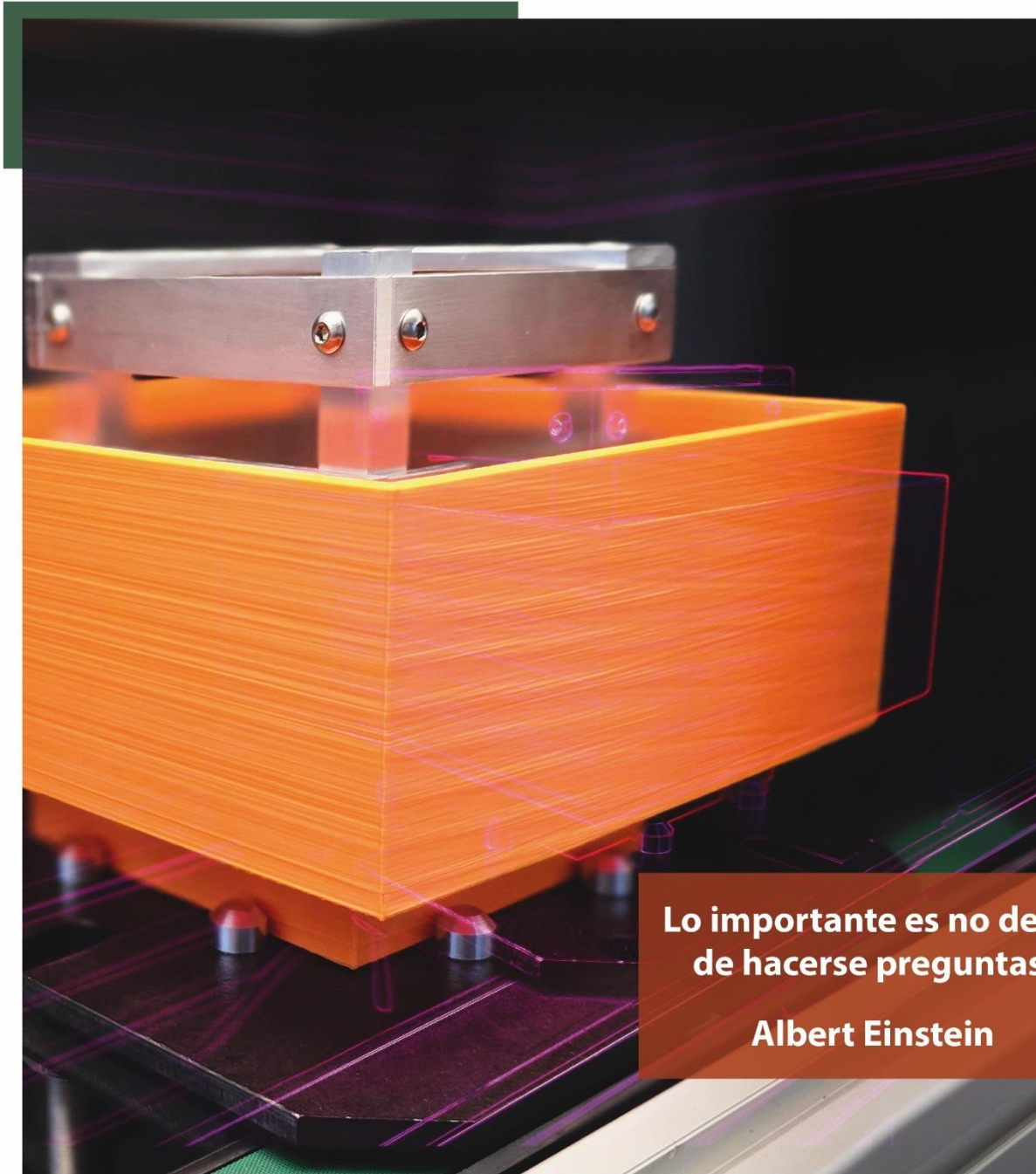


ReinvenTec

Revista de Ciencia y Tecnología del ITTLA

Número 2, 2024.



Lo importante es no dejar
de hacerse preguntas.

