnetita funcionan como una barrera mecánica que impide el acceso de los iones agresivos o el agua hacia la superficie del acero refuerzo desnudo e inhibiendo las reacciones oxido reducción.

## REFERENCIAS

- [1] P. Collins, Kenneth Frampton y Réjean Legault. (2004). Concrete the vision of a new architecture, Ithaca editorial mcgill-queen's university press, 2004.
- [2] A. NILSON. (1999) Diseño de estructuras de concreto, Santafé de Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A., 1999.
- [3] Popoola, A. (2014). Corrosion Resistance Through the Application of Anti-corrosion Coatings. En M. Aliofkhazraei, Debelopments in Corrosion Protection (págs. 241-270). InTech.
- [4] Rodríguez Gómez, F. (2002). Resistencia a la Polarización. En J. Genescá, Técnicas Electroquímicas para el Control y Estudio de la Corrosión (págs. 28-39). México: UNAM
- [5] Genescá, J. (2002). Extrapolación de Tafel (Intersección). En J. Genescá, Técnicas Electroquímicas para el Control y Estudio de la Corrosión (págs. 40-52). México: UNAM
- [6] ASTM. (1999). ASTM G1. Standard practice for Preparing, Cleaning, and Evaluation Corrosion Test Specimens.
- [7] Mendoza, J., Durán, R., & Genescá, J. (2002). Espectroscopía de Impedancia Electroquímica en Corrosión. En J. Genescá, Técnicas Electroquímicas para el Control y Estudio de la Corrosión (págs. 53-92). México: UNAM
- [8] A. Montiel-García, E. Onofre Bustamante, M.L. Escudero-Rincón, E.C. De la Cruz-Terrazas, A.M. Torres-Huerta. (2018). Study of reinforcing steel corrosion behaviour treated by bluing and cerium chemical conversion treatments, part I: Conventional electrochemical techniques, Cement and Concrete Composites, Volume 90, 2018, Pages 202-217, ISSN 0958-9465. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.03.012>.
- [9] Xiao-bin LI, Nan LIU, Tian-gui QI, Yi-lin WANG, Qiu-sheng ZHOU, Zhi-hong PENG, Gui-hua LIU. (2015). Conversion of ferric oxide to magnetite by hydrothermal reduction in Bayer digestion process, Transactions of Nonferrous Metals Society of China. Volume 25, Issue 10, 2015, Pages 3467-3474. ISSN 1003-6326. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(15\)63984-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(15)63984-X).
- [10] F.H. Scholes, C. Soste, A.E. Hughes, S.G. Hardin, P.R. Curtis. (2006). The role of hydrogen peroxide in the deposition of cerium-based conversion coatings, Applied Surface Science, Volume 253, Issue 4, 2006, Pages 1770-1780, ISSN 0169-4332. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2006.03.010>.
- [11] A. de Frutos, M.A. Arenas, Y. Liu, P. Skeldon, G.E. Thompson, J. de Damborenea, A. Conde. (2008). Influence of pre-treatments in cerium conversion treatment of AA2024-T3 and 7075-T6 alloys. Surface and Coatings Technology, Volume 202, Issue 16, 2008, Pages 3797-3807, ISSN 0257-8972. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.01.027>.
- [12] Dejiu SHEN, Haojie MA, Changhong GUO, Jingrui CAI, Guolong LI, Donglei HE, Qingxiang YANG. (2013). Effect of cerium and lanthanum additives on plasma electrolytic oxidation of AZ31 magnesium alloy, Journal of Rare Earths, Volume 31, Issue 12, 2013, Pages 1208-1213. ISSN 1002-0721. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(12\)60428-1](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(12)60428-1).

## Obtención de Biodiésel a Partir de Aceite de Palma Crudo con Catalizadores de Ni/SBA-16

Vicente Jiménez Yesenia, Cruz Pérez Alida Elizabeth, Del Ángel Meráz Ebelia, Encarnación Gómez Cecilia, García Zaleta David Salvador, Aguilar Sánchez Nelly C., María Guadalupe Hernández Cruz\*

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica Multidisciplinaria de Jalpa de Méndez. Carretera Estatal Libre Villahermosa-Comalcalco Km. 27+000 s/n Ranchería Ribera Alta, C.P. 86205. Jalpa de Méndez, Tabasco, México  
mguadalupe.hernandez@ujat.mx

**Palabras clave:**

Transesterificación, biodiésel, catalizadores heterogéneos

**RESUMEN**

El presente trabajo describe la síntesis de catalizadores de Ni soportados en SBA-16 y su desempeño en la producción de biodiésel a partir de aceite palma. Se prepararon dos sistemas catalíticos de Ni/SBA-16, uno por el método de impregnación en fase húmeda (IFH) y otro por impregnación en fase vapor (IFV), el contenido de Ni para ambos sistemas fue de 5% p/p. Mediante fisisorción de nitrógeno, se determinó que el soporte es mesoporoso con área específica superficial de 509 m<sup>2</sup>/g. Por análisis de difracción de rayos X (DRX) se observó que el soporte es amorfo y se identificaron las fases cristalinas de níquel en el catalizador de Ni/SBA-16 preparado por IFH, se encontró que cuando el catalizador se prepara por el método por impregnación en fase vapor, no es posible observar reflexiones atribuibles a la presencia de especies de níquel, esto puede ser debido a la buena dispersión del metal sobre el soporte. Finalmente, se evaluó el desempeño catalítico de ambos materiales en la producción de biodiésel, resultando ser activos con rendimientos entre 30 y 40%. La formación de biodiésel a partir de aceite palma se confirmó con análisis por cromatografía de gases.

**Keywords:**

Transesterification, biodiesel, heterogeneous catalysts

**ABSTRACT**

The present work describes the synthesis of Ni catalysts supported by SBA-16 and their performance in producing biodiesel from palm oil. Two Ni/SBA-16 catalytic systems were prepared, one by the wet phase impregnation (WPI) method and the other by vapor phase impregnation (VPI), the Ni content for both systems was 5% w/w. By nitrogen physisorption, the support was determined to be mesoporous with a specific surface area of 509 m<sup>2</sup>/g. By X-ray diffraction analysis (XRD) it was observed that the support is amorphous and the crystalline phases of nickel were identified in the Ni/SBA-16 catalyst prepared by WPI, it was found that when the catalyst is prepared by the vapor phase impregnation method, it is not possible to observe reflections attributable to the presence of nickel species, this may be due to the good dispersion of the metal

on the support. Finally, the catalytic performance of both materials in biodiesel production was evaluated, resulting in active yields between 30 and 40%. The formation of biodiesel from palm oil was confirmed by gas chromatography analysis.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los problemas ambientales van en aumento, por lo que la investigación sobre energía alternativa y sostenibilidad ha recibido gran atención (Huang R et al., 2015). Como candidato principal para sustituir a los combustibles fósiles está el biodiésel, ya que es una energía renovable, limpia, no toxica y amigable con el medio ambiente (Chen S Y et al., 2014). Su composición está basada en una mezcla de alquilésteres provenientes de la reacción de transesterificación de los triglicéridos derivados de aceites vegetales o grasas animales en presencia un alcohol y un catalizador. Comúnmente, se han usado catalizadores homogéneos como el KOH, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, solo por mencionar algunos, debido a que tienen alta actividad catalítica en tiempos de reacción cortos y temperaturas entre 40 y 60 °C (Siregar et al., 2019). Sin embargo, el uso de estos catalizadores presenta problemas tales como: separarse del producto final, la posible formación de jabón y el costo adicional del catalizador que es lavado y desechado al final del proceso (Bournay et al., 2005). Por otra parte, el uso de catalizadores heterogéneos para el proceso de transesterificación tiene una gran demanda debido a la fácil separación del catalizador con el producto final, que puede ser reutilizado, reciclado varias veces y el biodiesel obtenido no necesita ningún proceso de neutralización o lavado (Ríos et al., 2005). Cabe mencionar que los catalizadores heterogéneos han mostrado buenos rendimientos en la obtención de biodiésel que van del 80 al 96% en tiempos de dos horas de reacción, con relaciones molares alcohol:aceite de 12:1 a 20:117 (Fontalvo Gómez et al., 2021). De los estudios más representativos, está el de catalizadores básicos heterogéneos como las zeolitas, carbonatos y óxidos constituidos por elementos del grupo IIA y óxidos mixtos que contienen elementos de los grupos IA, IIA, así como metales de transición como Zr y Ti (Cabrera Mungia et al., 2017). Todos ellos muestran

propiedades fisicoquímicas requeridas para la síntesis de biodiésel, tales como, alta área superficial, porosidad en el rango de mesoporos y macroporos, estabilidad térmica, e hidrofobicidad para impedir la desactivación por moléculas polares, y buena dispersión de la fase activa para evitar la lixiviación (**Ríos González et al., 2021**). Bajo este contexto, el presente trabajo describe la síntesis de materiales catalíticos de níquel soportados en SBA-16 para la reacción de transesterificación de aceite crudo de palma.

## **DESARROLLO**

### **Síntesis de Catalizadores**

Se prepararon dos catalizadores de Ni/SBA-16, ambos con contenido de níquel de 5% p/p. Se emplearon dos métodos de impregnación de níquel diferentes: 1) Método de impregnación en fase húmeda (IFH). El soporte SBA-16 fue impregnado con una solución acuosa de nitrato de níquel hexahidratado, el sólido resultante se secó a 120 °C por 12 h y se calcinó a 450 °C por 4 horas. 2) Método de impregnación en fase vapor (IFV). En este caso, la sílice mesoporosa SBA-16 se impregno usando acetilacetato de níquel. El proceso consistió en la mezcla en sólido del precursor de níquel con el soporte SBA-16, la mezcla se depositó en un tubo de vidrio y se sometió un proceso térmico de dos etapas: 1) descomposición del precursor metal-orgánico a 180 °C; y 2) impregnación de las especies sobre el soporte a 400 °C.

### **Caracterización Fisicoquímica de los catalizadores**

#### **Fisorción de N<sub>2</sub> (BET)**

Las propiedades texturales del soporte catalítico tales como área superficial, volumen, diámetro y distribución de poro se determinaron por la técnica de fisorción de N<sub>2</sub> en un equipo marca Micromeritics, modelo TriStar 3020.

#### **Difracción de Rayos X**

Con la finalidad de conocer la cristalinidad y las fases cristalinas de los materiales, éstos fueron analizados en un difractómetro de rayos X marca Bruker, modelo D2 Phaser 2nd Gen, con fuente de radiación de Cu K $\alpha$  1.541 Å, detector LYNXEYE en un rango de medición de 10 a 90° en 2 $\theta$ .

### UV-Vis Espectroscopia Ultravioleta Visible

Los espectros de reflectancia difusa de los materiales obtuvieron en un espectrofotómetro UV-Vis de la marca SHIMADZU, modelo 2600 con una esfera de integración, y los materiales se midieron en un rango de 200 a 400 nm.

### Evaluación del desempeño catalítico de Ni/SBA-16

La reacción de transesterificación se llevó a cabo en un reactor por lotes marca PARR, provisto con 5 Bares de H<sub>2</sub>, 20 g de aceite crudo de palma (con relación molar aceite: metanol de 1:90) y 2% p/p de catalizador con respecto al contenido de aceite. La mezcla se mantuvo a una temperatura de 235 °C y presión de 30 Bar durante 3 horas. El producto obtenido se purificó y se cuantificó su rendimiento con la Ecuación 1. El análisis cualitativo del biodiésel se obtuvo por cromatografía de gases en un equipo marca Thermo Scientific, modelo Trace 1310.

$$R = \frac{mF*100}{mFB100} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

R = Rendimiento final.

mF= Masa final.

m<sub>FB100</sub>= Masa final del biodiésel asumiendo 100% de transesterificación (Ecuación 2).

$$m_{FB100} = \frac{m_{I0}*(MMo+4)}{MMo} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

m<sub>I0</sub>= Masa inicial del aceite

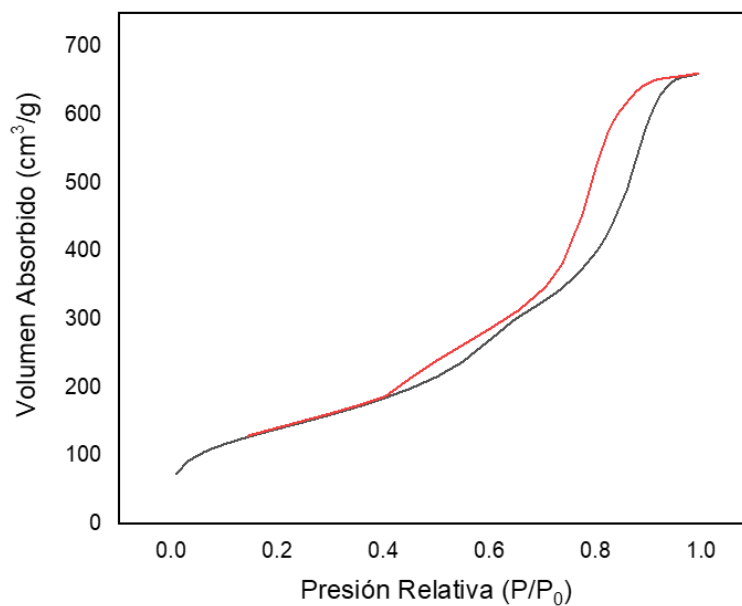
MMo= Masa molecular del aceite

## RESULTADOS

### Caracterización

#### Propiedades texturales del soporte

En la Figura 1 se muestra la isoterma de adsorción y desorción de SBA-16, de acuerdo con la clasificación de la IUPAC se cuenta con una isoterma de tipo IV, característica de sólidos mesoporosos. Además, se observa un ciclo de histéresis tipo H1 que corresponde a sólidos formados por conglomerados de tamaño y forma uniforme. Las propiedades texturales de SBA-16 tales como: área superficial específica, volumen y tamaño de poro (Área BET: 509 m<sup>2</sup>/g; Volumen de poro: 1.02 cm<sup>3</sup>/g; Diámetro de poro: 8.03 nm) son adecuados para su uso como soporte mesoporoso y concuerdan con lo reportado para este soporte en la literatura (**Gao D et al., 2015**).



**Figura 1.** *Isoterma de adsorción-desorción de SBA-16.*

## Difracción de Rayos X

Los catalizadores Ni/SBA-16 fueron analizados mediante difracción de rayos X para la identificación de las fases cristalinas. En la Figura 2 se muestran los patrones de difracción, para el soporte SBA-16, se puede observar un pico ancho entre 20 y 30 ° el cual es atribuido a la naturaleza amorfa de la sílice mesoporosa SBA-16. En el caso de los catalizadores de Ni/SBA-16, se observan cambios en el preparado por IFH, estando presentes picos atribuidos a óxido de níquel (ICDD 04-011-2340). Para el catalizador sintetizado por impregnación en fase vapor, no se observan cambios cuando se compara con el soporte; esto puede ser atribuido a la ausencia de especies aglomeradas de níquel que evidencian la buena dispersión del metal sobre la superficie porosa del soporte como ha sido descrito en la literatura para óxidos amorfos de SBA-15 (Mendoza et al., 2019).

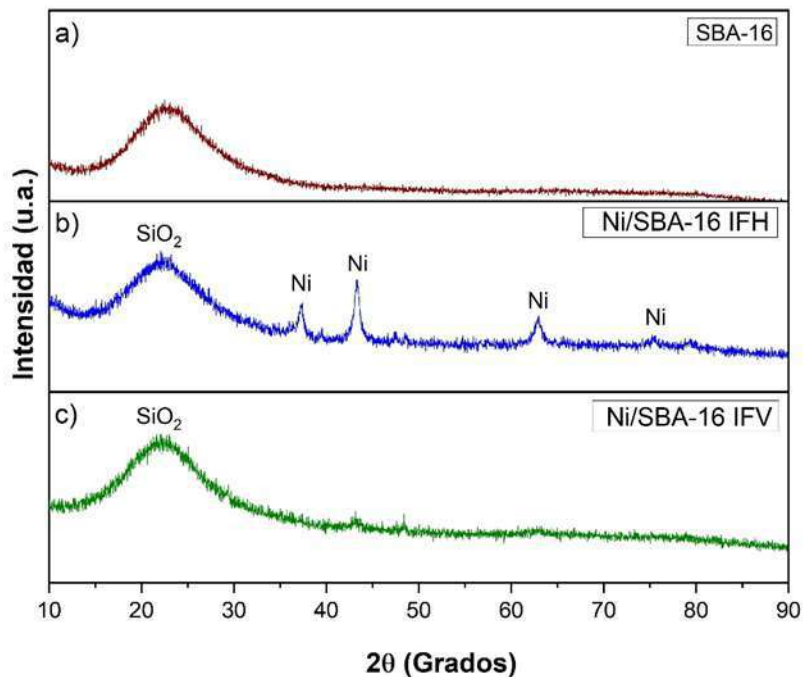


Figura 2. Difractogramas de Rayos X del soporte y los catalizadores preparados



### Espectroscopia de Reflectancia Difusa (EDS) UV-Visible

Esta técnica de caracterización brinda información acerca de la presencia de especies metálicas en el soporte SBA-16. En la Figura 3 se muestran los espectros UV-Vis de los catalizadores preparados y el soporte en un rango de 200 a 800 nm. Fue posible apreciar en aproximadamente entre 710 y 760 nm las bandas que se asignan al complejo  $[\text{Ni}^{2+}6\text{O}^{2-}]$ , ión  $\text{Ni}^{2+}$  con geometría octaédrica (Oh) (Lozano Hernández et al., 2006). La presencia del níquel en coordinación octaédrica (Oh) es un indicativo de que los catalizadores pueden reducirse con mayor facilidad, lo que se traduce en una menor actividad catalítica, y en una reducción menos eficiente.

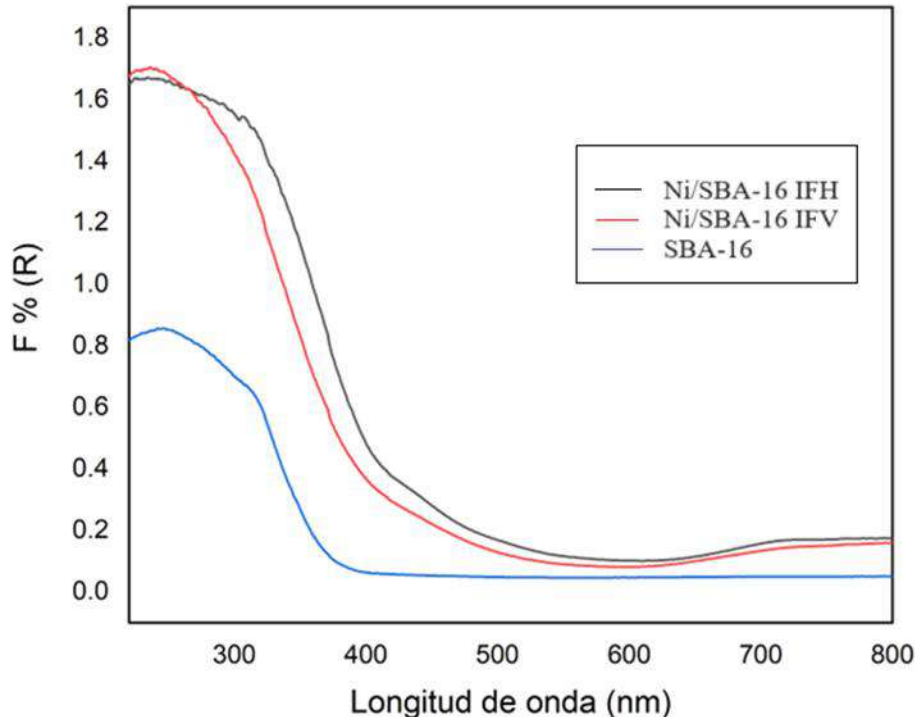


Figura 3. Espectros de reflectancia difusa UV-visible en un rango de 200 a 800 nm

### Reacción de transesterificación

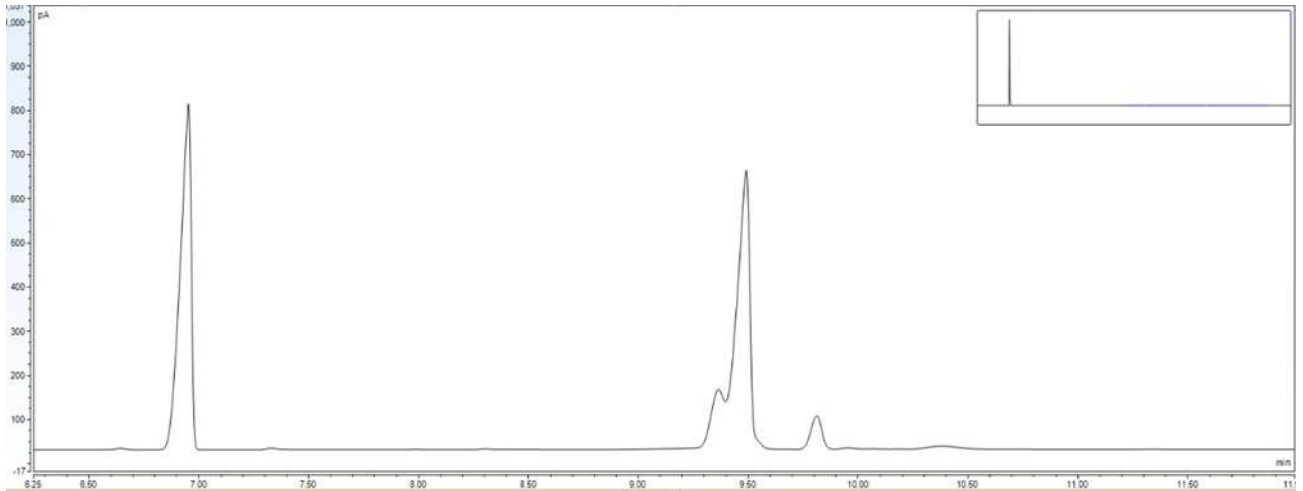
Con la finalidad de determinar si el método de síntesis de los catalizadores influye en el desempeño catalítico para la obtención de biodiesel a partir de aceite de

palma, se evaluaron los catalizadores Ni/SBA-16 preparados por los métodos de impregnación en fase líquida e impregnación en fase vapor. Los resultados mostraron conversiones relativamente bajas para ambos catalizadores, esto se atribuye a una posible interacción entre Ni y el soporte. Sin embargo, se observó que la conversión fue mayor con el catalizador Ni/SBA-16 IFV, ya que se obtuvo un rendimiento del 41.27 %, siendo este el más activo en la reacción, mientras que el menos activo fue el catalizador preparado por el método de impregnación en fase húmeda con el 31.30 % de rendimiento. Con análisis por cromatografía de gases se identificaron los metilésteres para cada una de las muestras de biodiésel producido, para ambas muestras se identificaron los mismos componentes (Tabla 1), confirmando la conversión del aceite de palma a biodiésel.

**Tabla 1. Componentes identificados en las muestras de Biodiésel.**

<b>Componente</b>	<b>Tiempo de retención (min)</b>
Palmitato de metilo	6.92
Metil elaidato	9.35
Oleato de metilo	9.47
Linolealaidato de metilo	9.84

La Figura 4 muestra el cromatograma en donde se puede apreciar en el rango de 6.70-9.90 minutos de retención, la presencia de cuatro picos que corresponden a los ésteres de metilo característicos de biodiésel derivado de aceite de palma (Mazlan W A et al., 2020).



**Figura 4. a) Cromatograma de las muestras de biodiésel obtenidas.**

## CONCLUSIONES

Se llevo a cabo la síntesis de catalizadores de níquel soportados en SBA-16 y se evaluó el efecto del método de preparación en el proceso de transesterificación de aceite crudo de palma. A través de análisis por cromatografía se determinó que ambos catalizadores (por impregnación en fase húmeda IFH y en fase vapor IFV) son activos para obtener biodiesel. Sin embargo, el catalizador de Ni/SBA-16 sintetizado por IFV mostró un mayor rendimiento comparado con el que se preparo por IFH, esto se puede atribuir a que el método de síntesis permite dispersar de mejor forma la fase metálica sobre el soporte, lo que hace que el material cuente con mayor numero de sitios activos, lo que favoreció su actividad catalítica.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Convocatoria 2022 Generación y Aplicación de Conocimientos: Economía Circular. Proyecto Numero: PRODECTI-2022-01/57

## REFERENCIAS

- Bournay, L., Casanave, D., Delfort, B., Hillion, G., Chodorge, J.A. (2005), New heterogeneous process for biodiésel production: A way to improve the quality and the value of the crude glycerin produced by biodiésel plants. *Catalysis Today*, 106 (1–4): 190-192. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2005.07.181>
- Cabrera-Munguía, D.A., González, H., Gutiérrez-Alejandre, A., Rico, J.L., Huirache-Acuña, R., Maya-Yescas, R., del Río, R.E. (2017). Heterogeneous acid conversion of a tricaprylin-palmitic acid mixture over Al-SBA-15 catalysts: Reaction study for biodiésel synthesis. *Catal. Today*. 282, 195-203. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.10.014>
- Chen S Y, Ubol S L, Mochizuki T, Abe Y, Toba M and Yoshimura Y (2014). *Applied Catalysis A: General*. 485 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2014.07.026>
- Chen S Y, Ubol S L, Mochizuki T, Abe Y, Toba M and Yoshimura Y (2014). *Bioresource Technology*. 157 346–50. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.097>
- Fontalvo-Gómez, M., Madrid De la Rosa, J., Mendoza-Meza, D. (2021). Producción de biodiésel a partir del aceite extraído de almendra del corozo *Bactris guineensis* asistida mediante ultrasonido de sonda directa. *Tecnura*, 25(69): 51-75. <https://doi.org/10.14483/22487638.15809>
- Gao D., Duan A., Zhang X., Zhao Z., Hong E., Li J., (2015). Wang H. Synthesis of NiMo catalysts supported on mesoporous Al-SBA-15 with different morphologies and their catalytic performance of DBT HDS. *Applied Catalysis B: Environmental*. (165): 269-284. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.10.034>
- Huang R, Cheng J, Qiu Y, Li T, Zhou J and Cen K 2015. *Energy Conversion and Management*. 105 791–7. DOI 10.1088/1757-899X/505/1/012153
- Lozano Hernández G., Lozada Ascencio E. M., Guevara Lara A. (2006). Efecto de la composición del soporte sobre las estructuras superficiales de óxidos de níquel y molibdeno soportados en óxidos mixtos TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. (5): 311-320. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62050318>
- Mazlan, W A Lestari, A Istiqomah, D Krisdiyanto, E Pramono, A W Afrianto. (2020) *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng*. 858 012015. doi:10.1088/1757-899X/858/1/012015
- Mendoza-Nieto, J. A., Vizueth-Montes de Oca, A., Calzada, L. A., y Klimova, T. E. (2019). Trimetallic NiMoW and CoMoW catalysts supported on SBA-15 modified with titania or zirconia for deep hydrodesulfurization. *Catalysis Today*. 360. DOI:10.1016/j.cattod.2019.06.023
- Ríos, L., Castrillon, F., Zuleta-Suárez, E. (2005). Producción de biodiésel de aceite de palma con catalizadores básicos heterogéneos comparados con los homogéneos convencionales. *Energética*. (42),45-52. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147012854005>
- Rios-Gonzalez, J.A. Rodriguez-De la Garza, M.A. Medina-Morales and C.N. Aguilar. (2022). (Eds.), *Handbook of research on biorefinery and biomaterials*. (pp. 127-164). Apple Academy Press. <https://doi.org/10.1201/9781003105053>
- Siregar A G A. (2019) *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng*. 505 012153. doi:10.1088/1757-899X/505/1/012153

# Diseño de un sistema de riego por goteo a través de energía solar fotovoltaica en el cultivo de sandía

Rodríguez Chiunti Miguel Ángel, Heribia Virues Arturo, Vidal Gamboa Adán

Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan  
miguel.rc@cosamaloapan.tecnm.mx

**Palabras clave:**

energía fotovoltaica, riego, goteo, solar

## RESUMEN

Considerando la disponibilidad de radiación solar y la carencia de energía eléctrica en el área experimental de estudio, se justifica el diseño de un sistema de riego solar fotovoltaico por goteo para el cultivo de sandía en Cosamaloapan, Veracruz, donde el cálculo de la evapotranspiración se realizó a través del método de Blanney-Cridle, los datos del coeficiente de cultivo (Kc) se tomaron de la guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos de la FAO. El objetivo general de este trabajo de investigación es diseñar un sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) que funcione a través de la energía solar fotovoltaica en la localidad de Cosamaloapan, Veracruz. El análisis de los resultados indica que durante los meses que comprendido el desarrollo de proyecto se presentó un promedio de 11.18 MJ·m<sup>2</sup>/día (3.10 kWh/m<sup>2</sup>/día), se utilizaron 2 paneles solares de 330 W cada uno para hacer funcionar la bomba de riego de 0.5 Hp la cual se encargó de proporcionar la demanda hídrica diaria promedio de 2.02 mm/planta/día lo que equivale a aplicar 1.55 L/planta/día de acuerdo con la superficie de influencia de cada planta de sandía de 0.81 m<sup>2</sup>.

**Keywords:**

photovoltaic energy; irrigation; drip; solar

## ABSTRACT

Considering the availability of solar radiation and the lack of electrical energy in the experimental study area, the design of a solar photovoltaic drip irrigation system for watermelon cultivation in Cosamaloapan, Veracruz, where the calculation of evapotranspiration was carried out, is justified. Through the Blanney-Cridle method, the crop coefficient (Kc) data were taken from the FAO guide for determining crop water requirements. The general objective of this research work is to design a drip irrigation system in the cultivation of watermelon (*Citrullus lanatus*) that works through photovoltaic solar energy in the town of Cosamaloapan, Veracruz. The analysis of the results indicates that during the months that included the development of the project, an average of 11.18 MJ·m<sup>2</sup>/day (3.10 kWh/m<sup>2</sup>/day) was presented, 2 solar panels of 330 W each were used to operate the 0.5 Hp irrigation pump which was responsible for providing the average daily water demand of 2.02 mm/plant/day, which is equivalent to applying 1.55 L/plant/day according to the influence surface of each watermelon plant of 0.81 m<sup>2</sup>.