Albert Einstein



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
TLALNEPANTLA

Directorio

M.C. Silvia Santiago Cruz

Directora Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

Dr. Eric Hernández Castillo

Subdirector Académico

M.I.I. Jorge Aguirre Gutiérrez

Subdirector de Servicios Administrativos

Ing. Ofelia Verónica Méndez Lemus

Subdirectora de Planeación y Vinculación

Dr. Víctor Augusto Castellanos Escamilla

Jefe de Div. de Estudios de Posgrado e Investigación

Dr. Manuel Sabino Lazo Cortes

Editor Jefe

Dr. Alejandro Rodríguez Molina

Coordinación de Comité editorial

M.C. Iván Alexander Santos Cabrera

Coordinación de Edición técnica

Lic. Laura Quezada Mendoza

Jefe de Difusión y Comunicación

Lic. Cesar Michael Rodríguez Torres

Lic. Eduardo Maciel Jiménez

Diseño y fotografía de portada

Ing. Osmar Bárcenas Ríos

Jefe del Centro de Computo

Ing. Ernesto Ricardo Romero Luna

Diseño portal web

Comité de revisores:

- Luis Alberto Becerril Landero, CINVESTAV-IPN.
- Milagros Diez Rodríguez, Univ. de Camagüey, Cuba
- Yaineris Ferrán Yera, Universidad Autónoma de Guerrero
- Henry Raúl González Brito, Univ. de las Ciencias Informáticas, Cuba
- Vitali Herrera Semenets, CENATAV, Cuba
- Raúl López Esquivel, CINVESTAV-IPN.
- Anatolio Martínez Jiménez, Univ. Autónoma Metropolitana, México
- Iván Enrique Martínez Merlín, Tecnológico Nacional de México/IT Tlalnepantla
- José Antonio Otero Hernández, Inst. Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Vladimir Rodríguez Diez, Univ. de Camagüey, Cuba
- Ileané Ruiz Cruz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
- Esmeralda Uribe Lam, Inst. Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

ReinvenTec, número 2, marzo 2024, es una publicación semestral editada por el Tecnológico Nacional de México, Ave. Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, CDMX, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo d_vinculacion05@tecnm.mx, a través del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, Ave. Instituto Tecnológico s/n Col. La Comunidad C.P. 54070, Tlalnepantla de Baz, Edo Mex., teléfono 5555653099 Ext: 121. <https://reinventec.tlalnepantla.tecnm.mx>. Email: revista@tlalnepantla.tecnm.mx, Editor Responsable: Manuel S. Lazo Cortés. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-090714535600-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Comunicación y Difusión, Laura Quezada Mendoza, Ave. Instituto Tecnológico s/n Col. La Comunidad C.P. 54070, Tlalnepantla de Baz, Edo Mex., México. Fecha de la última modificación: 23 de enero de 2024.

Queda prohibida la reproducción total o parcial en cualquier medio, del contenido de la presente revista electrónica, sin contar con la autorización del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla.

© Todos los derechos reservados.

Editorial



Presentamos a nuestros lectores este segundo número de ReinvenTec. Revista de Ciencia y Tecnología del ITTLA. Paso a paso la revista sigue en camino hacia su consolidación. En este ejemplar, además de trabajos desarrollados en el ITTLA, se incluyen artículos de distintas instituciones mexicanas como: el Instituto Tecnológico de Salina Cruz, la Universidad Iberoamericana, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y el Centro de Investigaciones en Matemáticas; así como del Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada de La Habana, Cuba.

Nuestra revista ya es material de consulta en el ámbito nacional e internacional, pues desde su primer número está referenciada en Google Académico, y su equipo de trabajo prosigue con los esfuerzos para aumentar esa visibilidad, a través de otros sistemas de

información para el acceso y la difusión de la producción científica.

En el segundo número de ReinvenTec sus lectores encontrarán trabajos relacionados con la ciberseguridad y sus vínculos con la inteligencia artificial y la ciencia de datos, tema de gran relevancia en la actualidad. Y como la ciencia de los materiales es una línea importante en nuestra revista, podrán conocer acerca de las nanoarquitecturas fotocatalíticas sobre arcilla y sus aplicaciones en temas relacionados con la protección del medioambiente, en particular la descontaminación del agua.

También podrán adentrarse en el conocimiento del grafeno, material con propiedades excepcionales, descubierto en 2004, y vinculado a un premio Nobel, que ha generado gran interés en la comunidad científica y tecnológica debido a su promesa de revolucionar numerosos campos. También en esta misma línea de la ciencia y la tecnología de los materiales, se incluyen trabajos relacionados con el estudio de la corrosión, la luminiscencia y otras propiedades.

Este número incluye además los resultados de una investigación acerca de las habilidades comunicativas y su papel en la formación académica y el desempeño laboral. Asimismo, se presentan dos trabajos sobre sistemas de control automático, incluyendo los resultados de una investigación en torno a la aplicación de un sistema para la alimentación del camarón.

Estamos muy agradecidos con las y los especialistas que han dedicado parte de su valioso tiempo en la revisión de los trabajos enviados a la revista. Su esfuerzo ha servido para sostener y elevar la calidad de lo que publicamos. Recibimos apoyo de especialistas de muy variadas instituciones, sus nombres y filiaciones las puede ver en el reverso de portada de esta edición. A todas y todos, ¡muchas gracias!

Para concluir, queda abierta la invitación a recorrer las páginas de este número, y el exhorto a participar con sus colaboraciones. ¡ReinvenTec está lista para difundirlas!

M.C. Silvia Santiago Cruz
Directora del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla

Índice

La inteligencia artificial en la ciberseguridad	1
Nanoarquitecturas en arcillas: ¿qué son y para qué sirven?	6
Explorando las maravillas del grafeno y derivados	10
Alimentador flotante automatizado para camarón blanco	16
Habilidades comunicativas y su relación con la formación académica y el desempeño laboral	22
Defendiendo el futuro digital: Introducción a la ciberseguridad y la ciencia de datos	27
Control del voltaje de offset en la implementación de sensores analógicos con sistemas embebidos	31
Análisis anticorrosivo de recubrimientos de óxidos metálicos monocapa y/o multicapa sobre sustratos metálicos previamente borurados	38
Síntesis y caracterización de electrodos de óxidos metálicos para la generación fotoelectroquímica de hidrógeno	39
Caracterización de materiales luminiscentes con emisión blanca de alta eficiencia basados en haluros de cobre sintetizados por técnicas de bajo costo	40
Síntesis de óxido de Grafeno, Material del Futuro con aplicaciones en nuevas tecnologías	41
Instrucciones para los autores	42

La inteligencia artificial en la ciberseguridad

Lázaro Bustio Martínez¹, Vitali Herrera-Semenets², Miguel A. Álvarez-Carmona^{3*}, Jorge A. González-Ordiano¹

Resumen: En este artículo se explora el vínculo histórico entre la Inteligencia Artificial (IA) y la ciberseguridad, destacando la evolución desde sistemas estáticos hasta soluciones proactivas. Se examinan las contribuciones clave de la IA en la detección temprana de amenazas cibernéticas, enfatizando su papel en la identificación de phishing y malware. Se abordan las implicaciones éticas y de privacidad, así como las regulaciones legales asociadas con la implementación de la IA en este campo. Además, se vislumbra el futuro de la IA en la ciberseguridad, señalando desafíos y oportunidades para el desarrollo de sistemas más predictivos y su integración con tecnologías emergentes. Este resumen destaca la importancia crítica de la IA en la protección de sistemas digitales en un entorno dinámico y en evolución constante.

Palabras claves: Ciberseguridad, Inteligencia Artificial en seguridad, Protección de información digital

I. INTRODUCCIÓN

En la era digital actual, la protección de datos adquiere una relevancia central y apremiante. El constante flujo de información y la interconexión global de dispositivos generan un escenario donde la seguridad de los datos personales se vuelve prioritaria. En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como un pilar esencial en la salvaguarda de la información en un entorno dinámico e interconectado [1]. La capacidad de la IA para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y comportamientos anómalos es clave en la detección temprana de amenazas. Además, su capacidad predictiva y adaptativa permite anticiparse a nuevos tipos de ataques cibernéticos, brindando una defensa proactiva en un escenario donde las tácticas maliciosas evolucionan constantemente. Asimismo, la capacidad de la IA para analizar datos en tiempo real y tomar decisiones precisas y rápidas refuerza su posición como un elemento esencial en la protección de información sensible en un entorno digital en constante cambio y expansión.