## **INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial, ya se han iniciado proyectos que solarizan diferentes tipos de riegos presurizados. En Europa, el proyecto Maslowaten, activo en 4 países, desarrolla 5 demostradores para 5 tipos diferentes de riego y genera un total de 820 Kilowatt-hora-pico (kWp), también en Chile ya hay proyectos que utilizan energía solar para alimentar sistemas de riego por goteo (INDAP, 2018); otros países como Colombia también cuentan con proyectos similares (García Moreno *et al.*, 2013), en Argentina, específicamente Buenos Aires se ha presentado un proyecto que utiliza energía solar para alimentar sistemas de riego por goteo aplicados a campos de cebolla alcanzando una eficiencia en el uso del agua del 90 %, superando el 50% alcanzado con riegos por melga, permitiendo además de optimizar el recurso energético (INTA 2018).

En la cumbre realizada en la Isla Margarita, Venezuela, para la unión y cooperación de los países latinoamericanos alrededor de la energía solar, se expuso la necesidad de que los gobiernos promuevan energías renovables, entre ellas la energía solar, que a mediano plazo puede brindar soluciones energéticas sostenibles.

En México, el uso de energía solar se ha ido implementado con el fin de brindar una solución y tecnificar de cierta forma los sistemas de producción agrícola. México cuenta con una capacidad para generar energía eléctrica constituida en su mayoría por hidroeléctricas, estas forman cerca del 60% del suministro total para abastecer la demanda a nivel nacional, esto debido a la gran cantidad de fuentes de recurso hídrico con el cual cuenta el país. Cerca del 26% corresponde a la generación de energía eléctrica a partir de la utilización de combustibles fósiles, como el carbón, gas y petróleo, de los cuales se tiene un tiempo estimado de reserva entre 15 y 100 años, el porcentaje restante (16 %) corresponde a las fuentes de energía renovable menos usadas en México, como lo son la eólica, biomasa y energía solar. En la región de la Cuenca baja del Papaloapan no existe registro que sustente el uso de la energía solar fotovoltaica para el funcionamiento de sistemas de riego por goteo en algún tipo de cultivo, por tal motivo con este proyecto de investigación se marcaría un precedente en el ámbito agrícola de la región utilizando energías

renovables. La Agencia Internacional de Energía (AIE) prevé que la eficiencia energética y las energías renovables contribuirán a la mitigación del cambio climático en el 2050.

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los comienzos de la historia, puede llegar a satisfacer gran parte de las necesidades, si se sabe cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente se irradia sobre el planeta. El empleo de la energía por parte del hombre ha sido una necesidad y un reto, y las energías renovables han jugado un papel importante desde que se ha descubierto su gran potencial.

El agua que se emplea en la actualidad para el riego de tierras agrícolas representa el 70 % del consumo de este líquido a nivel mundial (Banco Mundial, 2022) y se estima que el 60 % de los alimentos extra requeridos tales como cereales, frutas y verduras para garantizar la alimentación mundial en el futuro tendrán que provenir de la agricultura bajo riego; donde los países en desarrollo disponen del 75 % del área de riego (FAO, 2021). La seguridad alimenticia del mundo depende del mejoramiento de las técnicas de riego, entre otros factores de los pequeños agricultores en países en desarrollo (Mossande *et al.*, 2015), estos países cultivan la mitad del área agrícola mundial; sin embargo, el 80 % carece de acceso a los servicios eléctricos (Mossande *et al.*, 2015). Los sistemas de riego localizados contribuyen al mejor rendimiento de la eficiencia del manejo del agua debido a que las dosis relativamente pequeñas multiplican la producción en un 25 % (Rogério *et al.*, 2015); pero es evidente la necesidad de perfeccionar el diseño y manejo de éstos para que se logre mayor rentabilidad (Lipinski *et al.*, 2002). El riego por goteo se adapta a las pequeñas áreas de terreno y a los sistemas de riego fotovoltaicos (Núñez Arriagada *et al.*, 2018).

El riego de manera general se adapta a las pequeñas áreas de terreno y a los sistemas de riego fotovoltaicos (Núñez Arriagada *et al.*, 2018). Esta característica es de gran importancia, debido a que en la actualidad crece la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos (Van Campen *et al.*, 2000). En este proyecto se plantea el diseño de un sistema de riego por goteo en el cultivo de sandía en Cosamaloapan, Veracruz; usando como fuente energética la energía

solar fotovoltaica, con el fin de contar con una solución sustentable que mejore el rendimiento de la actividad agrícola en la región.

Por otro lado, la sandía (*Citrullus lanatus*) es una fruta de la familia Cucurbitaceae originaria de África y sur de Asia de importancia comercial en nuestro país por su alto valor nutritivo y la buena rentabilidad que ofrece al productor, teniéndose zonas agrícolas aptas para su cultivo, en México el principal estado productor es Sonora, quien aportó 36.7% del volumen nacional, seguido de Jalisco con 10.3% en el año 2021. Aun cuando Sonora es líder, la sandía se produjo en 369 municipios, Oaxaca es la entidad con mayor número de municipios productores de este fruto con 44, seguido de Yucatán con 43 y Veracruz con 42. En el sureste de México se cultiva en condiciones de temporal, de humedad residual y con riego por goteo. Una alta proporción del fruto cosechado se comercializa en fresco para consumo directo en el mercado local, nacional e internacional; sin embargo, la demanda de frutos de alta calidad excede la oferta actual de los productores (Moguel *et al.* 2006). La sandía prefiere climas templados a cálidos, tolerando bien las sequías y el frío, con temperaturas óptimas para su crecimiento de entre 20 y 28°C, el sustrato debe ser franco o franco arenoso con buen drenaje, el suelo tiene que estar húmedo y fertilizado.

## **DESARROLLO**

### **Materiales y Métodos**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en un área experimental de 285 m<sup>2</sup> de la carrera de ingeniería en innovación agrícola sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan (ITSCO), municipio de Cosamaloapan, Veracruz, ubicado a 18°21'7.70" de latitud Norte y 95°48'38.42" longitud Oeste a una altitud de 10 msnm.

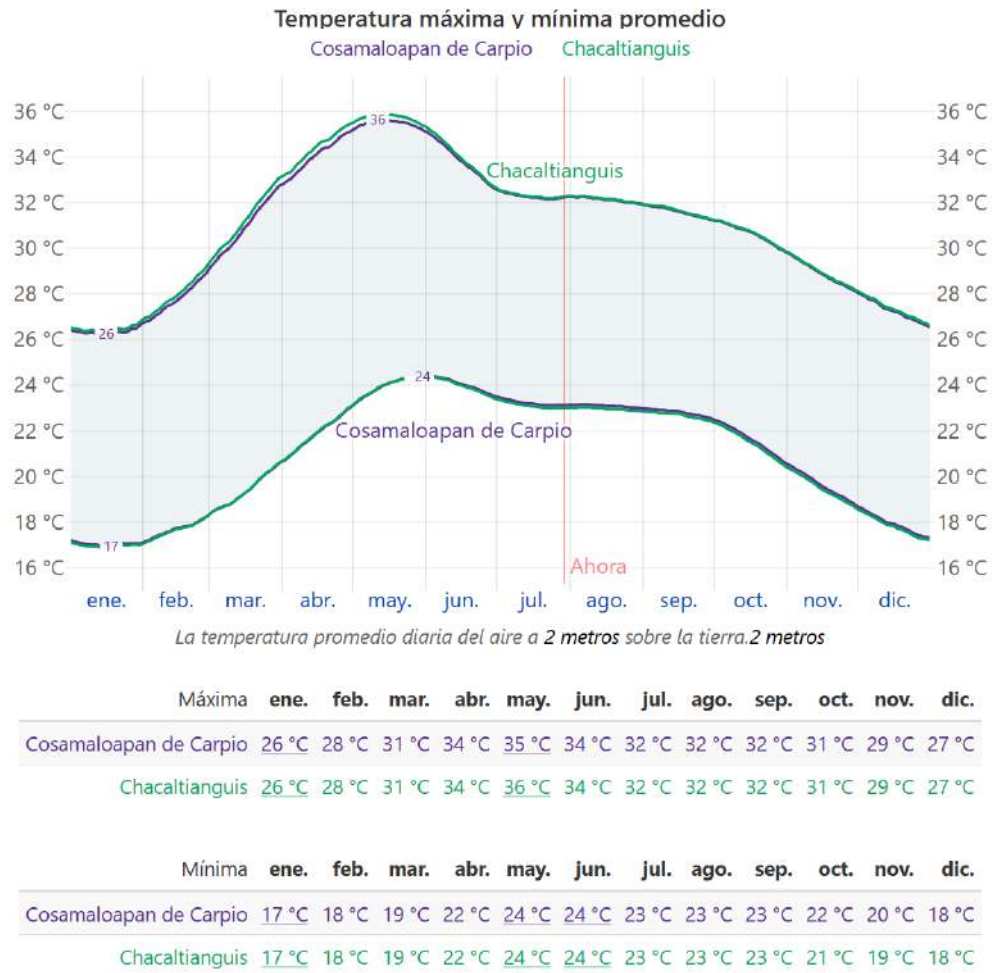




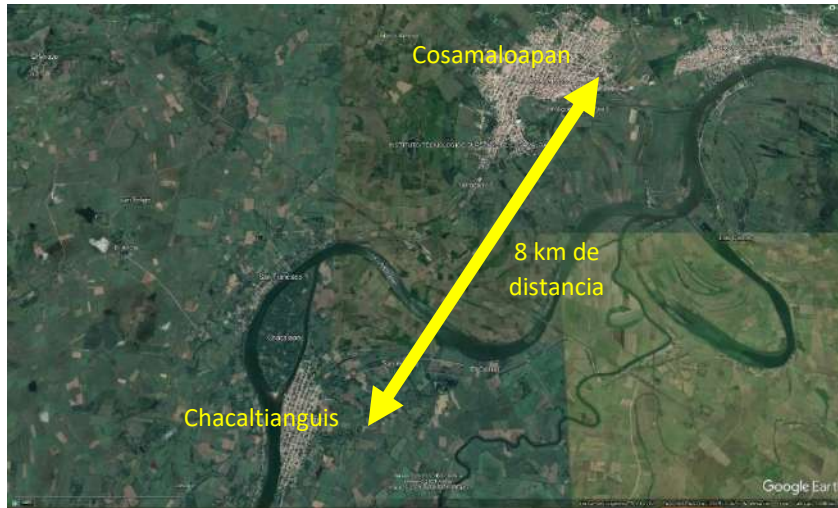
**figura 1: Lugar de establecimiento del trabajo de investigación: área experimental de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del ITSCO. (Fuente: Google Earth)**

La zona se caracteriza por tener un clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y otoño, con una precipitación pluvial de 1659 mm como promedio anual, una humedad relativa promedio de 75-80% anual, una temperatura media anual de 25.8 °C, una radiación promedio anual de 1825 kWh/m<sup>2</sup> (5 kWh/ m<sup>2</sup> al día) ligeramente extremo y con una breve sequía de medio verano o canícula; en la temporada invernal hay una ligera baja de temperatura debida a la influencia de masas de aire polar.

Los datos meteorológicos necesarios para el cálculo de la evapotranspiración de referencia se han obtenido de la estación meteorológica número 30464 ubicada en el municipio de Chacaltianguis, Veracruz ya que es la más cercana al municipio de Cosamaloapan, Veracruz encontrándose a una distancia a la redonda de 8 km (figura 3) y en la cual las características climatológicas no varían a las de la zona de estudio. Para el cálculo de las demandas y programación del riego del cultivo se ha utilizado la metodología del coeficiente único propuesta por el manual de FAO 56 (FAO, 1998) y el método de Blanney-Cridle. En la figura 2 se observa la similitud de las temperaturas máximas y mínimas promedio entre Cosamaloapan y Chacaltianguis Veracruz. Por otro lado, en la figura 3 también se puede observar la similitud entre las precipitaciones mensuales promedio de estos 2 lugares.



**figura 2: Temperaturas máximas y mínimas promedio entre Cosamaloapan y Chacaltianguis.**  
 (Fuente: <https://es.weatherspark.com/>)



**figura 4: Distancia en km entre Cosamaloapan y Chacaltianguis. (Fuente: Google Earth)**

### **Siembra del cultivo**

La siembra se llevó a cabo en charolas de germinación con sustrato orgánico peat moos (turba canadiense) estableciendo 2 semillas por cavidad para asegurar la germinación de una planta. Posteriormente el trasplante de las plántulas de sandía se llevó a cabo en suelo natural cuyo marco de plantación fue a hilera sencilla con dimensiones de 22 m de largo y 1 m de ancho, las plantas estuvieron distanciadas a 40 cm una de otra.



**figura 4: Trasplante de las plántulas de sandía**

### Determinación de la evapotranspiración

La evapotranspiración es un proceso simultáneo a través del cual un área de cultivo pierde agua por evaporación del suelo y transpiración del follaje, mientras que ET0 es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia que ocurre sin restricciones de agua (Allen *et al.*, 2006). Para el cálculo de la ET0, se utilizó el método Blanney-Cridle de la FAO en el cual se relacionan los valores del factor de uso consuntivo “F” y un factor de corrección por temperatura denominado coeficiente “Kt” a través de la siguiente ecuación:  $ET0=f*Kt$

Mes	No. de días del ciclo	Proporción del mes	Temperatura Promedio (T) (°C)	$(T-17.8)/21.8$	P (%)	f (cm)	kt	Et0 <sup>(1)</sup> (cm/mes)	Et0 <sup>(2)</sup> (cm/mes)	Kc	ETp (cm)	ETp (cm)	ETp acumulada (cm)
May	31	1	30.8	2.23	9.097	20.30	1.2	24.4	24.4	0.54	13.2	10.0	10.0
Jun	30	1	29.7	2.18	8.939	19.50	1.16	22.6	22.6	0.76	17.2	13.1	23.1
Jul	31	1	28.8	2.14	8.545	18.30	1.13	20.7	20.7	0.77	15.9	12.1	35.2
Ago	18	0.58	28.8	2.14	8.907	11.10	1.13	21.6	12.53	0.68	8.5	6.5	41.7

(1) Et0 corresponde al mes completo  
 (2) Et0 corresponde a la parte del mes que abarca el ciclo vegetativo (se le valor que se utiliza para calcular la ETp)

Suma f = 89.20      Suma ETp = 54.80

**RESUMEN**

Coeficiente del cultivo (Kc) = 0.6  
 Coeficiente K' = 0.78  
 Coeficiente K = 0.76

CULTIVO: Sandía  
 CICLO VEGETATIVO: 110 días  
 FECHA DE SIEMBRA: 1 de May  
 NECESIDAD HÍDRICA: 41.7 cm

Gráfica Kc      Inicio

figura 5: Valores de la ET0 para cada uno de los meses en la zona de estudio

### Coeficientes de cultivo (Kc)

En la tabla 1 se presentan los valores generales del coeficiente de cultivo (Kc) y los datos fenológicos del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Los datos del coeficiente de cultivo (Kc) se tomaron de la guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos de la FAO y los datos fenológicos fueron los que se observaron en campo en cada una de las etapas del cultivo. Esta información se anexó al modelo para su posterior procesamiento en el cálculo del requerimiento hídrico del cultivo.

Tabla 1. Valores del coeficiente de cultivo (Kc) y la duración en días de cada una de las fases o etapas del cultivo de sandía establecido en la zona de estudio

Fase	Inicio	Desarrollo	Mediados	Final	Total
Kc	0.65	0.82	0.71	0.65	
Días	31	30	31	18	110



figura 6: Grafica Kc (Coeficientes del cultivo de sandía)

### Evapotranspiración $ET_c$ del cultivo

El cálculo de la evapotranspiración real del cultivo ( $ET_c$ ) se realizó a través del método de Blanney-Cridle de la FAO mediante el coeficiente único de cultivo ( $K_c$ ), donde se integran los efectos combinados de la transpiración y evaporación del suelo en la relación:  $ET_c = K_c \cdot ET_0$  donde,  $ET_c$  es la evapotranspiración real del cultivo (mm),  $K_c$  el coeficiente del cultivo (adimensional) y  $ET_0$  es la evapotranspiración de referencia (mm).

Tabla 2. Valores de la evapotranspiración real del cultivo ( $ET_c$ ) para cada uno de los meses y fases del cultivo

Mes	Días	Fase	$ET_c$ (mm/mes)	$ET_c$ (mm/día)
Mayo	31	Inicio	100	3.23
Junio	30	Desarrollo	131	4.37
Julio	31	Mediados	121	3.90
Agosto	18	Fin	65	3.61
<b>Total</b>	<b>110</b>		<b>417</b>	

### Determinación del requerimiento de riego

Una vez calculada la evapotranspiración  $ET_c$  del cultivo se procedió a determinar el requerimiento de riego para cada fase del cultivo, descontando la precipitación efectiva que se presenta en cada uno de los meses que comprende cada fase.

**Tabla 3. Valores del requerimiento de riego RR diario y para cada uno de los meses y fases del cultivo**

Mes	Días	Fase	ETc (mm/mes)	P (mm/mes)	Pe (mm/mes)	RR (mm/mes)	RR (mm/día)
Mayo	31	Inicio	100	52.5	19.6	80.4	2.59
Junio	30	Desarrollo	131	161.3	56.2	74.8	2.49
Julio	31	Mediados	121	220	71.6	49.4	1.59
Agosto	18	Fin	65	156.5	47.4	17.6	0.98
<b>Total</b>	110		417	590.3	194.8	222.2	

### Cálculo de la cantidad de agua por planta

Una vez determinado el requerimiento hídrico del cultivo en mm que se consume en cada fecha establecida para el riego, es necesario calcular la cantidad de agua en litros que necesita cada planta de sandía en cada fecha del calendario de crecimiento para posteriormente poder determinar los tiempos de riego que se emplearan para cumplir con el requerimiento hídrico de cada planta cuya entrega de agua necesaria será a través de la energía solar que hará que funcione el sistema de riego por goteo. Para el cálculo del volumen de agua necesario por planta se utilizó la siguiente ecuación:  $V = RR * S$  donde,  $V$  es el volumen o cantidad de agua requerida por planta ( $m^3$ ),  $RR$  es el requerimiento hídrico del cultivo (m) y  $S$  es la superficie de influencia a regar ( $m^2$ ). Para realizar el cálculo de la cantidad de agua a aplicar a cada planta se convirtió en primer lugar cada requerimiento hídrico del cultivo de milímetros (mm) a metros (m) y se consideró una superficie de influencia a regar de  $0.81 m^2$ , ya que cada planta se encontraba separada a  $0.9 m$  tanto en filas como en columnas, los orificios de la cintilla de riego se encontraban

espaciados a 30 cm. Por último, se realizó la conversión del volumen de m<sup>3</sup> a L para presentar de esta manera la cantidad de agua necesaria en L/planta al día.

**Tabla 4. Requerimiento de riego diario del cultivo de sandía en la zona de Cosamaloapan, Veracruz**

<b>Mes</b>	<b>RR (mm/día)</b>	<b>Requerimiento hídrico (L/planta/día)</b>
Mayo	2.59	2.10
Junio	2.49	2.01
Julio	1.59	1.29
Agosto	0.98	0.79

En la Tabla 4 se observa la cantidad de agua que necesita cada planta de sandía con las características de establecimiento ya mencionadas anteriormente en cada una de las fechas que comprende el calendario de riego presentado en la zona de Cosamaloapan, Veracruz.

**Sistema de riego solar fotovoltaico**

El sistema solar fotovoltaico fue instalado tomando en cuenta la cantidad de energía necesaria para abastecer a la bomba de riego solar de 400 W de potencia, 48 V y 3” de diámetro instalada la cual fue el medio de impulsión del agua al cultivo, por lo tanto, se instalaron 2 paneles solares de 330 W cada uno en sus respectivos soportes especiales de aluminio para su correcta inclinación y orientación hacia el sol. Las características de cada panel solar utilizado se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 5. Principales características eléctricas del panel fotovoltaico Pro-5012 Epcom Power Line**

Variable	Epcom Power Line
Potencia nominal (Pmax)	330 W
Voltaje máximo (Vmax)	37.87 V
Corriente en el punto de máxima potencia (Imax)	8.71 A
Tensión en circuito abierto (Voc)	46.79 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.18 A
Dimensiones del modulo	1956x992x40 mm
Peso del modulo	22.8 kg

El ángulo de inclinación óptimo para la instalación del panel solar se ha determinado según Santamaría y Castejón 2010, teniendo un ángulo de inclinación de 18° y la orientación es sur para maximizar su rendimiento (hemisferio norte). El sistema de bombeo funciona a partir de la corriente que es suministrada por el sistema fotovoltaico, este sistema es alimentado por un tanque de agua. Se utilizó una bomba solar sumergible de 400 W con una salida de 3" de diámetro marca Connera kolos3-47-40-4 y un voltaje de 48 V capaz de entregar de 40 L/min a una presión de 30 PSI. Esta bomba cuenta con una caja controladora de la entrada de la energía solar y además para el monitoreo en tiempo real de los parámetros de funcionamiento (voltaje paneles, RPM del motor, potencia al motor y amperaje del motor)





***figura 7: Instalación e inclinación requerida de los paneles solares***



***figura 8: bomba de 300 W utilizada para el funcionamiento del sistema de riego***

El sistema de riego por goteo está constituido por una línea principal de distribución de 1" de diámetro en la cual Se instalaron 5 hileras sencillas de cintilla de riego Aqua-Traxx Azul con un diámetro interior de 5/8" calibre 6000 con una separación a cada 30 cm entre orificio y un caudal de aplicación de 1 lph.



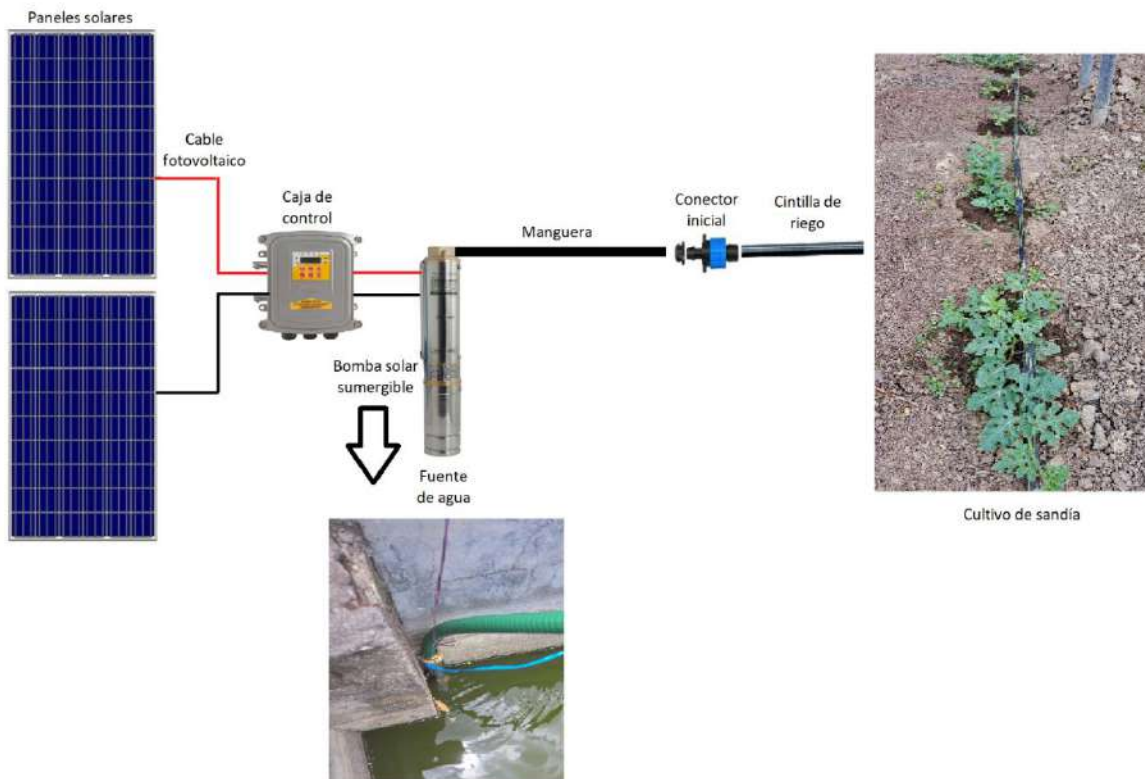
**figura 9: Sistema de riego instalado y funcional**

### **Monitoreo del desarrollo y cosecha del cultivo de sandía**

El desarrollo del cultivo se monitoreó desde la etapa de germinación hasta que los frutos de manera óptima pudieran alcanzar el tamaño y peso ideal para la cosecha (Figura 8), en la cual se lograron obtener 2 sandías de buena calidad por planta con un peso promedio de 4 kg por fruto, tomando en cuenta que se establecieron 120 plantas en el área experimental de 308 m<sup>2</sup> se obtuvieron 240 frutos teniendo una producción total de 960 kg que comercializándose a un precio promedio de venta de \$20.00 por kg se obtuvo un total de \$19200.00 de ganancia.



**figura 10: Fruto listo para la cosecha**



**figura 11: Representación gráfica del sistema de riego solar fotovoltaico**

**Gasto de inversión del sistema de riego solar fotovoltaico**

En la Tabla 6 se describe el gasto de inversión que se requirió para el establecimiento del sistema solar fotovoltaico para riego por goteo en el cultivo de sandía.

**Tabla 6. Costo del sistema solar fotovoltaico para riego por goteo en el cultivo de sandía**

<b>Material</b>	<b>Costo</b>
2 paneles solares de 330 W	\$5000.00
Bomba solar sumergible de 400 W y controlador	\$5500.00
Estructura aluminio para los paneles solares	\$1100.00
Cable fotovoltaico (15 m)	\$450.00
Cable para bomba sumergible (30 m)	\$1730.00
Accesorios para conexiones hidráulicas	\$750.00
30 m de manguera 1.5 "	\$600.00
5 conectores iniciales con goma para cintilla de riego	\$50.00
250 m de cintilla de riego 5/8" calibre 6000	\$700.00
<b>Total</b>	<b>\$15880.00</b>

### **Gasto de inversión de un sistema de riego por goteo convencional**

En la Tabla 7 se describe el gasto de inversión que se requeriría para el establecimiento de un sistema de riego por goteo convencional en el cultivo de sandía en el área experimental utilizada para este proyecto de investigación.

**Tabla 7. Costo de un sistema de riego por goteo convencional en el cultivo de sandía**

<b>Material</b>	<b>Costo</b>
Instalación eléctrica	\$4000.00
Costo de la energía eléctrica utilizada	\$368.00
Bomba sumergible tipo bala 3/4 Hp	\$4300.00
Cable duplex (40 m)	\$1120.00
Cable para bomba sumergible (30 m)	\$1730.00
Accesorios para conexiones hidráulicas	\$750.00
30 m de manguera 1.5"	\$600.00
5 conectores iniciales con goma para cintilla de riego	\$50.00
250 m de cintilla de riego 5/8" calibre 6000	\$700.00
<b>Total</b>	<b>\$13618.00</b>

## RESULTADOS

En Cosamaloapan, Veracruz el comportamiento de la radiación solar permite establecer sistemas solares fotovoltaicos ya que se cuenta con un promedio de 11.18 MJ·m<sup>2</sup>/día (3.10 kWh/m<sup>2</sup>/día), en este sentido fue posible diseñar el sistema de riego solar fotovoltaico aplicado al cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*).

Se obtuvieron los datos climatológicos de la zona de estudio para los meses en los que se llevó a cabo este trabajo de investigación para poder calcular la evapotranspiración y se pudo determinar que la necesidad hídrica de la sandía promedio al día es de 1.55 L/planta en el periodo comprendido entre los meses de mayo a agosto. Esta cantidad de agua promedio diaria fue posible aplicarla a través del sistema de riego establecido, la bomba encarada de hacer fluir el agua hasta la zona del cultivo se encendió en promedio 1 hora con 33 minutos al día para cubrir los 1.55 L/planta requeridos.

**Tabla 8. Tiempos de riego diarios en minutos para cubrir la demanda hídrica del cultivo de sandía en cada uno de los meses en la zona de Cosamaloapan, Veracruz**

Mes	Requerimiento hídrico (L/planta/día)	Tiempo de riego (min/día)
Mayo	2.10	126
Junio	2.01	120.6
Julio	1.29	77.4
Agosto	0.79	47.4

En el periodo del 01 al 31 de mayo fue cuando el cultivo de sandía requirió de la mayor demanda hídrica diaria 2.10 L/planta por lo cual se necesitó un tiempo de operación de la bomba de 126 minutos ya que la cisterna de riego tenía una entrega de caudal de 1 L/h por lo tanto en ese tiempo se cumplía con la cantidad de agua requerida en ese periodo del mes de mayo. Por otro lado, el mes de agosto fue el que requirió menor tiempo de operación por parte de la bomba solar sumergible ya que únicamente se necesitaba cubrir una demanda hídrica de 0.79 L/planta al día por lo que el tiempo de funcionamiento de la bomba únicamente fue de 47.4 minutos.

En lo que respecta a la viabilidad económica en el uso de paneles solares en lugar de la energía eléctrica se tomaron en cuenta los siguientes factores: la tarifa eléctrica por cada ciclo del cultivo y la ubicación geográfica del área experimental ya que cuenta con el espacio disponible óptimo (con suficiente acceso solar) del techo donde se instalaron los paneles solares. Optar por tecnología limpia para generar energía solar fotovoltaica involucra una reducción drástica de los costos por electricidad, los sistemas de energía solar fotovoltaica representan un producto de carácter económico capaz de generar un ahorro anual del 76 % en el consumo eléctrico, es por ello que el uso de esta tecnología es una alternativa muy efectiva de invertir dinero. Los requerimientos de riego fueron de mayor a menor cantidad ya que en los meses de mayo y junio las condiciones climáticas de la zona son de elevadas temperaturas y lluvias escasas por lo tanto no existe humedad residual en

el suelo que la planta pueda aprovechar y es necesario aplicar una lámina de riego mayor, sin embargo en los meses de julio y agosto las condiciones climatológicas de la región cambian y se hacen presentes lluvias abundantes que generan que exista una mayor humedad residual aprovechable por el cultivo y por lo tanto el requerimiento hídrico es menor. La utilización de sistemas de riego mediante el suministro de energía solar fotovoltaicos permite la utilización de fuentes de energía renovables con el fin de contar con una solución sustentable que mejore el rendimiento de la actividad agrícola en la región y el uso racional del agua. Finalmente con la implementación del sistema se pudo llevar a cabo de manera óptima el proceso de desarrollo del cultivo de sandía desde el momento que se requirió cubrir su demanda hídrica hasta la cosecha al termino de 4 meses de establecido el proyecto de investigación cumpliéndose de manera correcta el objetivo principal establecido del proyecto el cual fue diseñar un sistema de riego por goteo para cubrir con la demanda hídrica del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) que funcionara a través de la energía solar fotovoltaica en la localidad de Cosamaloapan, Veracruz.

## **CONCLUSIONES**

Referente al rendimiento del cultivo se con la implementación adecuada del sistema de riego por goteo a través de energía solar fotovoltaica se lograron establecer 120 plantas con un potencial productivo de 2 frutos de 4 kg por planta resultando un total de 960 kg de fruto en un espacio de 308 m<sup>2</sup>. Ahora bien, si extrapolamos estos resultados obtenidos en el área experimental de 308 m<sup>2</sup> a una hectárea, tendríamos un total de 3896 plantas que en teoría producirían 31.168 toneladas comercializadas a un precio promedio de venta de \$20.00 se obtendría una suma de \$623360.00, lo cual resulta altamente rentable comparado con los gastos de inversión de un sistema de riego solar fotovoltaico para una hectárea de riego, además que se generaría un ahorro en el consumo de energía eléctrica al utilizar un sistema riego por goteo convencional.

Si bien es cierto que los sistemas de riego son comúnmente alimentados por energía eléctrica o combustibles, el uso de energías alternas como la energía solar

fotovoltaica permite disminuir los efectos contaminantes de las fuentes de energías tradicionales, el uso de paneles solares permite aprovechar la radiación solar en zonas en las que el promedio de horas luz es el óptimo para la alimentación de las cargas de las baterías y su uso posterior en una infinidad de aplicaciones. En el caso de los sistemas de riego solares fotovoltaicos su funcionamiento está directamente determinado en función del correcto dimensionamiento de todos los componentes: panel solar, controlador de carga, batería, bomba y conexiones de agua. Si bien observamos que el gasto de inversión inicial de un sistema de riego por goteo convencional es de \$13618.00 que resulta menor comparado con el gasto de inversión del sistema de riego solar fotovoltaico (\$15880.00), en el sistema de riego por goteo convencional se tendrá que seguir pagando el costo de la energía eléctrica en cada ciclo del cultivo lo cual seguirá generando gastos, mientras que en el uso del sistema de riego solar fotovoltaico la inversión será única ya que al utilizar energía solar no se generaran mayores gastos y como ventaja los paneles solares tienen una producción garantizada de energía de 25 a 30 años. Sin embargo, la mayoría de los paneles solares continúan produciendo electricidad después de este periodo de tiempo. Se elige energía solar fotovoltaica, por tratarse de una de las energías menos contaminantes, que aprovecha un recurso renovable existente en el sitio y sin costos de energía eléctrica, de fácil operación y mantenimiento, además, de no ocasionar en el sitio de operación, ningún riesgo para los seres humanos ni para el entorno. Por otro lado, al comercializar los 960 kg de frutos obtenidos a un precio promedio de venta de \$20.00 por kilogramo se obtendría un resultante de \$19200.00 que comparado con el gasto de inversión del sistema de riego solar fotovoltaico de \$15880.00 se contaría con una ganancia de \$3320.00. Se elige energía solar fotovoltaica, por tratarse de una de las energías menos contaminantes, que aprovecha un recurso renovable existente en el sitio y sin costos de energía eléctrica, de fácil operación y mantenimiento, además, de no ocasionar en el sitio de operación, ningún riesgo para los seres humanos ni para el entorno. Estos datos obtenidos proporcionan nuevas referencias para futuras propuestas de investigación. Finalmente, con la realización de este trabajo de investigación ya se cuenta con información referente al funcionamiento adecuado de un sistema de



riego solar fotovoltaico en la zona de Cosamaloapan, Veracruz bajo los meses de mayo a agosto en los cuales las horas solares pico favorecen al correcto funcionamiento del sistema. El modelo realizado puede ser usado para analizar nuevos trabajos experimentales o teóricos, permitiendo un marco conceptual para interpretar los resultados obtenidos en diferentes ambientes, como un medio para mejorar el manejo de este tipo de sistemas en la región.

## REFERENCIAS

- Doorembos, J., Pruit, W. Las necesidades de agua de los cultivos, 193pp., Serie Riego y Drenaje Número 24. FAO, pp., Roma, Italia, 1997.
- FAO, 1998. Manual de Riego y Drenaje. Número 56. Evapotranspiración del Cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ISBN 92-5-304219-2. 353 pág.
- Hydroenviroment. Guía para el cultivo de sandía. (2023). [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=410](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=410) [consultado el 12 de febrero de 2023]
- Instalación Solar Fotovoltaica para el Bombeo de Agua para Riego. Tutorial número 193. 2020. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn193.html> [consultado el 23 de marzo de 2023]
- Keller, J. Manual de diseño de sistema de riego por aspersión y goteo, Utah, Estados Unidos de América, 1983.
- Porter, J.R. y R. Delecolle. 1988. Interaction of temperature with other environmental factors in controlling the development of plants. p. 133-156 *In*: Long, S.P. and F.I. Woodward (eds.). Plants and temperature. Symposia of the Society for Experimental Biology Number XXXII. The Company of Biologists Limited, Department of Zoology, University of Cambridge, Great Britain.
- Santamaría y Castejón, 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Editorial Editex SA, España, 192 pág. ISBN 9788497716550.
- Solartronic: Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, para la República Mexicana, 66pp., Solartronic, S.A. de C.V. Departamento de Información Científico y Técnica. SOL/DT-001-03, Cuernavaca, Morelos, México, 2003.
- Van Campen, B., Guidi, D., Best, G. Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles, Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales No. 3. FAO, Roma, Italia, 2000.
- Villalpando, J. y Ruiz, A. C. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México. 133 p.

# Propuesta de un prototipo electrodoméstico para el secado de pies

Aguirre Lara Nubia Iselda, Cruz Méndez Alma Leticia, Arenas Méndez Manuel Antonio, Santiago Santiago Ariadna Daulet.

TecNM Campus Pánuco  
alma.mendez@itspanuco.edu.mx

**Palabras clave:**

Enfermedades cutáneas, tecnologías innovadoras, prototipo, secado pies, diabetes mellitus

**Keywords:**

Skin diseases, innovative technologies, prototype, foot drying, diabetes mellitus

## RESUMEN

En la actualidad, en 80% de la población sufre alguna enfermedad de tipo dérmica. Una de las más frecuentes, con el 13% de la población, es la onicomycosis, que afecta al 32.5% de los pacientes que sufren diabetes mellitus y que pueden llegar a complicaciones severas como amputación de extremidades, sepsis o úlceras.

Este documento tiene como objetivo proponer un prototipo de secado de pies que ayude en la minimización de sufrir una afectación de tipo cutánea, innovador, de fácil uso, seguro y a precio competitivo con sus similares en el mercado.

Se llevo a cabo el estudio del arte de los productos que tuvieran el mismo objetivo en el mercado, se analizaron sus ventajas y sus debilidades y se creó un diseño de prototipo.

El resultado fue la construcción de un prototipo funcional, con sensor de temperatura y aire para evitar quemaduras y programar a la temperatura óptima de secado, una pantalla para monitorear dichas variables, así como los costos de los componentes utilizados.

## ABSTRACT

Currently, 80% of the population suffers from some skin disease. One of the most frequent, with 13% of the population, is onychomycosis, which affects 32.5% of patients who suffer from diabetes mellitus and can lead to severe complications such as limb amputation, sepsis or ulcers.

This document aims to propose a foot drying prototype that helps minimize skin damage, is innovative, easy to use, safe and at a competitive price with similar products on the market.

The art study of products that had the same objective in the market was carried out, their advantages and weaknesses were analyzed and a prototype design was created.

The result was the construction of a functional prototype, with a temperature and air sensor to avoid burns and program the optimal drying temperature, a screen to monitor these variables, as well as the costs of the components used.

## **INTRODUCCIÓN**

La piel de los pies es la ruta de entrada de muchos patógenos externos tales como gérmenes, hongos y suciedad, causas principales de las infecciones fúngicas. Más del 80% de la población sufre algún problema en los pies que puede ocasionar lesiones muy molestas, ocasionando deterioro de la salud y una merma de la calidad de vida.

La onicomycosis es la enfermedad más frecuente de las uñas, representa 30% de las infecciones fúngicas cutáneas. En la población general la prevalencia de onicomycosis llega a ser de hasta 13%, mientras que en la población con diabetes se ha encontrado en 32.5%, la cual en este grupo constituye un factor de riesgo, ya que puede llevar a desarrollar complicaciones como úlceras, gangrena y osteomielitis, factor de riesgo para la amputación de la extremidad y sepsis; si bien, no es una enfermedad amenazante para la vida, su presencia genera morbilidad (Segundo-López 2021).

En la población general, el riesgo que supone mantener un exceso de humedad en el pie va desde la pérdida de viabilidad de la piel, las características protectoras de ésta, formándose lesiones tales como grietas o infecciones, hongos tanto en la misma piel como en las uñas siendo una patología bastante molesta e incómoda (Salinas, 2021), y aún cuando se considera una afección estética, su presencia no debe pasar inadvertida, sobre todo en grupos vulnerables, como en el caso de pacientes con diabetes mellitus.

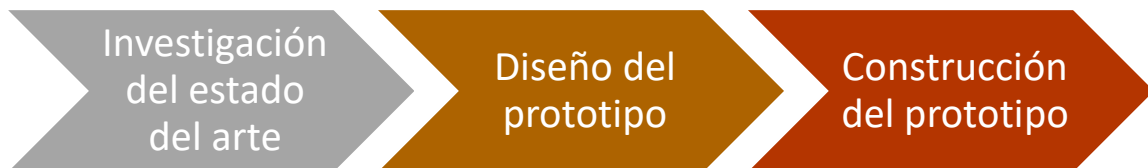
El rango de edad promedio de posible afectación de una infección fúngica va desde adolescencia hasta la edad adulta y mayor, de acuerdo con datos del INEGI (2021) la población total de México es de 126 014 024 habitantes, de los cuales, 64 540 634 son mujeres (51.2%) y 61 473 390 son hombres (48.8%), siendo el 36.4% mujeres y 33.5% hombres entre los 15 a 69 años, edad en la que estas afectaciones se pueden adquirir.

En la mayoría de los casos la adopción de una serie de medidas higiénicas, la elección de un calzado adecuado, un secado apropiado para eliminar la humedad acumulada en los pies, posterior a su lavado puede prevenir o, en cualquier caso, paliar muchos de estos problemas (Muñoz, 2002).

Médicos podólogos recomiendan el uso de un secador de pelo para combatir infecciones de hongos en los pies y las uñas bajo un razonamiento simple; las bacterias causantes crecen en ambientes húmedos, así que quitar los restos de agua ayuda a detener el crecimiento, sin embargo una aplicación incorrecta de temperatura puede ocasionar irritación en la piel, incluso quemaduras, esta es la razón de innovar en el diseño de un dispositivo que proporcione a los pies un flujo de aire regulado a una temperatura que permita eliminar la humedad de los pies de forma segura, tanto para la población general y grupos vulnerables.

## DESARROLLO

La metodología aplicada para este análisis es de tipo mixto. Mediante el estudio del arte se investigarán los productos existentes y las propuestas de productos, estudiar las ventajas y desventajas, para hacer la propuesta de innovación del producto. Para el diseño del prototipo se entrevistó a expertos en la salud de los pies, siguiendo el modelo lineal del proceso de innovación descrito en la figura 1.



*Figura 1. Proceso empleado en la investigación. Fuente propia.*

### Estado del arte

De acuerdo con la investigación realizada para el estudio del arte, se encontraron cinco productos que tienen el objetivo de secar los pies y piel en general, dos de ellos como propuesta de diseño, sin producción, ni venta. Cada uno de los productos se describe a continuación.

## 1. Foot drying

Propuesta de diseño de sistema para el secado de los pies realizada en la Universidad de Ciencias de China Oriental.

El sistema consiste en la instalación de una pequeña secadora en la parte inferior de la base del baño, figura 2 (Anónimo, 2020).

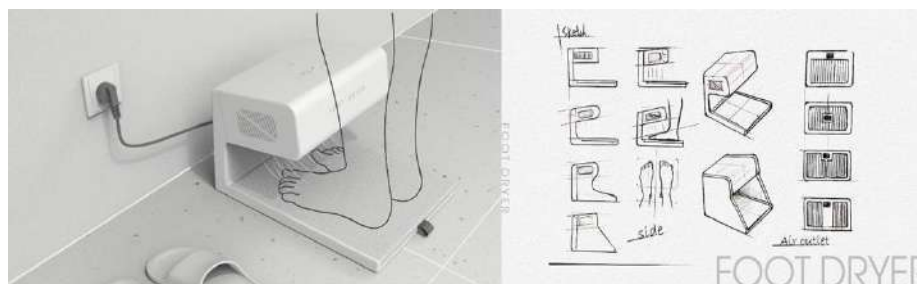


**Figura 2. Ranbem 136D, fuente Anónimo (2020).**

## 2. Foot Dryer

Propuesta conceptual de dispositivo para el secado de los pies, figura 3, desarrollado en la Universidad Tecnológica de Nanjing.

El principio de funcionamiento del secador de pies es similar al de un secador de manos. Cuando se conecta la alimentación, el usuario pone los pies en la almohadilla de tela y el sensor de infrarrojos del producto recibe la señal para activar el soplador de aire caliente. El aire ingresa por la entrada de aire, se filtra, se calienta y emerge por la salida de aire. Con el efecto de absorción de agua de la almohadilla de tela se puede tener un efecto de secado completo en los pies. La parte superior del producto es un interruptor (con luz indicadora) y control de temperatura. El control de temperatura es para proporcionar una temperatura agradable en diferentes estaciones (Anónimo, 2021b).



**Figura 3. Foot Dryer, fuente Anónimo (2021b).**

### 3. Vfusion Foot Dryer

VFusion Foot Dryer, figura 4, garantiza un secado rápido en sólo 8-12 segundos. Funciona con un sensor automático láser que detecta el pie y proporciona un secado efectivo entre los dedos del pie. El secador VFusion Foot Dryer incluye el filtro de aire "Hepa Filter H13" que retiene el 99,97% de las partículas que se encuentran en el aire (Anónimo, 2021c).



*Figura 4. VFusion Foot Dryer, fuente Anónimo (2021c).*

### 4. Máquina secadora Ranbem 136D

Dispositivo secador eléctrico portátil de alta calidad y potencia, figura 5, para el cuidado del cuerpo. Seca el cuerpo seco rápidamente, en 1-5 minutos, además de eliminar la humedad y la estática del cuerpo (Anónimo, 2021d). Disponible en el portal de ventas chino Alibaba.



*Figura 5. Máquina secadora Ranbem 136D, fuente Anónimo (2021d).*

### 5. Jellyfish

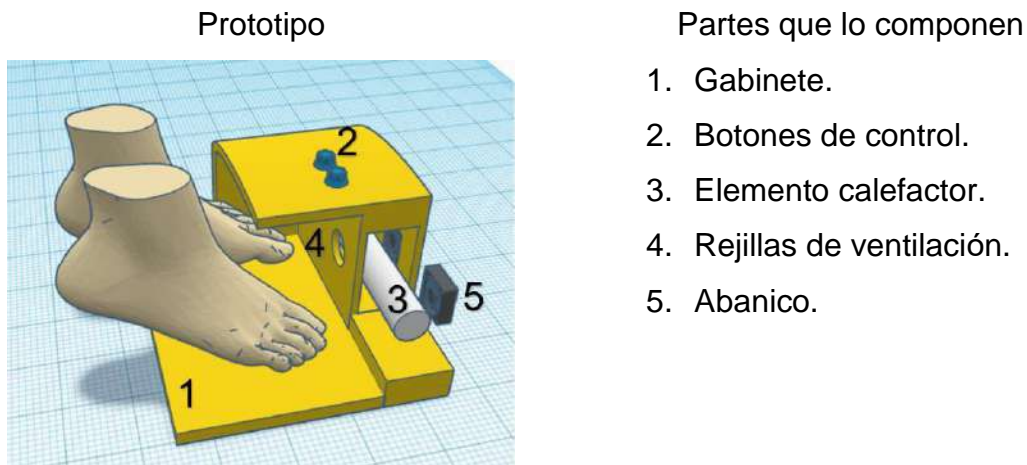
Secador de pies con sensores infrarrojos de activación, figura 6, seca los pies y manos en 60 segundos con una mezcla de aire caliente mediante un potente motor.



**Figura 6. Máquina secadora JELLYFISH, fuente Amazon (2022).**

### Diseño del prototipo

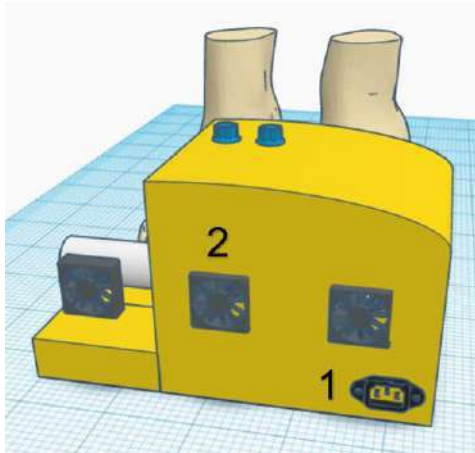
En la figura 7 se presenta un esquema básico de la estructura del prototipo para secado de pies automático. Éste se conforma de un gabinete con un espacio en el cual el usuario introduce sus pies húmedos, a continuación, un sensor de presencia activará una ráfaga de aire caliente a una temperatura tal que permita realizar el secado en pocos minutos. El dispositivo cuenta con un botón de control para el ajuste de la temperatura y la velocidad de la ráfaga de aire.



**Figura 7.- Componentes del prototipo para secado de pies automático.**

Se exhibe la sección posterior del prototipo en la figura 8, en donde se aprecia el conector para el cable de energía eléctrica y los abanicos.

Prototipo

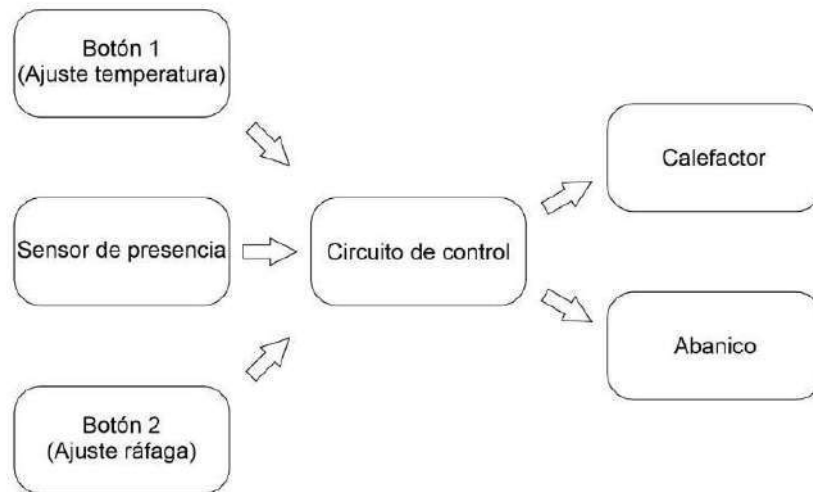


Partes que lo componen

1. Conector energía eléctrica.
2. Abanico.

**Figura 8.- Sección posterior del prototipo para secado de pies automático.**

Se muestra el diagrama a bloques del circuito electrónico del prototipo (figura 9). Su funcionamiento consiste en un sensor de presencia que detecta la entrada de los pies del usuario al gabinete de secado, se activa automáticamente la ráfaga de aire de secado. Para comodidad del usuario, se puede ajustar la temperatura y la velocidad de la ráfaga de aire mediante dos botones respectivamente.



**Figura 9.- Diagrama a bloques del circuito electrónico del prototipo de secado de pies.**



## **RESULTADOS.**

De acuerdo con el estado del arte, se puede concluir la siguiente información.

### **Footdrying**

Es una propuesta de diseño de sistema para el secado de los pies realizada en la Universidad de Ciencias de China Oriental, no hay un registro de los costos de elaboración debido a que nunca salió a la venta al mercado.

### **FootDryer**

Dispositivo para el secado de pies desarrollado en la Universidad Tecnológica de Nanjing, al ser una propuesta conceptual, no salió al mercado por lo que no se cuenta con un registro de costo.

### **Vfusion Foot Dryer**

Se contactó al proveedor por información de costos y no respondió a la solicitud realizada, es un dispositivo que su punto de venta y distribución solo está en España, considerando el envío sería elevado su costo.

### **Máquina secadora Ranbem 136D**

Dispositivo secador eléctrico portátil de alta calidad y potencia, su costo en el mercado oscila en un rango de \$1000.00 a \$1700.00 pesos M.N. en el portal de ventas Alibaba.com, sin incluir gastos de envío ni importación.

### **Jellyfish**

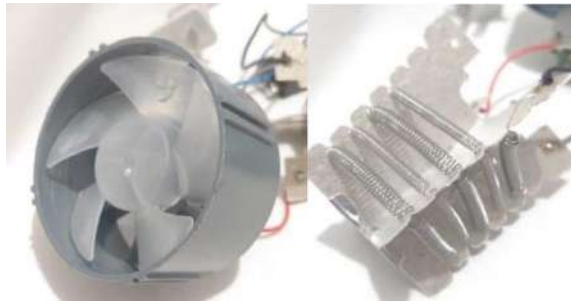
Equipo de secado de pies vendido por internet en Amazon, costo \$2,616.17 pesos M.N.

Basados en las características mencionadas, se procedió a desarrollar la construcción del prototipo basados en el diseño antes descrito, usando como base la recomendación de podólogos para el secado de los pies, la secadora de cabello.

## Construcción del prototipo

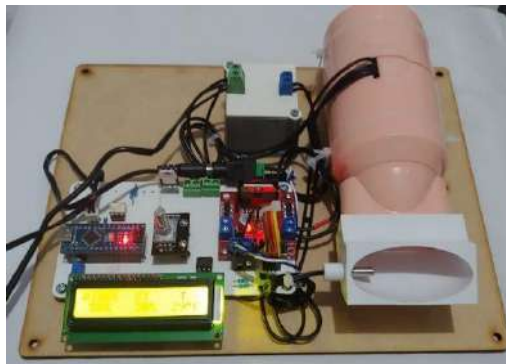
La secadora de cabello es un aparato con temperatura inapropiada que se ajusta a dos niveles de flujo de aire sin un control de la temperatura generada por lo que no permite establecer condiciones que sean propicias para un secado confiable.

Los elementos principales de una secadora de cabello comercial, figura 10, son una resistencia calefactora que trabaja a 120 voltios de corriente alterna, un motor eléctrico de corriente continua de 12 voltios de corriente directa equipado con un aspa para generar el flujo de aire, interruptor de control y una estructura de plástico resistente al calor.



**Figura 10.- Motor con aspa y resistencia calefactora de una secadora de pelo comercial, fuente propia.**

La primera versión del prototipo conceptual de secador de pies, figura 11, se realizó tomando el cuerpo, el motor con aspa y la resistencia calefactora de una secadora de pelo comercial.



**Figura 11.- Prototipo conceptual de secador de pies, fuente propia.**

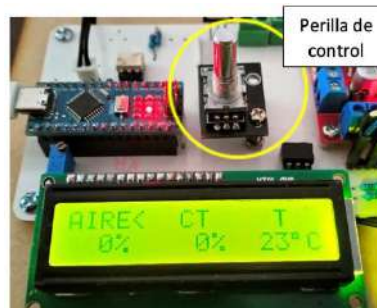
En la salida de aire del cuerpo de la secadora se agregó una boquilla elaborada en impresión 3D, figura 12, que permite redireccionar el aire hacia arriba en un ángulo

de 60 grados. La boquilla cuenta con un soporte para el montaje de un sensor para medir la temperatura de la corriente de aire expulsada.



*. Figura 12.- Boquilla de redireccionamiento de aire con sensor de temperatura, fuente propia.*

El prototipo cuenta con una pantalla de cristal líquido, figura 13, en la que se despliegan la información de las variables de flujo de aire, potencia de la resistencia calefactora y temperatura del aire expulsado, adicionalmente cuenta con una perilla de control con la que se establecen los niveles de flujo de aire y potencia, así como para la activación de la operación de secado.



*Figura 13.- Pantalla de cristal líquido y perilla de control del prototipo, fuente propia.*

La segunda versión del prototipo conceptual, figura 14, se integró en un gabinete abierto de 26cm. x 24 cm. x 16.5 cm.



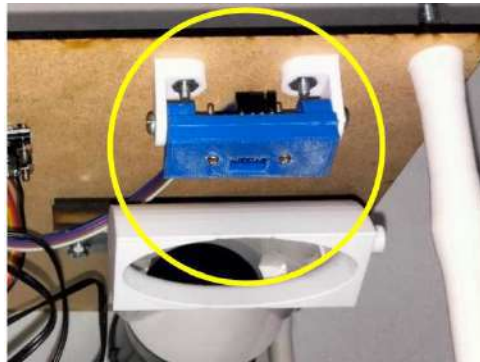
*Figura 14.- Segunda versión de prototipo conceptual de secado de pies, fuente propia.*

El prototipo se desarrollo para secar los pies de forma individual, cuenta con dos salida de aire, figura 15, para proporcionar un secado por la parte inferior y superior del pie.



**Figura 15.- Doble salida de aire para el secado de pies por la parte superior e inferior, fuente propia.**

La activación del dispositivo se realiza mediante un sensor de infrarrojo, figura 16, el cual detecta la colocación del pie en la zona de secado y activa generación de flujo de aire.



**Figura 16.- Sensor infrarrojo de activación del dispositivo, fuente propia.**

Los materiales usados en la construcción del prototipo, así como las cantidades se detallan en la tabla 1.

Tabla 1.- Listado de partes y costos, fuente propia.

PARTIDA	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	ARDUINO NANO GENERICO	1	PIEZA	\$ 180.00	\$ 180.00
2	MÓDULO L298	1	PIEZA	\$ 80.00	\$ 80.00
3	OPTOACOPLADOR H11A1	1	PIEZA	\$ 80.00	\$ 80.00
4	RESISTENCIAS	7	PIEZA	\$ 2.00	\$ 14.00
5	CLEMAS DOS PINES	5	PIEZA	\$ 8.00	\$ 40.00
6	TIRA 40 PINES MACHO	3	PIEZA	\$ 8.00	\$ 24.00
7	TIRA 40 PINES HEMBRA	3	PIEZA	\$ 10.00	\$ 30.00
8	TORNILLERIA MAQUINA	4	PIEZA	\$ 3.00	\$ 12.00
9	TUERCAS MAQUINA	4	PIEZA	\$ 3.00	\$ 12.00
10	TORNILLERIA 3CM	4	PIEZA	\$ 3.00	\$ 12.00
11	RONDANA PRESION MAQUINA	4	PIEZA	\$ 3.00	\$ 12.00
12	BASE CI 6 PINES	3	PIEZA	\$ 8.00	\$ 24.00
13	CABLE MH 20CM	3	PIEZA	\$ 40.00	\$ 120.00
14	CABLE PROTOTIPOS	6	METRO	\$ 5.00	\$ 30.00
15	OPTOACOPLADOR MOC3022	2	PIEZA	\$ 15.00	\$ 30.00
16	TRIAC BTA16	2	PIEZA	\$ 12.00	\$ 24.00
17	PLACA DE COBRE 10X15	2	PIEZA	\$ 40.00	\$ 80.00
18	FUENTE ALIMENTACION 12V 5A	1	PIEZA	\$ 150.00	\$ 150.00
19	PANTALLA LCD 16X2	1	PIEZA	\$ 80.00	\$ 80.00
20	BOTON ENCODER	1	PIEZA	\$ 50.00	\$ 50.00
21	INTERRUPTOR CON FUSIBLE	1	PIEZA	\$ 135.00	\$ 135.00
22	ESPARRAGO .5 PULGADAS	1	PIEZA	\$ 65.00	\$ 65.00
23	TUERCAS 0.5 PULGADAS	8	PIEZA	\$ 5.00	\$ 40.00
24	SECADORA DE PELO	2	PIEZA	\$ 220.00	\$ 440.00
25	ABRAZADERA 2 PULGADAS	2	PIEZA	\$ 20.00	\$ 40.00
26	CUARTO DE HOJA MDF	1	PIEZA	\$ 60.00	\$ 60.00
TOTAL					\$ 1,864.00

## CONCLUSIONES

Basados en la investigación y análisis del estudio del arte, se diseñó y construyó un dispositivo innovador en su diseño, fácil de usar y automático, con un sensor de temperatura que permite controlar la velocidad del aire y la temperatura que arroja, evitando así quemaduras o lesiones en la piel de los usuarios, ayudará eliminar humedad en tiempo considerable de entre 1 o 2 minutos, tiempo competitivo con el producto Máquina secadora Ranbem 136D pero más lento que Vfusion Foot Dryer. En la cuestión de costos, la construcción de un primer prototipo tuvo un costo de \$1,864, precio competitivo respecto a su similar Máquina secadora Ranbem 136D Jellyfish que va de \$1,000. A \$1,800 pesos sin contar gastos de envío, ni importación. Tiene un costo menor con respecto a su mayor competencia Jellyfish, \$2,616.17 pesos M.N., esto sin contar gastos administrativos, ni operativos.

El producto existe en el mercado, pero sin el control de la temperatura. El costo de producirlo es alto, pero es un primer prototipo que podría disminuir su costo, si se produjera en volúmenes mas altos.