Este artículo se enfoca en el ámbito de la ciberseguridad, enfatizando el papel crucial que desempeña la IA. Desde su habilidad excepcional para identificar patrones de comportamiento anómalo hasta su capacidad para prever y contrarrestar amenazas como el phishing o el malware, la IA se consolida como una herramienta indispensable en la protección contra ataques cibernéticos. Independientemente de su utilidad práctica, resulta imperativo reflexionar sobre las implicaciones

éticas de utilizar la IA para proteger o procesar información sensible, tales como direcciones de email o electrónicas, datos fiscales o bancarios entre otras, las que podrían ser empleadas en suplantaciones de identidad [2]. La transparencia y la responsabilidad en el uso de esta tecnología se convierten en temas centrales para asegurar su implementación ética y eficiente, especialmente en un entorno donde la privacidad y la integridad de los datos son pilares fundamentales para mantener la confianza en el ámbito digital.

Además, en este artículo se proyecta el futuro de la IA en ciberseguridad. La continua evolución tecnológica plantea nuevos desafíos y oportunidades. En este sentido, se ofrecen consejos prácticos a los lectores con el fin de fomentar una comprensión accesible de la IA en la protección de datos en línea, fortaleciendo así la seguridad digital en un entorno en constante transformación.

Las principales contribuciones del presente artículo de divulgación son:

1. Destacar el vínculo y desarrollo históricos entre la IA y la ciberseguridad.
2. Describir las contribuciones clave de la IA en la detección de amenazas cibernéticas.
3. Presentar las implicaciones éticas y de privacidad que trae el uso la IA para la ciberseguridad.
4. Concientizar sobre el futuro de la IA en la ciberseguridad.

II. VINCULACIÓN HISTÓRICA ENTRE LA IA Y LA CIBERSEGURIDAD

La historia de la IA en la ciberseguridad ha sido una progresión marcada por avances tecnológicos significativos y una evolución constante en la forma en que la IA se ha integrado en la protección de sistemas digitales [3]. Los primeros intentos de aplicar la IA en la ciberseguridad se remontan a la década de 1980, cuando se introdujeron sistemas de detección de intrusiones (IDS) basados en reglas específicas. Uno de los ejemplos notables fue el programa de detección de virus Raptor, que utilizaba patrones específicos para identificar malware [4]. Sin embargo, estos sistemas buscaban patrones predefinidos de comportamiento malicioso por lo que estaban limitados en su capacidad para adaptarse a las amenazas emergentes [3]. Cabe mencionar que los sistemas de detección de intrusos son considerados “sistemas bajo ataque”, donde los atacantes modifican la forma de llevar a cabo sus acciones maliciosas con el propósito de hacer fallar el sistema de detección. Este hecho

Artículo de divulgación

Fecha de envío: (24/11/2023)

Fecha de aceptación: (07/02/2024)

¹ {lazaro.bustio.jorge.gonzalez}@ibero.mx Universidad Iberoamericana, Ciudad de México, México.

² vherreira@cenatav.co.cu Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada, La Habana, Cuba.

³ miguel.alvarez@cimat.mx Centro de Investigaciones en Matemática, Monterrey, México.

repercute directamente en los datos asociados al ataque, haciéndolos cambiar constantemente. Este comportamiento, en la literatura, se conoce como cambio de concepto y es la razón fundamental por la cual los IDS deben estar diseñados para adaptarse a los cambios en los datos, actualizando sus patrones o modelos entrenados periódicamente para preservar su eficacia en el tiempo. Aquí se debe hacer un uso intensivo de la IA para lograr este fin.

En la década de 1990, con la expansión de Internet, surgió la necesidad de sistemas más adaptables y ágiles. La IA empezó a incorporar algoritmos de aprendizaje automático en la detección de amenazas. Esto permitió a los sistemas aprender de datos históricos, identificar patrones complejos y, crucialmente, adaptarse a los nuevos riesgos cibernéticos [3]. Un ejemplo de estos avances fue el desarrollo del antivirus Norton, que incorporó técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones y comportamientos sospechosos en los programas. Esta evolución permitió a los sistemas de seguridad adaptarse a nuevas amenazas, mejorando su eficacia. A medida que los ataques se volvían más sofisticados, la IA se convirtió en un recurso valioso para anticipar y responder a estas amenazas.

Con el cambio de siglo, dado el crecimiento exponencial de los datos y la digitalización, el enfoque se amplió hacia la detección de anomalías. La IA, impulsada por el aprendizaje automático y el análisis de grandes conjuntos de datos, permitió identificar comportamientos anómalos y prevenir posibles ataques cibernéticos de manera más proactiva. Un ejemplo fue la implementación de sistemas de detección de intrusiones basados en redes neuronales, como NEUROIDS, que identificaban comportamientos anómalos en la red. Esta integración de la IA permitió una detección más temprana de actividades maliciosas, brindando una capa adicional de seguridad [5].