Se concluye que para eliminar muchos de las afectaciones de los pies, debe atacarse la mayor causa de proliferación que es la humedad en los mismos, es entonces el prototipo propuesto un excelente producto que atacaría este problema, cuidando la salud y bienestar de la población en general y sobre todo a la población con diabetes mellitus para así minimizar los riesgos de complicaciones de la enfermedad por infecciones de onicomicosis. Se propone continuar con el análisis del producto mediante el estudio de mercado para conocer si el producto es factible para salir al mercado.

## REFERENCIAS

- Segundo-López LD, Sierra-Maeda KY, Arenas R. Onicomicosis en la población diabética: importancia de las complicaciones, tratamiento y prevención . Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica. 2021;19(3):289-295 de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=102292>
- Anónimo. (2002). Aumenta la tiña en uñas y pies: Alexandro Bonifaz. octubre 5, 2021, de Universidad Nacional Autónoma de México de [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2002/2002\\_0580fff.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2002/2002_0580fff.html)
- Anónimo. (2020). Foot Dryer. octubre 8, 2021, de If World Design Guide de <https://ifworlddesignguide.com/entry/191582-foot-dryer>
- Anónimo. (2021a). ¿Humedad en los pies? Preven el mal olor y los hongos. octubre 6, 2021, de Bayer de <https://www.bayertecuida.es/cuidado-personal/cuidado-de-los-pies/humedad-en-los-pies-preven-el-mal-olor-y-los-hongos>
- Anónimo. (2021b). Foot Dryer. octubre 8, 2021, de Fundación James Dyson de <https://www.jamesdysonaward.org/es-ES/2021/project/foot-dryer/>
- Anónimo. (2021c). Vfusion Foot Dryer. octubre 8, 2021, de Veltia de <https://veltiahanddryers.com/vfusion-foot-dryer/>
- Anónimo. (2021d). Máquina secadora Ranbem 136D. octubre 8, 2021, de Alibaba de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Ranbem-136D-2021-1200w-220v-anion-1600291035697.html>
- López, A. (2018). Por qué debes secarte bien los dedos de los después de una ducha. septiembre 30, 2021, de El Confidencial de [https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2018-09-02/secar-dedos-pies- despues-ducharte\\_1608361/](https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2018-09-02/secar-dedos-pies- despues-ducharte_1608361/)

Muñoz, M. J.. (2002). Higiene y cuidado de los pies. OFFARM, 21, pp. 68-76.

Salinas, L. (2021). Cinco errores típicos que cometemos en el cuidado de los pies. octubre 1, 2021, de Fisiolution de <https://fisiolution.com/cuidado-de-pies/>

INEGI(2021) de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020\\_Nal.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf)

## Software en la nube a través de bases de datos NoSQL para apoyo en el ámbito escolar.

*Torres Espinosa Pedro, Bucio Chong Diana Berenice, Molar Velázquez Gabriela.*

*Instituto Tecnológico Superior de Ébano, S.L.P.  
pedro.te@ebano.tecnm.mx*

**Palabras clave:**

*Node.js, NoSQL, institución-educativa.*

**RESUMEN**

El software en la nube a través de bases de datos NoSQL fue creado como apoyo en el ámbito escolar, ya que permite generar reportes de diferentes situaciones por las que atraviesan los estudiantes dentro de una institución educativa. Esta herramienta tecnológica permitirá a la institución generar el reporte, enviar un mensaje de texto al tutor del estudiante y darle seguimiento al reporte hasta que la situación sea solucionada o concluida, generando, además, un expediente del estudiante en cuestión.

**Keywords:**

*Node.js, NoSQL, educational-institution.*

**ABSTRACT**

Cloud Software through NoSQL databases was made as support in school environment, since it allows generating different situation's reports that students go through within an educational institution. This is a technological tool will allow to the educational institution generate the report, send a text message to the student's tutor, and follow up on the report until the situation is resolved or concluded, also generating a file for the student.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las nuevas tecnologías han avanzado y se han posicionado en todos los ámbitos, económico, social, cultural, político y, sobre todo, en el educativo (**Severin, 2010**). Dentro del ambiente académico-administrativo se ha detectado que es importante agilizar los métodos de comunicación entre profesores, administrativos de la institución y padres de familia (**Bordalba, 2016**), ya que son quienes dan soporte al proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes y gestionan directamente los permisos, las ausencias, y todo lo relacionado con las actividades del estudiante dentro de la institución educativa (**Magdaleno Altarejos & Llopis Nebot, 2014**). En México, en la mayoría de los casos, estos procesos se



realizan de forma manual y tienen poca efectividad, ya que, por diversos factores, no siempre llegan a cumplirse en su totalidad.

El objetivo del presente trabajo es realizar e implantar un sistema que automatice estos procesos para darles la agilidad necesaria y generar bases de datos que, en un momento dado, sirvan para realizar estudios que lleven a la correcta solución de problemas, o situaciones, que se generen con los estudiantes del plantel. Entre las características principales del software es que implementa de bases de datos NoSQL (MongoDB) en la nube, que según **Flores, 2019**, es una tecnología poco utilizada dentro del ambiente educativo.

## **DESARROLLO**

Software en la nube a través de bases de datos NoSQL, como su nombre lo indica, la información que contiene está situada en el servidor dedicado del Instituto Tecnológico Superior de Ébano, S.L.P. El Software en la nube cuenta con un módulo de información que visualiza los mensajes, o reportes, generados por los usuarios.

### **Marco teórico**

Un usuario de un sistema de información (SI) puede ordenar, mover y reestructurar un sistema (**José, 2020**). A los miembros se les asigna un tipo de usuario cuando se les da de alta en la organización; el tipo de usuario determina los privilegios que se pueden conceder al miembro a través de un rol predeterminado o personalizado (**Sarasa, 2016**).

Node.js, entorno de ejecución de JavaScript multiplataforma de código abierto. (**Satheesh et al., 2015**).

Una Base de Datos (BD) es un conjunto de datos, almacenados en, con la finalidad de ser procesados después, para obtener información procesada. Una BD se encarga, no solo de almacenar datos, también de conectarlos entre sí en una unidad lógica (**Marqués-Andrés & others, 2011**).

Los Sistemas Gestores de Bases de Datos son las aplicaciones de software que permiten almacenar y acceder a la información, mediante una interfaz visual, un lenguaje de programación, o simplemente mediante instrucciones de modo consola de los sistemas operativos **(Marqués-Andrés & others, 2011)**.

Tipos de bases de datos:

Relacionales (SQL- Structures Query Language): la información que almacena la BD está relacionada entre sí. Los datos relacionados (registros o filas) son almacenados en tablas que constan de varios campos (columnas) **(Capel, 2015)**.

No relacionales (NoSQL - Not only Structures Query Language - MongoDB): los datos no tienen por qué estar relacionados entre sí y, por lo tanto, no tienen que almacenarse en estructuras fijas como las tablas del modelo de base de datos relacional **(Satheesh et al., 2015)**.

MongoDB. Sistema gestor de BD NoSQL. Su importancia radica en que la BD es compatible con JSON, lo que significa que los documentos se almacenan y recuperan de MongoDB como objetos de Java Script **(Satheesh et al., 2015)**.

Computación en la nube (Cloud Computing) es un término que hace referencia a la prestación de servicios alojados a través de internet, proporciona un acceso fácil a diferentes recursos informáticos y servicios de Tecnologías de la información (TI) (Joyanes, 2012).

### **Metodología**

La finalidad de este software es la automatización de la generación de reportes relacionados con los estudiantes, que pueden ser de tipo académico, de conducta, económicos, entre otros, los usuarios del sistema decidirán si es conveniente generar el reporte, darle seguimiento interno hasta su conclusión y almacenarlo en la base de datos, o generar el reporte, darle seguimiento interno y, además enviar un mensaje al padre o tutor, según sea la situación.

La metodología de desarrollo de software a la que se apega este sistema es la Ágil, ya que facilita modificaciones y mantenimiento del sistema, lo que permitirá adaptarlo a los posibles requerimientos necesarios a futuro.

La Figura 1 muestra el desarrollo de la metodología Ágil aplicada en el desarrollo del sistema. En primera instancia, se autentifica el usuario en el sistema, después se genera el *Reporte* del estudiante que será canalizado, así mismo, se genera el mensaje de texto (SMS) para ser enviado al padre o tutor responsable del estudiante.

Esta información de *Reporte* se almacena en la base de datos para darle seguimiento al estudiante, de esta manera, el área correspondiente del seguimiento observa el proceso mediante una retroalimentación y fecha del seguimiento. Una vez que el *Reporte* ha sido resuelto, queda la información en la base de datos como expediente del estudiante y termina el ciclo del seguimiento.

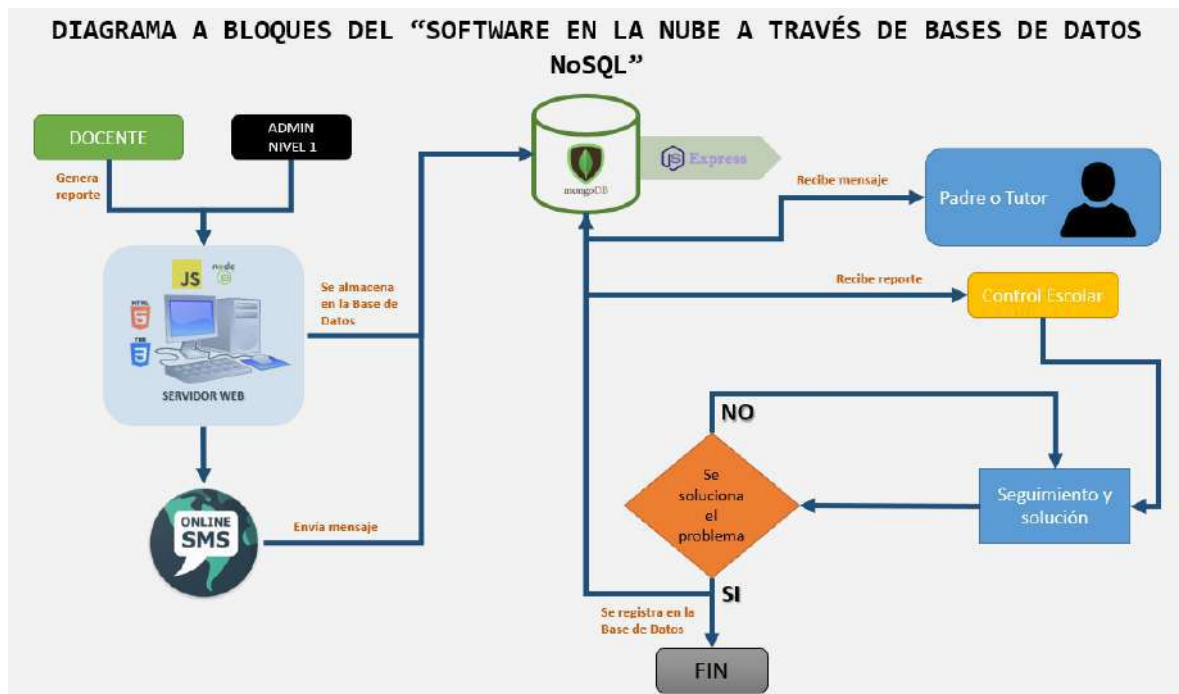
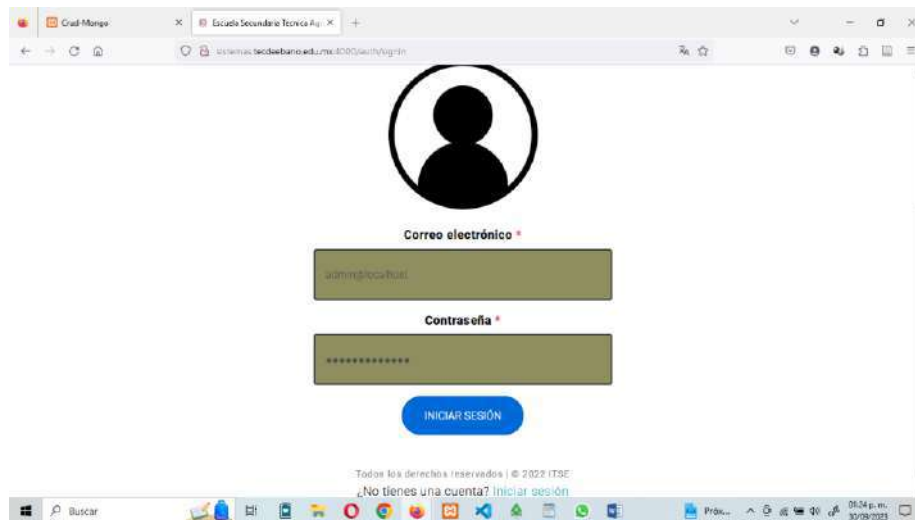


figura 1. Diagrama que representa la metodología del sistema del Software en la nube.

## RESULTADOS

Hasta el momento, el sistema Software en la nube a través de bases de datos NoSQL para apoyo en el ámbito escolar, se encuentra funcionando adecuadamente. A continuación, se muestran capturas de pantalla del funcionamiento.

La Figura 2 muestra la interfaz de **Inicio de Sesión**. Una vez que se presione en la opción de **iniciar sesión** ésta será desplegada.



*figura 2. Inicio de sesión.*

La Figura 3 muestra la interfaz **Ver reportes**. Una vez iniciada la sesión, el sistema cargará por defecto la sección de **ver reportes**, por medio de la cual, podremos visualizar todos los Reportes que han sido creado por la cuenta que está en uso.

La Figura 4 muestra **Generar Reporte**. Para crear un nuevo reporte, se accede a la página de generar reportes desde nuestra barra de navegación, una vez ahí podremos observar todos los campos necesarios para crear el reporte nuevo.

La Figura 5 muestra **Enviar mensaje de texto**. Esta sección del sistema tiene como funcionalidad enviar mensajes de texto a los padres o tutores de los estudiantes.

La Figura 6 muestra **la Búsqueda en los reportes**. El sistema realiza la búsqueda de reportes de estudiantes en la base de datos.

La Figura 7 muestra la **Retroalimentación**. El sistema permite agregar retroalimentación al reporte al darle seguimiento.

La Figura 8 muestra la **Búsqueda de reportes mostrando retroalimentación**. Realiza la búsqueda de estudiantes mostrando la retroalimentación existente.

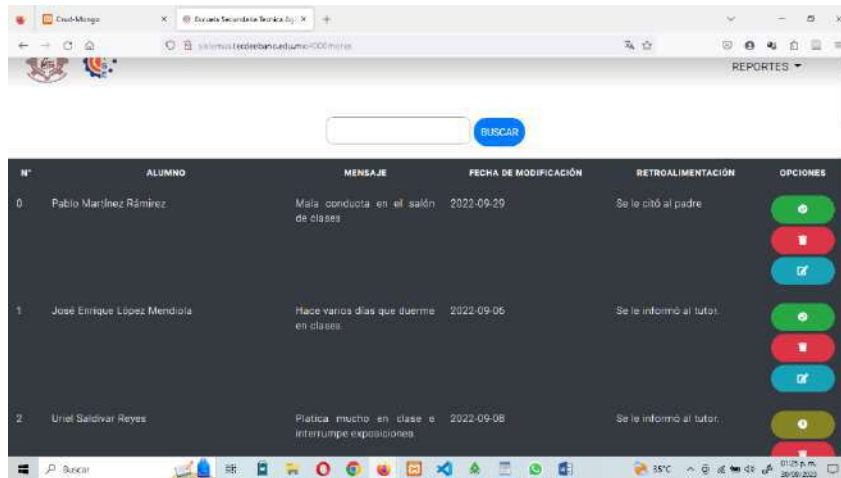


figura 3. Ver reportes.

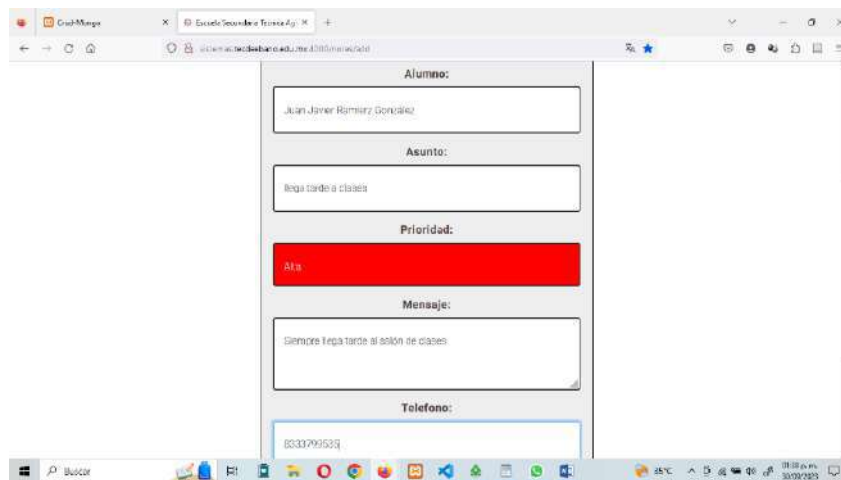


figura 4. Generar reportes.

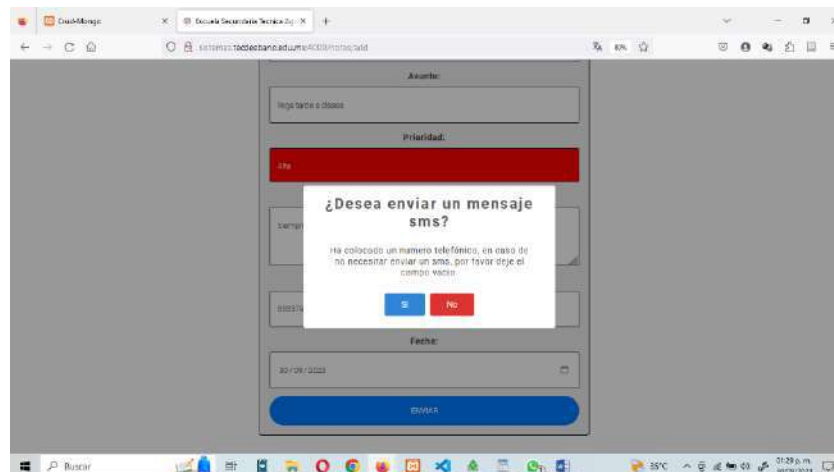


Figura 5. Enviar mensaje de texto.

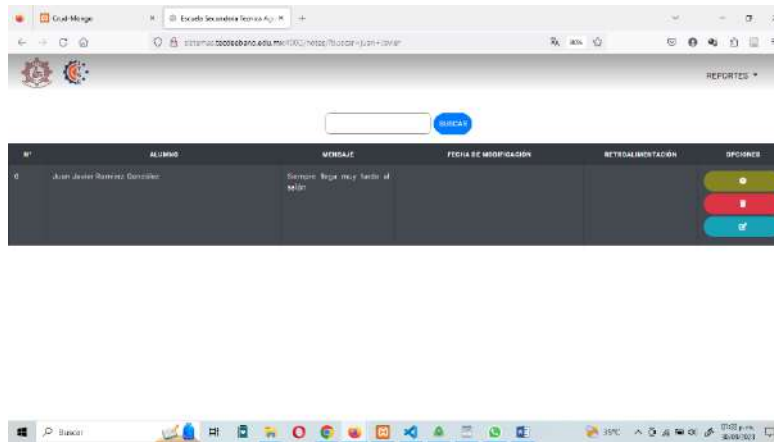


Figura 6. Búsqueda de estudiantes.

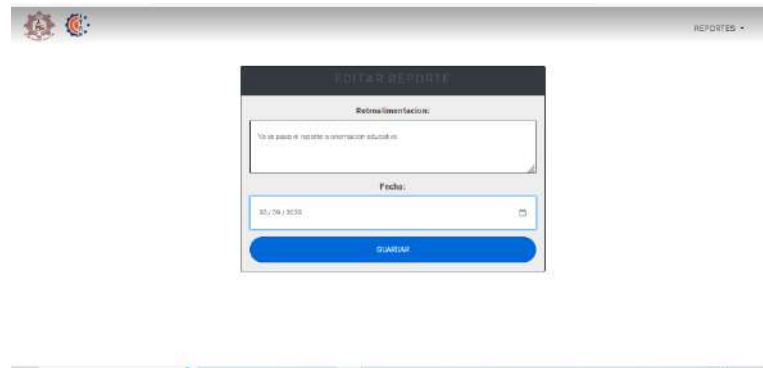


Figura 7. Generar retroalimentación.

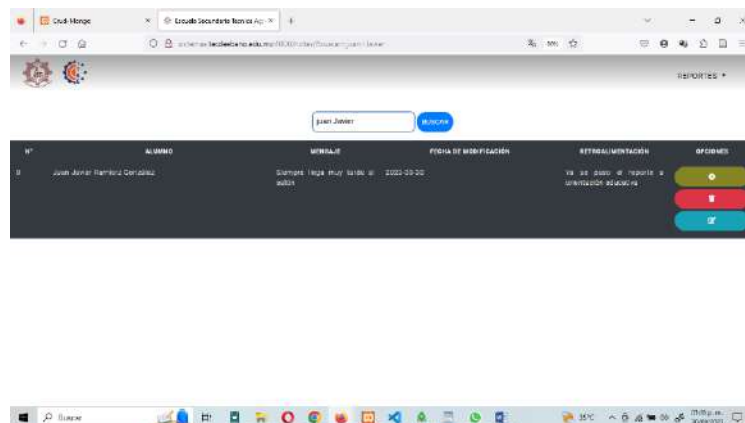


Figura 8. Búsqueda de reportes con retroalimentación.

## CONCLUSIONES

El sistema Software en la nube a través de bases de datos NoSQL para apoyo en el ámbito escolar, creado en Node.js con manejador de base de datos MongoDB, permite realizar el registro y seguimiento de reportes de estudiantes, ya sean de tipo académico, de conducta, económicos, etc. Realiza el registro del Reporte, el envío de mensajes para los tutores del estudiante, genera una base de datos con los Reportes y sus actualizaciones para darle seguimiento al caso hasta concluirlo. El paso siguiente será implantarlo en alguna institución de nivel básico o medio superior para comprobar su eficacia.

## REFERENCIAS

- Bordalba, M. M. (2016). La comunicación familia-escuela: El uso de las TIC en los centros de primaria. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 19(1), 73-83.
- Capel, M. Y. J. (2015). *Bases de datos relacionales y modelado de datos*. IFCT0310. IC Editorial.
- Flores, C. R. B., Ayabaca, D. M. G., & Alba, J. A. J. (2019). La computación en la nube en los espacios educativos. *Sociedad & Tecnología*, 2(1), 51-58.
- José, M. (2020, octubre 29). 【 Usuarios en Sistemas de Información 】 ¿Qué Son? + Tipos ▷ 2023. *Internet Paso a Paso*. <https://internetpasoapaso.com/usuarios-sistemas-informacion/>
- Joyanes, L. (2012). *Computación en la Nube: Estrategias de cloud computing en las empresas*. Alpha Editorial.
- Magdaleno Altarejos, A., & Llopis Nebot, M. Á. (2014). *La actitud docente y el grado de uso de las TIC en la comunicación familia-escuela: Un acercamiento al empleo de las TIC en las escuelas*.
- Marqués-Andrés, M. & others. (2011). *Bases de datos*. Universitat Jaume I.
- Sarasa, A. (2016). Introducción a las bases de datos NoSQL usando MongoDB. *Introducción a las bases de datos NoSQL usando MongoDB*, 1-306.
- Satheesh, M., D'mello, B. J., & Krol, J. (2015). *Web development with MongoDB and NodeJs*. Packt Publishing Ltd.
- Severin, E. (2010). *Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en Educación: Marco conceptual e indicadores*.

## Semiconductores y el Cambio de Paradigma: México en la Era de la Tecnología Global

*Jiménez Echeverría José Roberto, García Echeverría Armando, Cisneros Alejandro Luis Marcos, Delgado Pichardo Juan Carlos, López Hernández Francisco Javier.*

*Instituto Tecnológico de Zitácuaro*

[jose.je@zitacuaro.tecnm.mx](mailto:jose.je@zitacuaro.tecnm.mx), [armando.ge@zitacuaro.tecnm.mx](mailto:armando.ge@zitacuaro.tecnm.mx), [luis.ca@zitacuaro.tecnm.mx](mailto:luis.ca@zitacuaro.tecnm.mx),  
[juan.dp@zitacuaro.tecnm.mx](mailto:juan.dp@zitacuaro.tecnm.mx), [francisco.lh@zitacuaro.tecnm.mx](mailto:francisco.lh@zitacuaro.tecnm.mx).

**Palabras clave:**

*Nearshoring,  
Semiconductores, TecNM.*

**RESUMEN**

En el actual contexto global, la era de la globalización parece estar llegando a su fin, dando lugar a un resurgimiento de los nacionalismos en varias naciones. Tanto Estados Unidos como el Reino Unido, antiguos impulsores de la globalización, muestran desapego a este modelo económico. Estados Unidos ha impuesto sanciones comerciales y restringido el suministro de tecnología a empresas como Huawei. Por su parte, el Reino Unido votó a favor del Brexit en 2016, marcando su salida de la Unión Europea. Eventos como la pandemia del COVID-19 y conflictos internacionales han resaltado los riesgos de depender de un mundo globalizado. Las cadenas de suministro, especialmente la de semiconductores, se han visto afectadas. En este contexto, la tecnología de investigación y fabricación de semiconductores es crucial para el desarrollo tecnológico de las potencias. Además, se vislumbra que México podría beneficiarse del nearshoring en esta contienda, y por eso se ha inaugurado la carrera de Ingeniería en Semiconductores en institutos de educación superior del TecNM. México se enfocará en algunas de las etapas de producción de chips semiconductores como parte de acuerdos de inversión extranjera destinada a la investigación y producción de semiconductores.

**Keywords:**

*Nearshoring, Semiconductors,  
TecNM.*

**ABSTRACT**

In the current global context, the era of globalization seems to be coming to an end, giving rise to a resurgence of nationalisms in several nations. Both the United States and the United Kingdom, former drivers of globalization, show detachment from this economic model. The United States has imposed trade sanctions and restricted the supply of technology to companies such as Huawei. For its part, the United Kingdom voted in favor of Brexit in 2016, marking its departure from the European Union. Events such as the COVID-19 pandemic and international conflicts have highlighted the risks of depending on a globalized world. Supply chains, especially semiconductors, have been affected. In this context, semiconductor research and manufacturing technology is crucial for the technological development of powers. Furthermore, it is seen that Mexico could benefit from nearshoring in this contest, and that is why the Semiconductor Engineering degree has been inaugurated in TecNM higher education institutes. Mexico will focus on some of the production stages of semiconductor chips as part of



foreign investment agreements aimed at semiconductor research and production.

## **INTRODUCCIÓN**

En el actual contexto internacional, parece evidente que la era de la globalización ha llegado a su fin, cediendo el paso a un resurgimiento de los nacionalismos en diversas naciones. Los principales impulsores de la globalización, como Estados Unidos y Reino Unido, han mostrado tendencias marcadas de desapego a este modelo económico global.

Por un lado, Estados Unidos ha experimentado periodos de imposición de sanciones comerciales a diversos países, incluso llegando a vetos notables como el caso de la empresa china Huawei en el año 2019 (Múñoz, 2020). Esta medida dejó a la compañía fuera del mercado estadounidense, al suspender de forma definitiva los servicios de Google para Android. Posteriormente, en el año 2022, se han restringido partes críticas de sus cadenas de suministro de semiconductores con tecnología estadounidense.

Por otro lado, el Reino Unido votó a favor de su salida de la Unión Europea a través del referéndum conocido como Brexit en el año 2016. A estos hechos específicos se suman eventos como la pandemia del COVID-19 y el conflicto entre Ucrania y Rusia, que han evidenciado a las naciones los riesgos de depender de un mundo globalizado.

En momentos de turbulencia global, las cadenas de suministro convencionales se ven restringidas, siendo los semiconductores uno de los productos afectados. Estos componentes comenzaron a experimentar tensiones significativas en las cadenas de suministro globales a raíz de la pandemia del COVID-19, debido a la alta demanda de equipos informáticos.

Es innegable que nos encontramos en un contexto geopolítico donde estamos transitando de una esfera unipolar dominada por Estados Unidos a una esfera bipolar con la adición de China, e incluso podríamos considerar un escenario tripolar si incluimos a Rusia. A este escenario se suma el surgimiento de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, que en pocos meses del año 2023 ha desencadenado una revolución en diversos sectores.

Como lo expresó el presidente ruso Vladimir Putin: "quien lidere la inteligencia artificial gobernará el mundo". En este sentido, la tecnología de investigación, diseño y fabricación de semiconductores se vuelve crucial para el desarrollo tecnológico de las potencias.

En el contexto de la guerra comercial entre Estados Unidos y China, Huawei lanzó su teléfono Mate 60 Pro el 29 de agosto de 2023. El teléfono incluye un procesador Kirin 9000s fabricado por la empresa china SMIC con un proceso de fabricación de 5 nanómetros (López, 2023). Hasta el momento se desconoce si SMIC ha logrado desarrollar una tecnología propia o si depende de proveedores extranjeros que podrían estar esquivando las restricciones impuestas por Estados Unidos. Por otro lado, el 12 de septiembre de 2023, Apple presentó su teléfono iPhone 15 Pro, que incorpora el procesador A17 Bionic (Hernández, 2023). Este chip es fabricado con un proceso de fabricación de 3 nanómetros y cuenta con un motor neuronal de 16 núcleos más rápido que proporcionará aprendizaje automático en el dispositivo, sin la necesidad de conectarse o guardar en la nube, manteniendo los datos de los usuarios seguros y protegidos.