En la última década, la IA ha dado paso a un paradigma de seguridad más predictivo y proactivo. Los sistemas de IA ahora tienen la capacidad de predecir vulnerabilidades potenciales y neutralizar ataques en tiempo real. Esto ha llevado al desarrollo de sistemas avanzados de detección y respuesta automatizada, donde la IA es capaz de tomar decisiones independientes para contener y contrarrestar amenazas incluso antes de que se materialicen. Ejemplos como IBM Watson para la seguridad cibernética han demostrado cómo la IA puede anticiparse y neutralizar amenazas en tiempo real, incluso antes de que ocurran, mediante el análisis de datos en tiempo real y la toma de decisiones autónomas para proteger sistemas críticos [3,6].

Esta evolución histórica ha transformado la forma en que se aborda la ciberseguridad, convirtiendo a la IA en un componente fundamental para la protección de sistemas digitales. La continua investigación y colaboración entre expertos en IA y ciberseguridad han sido cruciales para desarrollar sistemas más adaptables, inteligentes y éticos en un entorno digital en constante evolución.

III. LA IA DEL LADO DEL MAL

La IA está revolucionando la forma en que se genera contenido, y entre sus aplicaciones más preocupantes se

encuentran los Deep Fakes. Estos son contenidos manipulados por IA que alteran imágenes, audios o videos, creando representaciones que parecen auténticas, pero son completamente falsas [6]. Un ejemplo impactante de esto ocurrió en 2019, cuando un grupo de investigadores y cineastas británicos utilizó inteligencia artificial para crear un video aparentemente auténtico del político británico Boris Johnson y el líder laborista Jeremy Corbyn, ambos apoyando a un tercero en las elecciones. Aunque este video ficticio se compartió en redes sociales con fines de conciencia pública sobre los Deep Fakes y no con intenciones maliciosas, generó preocupación sobre la capacidad de la IA para generar contenido convincentemente falso. Su difusión resaltó la amenaza potencial de estas tecnologías en la desinformación y la manipulación política [8].

La existencia de Deep Fakes plantea desafíos sustanciales en el ámbito de la ciberseguridad. Además de la manipulación de información crítica, estos contenidos pueden difamar a individuos o instituciones, y representan una amenaza para la privacidad al involucrar datos personales en contenido falso. Este tipo de manipulación también puede ser explotado en ataques de ingeniería social, utilizándolos para engañar a personas y obtener acceso no autorizado a sistemas o información confidencial [7].

La sofisticación en la creación de Deep Fakes dificulta la verificación de la autenticidad de los datos, lo que plantea desafíos para la confianza en sistemas que dependen de la autenticación de información. Por esta razón, el desarrollo de contramedidas y sistemas de detección capaces de identificar y mitigar la propagación de Deep Fakes se ha convertido en una prioridad en el campo de la ciberseguridad. La investigación continua y la colaboración entre expertos en IA y ciberseguridad son fundamentales para abordar este creciente desafío y reducir su impacto en la confianza y seguridad en línea [7].

El uso de chatbots, como ChatGPT [9], ha tenido un auge en los últimos tiempos por los beneficios que ofrece a sus usuarios como puede ser escribir poemas, historias, programas informáticos, entre otras facilidades. Sin embargo, los ciberdelincuentes han explorado cómo podrían sacar provecho del fenómeno. FraudGPT [10] es un ejemplo reciente de ello. FraudGPT es un producto vendido en la web oscura y Telegram que funciona de manera similar a ChatGPT pero crea contenido para facilitar los ciberataques. Un punto de venta importante fue que FraudGPT no tiene controles ni limitaciones integrados que impidan que ChatGPT realice o responda solicitudes inapropiadas. De esta manera, se hace posible crear código malicioso, páginas de phishing y buscar vulnerabilidades de forma sencilla.

IV. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA DETECCIÓN Y NEUTRALIZACIÓN DE AMENAZAS CIBERNÉTICAS

La IA ha transformado la seguridad cibernética al ser capaz de identificar patrones de comportamiento anómalo en grandes conjuntos de datos, anticipando y neutralizando riesgos antes de que se conviertan en amenazas reales [2]. Estos algoritmos, tales como las redes neuronales o los algoritmos de aprendizaje profundo, procesan extensos volúmenes de datos, identificando pautas sutiles y comportamientos inusuales que podrían indicar

una amenaza potencial [11].