En el marco de la contienda entre Estados Unidos y China, se vislumbra un escenario donde México podría beneficiarse del fenómeno del nearshoring. Es por ello que volvemos nuestra mirada hacia nuestro país, México, donde a partir del presente año 2023, en el semestre agosto-diciembre, se inaugura la carrera de Ingeniería en Semiconductores en 17 institutos del Tecnológico Nacional de México a nivel nacional. Esto se da en el contexto de planes futuros de inversión extranjera en México destinada a la investigación, diseño y producción de semiconductores. México se enfocará en cinco de las seis etapas de producción de chips semiconductores, como parte de los acuerdos del Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN), relanzado en septiembre de 2021. Aunque México ya participa en estas cinco etapas (investigación, diseño, validación, ensamblaje y pruebas finales), no tiene intención de adentrarse en la etapa restante, la fabricación de obleas (Morales, 2022).

## **DESARROLLO**

El desarrollo del actual artículo de investigación es una combinación de investigación cualitativa y cuantitativa, respaldada por el análisis de fuentes recientes de periódicos y revistas especializadas en tecnología. La parte cualitativa se evidencia en el análisis detallado de los cambios en el equilibrio de poder a nivel global y cómo afecta a la industria de semiconductores, así como en la descripción de la confrontación comercial entre China y Estados Unidos y sus implicaciones. Por otro lado, la parte cuantitativa se presenta al proporcionar datos concretos, como inversiones monetarias específicas de países como Estados Unidos, China y México en sus respectivas industrias de semiconductores.

El procedimiento de investigación en este caso implica la búsqueda exhaustiva y el análisis crítico de fuentes recientes, permitiendo una visión completa y actualizada del tema. Los elementos utilizados en el proceso de investigación incluyen el análisis de datos económicos, seguimiento de políticas gubernamentales y la interpretación de eventos geopolíticos, todo respaldado por información proveniente de fuentes confiables y especializadas en tecnología.

### **I. Revisión de la Era de Globalización y el Surgimiento de Nacionalismos**

#### **A. Descripción de la era de la globalización y sus impulsores principales**

La globalización, una época marcada por la intensificación de las conexiones e interdependencias a nivel político, económico, social, cultural y tecnológico entre naciones, regiones y personas, se caracteriza por la formación de redes transnacionales que vinculan a actores globales y locales, así como la difusión de valores, ideas, conocimientos, bienes y servicios a escala global.

Su evolución ha sido impulsada por una serie de factores clave, como los cambios en la geopolítica internacional, el fin de la Guerra Fría, la consolidación del modelo capitalista neoliberal, la necesidad de ampliar mercados económicos y la revolución en telecomunicaciones e informática, entre otros. Estos impulsores, interconectados y cambiantes en su influencia, han delineado un proceso complejo y dinámico que presenta ventajas y desventajas para los diversos actores involucrados, lo que lo

convierte en objeto de debates, análisis y propuestas desde diversas disciplinas académicas, perspectivas teóricas y posiciones ideológicas.

### **B. Indicadores de declive de la globalización y resurgimiento de nacionalismos**

Indicadores clave confirman este declive, como la disminución del comercio internacional respecto al PIB mundial, pasando del 61% en 2008 al 57% en 2021 (Banco Mundial, 2023). El proteccionismo comercial y las guerras arancelarias entre potencias económicas como Estados Unidos y China también han tenido un impacto significativo en el flujo comercial global. Por su parte, la inversión extranjera directa (IED) a nivel global experimentó una caída del 42% en 2020 respecto al año anterior, influido por la pandemia de COVID-19 y las restricciones gubernamentales (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2021).

Asimismo, la retirada o cuestionamiento de acuerdos e instituciones multilaterales que promueven la cooperación y la integración global, como el Brexit y las salidas de Estados Unidos de acuerdos como el de París sobre cambio climático y la Organización Mundial de la Salud, reflejan esta tendencia al repliegue nacional.

Este resurgimiento de los nacionalismos se nutre de la reacción de sectores sociales ante los efectos adversos de la globalización, la búsqueda de identidad nacional frente a la homogeneización cultural y la defensa de la soberanía nacional ante influencias externas. Además, el apoyo popular a líderes o partidos con agendas nacionalistas contribuye a esta dinámica.

### **C. Casos destacados: Estados Unidos y Reino Unido**

En los últimos años, se ha observado un marcado retroceso en la globalización, propiciado por las políticas de naciones como Estados Unidos y el Reino Unido, quienes han optado por reducir sus lazos comerciales y políticos con otras regiones del mundo. Ejemplos notables de esta tendencia incluyen la retirada de Estados Unidos del Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica (TPP) en 2017, un pacto comercial que buscaba establecer una zona de libre comercio entre 12 países de Asia y América. Esta decisión llevó a Estados Unidos a enfocar sus actividades productivas y económicas de manera más regional en detrimento de su presencia en otras naciones.

Asimismo, la victoria del Brexit en el referéndum convocado por el gobierno de David Cameron en el Reino Unido en 2016 generó un sismo político y económico sin precedentes en la Unión Europea, dando lugar a lo que varios analistas denominaron un proceso de desregionalización. La salida del Reino Unido del mercado único y la unión aduanera europea implicaron un incremento en las barreras comerciales y migratorias entre el Reino Unido y el resto de Europa, marcando un hito significativo en la desvinculación regional.

Además, la guerra comercial entre Estados Unidos y China, iniciada en 2018, se tradujo en una escalada de aranceles y medidas restrictivas que afectaron adversamente al crecimiento económico global, al flujo de inversiones y al avance tecnológico, intensificando la rivalidad geopolítica entre estas dos potencias económicas líderes a nivel mundial.

## **II. Impacto de Medidas Nacionalistas en la Economía Global**

### **A. Vetos y sanciones comerciales: Caso Huawei y Google (2019)**

El enfrentamiento entre Huawei y Google representa un paradigma de los conflictos comerciales y prohibiciones que han surgido recientemente entre los gigantes económicos, Estados Unidos y China. El trasfondo radica en las inquietudes del gobierno estadounidense, que sospecha que la empresa china de dispositivos móviles, Huawei, emplea su tecnología para espiar y facilitar el acceso a información confidencial por parte del gobierno chino. Aunque estas acusaciones carecen de pruebas contundentes, desencadenaron una serie de restricciones que impactaron tanto a Huawei como a sus colaboradores, incluido Google.

Google ostenta la responsabilidad del desarrollo del sistema operativo Android, el más extendido a nivel global en dispositivos móviles. Huawei, por su parte, figura como uno de los principales fabricantes de smartphones que hacen uso de Android, además de destacar en la venta de equipos de comunicación a nivel mundial. La relación entre ambas compañías se vio afectada cuando el gobierno de Estados Unidos incluyó a Huawei en una lista negra comercial en mayo de 2019 (Veliz, 2020). Esto implicó que las empresas estadounidenses necesitaran una licencia especial para llevar a cabo transacciones con Huawei. Como consecuencia, Google

dejó de suministrar a Huawei sus servicios y aplicaciones, tales como Gmail, YouTube, Google Maps y la Play Store (Pastor, 2019). Adicionalmente, Huawei perdió acceso a actualizaciones de seguridad y nuevas versiones de Android (BBC News Mundo, 2019).

Esta coyuntura generó una notoria inquietud entre los usuarios de Huawei, quienes se cuestionaban si sus dispositivos continuarían funcionando sin inconvenientes o si perderían acceso a las aplicaciones y servicios de Google. La respuesta fue que los dispositivos ya existentes no se verían afectados, pero los modelos lanzados por Huawei tras la prohibición no dispondrían del respaldo de Google (Pastor, 2019). Esta situación representó un desafío monumental para Huawei, que se vio compelida a buscar alternativas para mantener su presencia competitiva a nivel global. Entre estas, destaca el desarrollo de su propio sistema operativo, denominado HarmonyOS, con la finalidad de ser compatible con Android y brindar una experiencia análoga a los usuarios. Asimismo, surgió la creación de su propia tienda de aplicaciones, bautizada como AppGallery, que procura rivalizar con la Play Store al proporcionar aplicaciones populares y seguras.

El diferendo entre Huawei y Google no solo ha repercutido en estas dos corporaciones, sino también en el ámbito tecnológico en general y en las relaciones comerciales entre Estados Unidos y China. Por un lado, se ha suscitado una mayor competencia e innovación en el sector de sistemas operativos y aplicaciones móviles, un fenómeno que podría favorecer a los consumidores. Por otro lado, se ha intensificado la tensión y la desconfianza entre estas dos potencias, con un posible impacto adverso en el comercio global y la colaboración internacional. El porvenir del caso Huawei y Google dependerá en gran medida de la evolución de las negociaciones entre Estados Unidos y China, así como de la adaptabilidad de ambas empresas a las nuevas circunstancias.

### **B. Brexit y su influencia en la Unión Europea y el Reino Unido (2016)**

El Brexit, que marca la salida del Reino Unido de la Unión Europea, comenzó tras el referéndum de junio de 2016, donde el 52% de los votantes optaron por abandonar el bloque (BBC News Mundo, 2016). Este hito histórico implicó cambios profundos en las relaciones comerciales, políticas, sociales y jurídicas entre ambas

partes. En el ámbito comercial, el Reino Unido dejó el mercado único y la unión aduanera de la UE, forzando la negociación de un nuevo acuerdo comercial para regular los intercambios y evitar aranceles. Tras intensas negociaciones, el 24 de diciembre de 2020 se logró un acuerdo que entró en vigor el 1 de enero de 2021, eliminando aranceles y cuotas en bienes, pero dejando fuera a los servicios y creando nuevas barreras para las empresas que operan en ambos mercados.

En el ámbito político, el Brexit significó una merma en la influencia internacional del Reino Unido al abandonar una organización de gran peso global. Perdió voz y voto en las instituciones y decisiones de la UE, así como acceso a fondos y programas comunitarios. Además, agudizó divisiones internas, ya que Inglaterra y Gales mayoritariamente optaron por la salida, mientras Escocia e Irlanda del Norte prefirieron permanecer, intensificando el nacionalismo en las últimas dos y elevando las demandas de independencia o reunificación (BBC News Mundo, 2020). En el ámbito social, se produjo una alteración sustancial en los derechos y libertades de los ciudadanos británicos y europeos, con la libre circulación de personas entre el Reino Unido y la UE llegando a su fin.

Esto exigió pasaportes válidos y visados para ingresar a ambas zonas, así como permisos para residir o trabajar en el territorio opuesto. Para resguardar a los ciudadanos que ya residían en cada área antes del 31 de diciembre de 2020, se acordó proteger sus derechos siempre que solicitaran un estatus especial antes del 30 de junio de 2021 (BBC News Mundo, 2020). En el ámbito jurídico, el Brexit implicó la cesación de la aplicación del derecho de la UE en el Reino Unido, recuperando así su soberanía legal y judicial. Dejaron de regir las normas y jurisdicción de la UE, otorgando al Reino Unido la capacidad de legislar sobre temas como el medio ambiente, agricultura, pesca, inmigración y seguridad. Sin embargo, esto también implicó el riesgo de inseguridad jurídica y posibles conflictos legales entre ambas partes debido a la divergencia normativa (BBC News Mundo, 2020).

### **C. Otros eventos significativos: pandemia del COVID-19 y conflicto Ucrania-Rusia**

Tanto la crisis del COVID-19 como el conflicto entre Ucrania y Rusia han dejado una huella significativa en la economía mundial, incentivando políticas de corte

nacionalista en diversas naciones. Estas políticas priorizan los intereses locales por sobre los foráneos, abrazando el proteccionismo comercial, el control de fronteras, la limitación de la migración y la salvaguarda de la autonomía nacional.

La pandemia del COVID-19 ha desencadenado una crisis sanitaria, social y económica sin precedentes, afectando a nivel global, aunque con impacto desigual. Sus ondas expansivas han repercutido en la totalidad de la economía mundial, desatando la mayor crisis en más de un siglo (Banco Mundial, 2022). Para hacer frente a esta emergencia, algunas naciones han optado por medidas nacionalistas, como el cierre de fronteras, la restricción en la exportación de equipamiento médico o vacunas, y un aumento en el gasto público para respaldar sus sectores productivos. Estas decisiones han repercutido negativamente en el comercio internacional, la colaboración multilateral y la solidaridad global.

En paralelo, el conflicto entre Ucrania y Rusia ha proyectado una sombra sobre las perspectivas económicas a nivel mundial. El 24 de febrero de 2022, Rusia invadió Ucrania, desatando un conflicto que ha dejado miles de víctimas, tanto fallecidos como heridos y desplazados (Organización Mundial del Comercio, 2022). La comunidad internacional ha repudiado la agresión rusa y ha implementado sanciones económicas en contra del país agresor. En respuesta, Rusia ha adoptado medidas de orientación nacionalista, como la utilización de sus recursos energéticos como herramienta bélica, la amenaza de abandonar el sistema financiero global y la promoción del sentimiento patriótico entre su población. Este conflicto ha tenido un efecto adverso en la economía global, particularmente en los precios de materias primas como el gas, petróleo y cereales, los cuales han experimentado un notable aumento. Esto ha generado presiones inflacionarias y un menor crecimiento económico en diversas regiones del planeta.

### **III. Tensiones en las Cadenas de Suministro Globales**

#### **A. Afectación de los Semiconductores durante la pandemia del COVID-19**

La escasez global de semiconductores, esenciales en una amplia gama de dispositivos, desde smartphones hasta vehículos, ha sido acentuada por la pandemia del COVID-19. Esta crisis se ha originado por una combinación de



factores que han desequilibrado la oferta y la demanda de estos componentes. El confinamiento y la transición al trabajo remoto han impulsado la necesidad de dispositivos electrónicos, como computadoras y consolas de videojuegos, que dependen de estos chips. Simultáneamente, la industria automotriz, un gran consumidor de semiconductores, disminuyó sus pedidos al comienzo de la pandemia debido a la caída de las ventas, solo para enfrentarse posteriormente a una inesperada falta de suministro (Kelion, 2021).

Esta situación se ha agravado por obstáculos logísticos, tensiones geopolíticas y fenómenos climáticos que han afectado la producción de semiconductores, mayoritariamente concentrada en Asia, especialmente en China, Taiwán y Corea del Sur (Nieves, 2021). Esta dependencia de cadenas de suministro globales ha sido interrumpida por restricciones sanitarias, conflictos comerciales entre Estados Unidos y China, así como desastres naturales como inundaciones en China y un terremoto en Japón. Además, la construcción de nuevas plantas de fabricación de semiconductores, un proceso costoso y prologado, limita la capacidad de respuesta ante la creciente demanda.

La escasez de semiconductores repercute negativamente en consumidores y productores, quienes se enfrentan a una menor disponibilidad y precios elevados en productos que requieren estos componentes, como teléfonos, electrodomésticos y automóviles (CNN Español, 2021). Para atender esta crisis, se precisa una cooperación más estrecha entre gobiernos, compañías y proveedores para asegurar una distribución equitativa y eficaz de los chips. Además, se requiere una inversión significativa en investigación y desarrollo de tecnologías que expandan la capacidad y diversidad en la producción de semiconductores. Por último, es esencial fomentar mayor resiliencia y flexibilidad en las cadenas de suministro globales para afrontar contingencias futuras (Nieves, 2021).

## **B. Restricciones y desafíos en la producción y distribución de semiconductores**

La manufactura y distribución de semiconductores se encuentran actualmente bajo la sombra de diversos obstáculos y dificultades que impactan la economía global y varios sectores industriales. Estos incluyen:

1. La marcada concentración geográfica en la producción de chips, que se centra predominantemente en Asia, con énfasis en China, Taiwán y Corea del Sur. Esto induce una significativa dependencia de las cadenas de suministro globales, sujetas a influencias políticas, de salud y climáticas (Rentero, 2023).
  2. La complejidad y elevado costo asociados con la manufactura de semiconductores, que demanda considerables inversiones en capital, infraestructura, tecnología y talento. El proceso, sumamente delicado, exige condiciones óptimas de temperatura, humedad, limpieza y seguridad, con potencial para ocasionar pérdidas millonarias por fallos o demoras (Filippo, Guaipatín, Navarro, & Wyss, 2022, pág. 5).
  3. La creciente demanda contrastada con la oferta limitada de semiconductores, un fenómeno agravado por la pandemia de COVID-19, que ha impulsado la digitalización y el consumo de dispositivos electrónicos dependientes de estos componentes, como computadoras, teléfonos inteligentes, consolas de videojuegos, electrodomésticos y vehículos. No obstante, la capacidad de producción no ha sido capaz de satisfacer esta creciente demanda, resultando en una escasez global de chips con efectos adversos en múltiples industrias.
  4. La competencia y tensiones geopolíticas que envuelven el control del mercado de semiconductores, considerados cruciales para el desarrollo económico, tecnológico y militar de las naciones. Esta dinámica ha desencadenado fricciones comerciales y restricciones en las exportaciones e importaciones, especialmente entre los principales actores, como Estados Unidos, China, Japón y la Unión Europea (Filippo, Guaipatín, Navarro, & Wyss, 2022, pág. 16).
- Estos desafíos sustanciales en la producción y distribución de semiconductores en la era contemporánea demandan una mayor cooperación a nivel internacional, un incremento en inversiones orientadas a la innovación y una diversificación más amplia de la oferta, acciones cruciales para superar esta crisis y asegurar el acceso constante a este recurso esencial para el progreso de la humanidad.

#### **IV. Transición Geopolítica y su Impacto en la Industria de Semiconductores**

##### **A. Cambio en el Equilibrio de Poder y su Influencia en la Industria de Semiconductores**

El balance de fuerzas a nivel global representa la forma en que se reparte la influencia y el dominio entre las naciones o coaliciones de naciones que integran el sistema internacional. Dicho equilibrio puede variar por múltiples factores, como conflictos bélicos, alianzas, crecimiento económico, progresos tecnológicos, entre otros. En las últimas décadas, se ha evidenciado un cambio de gran relevancia en este balance global, principalmente motivado por el surgimiento de China como una potencia de envergadura tanto económica como política, la cual desafía la supremacía de los Estados Unidos (BBC News Mundo, 2020).

Uno de los sectores que refleja de manera palpable este cambio es el de la industria de los semiconductores, componentes electrónicos fundamentales para el funcionamiento de innumerables dispositivos y aplicaciones, tales como smartphones, computadoras, vehículos, inteligencia artificial, robótica, y más. Los semiconductores son considerados como el pilar fundamental de la economía digital, un elemento clave para la innovación y la competencia en el ámbito tecnológico.

Esta industria se divide en tres etapas esenciales: el diseño, la manufactura y la fase de ensamblado y pruebas. Cada una de estas fases requiere de un grado elevado de especialización, conocimiento y capital. La cadena global de valor (CGV) de los semiconductores se halla extensamente globalizada y dispersa geográficamente, destacando la fuerte presencia de naciones asiáticas, especialmente en los eslabones de manufactura y ensamblado (Filippo, Guaipatin, Navarro, & Wyss, 2022).

No obstante, esta estructura se encuentra atravesando cambios de envergadura, motivados por diversos factores como la creciente demanda de semiconductores en diversos sectores económicos, la escasez de oferta y capacidad productiva, las tensiones comerciales y geopolíticas entre los Estados Unidos y China, así como el afán de los principales actores por alcanzar mayor autonomía y seguridad estratégica.

Estos elementos han impulsado a diversas naciones a invertir y respaldar el desarrollo de sus propias industrias de semiconductores, tanto en el ámbito público como privado. Por ejemplo, Estados Unidos ha anunciado un plan para asignar 52,000 millones de dólares con el fin de estimular la investigación, desarrollo y producción nacional de semiconductores (Expansión, 2022). China, por su parte, ha inyectado miles de millones de dólares en su plan Made in China 2025, que busca disminuir su dependencia de importaciones y expandir su participación en el mercado del sector. Otros países, como Corea del Sur, Japón, Taiwán, Alemania y Francia, también han dado a conocer medidas para consolidar sus respectivas industrias nacionales de semiconductores.

Estas iniciativas pueden conllevar implicaciones sumamente relevantes para el equilibrio de poder mundial, dado que tienen el potencial de alterar tanto la distribución geográfica como la competitividad de la CGV de los semiconductores. Asimismo, pueden generar oportunidades y desafíos para otros países que participen o aspiren a participar en esta industria. Por ejemplo, México cuenta con cuatro empresas que desempeñan actividades en los eslabones de diseño y ensamblado de semiconductores, lo cual podría constituir una ventaja para aprovechar el potencial mercado regional y las posibilidades de cercanía con Estados Unidos (Filippo, Guaipatín, Navarro, & Wyss, 2022).

## **B. Inclusión de China en la Competencia de Semiconductores**

China ha emergido como un actor destacado en la carrera de los semiconductores, un fenómeno de reciente data que posee implicaciones de envergadura en términos económicos, políticos y tecnológicos. Los semiconductores, piezas cruciales en el funcionamiento de dispositivos electrónicos, sistemas informáticos y aplicaciones de inteligencia artificial y defensa, conforman un mercado global proyectado a alcanzar el billón de dólares para 2030 (France24, 2023).

Aunque China ostenta el título de mayor consumidor de semiconductores a nivel mundial, su dependencia de las importaciones, principalmente de potencias como Estados Unidos, Japón y los Países Bajos, que detentan la vanguardia en tecnología de fabricación, es notoria. El 2021 vio a China desembolsar 430,000

millones de dólares en importaciones de semiconductores, superando incluso sus compras de petróleo (France24, 2023). Sin embargo, Estados Unidos ha impuesto barreras que restringen el acceso de China a los semiconductores más sofisticados, argumentando motivos de seguridad nacional y aprehensión ante el avance tecnológico y militar chino. Esta situación ha dado pie a una "guerra de los semiconductores" entre ambas potencias, escalada desde octubre de 2022.

Estados Unidos ha vetado a empresas de suministrar a compañías chinas ciertos semiconductores manufacturados con tecnología estadounidense, golpeando de lleno a Huawei, el coloso chino de las telecomunicaciones. En respuesta, China ha denunciado estas sanciones como una forma de "terrorismo tecnológico" y un obstáculo a su progreso económico. Para contrarrestar, China ha desplegado cuantiosas inversiones en investigación, desarrollo e innovación, destinando aproximadamente 136,000 millones de dólares para respaldar a sus productores locales de chips y subvencionar la adquisición de equipos nacionales (CincoDías45, 2022).

No obstante, China encara considerables desafíos para lograr la autosuficiencia en el sector de los semiconductores, ya que requiere una tecnología altamente compleja y un elevado grado de especialización. Asimismo, Estados Unidos cuenta con el respaldo de aliados como la Unión Europea y Japón, quienes también buscan disminuir su dependencia de China y robustecer su propia producción de chips. La carestía global de semiconductores ha impactado diversas industrias, desde la automotriz hasta la electrónica, avivando la urgencia por resolver este conflicto. La contienda entre Estados Unidos y China por el dominio de esta industria crítica tendrá ramificaciones determinantes para el porvenir de la innovación, la seguridad y la colaboración internacional.

### **C. Análisis del Lanzamiento del Huawei Mate 60 Pro y el iPhone 15 Pro**

El Huawei Mate 60 Pro y el iPhone 15 Pro han despertado una gran expectación al presentar los procesadores Kirin 9000s y A17 Bionic respectivamente, colocando en el centro de la escena la comparación entre estos dos modelos insignia de las principales compañías del mercado de los smartphones. Ambos dispositivos ostentan características vanguardistas y poderosas, no obstante, se ven

influenciados por el trasfondo de la confrontación comercial entre China y Estados Unidos, un factor que ha dejado su huella en sus cadenas de suministro, estrategias de mercado y relaciones internacionales.

El Huawei Mate 60 Pro marca un hito al ser el primer smartphone de la firma china en incorporar un procesador de manufactura propia siendo el primer teléfono inteligente de la firma china con 5G, el Kirin 9000s, fabricado por la empresa SMIC con un proceso de 7 nm (Kelly, 2023). Este chip, variante del Kirin 9000, inicialmente producido por TSMC con un proceso de 5 nm, se erige como una adaptación frente a las sanciones estadounidenses que restringieron el acceso de Huawei a proveedores de chips extranjeros. Es importante mencionar que, aunque el Kirin 9000s ofrece un rendimiento sólido, tiene una eficiencia energética peor que otros chips insignia, sin embargo, sigue siendo notable que este chip se fabrique a nivel nacional en China (Bhandari, 2023).

Por su parte, el iPhone 15 Pro se distingue al ser el primer dispositivo de Apple que alberga un procesador de 3 nm, el A17 Bionic Pro, manufacturado por TSMC. Este chip, una evolución del A16 Bionic con proceso de 4 nm, lo que significa que puede albergar más transistores en un chip que uno fabricado con un proceso de 4 nm, dispone de dos núcleos de CPU de alto desempeño y cuatro de alta eficiencia, junto con una GPU de seis núcleos y un Neural Engine de 16 núcleos. Según asevera Apple, el A17 Bionic Pro supera al A16 Bionic en núcleos de alto rendimiento, y en núcleos de alta eficiencia, logra ser hasta un 10% más eficaz (Wawro, 2023). Aunado a ello, este chip habilita la grabación de videos ofreciendo una calidad y flexibilidad superiores para la edición de contenido profesional.

El gobierno estadounidense ha aplicado diversas restricciones a Huawei, que van desde el veto de los servicios ofrecidos por Google hasta el bloqueo en la cadena de suministro de componentes electrónicos. De manera recíproca, el gobierno chino ha proscrito la utilización de iPhones por parte de funcionarios gubernamentales. En el contexto de la pugna comercial entre China y Estados Unidos, se ha planteado la eventual reubicación de la producción de iPhones fuera de territorio chino para concentrarse en Vietnam e India. Asimismo, se ha especulado acerca de una posible infracción a las limitaciones impuestas por el gobierno estadounidense en la

cadena de suministro de semiconductores a Huawei, y se ha suscitado la interrogante sobre si el procesador Kirin 9000s pudiera integrar componentes de procedencia surcoreana, aunque en este contexto de guerra comercial la desinformación es parte vital del conflicto (Kelly, 2023).

## **V. Perspectivas de México en la Cadena de Suministros de semiconductores**

### **A. Acuerdos del Diálogo Económico de Alto Nivel en materia de semiconductores**

México y Estados Unidos han unido fuerzas en el Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN) para consolidar las cadenas de suministro en el crucial ámbito de los semiconductores. Estos dispositivos electrónicos son esenciales para la industria automotriz, las tecnologías de la información y la comunicación, así como para la seguridad nacional. El DEAN, reactivado en septiembre de 2021 después de cuatro años de inactividad, busca impulsar el crecimiento económico y sostenible en ambas naciones a través de cuatro pilares fundamentales: la reconstrucción conjunta, el fomento del desarrollo en el sur de México y Centroamérica, garantizar las bases para la prosperidad futura y la inversión en su población (Gobierno de México, 2022).

Dentro de estos principios, se ha pactado colaborar para identificar y potenciar sectores estratégicos que beneficien a ambas naciones, empezando con los semiconductores. Estos componentes electrónicos son esenciales para la operación de dispositivos como computadoras, teléfonos inteligentes, vehículos eléctricos y sistemas militares. La alta demanda global ha superado la oferta, desencadenando una escasez que ha impactado diversos sectores productivos. México y Estados Unidos se han comprometido a abordar este desafío, enfocándose en cinco de las seis etapas de producción de semiconductores, excluyendo solo la fabricación de equipos especializados que requiere una inversión significativa (Morales, 2022).

Se anticipa que esta cooperación aprovechará las ventajas geográficas, el talento humano, la infraestructura y el marco legal establecido por el T-MEC. Además de impulsar la producción de semiconductores, ambos países también colaborarán en

áreas como la formación laboral, educación, innovación, protección de propiedad intelectual, ciberseguridad y energías limpias (Expanión, 2021). Asimismo, se comprometen a buscar una mayor integración con otros socios comerciales para diversificar las fuentes de suministro y reducir la dependencia de terceros países. En conjunto, estos acuerdos del DEAN en materia de semiconductores representan una oportunidad significativa para fortalecer la relación económica y estratégica entre México y Estados Unidos, así como impulsar su competitividad y desarrollo sostenible en un sector crítico para el siglo XXI.

### **B. Inauguración de la carrera de Ingeniería en Semiconductores en el TecNM 2023-2024**

La Ingeniería en Semiconductores, una de las más recientes propuestas académicas del Tecnológico Nacional de México (TecNM), tiene como propósito la formación de expertos capaces de concebir, manufacturar y perfeccionar elementos electrónicos y circuitos integrados, haciendo uso de materiales de carácter semiconductor. Esta iniciativa surge de la necesidad de fomentar el crecimiento de la industria estratégica de los semiconductores en nuestro territorio, aprovechando el potencial de recursos naturales como el litio, así como la creciente demanda de dispositivos electrónicos en diversos sectores económicos y sociales.

En el semestre de agosto a diciembre de 2023, el TecNM dio inicio a la carrera de Ingeniería en Semiconductores, y en la actualidad, 17 sedes de la red de Institutos Tecnológicos de México con 1,600 estudiantes matriculados ofrecen este programa, incluyendo el campus Celaya, Apizaco, Orizaba, Nogales y Ciudad Madero (YouTube, 2023). Esta formación abarca 9 semestres y requiere de la obtención de 260 créditos. El plan de estudios comprende 46 asignaturas que engloban áreas como matemáticas, física, química, electrónica, programación, diseño digital, procesos de fabricación de semiconductores, caracterización de materiales, microcontroladores, sistemas de calidad de la industria electrónica y proyectos de investigación. El perfil de egreso incluye habilidades como el análisis, la innovación, la gestión, el liderazgo, la comunicación, la ética y el espíritu emprendedor (Instituto Tecnológico de Celaya, 2023).



Los graduados de esta carrera podrán incursionar en diversos sectores laborales como la industria electrónica, automotriz, aeroespacial, biomédica, energética y de telecomunicaciones. Asimismo, tendrán la oportunidad de contribuir en proyectos de investigación científica y tecnológica, tanto en instituciones públicas como privadas. El panorama laboral para los ingenieros en semiconductores se proyecta amplio y prometedor, gracias al constante avance tecnológico y la necesidad de soluciones innovadoras para los desafíos presentes y futuros. Esta carrera representa una ocasión única para los jóvenes que anhelan embarcarse en una ingeniería con gran potencial tanto académico como profesional. El TecNM se destaca como una institución líder en la formación de ingenieros en semiconductores, contribuyendo de esta manera al desarrollo científico, tecnológico y social de la nación.

1		2		3		4		5		6		7		8		9											
Cálculo Diferencial ACF-0501 HT HP CR 3 2 5		Cálculo Integral ACF-0502 HT HP CR 3 2 5		Cálculo Vectorial ACF-0504 HT HP CR 3 2 5		Ecuaciones Diferenciales ACF-0505 HT HP CR 3 2 5		Física del Estado Sólido SEP-2011 HT HP CR 3 2 5		Lógica y Cadenas de Sumando SEP-2017 HT HP CR 1 3 4		Programación APF-1038 HT HP CR 3 2 5		Sistemas de Control en la Industria Electrónica SEP-2033 HT HP CR 3 2 5		Taller de Literados Generales SEP-2327 HT HP CR 3 3 3											
Técnicas Básicas de Física SEP-2331 HT HP CR 3 1 4		Resistencia y Elasticidad SEP-2321 HT HP CR 3 1 4		Magnetismo SEP-2322 HT HP CR 3 1 4		Circuitos Electrónicos SEP-2323 HT HP CR 3 2 5		Diodos y Transistores SEP-2325 HT HP CR 3 2 5		Dispositivos Triacotones SEP-2326 HT HP CR 3 2 5		Análisis de Operaciones SEP-2328 HT HP CR 3 2 5		Sistemas MEMS y NEMs SEP-2324 HT HP CR 3 2 5													
Química I SEP-2321 HT HP CR 3 1 4		Estructura Molecular SEP-2322 HT HP CR 3 1 4		Química II SEP-2323 HT HP CR 3 1 4		Física de Semiconductores SEP-2325 HT HP CR 3 2 5		Tabla Electromagnética SEP-2326 HT HP CR 3 2 5		Tecnología de Semiconductores SEP-2327 HT HP CR 3 2 5		Caracterización Óptica y Eléctrica SEP-2328 HT HP CR 3 2 5		Electrónica de Potencia SEP-2329 HT HP CR 3 2 5													
Taller de Equipos ACA-0507 HT HP CR 3 2 4		Mediciones Electrónicas SEP-2311 HT HP CR 3 2 5		Álgebra Lineal ACF-0501 HT HP CR 3 2 5		Análisis Numérico SEP-2301 HT HP CR 3 2 4		Innovación y Gestión del Conocimiento SEP-2311 HT HP CR 3 3 3		Comunicaciones Digitales SEP-2314 HT HP CR 3 2 5		Diseños Electrónicos SEP-2319 HT HP CR 3 2 5		Calibración Secundaria SEP-2320 HT HP CR 2 2 4		Residencia Profesional											
Introducción a la Ingeniería de Semiconductores SEP-2312 HT HP CR 3 1 3		Programación Visual SEP-2320 HT HP CR 3 1 3		Estadística Paramétrica y No Paramétrica SEP-2325 HT HP CR 2 2 4		Diseño Digital con HDL SEP-2326 HT HP CR 3 2 5		Tecnología de Semiconductores SEP-2327 HT HP CR 3 2 5		Taller de Investigación I SEP-2327 HT HP CR 3 2 4		Taller de Investigación II SEP-2328 HT HP CR 3 2 4		Gestión de Proyectos SEP-2312 HT HP CR 1 3 4													
Programación Estadística SEP-2314 HT HP CR 3 2 5		Electrónica Subminiatura ACF-0506 HT HP CR 2 3 5				Economía SEP-2303 HT HP CR 2 1 3		Taller de Fabricación de Circuitos Electrónicos SEP-2324 HT HP CR 3 3 3				Temas Selectos de Fabricación de Semiconductores SEP-2329 HT HP CR 3 2 5															
<b>Actividades Complementarias</b>																<b>Servicio Social</b>											
5																10											
<b>Especialidad</b>																											
30																											
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Estructura Genérica</td> <td style="text-align: right;">205</td> </tr> <tr> <td>Especialidad</td> <td style="text-align: right;">30</td> </tr> <tr> <td>Residencia Profesional</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> <tr> <td>Servicio Social</td> <td style="text-align: right;">10</td> </tr> <tr> <td>Actividades Complementarias</td> <td style="text-align: right;">5</td> </tr> <tr> <td><b>Total de Créditos</b></td> <td style="text-align: right;"><b>260</b></td> </tr> </table>																Estructura Genérica	205	Especialidad	30	Residencia Profesional	10	Servicio Social	10	Actividades Complementarias	5	<b>Total de Créditos</b>	<b>260</b>
Estructura Genérica	205																										
Especialidad	30																										
Residencia Profesional	10																										
Servicio Social	10																										
Actividades Complementarias	5																										
<b>Total de Créditos</b>	<b>260</b>																										

Figura 1: Retícula de Ingeniería en Semiconductores – IT Celaya  
Fuente: [https://celaya.tecnm.mx/wp-content/uploads/2023/06/0570\\_001.pdf](https://celaya.tecnm.mx/wp-content/uploads/2023/06/0570_001.pdf)

### C. Planes de inversión extranjera en México para la investigación y producción de semiconductores

Durante la pandemia de COVID-19, la industria de semiconductores sufrió una notable disrupción, afectando la producción de diversos bienes, desde vehículos hasta tecnología de defensa. En respuesta, el presidente Biden presentó el ambicioso CHIPS and Science Act, con el fin de normalizar la producción de semiconductores y reducir la dependencia de proveedores extranjeros, como China. Esta coyuntura brinda a México una oportunidad única en cuanto a la relocalización de cadenas productivas, como el Nearshoring y Friendshoring. La inversión de US\$52,700 millones del gobierno estadounidense en investigación y desarrollo de

microprocesadores respalda la transición digital y ecológica de su economía (Padilla, 2022).

La Inversión Extranjera Directa (IED) en México busca establecer un interés a largo plazo de inversionistas extranjeros, generando empleo, fomentando la competencia y promoviendo tecnologías innovadoras. No obstante, cualquier inversión estará sujeta a regulaciones locales y nacionales. Empresas como Foxconn, Alpha and Omega Semiconductor y Vishay Intertechnology han expresado interés en invertir en la industria de semiconductores en México. Adicionalmente, el empresario mexicano Carlos Slim muestra disposición a participar, lo que podría impactar la economía y posicionar a México como actor clave en la producción global de semiconductores (Villegas, 2023).

Tanto el gobierno de Estados Unidos como el de México han anunciado inversiones significativas en la industria de semiconductores. Con un monto destinado de 50 mil millones de dólares por parte del gobierno de Biden en la región (Cantera, 2022). Se planea igualmente una inversión de 49 mil millones de dólares más por parte del gobierno mexicano, donde se busca fomentar la producción, desarrollo e investigación de esta tecnología (Verza, 2022). Vishay Intertechnology también contribuirá con una inversión de 45 millones de dólares en una planta de producción de chips automotrices en Gómez Palacio, Durango (Morales, 2022). Estas inversiones tienen el potencial de transformar la economía mexicana y consolidar su papel en la producción global de semiconductores.

## **RESULTADOS**

### **1. Declive de la Globalización y Resurgimiento de Nacionalismos**

- Disminución del comercio internacional respecto al PIB mundial (61% en 2008 a 57% en 2021).
- Aumento del proteccionismo comercial y guerras arancelarias entre potencias económicas.
- Caída del 42% en la Inversión Extranjera Directa (IED) a nivel global en 2020.

### **2. Impacto de Medidas Nacionalistas en la Economía Global**

- Restricciones a Huawei por parte de Estados Unidos afectaron su colaboración con Google.
- Google dejó de proporcionar servicios y aplicaciones a Huawei.
- Huawei desarrolló HarmonyOS y su propia tienda de aplicaciones, AppGallery.
- Brexit marcó la salida del Reino Unido de la UE, con impactos en relaciones comerciales y políticas.
- División interna en el Reino Unido entre partidarios y opositores al Brexit.
- Cambios en derechos y libertades de ciudadanos británicos y europeos.
- Pandemia del COVID-19 generó una crisis global con medidas nacionalistas como cierre de fronteras.
- Conflicto Ucrania-Rusia causó sanciones económicas y aumento en precios de materias primas.

### **3. Tensiones en las Cadenas de Suministro Globales**

- Aumento de la demanda de semiconductores por la transición al trabajo remoto y mayor uso de dispositivos electrónicos.
- Obstáculos logísticos y tensiones geopolíticas afectaron la producción en Asia.
- Concentración geográfica en la producción de chips en Asia con influencia política y climática.
- Alta inversión y delicadeza en la manufactura de semiconductores.
- Demanda creciente supera la oferta, exacerbada por la pandemia.
- Competencia y tensiones geopolíticas en el control del mercado de semiconductores.

### **4. Transición Geopolítica y su Impacto en la Industria de Semiconductores**

- Se ha evidenciado un cambio significativo en el equilibrio de poder global, con China emergiendo como una potencia económica y política desafiante para los Estados Unidos.
- La industria de semiconductores, crucial para la economía digital, se encuentra fuertemente globalizada, con una presencia destacada de naciones asiáticas en la manufactura y ensamblado.

### **5. Inclusión de China en la Competencia de Semiconductores**

- China es el mayor consumidor de semiconductores a nivel mundial, pero depende en gran medida de las importaciones, lo que la expone a restricciones impuestas por Estados Unidos.
- La "guerra de los semiconductores" entre Estados Unidos y China ha llevado a inversiones masivas por parte de China en investigación, desarrollo e innovación en la industria de semiconductores.

#### **6. Análisis del Lanzamiento del Huawei Mate 60 Pro y el iPhone 15 Pro**

- Huawei ha respondido a las restricciones estadounidenses desarrollando el Kirin 9000s, un procesador de 7 nm fabricado en China.
- El iPhone 15 Pro presenta el A17 Bionic Pro, un procesador de 3 nm, y se plantea la reubicación de su producción fuera de China debido a la tensión comercial.

#### **7. Perspectivas de México en la Cadena de Suministros de Semiconductores**

- El Diálogo Económico de Alto Nivel entre México y Estados Unidos busca fortalecer la cadena de suministros de semiconductores, con énfasis en la formación laboral y la colaboración en investigación.
- El TecNM ha inaugurado la carrera de Ingeniería en Semiconductores para formar expertos en la industria, aprovechando el potencial de recursos naturales como el litio.
- México se posiciona como un atractivo destino para inversión extranjera en la industria de semiconductores, con inversiones significativas anunciadas tanto por el gobierno de Estados Unidos como por empresas privadas.

Estos resultados reflejan una dinámica geopolítica en constante evolución y el papel crucial que desempeña la industria de semiconductores en este contexto. La inversión y formación de recursos humanos en este campo son consideradas estratégicas tanto para China como para otros actores globales como Estados Unidos y México.

## **CONCLUSIONES**

Esta investigación pone al descubierto la intrincada interacción entre la globalización y el resurgimiento de corrientes nacionalistas, resaltando episodios emblemáticos como el Brexit y la pugna comercial entre Estados Unidos y China. Estos sucesos han dejado una marca significativa en la economía mundial, trastocando las relaciones comerciales, políticas y sociales a escala internacional. Además, la pandemia del COVID-19 y el conflicto entre Ucrania y Rusia han avivado las tendencias nacionalistas, dando pie a políticas de proteccionismo y limitaciones en el comercio internacional.

En el ámbito de los semiconductores, se evidencia una carestía a nivel mundial agravada por factores como la pandemia y desafíos en la fabricación y distribución. Esta crisis ha impactado diversos sectores industriales, desde la electrónica de consumo hasta la industria automotriz. Para afrontar estos desafíos, se precisa una mayor colaboración internacional, inversiones en innovación y una diversificación en la oferta de semiconductores.

La transformación geopolítica y su repercusión en la industria de semiconductores brinda detalles valiosos sobre el cambio en el equilibrio de poder a nivel global y cómo este fenómeno afecta la cadena global de valor de los semiconductores. El surgimiento de China como una potencia económica y política ha desafiado la supremacía de los Estados Unidos, lo que ha generado alteraciones sustanciales en la industria de los semiconductores a escala mundial.

Este cambio en el equilibrio de poder ha instado a diversas naciones, incluyendo a México, a invertir en el desarrollo de sus propias industrias de semiconductores. México, en particular, cuenta con una ventaja competitiva al albergar varias compañías involucradas en los eslabones de diseño y ensamblaje de semiconductores, lo que le otorga la capacidad de capitalizar el potencial mercado regional y forjar relaciones cercanas con Estados Unidos.

En lo referente a la inclusión de China en la competencia de semiconductores, sobresale su creciente dependencia de importaciones de potencias como Estados Unidos y las tensiones comerciales que han surgido como consecuencia. China ha destinado inversiones notables en investigación y desarrollo para reducir su

dependencia y robustecer su propia producción de chips, pero aún enfrenta retos considerables debido a la complejidad tecnológica requerida.

La comparación entre el Huawei Mate 60 Pro y el iPhone 15 Pro subraya el efecto de la confrontación comercial entre China y Estados Unidos en la industria de los semiconductores. Ambos dispositivos incorporan procesadores de alto rendimiento, pero están condicionados por las restricciones impuestas por los gobiernos de ambos países, lo que ha llevado a ajustes en la producción de chips.

En lo que respecta a las perspectivas de México en la cadena de suministros de semiconductores, la colaboración entre México y Estados Unidos a través del Diálogo Económico de Alto Nivel representa una oportunidad importante para fortalecer la relación económica y estratégica entre ambos países. La creación de la carrera de Ingeniería en Semiconductores en el TecNM evidencia el compromiso de México en formar expertos en esta área, lo que contribuirá al desarrollo científico y tecnológico del país.

La inversión extranjera en México para la investigación y producción de semiconductores, tanto por parte del gobierno de Estados Unidos como del gobierno mexicano, así como de empresas privadas, tiene el potencial de transformar la economía mexicana y posicionar al país como un actor clave en la producción global de semiconductores.

## REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2022). *Informe sobre el desarrollo mundial 2022*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/publication/wdr2022/brief/chapter-1-introduction-the-economic-impacts-of-the-covid-19-crisis>
- Banco Mundial. (12 de Septiembre de 2023). *Banco Mundial*. Obtenido de Comercio (% del PIB): <https://datos.bancomundial.org/indicador/NE.TRD.GNFS.ZS?end=2022&start=2006>
- BBC News Mundo. (16 de Junio de 2016). *BBC News Mundo*. Obtenido de Qué es el Brexit y cómo puede afectar a Reino Unido y a la Unión Europea: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-36484790>
- BBC News Mundo. (20 de Mayo de 2019). *BBC News Mundo*. Obtenido de Google rompe con Huawei: qué significa para el gigante tecnológico chino y sus usuarios que le hayan restringido el acceso a Android: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-48331053>
- BBC News Mundo. (24 de Diciembre de 2020). *BBC News Mundo*. Obtenido de Brexit: guía rápida para entender el acuerdo entre Reino Unido y la UE: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-55443279>

- BBC News Mundo. (30 de Diciembre de 2020). *BBC News Mundo*. Obtenido de Por qué la economía china "sobrepasará" a la de Estados Unidos en 2028 (cinco años antes de lo previsto): <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55480479>
- Bhandari, S. (10 de Septiembre de 2023). *gadgetbyte*. Obtenido de A closer look at Huawei's Kirin 9000S: CPU-GPU performance: <https://www.gadgetbytenepal.com/huawei-kirin-9000s/>
- Cantera, S. (14 de Octubre de 2022). *EL Universal*. Obtenido de México tiene oportunidad de atraer inversiones para fabricar semiconductores: expertos: <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/semiconductores-mexico-tiene-oportunidad-de-atraer-inversiones-para-fabricar-semiconductores-expertos/>
- CincoDías45. (13 de Diciembre de 2022). *Reuters*. Obtenido de La guerra de los chips se agudiza: China prepara 136.000 millones para apoyar a la industria: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/12/13/companias/1670938430\\_173373.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/12/13/companias/1670938430_173373.html)
- CNN Español. (19 de Octubre de 2021). *CNN Español*. Obtenido de ¿Cuáles son los principales productos afectados por la crisis en la cadena de suministros?: <https://cnn.espanol.cnn.com/2021/10/19/principales-productos-afectados-tesis-cadena-suministros-trax/>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2021). *Informe sobre las inversiones en el mundo 2021*. Geneva. Obtenido de [https://unctad.org/system/files/official-document/wir2021\\_overview\\_es.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/wir2021_overview_es.pdf)
- Expansión. (13 de Diciembre de 2021). *Expansión*. Obtenido de La fabricación de semiconductores es clave en diálogo entre México y EU: <https://expansion.mx/economia/2021/12/13/mexico-semiconductores-sector-estrategico-dean-eu>
- Expansión. (29 de Agosto de 2022). *Expansión*. Obtenido de Así funciona la ley de semiconductores y ciencia aprobada por Joe Biden: <https://expansion.mx/mundo/2022/08/29/ley-semiconductores-estados-unidos>
- Filippo, A., Guaipatín, C., Navarro, L., & Wyss, F. (2022). *México y la Cadena de Valor de los Semiconductores Oportunidades de cara al nuevo escenario global*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/mexico-y-la-cadena-de-valor-de-los-semiconductores-oportunidades-de-cara-al-nuevo-escenario-global>
- Filippo, A., Guaipatín, C., Navarro, L., & Wyss, F. (13 de Septiembre de 2022). *Puntos sobre la i*. Obtenido de Cambios en la industria de los semiconductores: oportunidades para México: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/cambios-en-la-industria-de-los-semiconductores-oportunidades-para-mexico/>
- France24. (27 de Abril de 2023). *France24*. Obtenido de Causas y consecuencias de la guerra de los semiconductores entre China y EEUU: <https://www.france24.com/es/minuto-a-minuto/20230427-causas-y-consecuencias-de-la-guerra-de-los-semiconductores-entre-china-y-eeuu>
- Gobierno de México. (2022). *Gobierno de México*. Obtenido de Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN) entre México y Estados Unidos: <https://www.gob.mx/dean>
- Hernández, G. (12 de Septiembre de 2023). *XATAKA*. Obtenido de A17 Pro es el arma secreta de los iPhone 15 Pro: el primer procesador de 3nm capaz de correr "juegos de consola" en un smartphone: <https://www.xataka.com.mx/celulares-y-smartphones/a17-pro-arma-secreta-iphone-15-pro-primer-procesador-3nm-capaz-correr-juegos-consola-smartphone>
- Instituto Tecnológico de Celaya. (Mayo de 2023). *Instituto Tecnológico de Celaya*. Obtenido de Ingeniería en Semiconductores: [https://celaya.tecnm.mx/ingenieria\\_semiconductores/](https://celaya.tecnm.mx/ingenieria_semiconductores/)
- Kelion, L. (10 de Febrero de 2021). *BBC News Mundo*. Obtenido de Escasez de microchips: por qué hay una crisis de semiconductores y cómo puede afectarte: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55955119>



- Kelly, S. M. (7 de Septiembre de 2023). *CNN Español*. Obtenido de El Gobierno de EE.UU. investiga el Huawei Mate 60 Pro, un revolucionario teléfono móvil de China: <https://cnnespanol.cnn.com/2023/09/07/eeuu-investiga-huawei-mate-60-pro-revolucionario-movil-china-trax/>
- López, J. C. (04 de Septiembre de 2023). *XATAKA*. Obtenido de China da un puñetazo sobre la mesa: ya tiene un SoC de 7 nm y estará en el Mate 60 Pro de Huawei, según TechInsights: <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/china-da-punetazo-mesa-tiene-soc-7-nm-estara-mate-60-pro-huawei-techinsights>
- Morales, R. (20 de Abril de 2022). *El Economista*. Obtenido de México se enfocará en 5 de las 6 etapas de producción de semiconductores: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-se-enfocara-en-5-de-6-etapas-de-produccion-de-semiconductores-20220420-0065.html>
- Muñoz, R. (31 de Marzo de 2020). *El País*. Obtenido de Huawei frenó en seco su crecimiento en 2019 por el veto de Estados Unidos: <https://elpais.com/economia/2020-03-31/huawei-freno-en-seco-su-crecimiento-en-2019-por-el-veto-de-ee-uu.html>
- Nieves, V. (31 de Mayo de 2021). *El Economista*. Obtenido de La escasez mundial de chips semiconductores está al borde de convertirse en un infierno: <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/11244900/05/21/La-escasez-mundial-de-chips-semiconductores-esta-al-borde-de-convertirse-en-un-infierno.html>
- Organización Mundial del Comercio. (12 de Abril de 2022). *Organización Mundial del Comercio*. Obtenido de El conflicto entre Rusia y Ucrania pone en peligro la frágil recuperación del comercio mundial: [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/pres22\\_s/pr902\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/news_s/pres22_s/pr902_s.htm)
- Padilla, A. (8 de Noviembre de 2022). *Forbes México*. Obtenido de Oportunidad para México en el nuevo paradigma de semiconductores: <https://www.forbes.com.mx/oportunidad-para-mexico-en-el-nuevo-paradigma-de-semiconductores/>
- Pastor, J. (20 de Mayo de 2019). *XATAKA*. Obtenido de Qué se sabe y qué no del veto de Google y Android a los móviles Huawei: <https://www.xataka.com/moviles/que-se-sabe-que-no-veto-google-android-a-moviles-huawei>
- Rentero, A. (3 de Julio de 2023). *Silicon TECHNOLOGY POWERING BUSINESS*. Obtenido de Cae un 9 % el mercado de semiconductores: <https://www.silicon.es/cae-un-9-el-mercado-de-semiconductores-2482538>
- Veliz, J. (13 de Mayo de 2020). *Radio Programas del Perú*. Obtenido de Huawei: Tras un año del bloqueo comercial, repasamos las claves del conflicto: <https://rpp.pe/tecnologia/moviles/huawei-el-gobierno-de-estados-unidos-extiende-hasta-el-2021-el-bloqueo-comercial-noticia-1265383>
- Verza, M. (12 de Septiembre de 2022). *Los Angeles Times*. Obtenido de U.S. invites Mexico to join semiconductor production effort: <https://www.latimes.com/world-nation/story/2022-09-12/us-invites-mexico-to-join-semiconductor-production-effort>
- Villegas, C. (26 de Enero de 2023). *Fortuna Negocios y Finanzas*. Obtenido de Slim invertirá en semiconductores. 10 nuevos polos de inversión en México ligados a nearshoring: <https://revistafortuna.com.mx/2023/01/26/slim-invertira-en-semiconductores-para-dejar-taiwan-10-nuevos-polos-de-inversion-en-mexico-ligados-a-nearshoring/>
- Wawro, A. (12 de Septiembre de 2023). *tom's guide*. Obtenido de iPhone 15 Pro: filtrados muchos detalles de su chip A17 Bionic y del nuevo tipo de RAM: <https://www.tomsguide.com/news/a17-pro>
- YouTube. (26 de Septiembre de 2023). *Cámara de Diputados*. Obtenido de Mensaje del director general del Tecnológico Nacional de México, Ramón Jiménez: [https://www.youtube.com/watch?v=bo04UJy6vYI&list=TLPQMjcwOTIwMjMP0o42Rb s4BQ&index=13&ab\\_channel=C%C3%A1maraDeDiputados](https://www.youtube.com/watch?v=bo04UJy6vYI&list=TLPQMjcwOTIwMjMP0o42Rb s4BQ&index=13&ab_channel=C%C3%A1maraDeDiputados)

# Propuesta De Estrategias Para La Implementación De La Revolución Industrial 4.0 En El ITSAO”

Arias Aragón Adalit, Mejía Ramírez Rosario, Julio Cesar Rojas Nando,. Yoxkin Estévez Martínez, Carlos Alberto Rodríguez de Dios.

Adscritos al Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla  
adalit.aragon@itsao.edu.mx

**Palabras clave:**

Revolución industrial,  
ambiente organizacional,  
teoría educativa, ciberfísicas,  
escenarios de aprendizaje.

**Keywords:**

Industrial Revolution,  
organizational environment,  
educational theory,  
cyberphysics, learning  
scenarios.

## RESUMEN

La transformación que provocará la cuarta revolución industrial en los escenarios educativos incorporará redes ciberfísicas en la logística y consumo de bienes y servicios. La teoría educativa ha abordado tradicionalmente los escenarios educativos tecnologicados con categorías de análisis propias de la tercera revolución industrial y es necesario avanzar.

La industria y los servicios deben ser capaces de hacer figura en los planes de estudio universitarios y de adiestramiento profesional para indicar los intereses didácticos, porque se producen impactos de digitalización en todos los sectores e industrias, mediante la injerencia de una cultura orientada hacia la industria 4.0 impondrá una condición de alto nivel, por lo que es importante que haya adaptación continua a los cambios tecnológicos, en la implementación de normatividades y políticas que impactan al sector educacional.

Algunos de los elementos que abarca esta industria son el uso equipos autónomos, robótica, simuladores de procesos, impresoras 3D, inteligencia artificial y equipos que estén compartiendo información en tiempo real, por lo que los beneficios potenciales en términos de aumentar la ventaja competitiva, la productividad y los cambios en el lugar de trabajo son extremadamente de gran alcance en algunos sectores tradicionales, es así como se ha justificado la investigación educativa que debería crear datos de manera inductiva y construir categorías de análisis en forma abductiva para identificar nuevos objetos de estudio en los escenarios de aprendizaje de la cuarta revolución industrial, que se caracterizan por ser híbridos, ambiguos y contingentes.

## ABSTRACT

The transformation that the fourth industrial revolution will cause in educational settings will incorporate cyber-physical networks in the logistics and consumption of goods and services. Educational theory has traditionally approached technological educational scenarios with analysis categories typical of the third industrial revolution and it is necessary to move forward.

Industry and services must be able to figure in university curricula and professional training to indicate didactic interests, because digitization impacts occur in all sectors and industries, through the interference of an industry-oriented culture 4.0 will impose a high-

level condition, so it is important that there is continuous adaptation to technological changes, in the implementation of regulations and policies that impact the educational sector.

Some of the elements covered by this industry are the use of autonomous equipment, robotics, process simulators, 3D printers, artificial intelligence and equipment that is sharing information in real time, so the potential benefits in terms of increasing competitive advantage, productivity and changes in the workplace are extremely far-reaching in some traditional sectors, this is how educational research has been justified, which should create data inductively and build categories of analysis abductively to identify new objects of study in the learning scenarios of the fourth industrial revolution, which are characterized by being hybrid, ambiguous and contingent.

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación se refiere a la cuarta revolución industrial, que se puede definir como una nueva fase en la revolución industrial enfocada en la interconectividad, la automatización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. La emergencia de tecnología es específica por la convergencia de varias tecnologías digitales, físicas y biológicas, como la inteligencia artificial, la inteligencia aumentada, la robótica, la impresión 3D, el cloud computing, el big data, el “internet de las cosas” o la nanotecnología.

El último sistema evolutivo empresarial es llamado industria 4.0 o cuarta revolución industrial, en este sentido, se perciben las operaciones como un sistema holístico del funcionamiento de una nueva era, involucrando un conjunto de sistemas que intervienen en el ramo industrial y de servicios, así como en el modo de vivir, en el que se analiza desde grandes corporaciones y fabricas inteligentes hasta una vivienda, bajo parámetros tecnológicos, de sustentabilidad y autonomía. Dentro del área organizacional y empresarial podemos concebir todas las actividades como un conjunto de operaciones ligadas a sistemas en la red y manejo de la información, permitiendo el flujo eficiente.

La cuarta revolución industrial está creando un enfoque centrado en ecosistemas digitales, es decir, está generando modelos de negocios innovadores basados en la interconexión de millones de consumidores, máquinas, productos y servicios. Por eso, se requieren nuevas competencias profesionales que permitan aplicar mejoras

a lo largo de toda la cadena de valor, por ejemplo, el pensamiento crítico, la creatividad, la inteligencia emocional, al mismo tiempo, se requieren nuevas competencias profesionales, técnicas, conocimientos propios de las redes ciberfísicas y los ecosistemas digitales.

Actualmente la formación de profesionales de ingeniería exige competencias para entornos laborales y sociales cada vez más cambiantes, sumado a la evidencia científica que revela que el conocimiento no es estático, sino un proceso dinámico que evoluciona constantemente, varias innovaciones educativas altamente tecnológizadas están consolidándose en nuestro continente. Destacan, por ejemplo, el aprendizaje adaptativo, que usa la inteligencia artificial y el big data; los servicios educativos integrales en red, que utilizan el cloud computing y el internet de las cosas; la gamificación de la educación, que basa su originalidad en la noción de “permanencia en línea”, como lo hacen los videojuegos VI de internet o las plataformas de realidad virtual; el aprendizaje híbrido y móvil, que pone a disposición del aprendiz varias tecnologías en línea y herramientas tradicionales.

## **DESARROLLO**

### **Áreas que se cubrió el diagnóstico**

El área de diagnóstico que el estudio cubrió fue la docencia y alumnado del instituto tecnológico superior de Acatlán de Osorio.

### **Caracterización del área que se cubrió el diagnóstico**

El área docente del ITSAO, está integrada por 57 catedráticos, de los cuales 21 son Mujeres y 36 son Hombres, de los que solo 6 Hombres y 6 Mujeres tienen mayor carga horaria; se dividen según su perfil en 5 carreras que son ING. En gestión empresarial con un total de alumnos 256, ING. En Informática 164 alumnos, ING. Industrial 100, ING. En electrónica 67, En industrias alimentarias 56 alumnos. Dando un total de 643 alumnos.

**Alcances**

La organización del trabajo en la institución serán determinadamente para conocer el alcance y el impacto de esos cambios: la relación hombre-máquina será un factor decisivo y generar nuevos cambios.

- a) Se determina la viabilidad del proyecto expuesto.
- b) La rentabilidad del proyecto.
- c) Las ventajas y su monto de inversión.
- d) Se analizan los riesgos inherentes al mismo.

**Delimitaciones**

Existen ciertos inconvenientes de la Industria 4.0 para tener en cuenta:

A. Falta de adaptación de nuevos métodos. No todas las organizaciones se están adaptando adecuadamente a la Industria 4.0. De hecho, con los constantes cambios que supone, muchas industrias corren el riesgo de quedarse desactualizadas en poco tiempo.

B. Desigualdad social. Los rápidos avances industriales pueden permitir que crezcan desigualdades y una cierta fragmentación social.