Las redes neuronales son un componente clave en la IA y se inspiran en el funcionamiento del cerebro humano. Están compuestas por nodos interconectados que forman capas, donde cada nodo realiza operaciones matemáticas para procesar información y transmitir señales a lo largo de la red. En el contexto de la ciberseguridad, las redes neuronales pueden analizar múltiples capas de información para reconocer patrones complejos y no lineales, permitiendo detectar actividades sospechosas en el tráfico de red o en los comportamientos de usuarios, aspectos que podrían pasar desapercibidos para sistemas convencionales.

Los algoritmos de aprendizaje profundo son una clase de algoritmos de IA que utilizan redes neuronales con múltiples capas para aprender representaciones de datos con múltiples niveles de abstracción. Estos algoritmos, también conocidos como Deep Learning, permiten a la IA procesar y comprender datos más complejos, detectando incluso las anomalías más sutiles en los patrones de comportamiento. Esta capacidad de adaptación y aprendizaje continuo de la IA, impulsada por estos algoritmos avanzados, la posiciona como una herramienta esencial en la identificación anticipada y neutralización de amenazas cibernéticas, ofreciendo una defensa proactiva en un entorno digital en constante evolución [12].

En la detección temprana de amenazas, como el phishing y el malware, la IA ha demostrado ser altamente efectiva. El phishing es un intento fraudulento de obtener información confidencial, como contraseñas o detalles financieros, haciéndose pasar por una entidad legítima en comunicaciones electrónicas. En el caso del phishing, la IA examina patrones de correos electrónicos o comportamientos de navegación sospechosos, reduciendo significativamente la efectividad de estos ataques al identificarlos antes de llegar a los usuarios. Empresas de tecnología, como Alphabet, utilizan sistemas de IA en sus servicios de correo electrónico para detectar posibles intentos de phishing, marcando mensajes sospechosos o bloqueando enlaces maliciosos que puedan dirigir a páginas fraudulentas para robar datos sensibles. Por otro lado, el malware, término que hace referencia a programas maliciosos, es detectado por la IA mediante el análisis del código y el comportamiento para prevenir su ejecución, proporcionando una defensa proactiva al neutralizar amenazas antes de que se actualicen las bases de datos de virus. La capacidad de la IA para anticiparse a nuevas amenazas, reconocer desviaciones inusuales y adaptarse constantemente, la consolida como una herramienta indispensable en la protección de sistemas digitales en un entorno en constante evolución [12].

V. IMPLICACIONES ÉTICAS Y CONSIDERACIONES DE PRIVACIDAD EN LA CIBERSEGURIDAD

El avance de la IA en la protección de datos sensibles plantea cuestiones éticas fundamentales que requieren un análisis detenido. La capacidad de la IA para procesar información delicada y personal ha suscitado preocupaciones sobre la privacidad y la ética en su aplicación. Es esencial considerar cómo se recopilan, almacenan y utilizan estos datos, así como quién tiene acceso a ellos. Este debate se centra en garantizar la

privacidad del individuo mientras se aprovechan los beneficios de la IA en la seguridad digital. Además, el uso creciente de la IA en los sistemas judiciales plantea cuestiones sobre cómo se recopilan, almacenan y utilizan los datos, así como quién tiene acceso a ellos. Los ataques de envenenamiento de información, una nueva vulnerabilidad sin resolver en la IA, consisten en la introducción de datos de formación que hacen que un proceso de aprendizaje automatizado cometa errores. Incluso cuando los datos son representativos, las personas encargadas del entrenamiento pueden, sin quererlo, transmitir sus propios prejuicios al algoritmo e influir en los resultados. Estos ejemplos subrayan la importancia de considerar cómo se recopilan, almacenan y utilizan los datos, así como quién tiene acceso a ellos, para garantizar la privacidad del individuo mientras se aprovechan los beneficios de la IA en la seguridad digital [1].

La transparencia y la responsabilidad son fundamentales en la implementación de la IA en la ciberseguridad. Por ejemplo, en la transformación digital, la transparencia permite a las organizaciones utilizar datos para tomar decisiones más rápidas y mejores, fomenta a los empleados a desafiar el *status quo* y promueve la experimentación y el aprendizaje continuos. En los proyectos de IA, la transparencia significa comunicar por qué se eligió una solución de IA, cómo se diseñó y desarrolló, en qué bases se implementó, cómo se supervisa y actualiza, y las condiciones bajo las cuales puede ser retirada.

Por otro lado, los desarrolladores de IA tienen una responsabilidad única de diseñar sistemas que sean robustos y resistentes contra el mal uso. Técnicas como la privacidad diferencial y el aprendizaje federado pueden ser utilizadas para proteger los datos.

La privacidad diferencial es un enfoque que proporciona privacidad mientras se comparte información sobre un grupo de individuos, describiendo los patrones dentro del grupo sin revelar información sobre individuos específicos. Esto se logra haciendo cambios arbitrariamente pequeños a los datos individuales que no cambian las estadísticas de interés. De esta manera, los datos no pueden ser utilizados para inferir mucho sobre cualquier individuo [13].

Por otro lado, el aprendizaje federado es una técnica de aprendizaje automático que entrena un algoritmo a través de múltiples sesiones independientes, cada una utilizando su propio conjunto de datos. Este enfoque se contrapone a las técnicas de aprendizaje automático centralizadas tradicionales donde los conjuntos de datos locales se fusionan en una sola sesión de entrenamiento. El aprendizaje federado permite a múltiples actores construir un modelo de aprendizaje automático común y robusto sin compartir datos, abordando así cuestiones críticas como la privacidad de los datos, la seguridad de los datos, los derechos de acceso a los datos y el acceso a datos heterogéneos [14].

1. Regulaciones Legales en la Ética de la IA en Ciberseguridad

Las preocupaciones éticas en el uso de la IA en general, y en el uso de esta en ciberseguridad en particular, han llevado a la implementación de regulaciones legales que buscan garantizar su aplicación responsable y ética. En varios países y regiones, se han introducido marcos regulatorios específicos para

supervisar el desarrollo y la utilización de sistemas de IA en entornos de seguridad digital [15].

Un ejemplo destacado es el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en la Unión Europea, que establece directrices claras sobre la protección de datos personales y la privacidad de los individuos. Esta regulación afecta directamente a las empresas que utilizan la IA en la ciberseguridad, exigiendo transparencia en el uso de datos y solicitando consentimiento explícito para recopilar información sensible [16].

Asimismo, en países como Estados Unidos, se han propuesto legislaciones y directrices similares, como la Ley de Privacidad del Consumidor de California (CCPA), que otorga a los consumidores el derecho a saber qué información se recopila sobre ellos y cómo se utiliza, ofreciendo la opción de optar por no participar en la recopilación y venta de sus datos personales [17].

Estas regulaciones buscan equilibrar la necesidad de seguridad cibernética con la protección de la privacidad individual. Sin embargo, a medida que la IA evoluciona rápidamente, se enfrenta al desafío constante de adaptar las regulaciones existentes para abordar nuevas aplicaciones y riesgos emergentes, lo que destaca la importancia continua de la revisión y actualización de las políticas legales en este campo.

VI. EL FUTURO DE LA IA EN CIBERSEGURIDAD

La IA está jugando y jugará un papel crucial en el futuro de la ciberseguridad. Las predicciones más conservadoras en esta área sugieren un panorama de continua innovación y avance tecnológico en ciberseguridad dado el desarrollo esperado de la web y sobre todo con el impulso que le está dando la Internet de las Cosas. La IA evolucionará hacia la mejora de su capacidad predictiva y adaptativa, permitiendo una detección más precisa y temprana de amenazas digitales.

Una de las líneas de desarrollo más prometedoras de la IA en ciberseguridad es la aplicación de la primera en la identificación de ataques sofisticados y en la anticipación de tácticas de ciberdelincuentes. Se está trabajando en el desarrollo de IAs que logren una comprensión más profunda de los patrones de comportamiento malicioso y pueda detectar actividades anómalas de manera más ágil, incluso en entornos donde las tácticas de ataque evolucionan constantemente. Un ejemplo de lo desarrollado hasta el momento es el sistema de detección de intrusiones de IBM, conocido como QRadar, que utiliza la IA para detectar comportamientos anómalos en tiempo real y neutralizar amenazas antes de que puedan causar daño. Este tipo de desarrollos es especialmente útil en la vigilancia del tráfico de red para prevenir ataques desconocidos hasta el momento (ataques de día cero).