C. Personal complejo y de mayor costo. El personal necesario en los nuevos procesos es más especializado, y no siempre es fácil acceder a estos perfiles. Además, debido a sus conocimientos requieren una mayor remuneración.

D. Mayor costo de inversión. El costo de la inversión es elevado en sus comienzos. Sin embargo, hay que tener en cuenta el ROI, y a medio y largo plazo, se recupera de sobra. Pero en un inicio tal vez no todos puedan hacer frente a los costos.

E. Dependencia tecnológica. La industria 4.0 vive bajo una enorme dependencia tecnológica por su maquinaria. Es por ello que, se desarrollan necesidades específicas nuevas que deben ser identificadas y solucionadas lo antes posible.

F. Obsolescencia de la tecnología. El riesgo es muy alto y debe ser tenido en cuenta en todo proyecto inicial para calcular el ROI y la amortización de la inversión, entre otros factores.

### **Metodología empleada**

#### **Tipo de estudio.**

En el enfoque de aprendizaje tradicional la información es transmitida oralmente con el apoyo de textos. Esta metodología se considera prácticamente obsoleta, ya que la información hoy en día es accesible a la comunidad estudiantil a través de internet. Por lo que es necesario cambiar el enfoque en el que los estudiantes puedan tomar decisiones, descubran nuevos canales tecnológicos y desarrollen su capacidad de innovación (Llata et al., 2017).

El tipo de alcance es descriptivo y señala que “Los estudios descriptivos sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes” (Sampieri et al., 2006). Por otro lado, “el tipo descriptivo permite seleccionar una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin precisamente de describirlas o reseñarlas” (Cazau, 2006). Es decir, el estudio descriptivo busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno. a la propuesta se le atribuye un enfoque cualitativo en el cual utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

A la propuesta se le atribuye un enfoque cualitativo en el cual utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

#### **Fuentes de información**

**Fuentes primarias:** Como herramientas de investigación se necesita indagar diferentes fuentes de información como artículos, libros, informes, material documental para realizar una revisión sistemática que permitirá el desarrollo de la investigación.

**Fuentes secundarias:** Por medio de encuestas, trabajos de grado con punto de vista a el sector manufacturero y la cuarta revolución industrial.

Para obtener información se manipulo un formulario proporcionado por Google, dicha herramienta se utilizó para la aplicación de una encuesta diseñada para conocer el grado de conocimiento y posibles áreas de oportunidad para dicha investigación.

Actualmente las Instituciones educativas enfrentan un gran desafío para lograr la fusión e implementación de la industria 4.0 en la educación, no obstante, se trabaja y se le da la importancia y necesidad que amerita este nuevo cambio.

Además, mencionan que algunas de las ventajas del uso de las web portables son: elimina las barreras del tiempo y la distancia, se brinda acceso a los estudiantes a una gran cantidad de información a un bajo costo, amplía el tiempo educativo, aporta un conjunto de recursos interactivos que facilitan la reflexión, prepara a los estudiantes para hacer frente a los nuevo entornos y propicia en los docentes la incorporación de nuevas formas de metodología, de organización y de la actualización constante de los recursos.

### **Diagrama de Ishikawa**

Para poder ser instalados cada uno de los equipos contemplados, es muy necesario verificar con el personal las formas de cómo se podría equipar mejor las aulas de tecnológico teniendo en cuenta los espacios donde trabajas y así tener las mejores formas de aprendizaje de alumno a maestro.

Para el cumplimiento de los objetivos, la metodología empleada implicó el uso de un diagrama de causa-efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa, el cual fue basado principalmente en el planteamiento del problema.

Esta es una herramienta que identifica problemas de calidad y les da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un proceso. En la Figura11 se muestra el Diagrama de Ishikawa sobre la falta de tecnologías para la implementación.

El diagrama consta de apartados como son el titulo o problema y las posibles causas clasificadas según su tipo. En este caso el problema detectado fue la falta de tecnologías para la implementación y las causan se describen a continuación:



Figura 1: Diagrama de Ishikawa, Fuente: Elaboración propia, 2021.

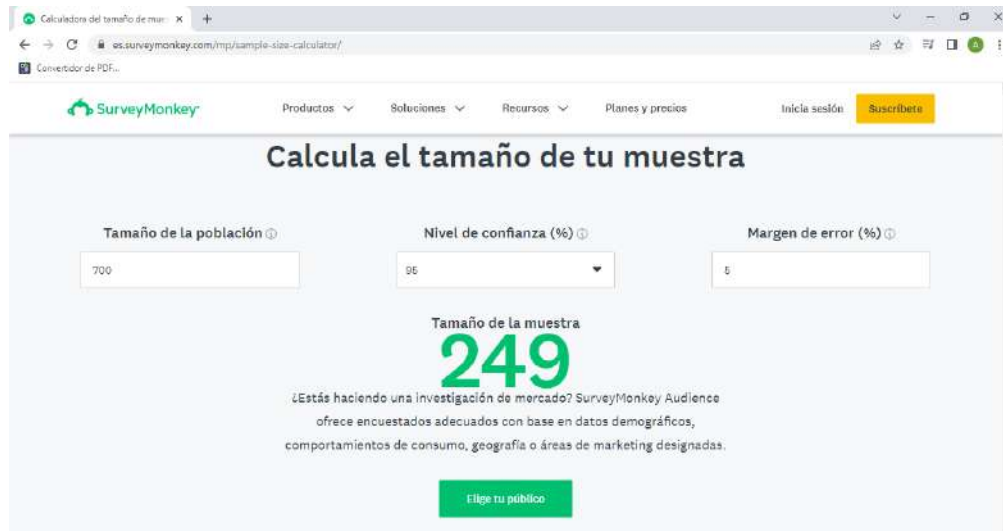
## RESULTADOS

### Descripción de contexto

Para la presentación de este trabajo, solo se consideraron dos áreas para la aplicación del instrumento de diagnóstico mismo que se encuentra como anexo 1, las cuales serán respondidas por los docentes y alumnos de la institución para conocer el nivel de conocimiento y desarrollo de cuarta revolución. El objetivo del instrumento es conocer el grado de conocimiento sobre la revolución industrial 4.0; identificar áreas de oportunidad y reconocer qué hace falta para llegar a un nivel de condición idóneo de acuerdo a la cultura de la industria 4.0. Este instrumento es un cuestionario de tipo mixto ya que contiene preguntas tanto abiertas como cerradas donde la persona selecciona una opción de respuesta.

Para aplicar dicho instrumento se recolecto el número de matrículas de cada carrera dando un total de 643 alumnos, más 57 docentes por lo que la población total es de 700. En la **Figura 2**, se muestra el resultado del tamaño de la muestra obtenida.



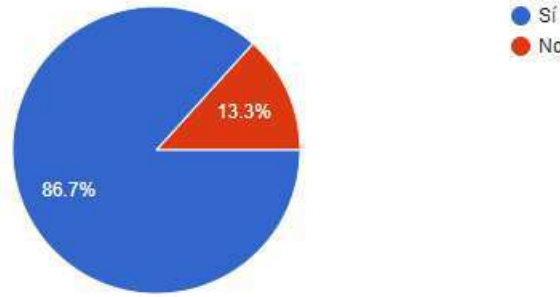


**Figura 2:** Tamaño de la muestra, (SurveyMonkey, 2021)

Para poder calcular la muestra utilizamos la calculadora SurveyMonkey, para determinar el tamaño de la muestra para la aplicación de una encuesta, facilitando así la obtención del resultado con esta plataforma cuya dirección específica o URL es <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>. Tomando en cuenta que el tamaño de la población es de 700, tomando en cuenta que los criterios para determinar el cálculo, es el nivel de confianza del muestreo ya que este revela cuanta confianza se puede tener en la respuesta dentro de un rango determinado y para efecto de este el nivel de confianza es del 95%, con un margen de error del 5% que indica en qué medida puedes esperar que los resultados de la encuesta reflejen la opinión de la población general, a realizar el cálculo arroja 249 como tamaño de la muestra, como se indica en la Figura 12, a este porcentaje de la población se le aplicará el instrumento a través de Google Forms cuya dirección electrónica es <https://forms.gle/Qx2gC1fKABaM29wa8>.

### **Resultados generados en la aplicación del instrumento**

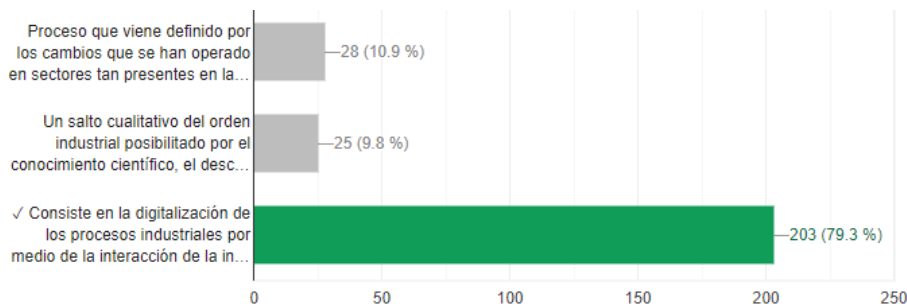
**Pregunta 1:** ¿Sabe usted que es la Revolución Industrial 4.0 o también llamada Revolución Industrial?



**Figura 13:** ¿Sabe usted que es la Revolución Industrial 4.0 o también llamada Revolución Industrial?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 86.7 % dijeron que si saben que la Revolución Industrial 4.0 también es llamada cuarta revolución industrial, el 13.3 % mencionaron que no saben.

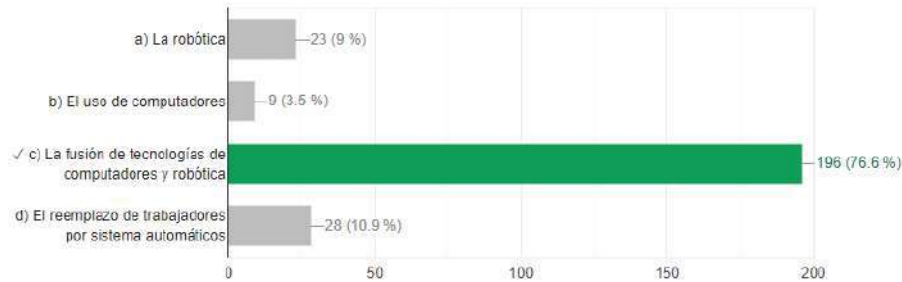
**Pregunta 2: ¿Qué es la revolución industrial?**



**Figura 3:** ¿Qué es la revolución industrial?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 203 personas quienes son la mayoría que menciona que la revolución consiste en la digitalización de los procesos industriales por medio de la interacción de la industria., 28 personas mencionan que el proceso que viene definido por los cambios que se han operado en sectores tan presentes en la vida cotidiana de muchas personas, 25 personas mencionan un salto cualitativo del orden industrial posibilitado por el conocimiento científico, el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y los nuevos avances tecnológicos.

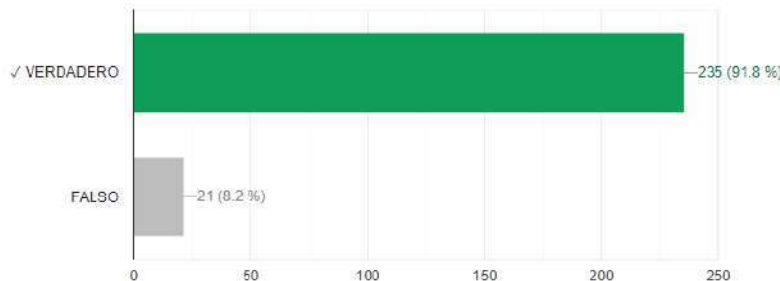
**Pregunta 3: La principal novedad de la cuarta revolución industrial es:**



**Figura 4:** La principal novedad de la cuarta revolución industrial es:(Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 196 personas nos dice que la principal novedad de la cuarta revolución industrial es la fusión de tecnología de computadores y robótica, 28 personas dijeron que el reemplazo de trabajadores por sistemas automáticos.

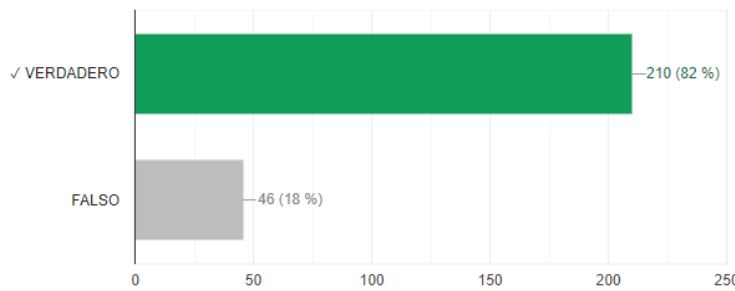
**Pregunta 4: El concepto de industria 4.0 está estrechamente ligada a los conceptos de robótica y redes de sensores, así como soluciones de inteligencia artificial.**



**Figura 5:** El concepto de industria 4.0 está estrechamente ligada a los conceptos de robótica y redes de sensores, así como soluciones de inteligencia artificial, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 235 personas quienes son el 91.8 % quienes mencionan que es verdadero que el concepto de la industria 4.0 está estrechamente ligada a los conceptos de robótica y redes de sensores, así como soluciones de inteligencia artificial, y 21 personas quienes son el 8.2 % dicen que son falsos.

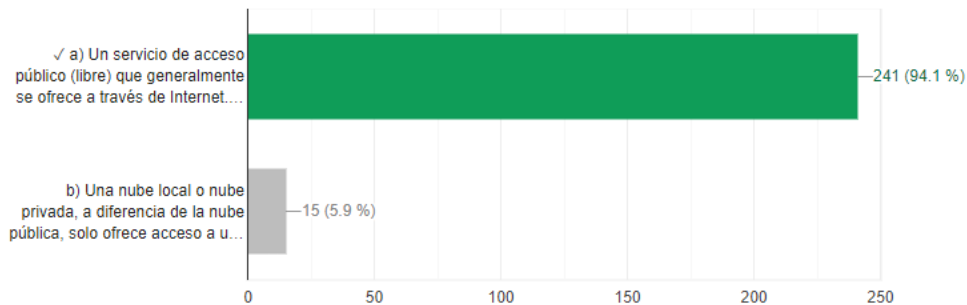
**Pregunta 5: La clave de este elemento crítico de industria 4.0 es el análisis de Big Data.**



**Figura 6:** La clave de este elemento crítico de industria 4.0 es el análisis de Big Data, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 210 personas que es el 82% dijeron que era verdad que la clave de este elemento crítico de industria 4.0 es el análisis de Big Data ,46 personas quienes son el 18% mencionan que es falso.

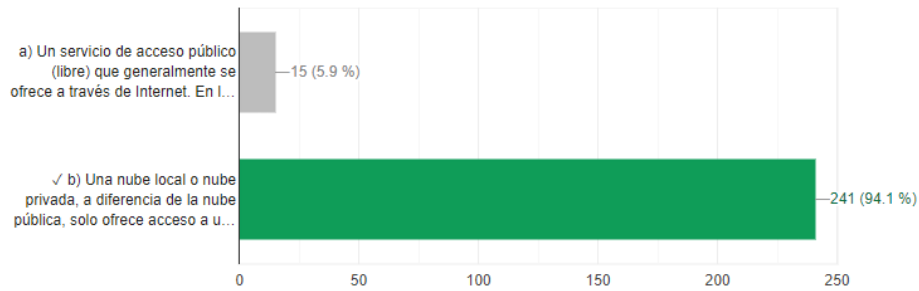
**Pregunta 6: ¿Qué es una nube pública?.**



**Figura 7:** ¿Qué es una nube pública?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 241 personas que son el 94.1 % menciona que la nube publica es un servicio de acceso público (libre) que generalmente se ofrece a través de internet, en la nube se pueden guardar los más diversos tipos de datos, 15 personas que son el 5.9% mencionan que es una nube local o nube privada, a diferencia de la nube publica, solo ofrece acceso a un selecto grupo de usuarios.

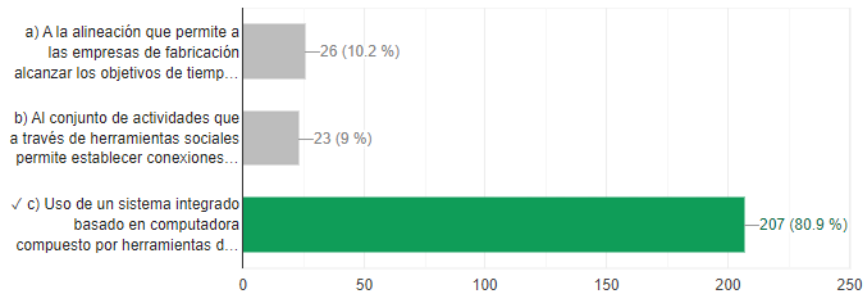
**Pregunta 7: ¿Qué es una nube privada?**



**Figura 8:** ¿Qué es una nube privada?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 personas, 241 personas mencionan que una nube privada es, una nube local, a diferencia de la nube pública, solo ofrece acceso a un selecto grupo de usuarios, y 15 personas mencionan que un servicio de acceso público (libre) que generalmente se ofrece a través de internet.

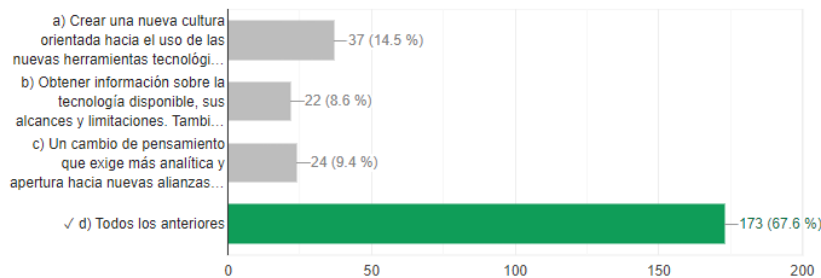
**Pregunta 8: La transformación digital hace referencia.**



**Figura 9:** La transformación digital hace referencia, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 209 menciona que un sistema integrado basado en computadora compuesto por herramientas de simulación, 26 personas a la alineación que permite a las empresas de fabricación alcanzarlos objetivos de tiempo de lanzamiento al mercado y de volumen, 23 personas mencionan que el conjunto de actividades que a través de herramientas sociales permite establecer conexiones entre los empleados.

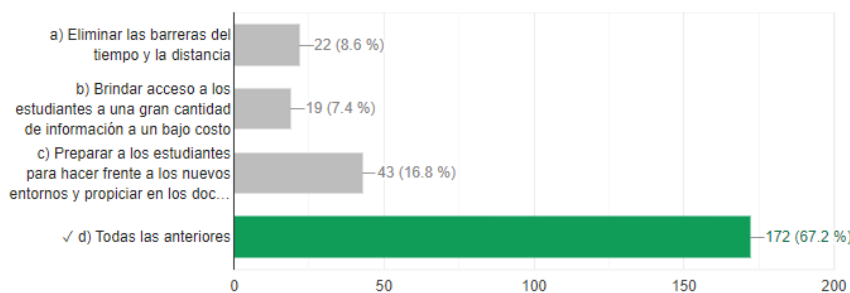
**Pregunta 9: ¿Cuáles son los retos más grandes a los que se enfrenta esta nueva era?**



**Figura 10:** ¿Cuáles son los retos más grandes a los que se enfrenta esta nueva era?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 173 personas mencionan que todas las anteriores, 37 personas mencionan crear una nueva cultura orientada hacia el uso de las nuevas herramientas tecnológicas para transformar nuestros negocios, 24 personas mencionan un cambio de pensamiento que exige más analítica y decisiones de correr riesgos y 22 personas mencionan en obtener información sobre la tecnología disponible.

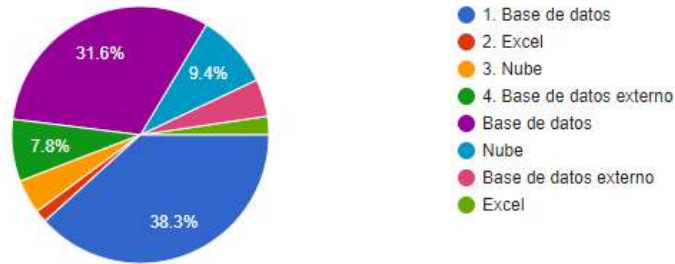
**Pregunta 10: Son ventajas de la implementación de la revolución industrial 4.0.**



**Figura 11:** Son ventajas de la implementación de la revolución industrial 4.0, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 172 mencionan todas las anteriores, 43 prepara a los estudiantes para hacer frente a los nuevos entornos y propiciar en los docentes la incorporación de nuevas formas de metodología, 22 eliminar las barreras del tiempo y distancia 19 brindar acceso a los estudiantes a una gran cantidad de información a un bajo costo.

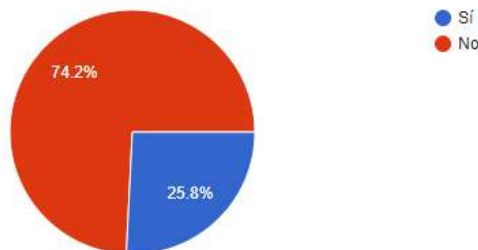
**Pregunta 11: ¿Los datos recolectados de las máquinas o equipos de su institución dónde son recolectados?**



**Figura 12:** ¿Los datos recolectados de las máquinas o equipos de su institución dónde son recolectados?.(Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, el 38% menciona en la base de datos, 31.6% en base de datos, 9.4 % en nube y 7.8% base de datos externo.

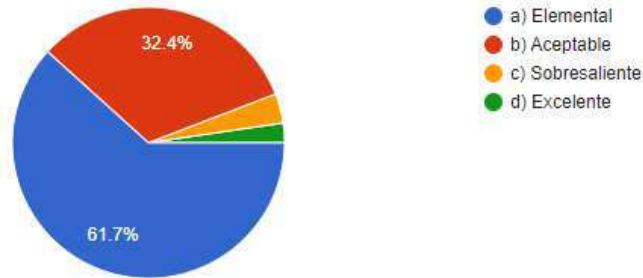
**Pregunta 12: ¿Tienen Procesos o máquinas que respondan de manera automática a los datos recolectados por su empresa sin intervención de un funcionario?**



**Figura 13:** ¿Tienen Procesos o máquinas que respondan de manera automática a los datos recolectados por su empresa sin intervención de un funcionario?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, el 74.2 % menciona que sí y el 25.8 % mencionan que no tiene procesos o maquinas que respondan de manera automática.

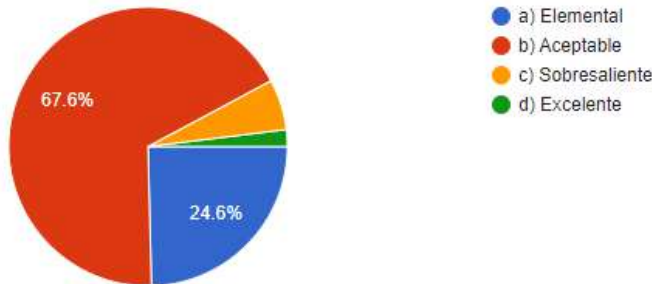
**Pregunta 13: ¿En qué magnitud cuenta con habilidades y destrezas en la Administración de bases de datos en la nube?**



**Figura 14:** ¿En qué magnitud cuenta con habilidades y destrezas en la Administración de bases de datos en la nube?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 61.7 % mencionan que la magnitud es elemental y el 32.4 % aceptable.

**Pregunta 14: ¿Qué nivel de habilidades y destrezas posee en la Adaptación a nuevas tecnologías al flujo de trabajo?**

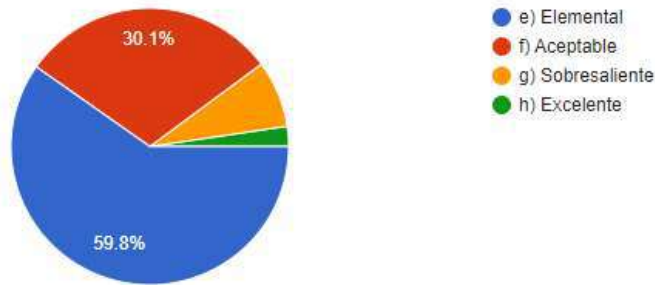


**Figura 15:** ¿Qué nivel de habilidades y destrezas posee en la Adaptación a nuevas tecnologías al flujo de trabajo?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 67.6% dijeron que el nivel de habilidades y destrezas posee en la adaptación a nuevas tecnologías al flujo de trabajo y el 24.6 % dijeron que era elemental.

**Pregunta 15: El acceso a los datos relevantes por medio de información compartida en la institución es:**

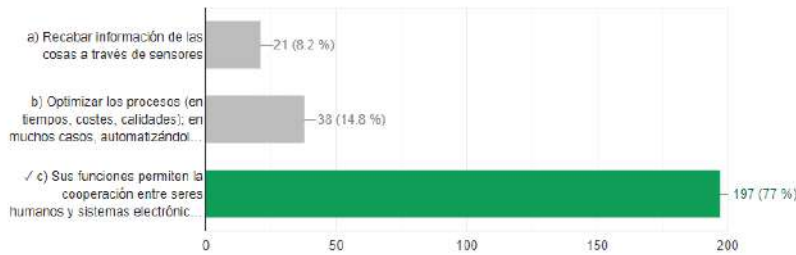




**Figura 16:** El acceso a los datos relevantes por medio de información compartida en la institución es, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, el 59.8 % menciona que el acceso a los datos relevantes por medio de información compartida en la institución es elemental y el 30.1% aceptable.

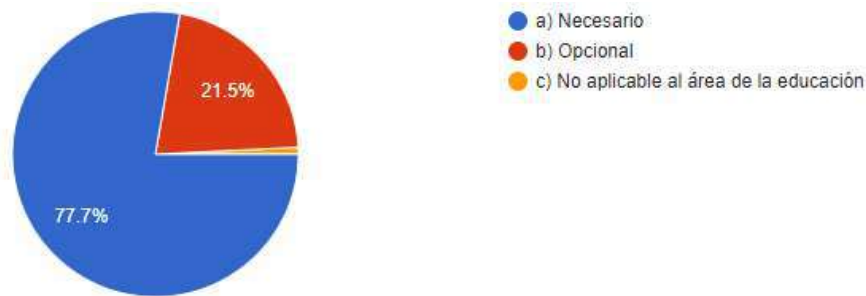
**Pregunta 16: ¿Cuáles son las funciones del Lot?**



**Figura 18:** ¿Cuáles son las funciones del Lot?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 197 personas, mencionan que sus funciones permiten la cooperación entre seres humanos y sistemas electrónicos interconectados a través de LOT, así como la cooperación entre los propios sistemas, 38 personas optimizan los procesos (en tiempo, costes, calidades) en muchos casos, automatizándolos, 21 personas pusieron para recabar información de las cosas a través de sensores.

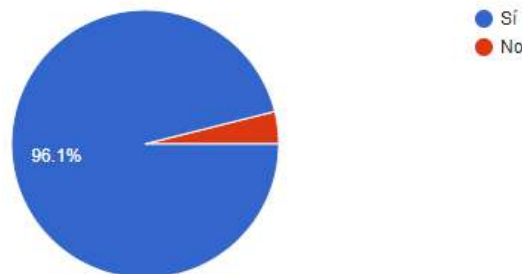
**Pregunta 17: ¿Desde su perspectiva, qué importancia merece la utilización de recursos tecnológicos, como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?**



**Figura 19:** ¿Desde su perspectiva, qué importancia merece la utilización de recursos tecnológicos, como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 77.7% mencionan que, si es necesario la importancia de recursos tecnológicos, el 21.5% menciona es opcional.

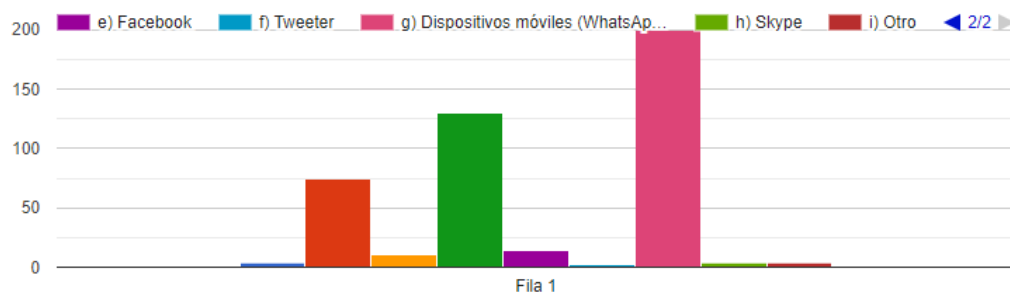
**Pregunta 18:** ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes, gracias a los ambientes de las diversas comunidades virtuales?



**Figura 20:** ¿Cree que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes, gracias a los ambientes de las diversas comunidades virtuales?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 96.1% mencionan que, si creen que los recursos tecnológicos favorecen la adquisición de aprendizajes, gracias a los ambientes de las diversas comunidades virtuales, 3.9 % no.

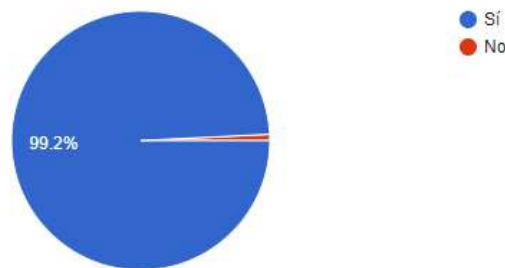
**Pregunta 19:** ¿Qué medios utiliza para comunicarse con sus alumnos o docentes?



**Figura 21:** ¿Qué medios utiliza para comunicarse con sus alumnos o docentes?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 249 se obtuvieron los siguientes datos, 200 personas mencionan que utilizan dispositivos móviles para comunicarse, 130 personas utilizan plataformas educativas, 75 personas utilizan correo electrónico, 14 personas utilizan Facebook, 11 personas página persona, 4 Skype, 4 utilizan otro

**Pregunta 20: ¿Considera que los cursos especiales de formación en el uso las TIC son necesarias para los profesores y/o alumnos?**



**Figura 22:** ¿Considera que los cursos especiales de formación en el uso las TIC son necesarias para los profesores y/o alumnos?, (Google Forms, 2022).

De una muestra de 480 se obtuvieron los siguientes datos, 99.2 % mencionan que, si consideran que los cursos especiales de formación en el uso las TIC son necesarios para los profesores y alumnos, 1.8 % mencionan que no.

**CONCLUSIONES**

La revisión de la literatura relacionada con los temas de Educación e Industria 4.0, refleja un amplio interés por la comunidad científica en profundizar en el área de la educación, investigación e innovación, y esto se puede lograr haciendo uso de manera óptima de las herramientas de la tecnología en virtud de la Industria 4.0. Existe evidencia de una estrecha relación de la industria 4.0 con la educación, puesto que la educación está a la vanguardia de lo que demanda la industria y su

evolución, siempre tratando de implementar las herramientas tecnológicas en el proceso enseñanza aprendizaje para incitar al estudiante en la investigación e innovación y así satisfacer la demanda de las organizaciones.

Nos hemos dado cuenta que las necesidades de la nueva revolución industrial 4.0 es la educación 4.0, ambas deben coexistir, trabajar y avanzar de manera lateral, tanto las personas como la tecnología deben converger en la creación de nuevas oportunidades de creatividad e innovación. Por otra parte, se observa que es importante introducir las herramientas tecnológicas de 4.0 en la educación superior, pues esta habilita nuevas técnicas y definitivamente transforma el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A modo de conclusión a simple vista, parece que el impacto de la tecnología ha sido menor en el ámbito de la educación, sin embargo, haciendo una profunda reflexión, nos damos cuenta de que ésta no ha sido la palanca de cambio en la industria como debería de serlo, sino por el contrario, ha generado retraso, no solo por no invertir en equipo tecnológico, sino por no cambiar la actitud y mentalidad de los estudiantes y profesores hacia los nuevos retos de la industria.

Sin embargo, se debe tener especial cuidado al aplicar las nuevas tecnologías en la educación superior, ya que al utilizarlas sin alguna planeación puede desencadenar situaciones de alfabetización tecnológica o exclusión social, por lo tanto, es recomendable no olvidar la vieja escuela en el proceso de enseñanza con las aplicaciones de las tecnologías.

El propósito de este proyecto es la formación de personas capaces y eficientes con mayores habilidades y conocimientos tecnológicos es por ello que se presentan las propuestas como son Focus Group, el Laboratorio de Simulación de Negocios. Así como también el crecimiento tecnológico de la institución con la utilización del Big Data, retomando la propuesta de Aulas virtuales cuyo objetivo es facilitar la enseñanza docente-alumno en casos extraordinarios como lo ha sido la pandemia por Covid-19, incapacidad por embarazo, o razones físicas que se consideren riesgosas para su salud, su función es la creación de contenido para facilitar la enseñanza de las materias, acortar las barreras de la distancia y así poder impartir

o mejorar sus clases. Todas las propuestas buscan impulsar el Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio.

En 2015, PwC realizó una encuesta a más de 2.000 empresas de 26 países en los sectores más relevantes de la industria: Aeroespacial y de defensa; Automoción; Química; Electrónica; Ingeniería y construcción; Productos forestales, papel y envases; Manufactura industrial; y Transporte y logística. Una abrumadora mayoría, el 86 por ciento de los encuestados, afirmó que, de acuerdo a su experiencia, esperaban ver reducidos los costes y un significativo aumento en los ingresos gracias a la digitalización.

Dentro de la investigación no figura el sector educativo, por lo que se entiende que ha habido un rezago educativo tecnológico, y solo algunas universidades de las prestigiosas dentro de los Rankings han incursionado en la aplicación de tecnologías que la cuarta revolución industrial engloba.

Esto supone que las empresas o instituciones deberán hacer lo propio para situarse en una posición de igualdad y no quedar en inferioridad en relación a las ventajas competitivas de sus competidores, lo que solo se logrará si, en el sector educativo se incursiona la formación de nuevos profesionistas diestros en estas tecnologías.

## REFERENCIAS

- Aguilar, L. J. (2017). Ciberseguridad: La colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0).
- Aranda, D. A., Domínguez, M. del C. H., & Martínez, M. M. R. (2010). Un enfoque innovador del proceso de enseñanza-aprendizaje en la dirección de empresas, el uso de simuladores en el ámbito universitario. 353, 333–334.
- Aretio, L. G. (2017). Educación a distancia y virtual: Calidad, disrupción, aprendizajes adaptativo y móvil. <https://www.redalyc.org/pdf/3314/331453132001.pdf>
- Bolaños, J. F. (2005). Cuarta Revolución Industrial. Impacto de la Inteligencia Artificial en el modo de producción actual. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/182/182869006/index.html>
- Borago, fernando. (2010). Simulador de Negocios. Botthof. (2015). Escenarios.
- Carrasco, A., Fernandez, Z., M. A., Benitez, H., A., & Soto, C., E. (2014). Utilización de la nube como recurso didáctico por los jóvenes universitarios. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/154/1/78-371-1-PB.pdf>
- Carvajal, J. H. R. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. [http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work\\_in\\_progress/WP386.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2017-BocaRaton/work_in_progress/WP386.pdf)
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. (Tercera Edición). Gránica.
- Chiavenato, I. (2015). Conceptos Básicos de Administración.
- Ciolacu, M. (2017). Educación 4.0- Fostering student's éformance with machine learning methods.

- Daemmrigh, A. (2017). Aprendizaje en Red.
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Transición esquemática de las Revoluciones Industriales.
- Dombrowski, U., & Wagner, T. A. (2014). Enfoque en la Revolución Industrial. Fau. (2014). 4ir.
- Foidl, H., & Felderer, M. (2016). Principales Elementos de la Industria 4.0.
- Fred R., D. (2008). Cconcepciones de Administración Estratégica.
- Galván, P., Asato, J. A., & Molina, J. B. (2019). Perspectiva académica para la trasicón de la educación superior al paradigma de la industria 4.0.
- Galván, P., Villalón, M. T., & Medina, G. (2019). Industria en la Educacion Superior.
- Gelves, G. A. C., & Moreno, P. C. (2012). Simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza. 25.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038479>
- Google Forms. (2022).  
<https://docs.google.com/forms/d/1v0sUNfilycvoQTutP96SKRKlunrvsX0vAuFghO2yAP4/edit#responses>
- Heller, E. (2000). Psicología del color.
- Hintz, & MacLeod. (2017). 4IR.
- Iglesias, R. M. S., & Soca, E. B. G. (2017). Empleo de herramientas web en el proceso docente educativo para informatizar procesos inteligentes de aprendizaje 4.0.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592017000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592017000200005)
- ITSAO. (2021). Página Oficial del Inst. Tec. Sup. de Acatlán de Osorio.  
<https://www.itsao.edu.mx/>
- ITSAO. (2022). <https://www.itsao.edu.mx/>
- Ji, C., Qinshing, S., Sol, J., Shinje, L., Leiwu, & chenglei, Y. (2016). Device Data Ingestion for Industrial Big Data Platforms with a Case Study.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, T. (2013). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.
- Kandinsky, W. (2021). Psicología del color.
- Kang, K. (2016). SISTEMAS DE INTEGRACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL EN EL MARCO DE INDUSTRIA 4.0.
- Kaser, H., & Semerci, A. (2019). Technology trends, Education 4.0 and beyond.
- Lase, D. (2019). Education and Industrial Revolution 4.0.
- León, R., G. D. L. C., & Viña, B., S. M. (2017). La inteligencia artificial en la educación superior. Oportunidades y amenazas.  
<chttps://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3507/3/document%20%2829%29.pdf>
- Llata, J. R., González, E. S., & Torre Ferrero, C. (2017). Educación en automática e industria 4.0 mediante la aplicación de tecnologías 3D. Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática.
- Mapa de la República Mexicana. (2021). [Map].  
<https://www.google.com/maps/place/Ciudad+de+M%C3%A9xico,+CDMX/@17.2730724,-100.059919,4.56z/data=!4m1!3m1!3m6!1s0x84043a3b88685353:0xed64b4be6b099811!2zTcOpeGlijbw!3b1!8m2!3d23.634501!4d-102.552784!3m4!1s0x85ce0026db097507:0x54061076265ee841!8m2!3d19.4303341!4d-99.1351318>
- Mapa del Estado de Puebla. (2021). [Map].  
<https://www.google.com/maps/place/Puebla,+Pue./@19.0511451,-98.2423815,11.71z/data=!4m5!3m4!1s0x85cfc0bd5ebc7a3b:0x48a6461de494ad95!8m2!3d19.0414398!4d-98.2062727>
- Maresova, P., Soukal, I., Svobova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamt, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics.  
<https://doi.org/10.3390>
- Martín, R. L. (2005). Las nuevas tecnologías en la educación.  
<https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1LQCLF0K5-GXJYSS-1VLM/innovacionestecnologicasenlaeducacioninicial-110816172916-phpapp02.pdf>
- Pedroza, R. F. (2018). La universidad 4.0 con currículo inteligente 1.0 en la cuarta revolución industrial. 9(17). <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.377>

- Pineda, R. (1998). La Tercera revolución industrial y la era del conocimiento (3a ed.). Lima: UNMSM, Fondo Editorial, 1998.  
[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/historia/tercera\\_revoluc/indice.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/historia/tercera_revoluc/indice.htm)
- ¿Qué es y qué aporta la Industria 4.0? (2018). GRUPO GARATU Solucionadores para la Energía sin limitación geográfica. <https://grupogaratu.com/que-es-y-que-aporta-la-industria-4-0/>
- Roig, C. (2017). Implicaciones de la industria 4.0 en la educación superior.
- Sampieri, R. H., Fernández, C. C., & Bapista, P. L. (2006). Metodología de la investigación.
- Sánchez, G., D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: Un estudio exploratorio. Journal Educational Innovation.
- Sánchez, S. M. T. (2015). Educación en la nube. Un nuevo reto para los docentes de Educación Media Superior. <https://1-11.ride.org.mx/index.php/RIDSESECUNDARIO/article/viewFile/295/288>
- Schuh, G., Anderl, W., Teren, H. M., & Whastler, W. (2017). Industrie 4.0 Maturity Index. Managing THr Digital Transformation of companie. <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-managing-the-digital-transformation-of-companies/>
- Schwab, V. K. (2016). La cuarta revolución industrial.
- Secretaria de Economía. (2021). <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/mexico-emprende/empresas/mediana-empresa>
- Shafiq, Gkountela, & Lee. (2015). Industria 4.0.
- Simonis. (2016). Inicio 4 RI.
- Stanford University. (2016). Recolectando fuerza, reuniendo tormentas: El estudio de cien años sobre inteligencia artificial (AI100) Informe del panel de estudio de 2021.  
<https://ai100.stanford.edu/gathering-strength-gathering-storms-one-hundred-year-study-artificial-intelligence-ai100-2021-study>
- SurveyMonkey. (2021). <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- Tejada, E. F., Murrieta, R. M., Villao, F. S., & Garzón, J. B. (2018). Big Data en la Educación: Beneficios e Impacto de la Analítica de Datos. 5(2).  
<https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/424/334>
- UANL. (2020). Innovación y Desarrollo Digital. <https://www.uanl.mx/dependencias/secretaria-de-innovacion-y-desarrollo-digital/>
- Van Home, J. C., & Wachowicz, Jr., J. M. (2010). Fundamentos de Administración Financiera (Décimotercera edición).
- Walter, A. S. (2015). Tecnología Basada en redes.
- Wang, S., Wan, J., & Zhang C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: An outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks.
- Zapata, M. R. (2015). Analítica de aprendizaje y personalización.  
<http://uajournals.com/ojs/index.php/campusvirtuales/article/view/41/40>
- Zhu, K. (2016). Virtual reality and augmented reality for education.

# Evaluación de la usabilidad de un sistema de telemedicina

Ramírez Vázquez Juan Carlos, Rivera García Guadalupe Esmeralda, Pérez Arteaga Elizabeth

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco  
[carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx](mailto:carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx);

**Palabras clave:**

Usabilidad, Reglas heurísticas, telemedicina.

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un sistema de telemedicina desarrollado por los autores. La metodología utilizada para el desarrollo del software fue RUP (Rational Unified Process)", el cual es un método riguroso que tiene como propósito asegurar la producción de software de alta. La usabilidad fue evaluada por un grupo de expertos quienes contestaron un instrumento basado en el modelo de reglas heurísticas de Nielsen. Los resultados indican que la usabilidad del sistema de telemedicina, se encuentra entre "muy bien" y "excelente", por lo que es muy aceptable. Sin embargo, se presentaron deficiencias en la heurística "reconocimiento antes que recuerdo", derivado de que los enlaces del sistema no son fácilmente identificados y que el usuario no localiza fácilmente la página en la que se ubica en el sistema, por lo que, en base a los resultados obtenidos, se realizarán las mejoras correspondientes.

**Keywords:**

Usability, heuristic rules, telemedicine

## ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the usability of a telemedicine system developed by the authors. The methodology used for the development of the software was RUP (Rational Unified Process)", which is a rigorous method whose purpose is to ensure the production of high-quality software. Usability was evaluated by a group of experts who answered an instrument based on the Nielsen heuristic rules model. The results indicate that the usability of the telemedicine system is between "very good" and "excellent", so it is very acceptable. However, there were deficiencies in the "recognition before memory" heuristic, derived from the fact that the links in the system are not easily identified and that the user does not easily locate the page in which it is located in the system, therefore, in Based on the results obtained, the corresponding improvements will be made.



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la evaluación de la usabilidad de los sistemas de información es de suma importancia para asegurar la calidad del software y que la interacción entre el usuario y el sistema sea agradable, fácil e intuitiva, evitando problemas de rediseño y mantenimiento. (Suárez Torrente, 2011), menciona que “la evaluación de la usabilidad es una de las tareas más importantes que deben emprenderse cuando se desarrolla una interfaz de usuario”.

Existen diversos métodos para evaluar la usabilidad de un software, tras analizarlos y comprenderlos se determinó utilizar el método de Evaluación Heurística de (Nielsen, 1995), el cual presenta una serie de heurísticas para detectar errores de usabilidad principalmente en la interfaz, además de analizar el contenido e interacción entre el usuario y el diseño. (Nielsen, 1995), define las evaluaciones heurísticas como menos costosas que otros métodos de evaluación de usabilidad.

El sistema de información en el cual se va aplicar la evaluación heurística anteriormente descrita, es el sistema de Telemedicina, el cual es un término utilizado desde la primera transmisión de una radiografía a través de líneas telefónicas realizada por la Universidad de Nebraska en 1959 (Cosoi, 2002).

El sistema de telemedicina fue desarrollado con el propósito de contribuir a resolver la problemática en México de acceso a la salud, ya que de acuerdo al (INEGI, 2020), alrededor de 5.8 millones de personas no tienen acceso alguno a servicios de salud y por ende no tiene acceso a servicios médicos con especialistas. El 43.9% vive en situación de pobreza, por lo cual no puede costearse traslados a clínicas fuera de sus municipios y/o comunidades (CONEVAL, 2021). En México, la telemedicina ha sido producto de diversas investigaciones, derivando en la creación del (CENETEC, 2021), el creador de la red “Telesalud”, en el país.

Dadas estas problemáticas, se planteó el desarrollo de un sistema de telemedicina, donde a través de videollamadas, se pueda establecer una consulta médica entre un médico especialista y un paciente acompañado de un médico general o

practicante de servicio social. Para el desarrollo del sistema se utilizó la metodología RUP y para evaluar la usabilidad del sistema de telemedicina el método de reglas heurísticas de (Nielsen, 1995).

## DESARROLLO

### Metodología

#### a) Metodología de desarrollo de software

Existen varias formas de desarrollar software, algunas formales y otras informales. Se eligió el modelo de (Figuroa, Solis, & Cabrera, 2007), denominado “RUP (Rational Unified Process)”. RUP es un proceso formal que proporciona un método riguroso que tiene como propósito asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios, se basa en casos de uso y utiliza UML como lenguaje de marcado. La figura 1, muestran las fases del ciclo de vida del modelo RUP.

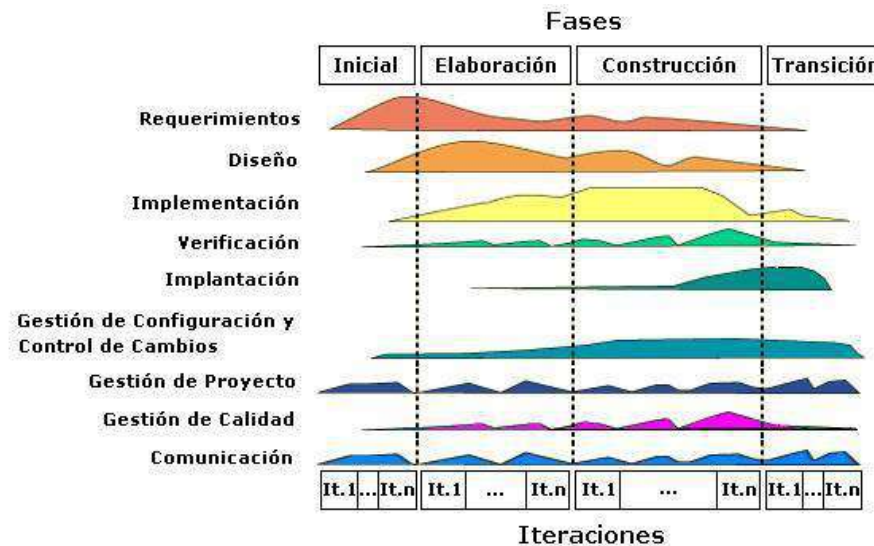


Figura 1. Proceso unificado Rational (Figuroa, Solis, & Cabrera, 2007).

Una vez considerados los puntos indispensables del sistema, se inicia el proceso de maquetado del mismo, para lo cual se utilizó una plataforma de maquetado web llamada Figma, misma que de manera gratuita nos permite diseñar interfaces, tal y como se muestra en la figura 2.

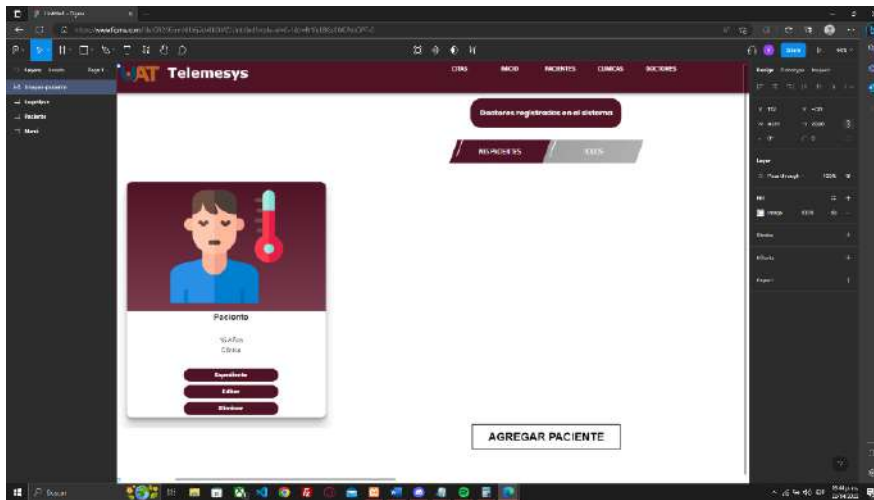


Figura 2. Diseño de interfaces utilizando la plataforma Figma

Una vez diseñadas las interfaces se procedió al desarrollo real de la plataforma, mediante la codificación de dichas interfaces, así como sus funcionalidades, utilizando para esto los lenguajes de PHP, Javascript y HTML, atendiendo en los apartados del sistema cada uno de los requerimientos. En la figura 3, se muestra una pantalla del sistema.

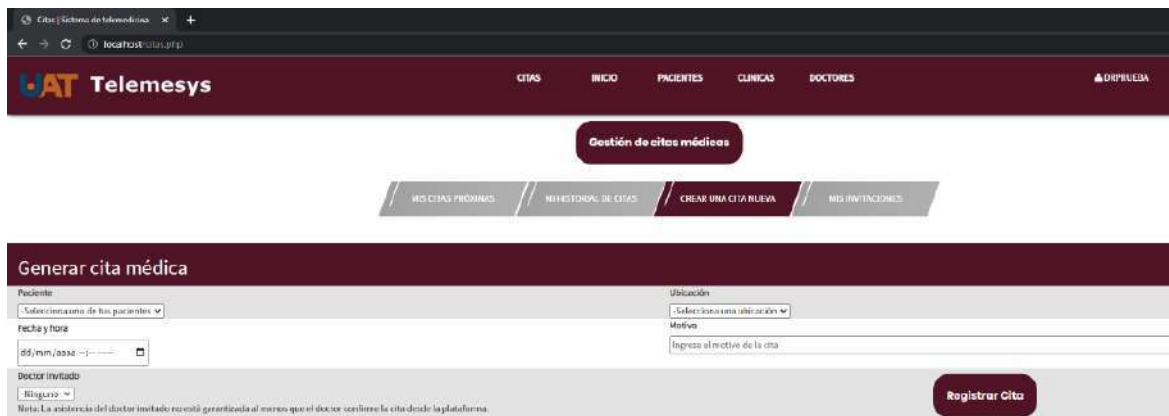


Figura 3. Sistema de telemedicina

### b) Metodología de evaluación de la usabilidad del sistema

Para evaluar la usabilidad se utilizó el método de Nielsen, quien definió las siguientes 10 reglas heurísticas:

1. Visibilidad del estado del sistema
2. Relación entre el sistema y el mundo real
3. Libertad y control del usuario
4. Consistencia y estándares
5. Prevención de errores
6. Reconocimiento antes que recuerdo
7. Flexibilidad y eficiencia de uso
8. Estética y diseño minimalista
9. Ayuda y recuperación de errores
10. Ayuda y documentación.

La usabilidad del sistema de telemedicina fue evaluada por un grupo de expertos quienes contestaron un instrumento diseñado por los autores y basado en las 10 reglas heurísticas de (Nielsen, 1995), en donde cada regla heurística cuenta con 3 preguntas. Los expertos fueron 5 doctores de la Facultad de Medicina, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Para la evaluación, se tenía que asignar una valoración a cada pregunta, para lo cual se utilizó una escala de Likert de cinco opciones (1 – Totalmente en desacuerdo, 2 –En desacuerdo, 3 – ni de acuerdo, ni en desacuerdo, 4- De acuerdo, 5 –Totalmente de acuerdo).

Cada evaluador realiza la apreciación individualmente, como si fuera un usuario del sistema y cuando finaliza el último evaluador, se registran y comunican los resultados del análisis. En la tabla 1, se pueden observar las 10 reglas heurísticas propuestas por (Nielsen, 1995), así como las 3 preguntas por cada regla, las valoraciones asignadas por los 5 expertos y el porcentaje general alcanzado en cada regla heurística.

**Tabla 1. Resultados de la evaluación del sistema de información de telemedicina**

	Experto					%
	1	2	3	4	5	
<b>1. Visibilidad del estado del sistema</b>						
1.1. ¿El diseño muestra claramente las opciones seleccionadas por el usuario?	5	4	5	5	5	90.67%
1.2. ¿Los enlaces posibles de explorar están claramente señalados?	4	4	5	4	5	
1.3. ¿El usuario está siempre informado del estado del sistema?	5	5	4	4	4	
<b>2. Relación entre el sistema y el mundo real</b>						
2.1. ¿Las instrucciones son claras y amigable para el usuario	5	5	5	5	5	93.33%
2.2. ¿Los conceptos y palabras utilizadas son entendibles?	4	5	5	4	5	
2.3. ¿Los iconos e imágenes son de significado conocido?	5	5	4	4	4	
<b>3. Libertad y control por parte del usuario</b>						
3.1. ¿La navegación por el sistema es fácil y permite regresar al punto anterior?	5	5	5	4	5	92.00%
3.2. ¿Es fácil regresar a la página principal desde cualquier otra página?	5	4	5	4	5	
3.3. ¿Cuenta con botones para desplazarse entre las diferentes páginas?	5	5	4	4	4	
<b>4. Consistencia y estándares</b>						
4.1. ¿Existe congruencia entre el nombre de un enlace y la página al que se dirige?	5	4	5	5	5	90.67%
4.2. ¿Todos los enlaces del sistema muestran contenido?	4	4	5	4	5	
4.3. ¿Existe congruencia entre el título de una página y el contenido que muestra?	5	5	4	4	4	
<b>5. Prevención de errores</b>						
5.1. ¿Existen mensajes de advertencia que ayuden a prevenir errores?	5	5	4	5	5	92.00%
5.2. ¿El sistema es claro en la captura de información para prevenir errores?	5	5	5	4	4	
5.3. ¿El sistema está validado contra prueba y error ?	5	5	4	4	4	
<b>6. Reconocimiento antes que recuerdo</b>						
6.1. ¿Los iconos son fácilmente identificados?	5	4	4	5	5	89.33%
6.2. ¿Los enlaces pueden identificarse claramente?	5	5	4	4	4	
6.3. ¿El usuario identifica la página en la que se ubica en todo momento?	5	5	4	4	4	
<b>7. Flexibilidad y eficiencia de uso</b>						
7.1. ¿Los usuarios pueden seleccionar una tarea, por menú o con atajo del teclado ?	5	4	5	5	5	93.33%
7.2. ¿El sistema permite que los usuarios novicios utilicen una gramática de palabras claves y para los expertos una gramática posicional?	4	5	5	5	5	
7.3. ¿Los menús tienen asociadas palabras fáciles comprender y recordar?	5	5	4	4	4	
<b>8. Estética y diseño minimalista</b>						
8.1. ¿La información mostrada en cada página del sistema es relevante y útil ?	5	4	5	5	5	92.00%
8.2. ¿El contenido está bien distribuido y clasificado entre las páginas?	4	5	5	4	5	
8.3. ¿El contenido se muestra estético, atractivo y ordenado?	5	5	4	4	4	
<b>9. Ayuda y recuperación de errores</b>						
9.1. ¿Es fácil reconocer cuando ocurre un error de captura de la información?	5	4	4	5	5	90.67%
9.2. ¿Después que ocurre un error es fácil volver al sitio de origen?	4	5	5	4	5	
9.3. ¿El sistema muestra mecanismos de ayuda para solucionar los errores?	5	5	4	4	4	
<b>10.-Ayuda y documentación</b>						
10.1. ¿La ayuda es congruente con lo solicitado en la secuencia de las acciones del usuario?	5	4	5	5	5	92.00%
10.2. ¿Tras haber solicitado a la ayuda, pueden los usuarios continuar con sus actividades desde donde lo dejaron interrumpido ?	4	5	5	4	5	
10.3. ¿Se dispone de un menú de ayuda visible y que responda a toda la información solicitada?	5	5	4	4	4	

## RESULTADOS

En forma general la calificación otorgada por los expertos, fue del 91.60%, lo que representa una calificación de 4.58, ubicada entre “Muy bien” y “Excelente” de acuerdo a la escala likert, en donde 5.0 es la calificación más alta.

En el gráfico 1, se muestran las reglas heurísticas de mayor fortaleza del sistema de telemedicina, como son: la regla heurística No.2, “relación entre el sistema y el mundo real”, así como la regla heurística No.6, “flexibilidad y eficiencia de uso”. La regla que presenta mayores deficiencias es la regla heurística 6 denominada “Reconocimiento antes que recuerdo”.

Resultados de la evaluación de usabilidad del sistema de Telemedicia



Gráfico 1. Resultados de evaluación

## CONCLUSIONES

El artículo ha presentado el uso de un método de Evaluación Heurística de Nielsen enfocado en la usabilidad, evaluando el diseño de interfaz del sistema de telemedicina. Los resultados muestran que la calificación de los expertos se encuentra entre "muy bien" y "excelente", por lo que es muy aceptable. Sin embargo, es importante prestar atención en las reglas heurísticas que obtuvieron una calificación inferior a 9.0 como “reconocimiento antes que recuerdo”, ya que eso significa que los enlaces del sistema de telemedicina no son fácilmente identificados y que el usuario no localiza fácilmente la página en la que se ubica en el sistema.

## REFERENCIAS

- CENETEC. (2021). *Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. Infografía, acciones de telesalud en México*. Recuperado el 23 de 04 de 2023, de <https://cenetec-difusion.com/observatoriotelesalud/wp-content/uploads/2021/03/Acciones-de-Telesalud-en-Mexico-2020.pdf>
- CONEVAL. (2021). Recuperado el 23 de 04 de 2023, de [https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2021/COMUNICADO\\_009\\_MEDICION\\_POBREZA\\_2020.pdf](https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2021/COMUNICADO_009_MEDICION_POBREZA_2020.pdf)
- Cosoi, E. (Mayo de 2002). Telemedicina en el Mundo. *Rev. chilena de pediatría*, 73(3). doi:10.4067/S0370-41062002000300014
- Figuroa, R., Solis, C., & Cabrera, A. (2007). *Metodologías tradicionales vs metodologías ágiles*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/299503844\\_METODOLOGIAS\\_TRADICIONALES\\_VS\\_METODOLOGIAS\\_AGILES](https://www.researchgate.net/publication/299503844_METODOLOGIAS_TRADICIONALES_VS_METODOLOGIAS_AGILES)
- INEGI. (2020). *Censo Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825197520.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197520.pdf)
- Nielsen, J. (1995). How to conduct a heuristic evaluation. Obtenido de <https://www.ingenieriasimple.com/usabilidad/HeuristicEvaluation.pdf>
- Suárez Torrente, M. (2011). Sirius: sistema de evaluación de la usabilidad web orientado al usuario y basado en la determinación de tareas críticas. *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=22190>

**EmprendeCiencia es una publicación periódica avalada por el Centro de Innovación e Incubación Empresarial del Tecnológico Nacional de México Campus Pánuco, que brinda un espacio que sirve de foro para la difusión de los trabajos realizados en el área de Emprendedurismo, Desarrollo Empresarial, Desarrollo Tecnológico e Innovación Social.**

**Número de reserva de derechos al uso exclusivo  
04-2022-1104140615 00-102 ISSN 2954-5129**