Se requiere que la IA no solo detecte, sino que también responda a las amenazas de manera autónoma. Esto implica el desarrollo de sistemas inteligentes con capacidades de aprendizaje profundo y toma de decisiones independientes. Tales sistemas podrían bloquear el acceso de un usuario o dispositivo a la red, aislar partes comprometidas para contener amenazas o incluso parchear automáticamente vulnerabilidades conocidas. No obstante, todo este proceso debe llevarse a cabo con supervisión humana para asegurar decisiones correctas y

éticas. Esta tarea involucra la colaboración entre expertos en ciberseguridad, científicos de datos e ingenieros de IA para crear algoritmos confiables y éticos capaces de tomar decisiones precisas en tiempo real y proteger activamente los sistemas contra amenazas. Un ejemplo prominente en este sentido es el sistema autónomo de respuesta a incidentes de ciberseguridad de Darktrace [18], que utiliza la IA para tomar decisiones sobre cómo responder a amenazas en tiempo real.

Además, con el avance del aprendizaje automático, la IA será capaz de aprender de los ataques pasados y adaptarse a nuevas amenazas. Un ejemplo de esto es el sistema de protección contra amenazas avanzadas de FireEye [19], que utiliza el aprendizaje automático para adaptarse a las tácticas cambiantes de los ciberdelincuentes.

No obstante, estos avances también conllevan desafíos. La sofisticación de las amenazas cibernéticas exigirá una constante actualización y adaptación de los sistemas de IA para contrarrestarlas. La complejidad de los ataques y la necesidad de interpretar contextos cambiantes podrían plantear obstáculos en la eficacia de los sistemas de IA. Además, la creciente dependencia de la IA en la ciberseguridad podría aumentar la superficie de ataque, donde los propios sistemas de IA podrían ser objetivos de ataques cibernéticos. Proteger la integridad y seguridad de los sistemas de IA se convierte en un desafío crítico para garantizar la fiabilidad de la defensa cibernética. Uno de estos desafíos es la falta de datos de entrenamiento. Para que la IA sea efectiva en la detección de amenazas, necesita una gran cantidad de datos de entrenamiento. La falta de estos datos, o el etiquetado descuidado o malintencionado, puede limitar la efectividad de la IA. Otro desafío es el de los ataques adversarios. Los ciberdelincuentes pueden utilizar técnicas de aprendizaje automático para crear ataques que la IA no pueda detectar. Un ejemplo de esto es el uso de ataques de adversarios generativos (Generative Adversarial Network, GANs) para crear malware que puede evadir la detección de la IA [20].

Sin embargo, estas dificultades también abren oportunidades para innovaciones en la IA. Se prevé el desarrollo de modelos de IA más robustos, capaces de aprender de manera continua y adaptarse a entornos altamente dinámicos. La integración de la IA con otras tecnologías emergentes, como el aprendizaje federado o la computación en la nube, podría fortalecer aún más las defensas cibernéticas.

La evolución tecnológica constante demanda una comprensión más accesible de la IA en la protección de datos. Para lograrlo, es crucial promover la educación sobre el papel específico de la IA en este ámbito mediante programas educativos claros y recursos que simplifiquen conceptos complejos.

La transparencia en el uso de la IA es fundamental; las organizaciones deben explicar de manera clara cómo se utilizan y procesan los datos, enfatizando el papel de la IA en este proceso. Facilitar la interacción con sistemas de IA a través de interfaces intuitivas y explicar las decisiones tomadas por estos sistemas contribuirá a generar confianza entre los usuarios. Además, se requiere un enfoque continuo en la investigación y desarrollo de soluciones de IA para la protección de datos, evaluando riesgos, adaptándose a nuevas amenazas y garantizando estándares éticos y normativas claras. Esta combinación de esfuerzos, desde la educación hasta la colaboración y el desarrollo ético, fortalecerá la seguridad digital en un entorno en constante transformación.

VII. CONCLUSIONES

La inserción de la IA en la seguridad informática representa un hito fundamental en la salvaguarda de la información en un universo digital interconectado. La capacidad de los algoritmos de IA para detectar irregularidades, prever riesgos y contrarrestar incidentes como el phishing y el malware ha cimentado su rol crucial en la protección proactiva de los entornos digitales.

No obstante, estos avances plantean dilemas éticos y de privacidad. La inquietud por la transparencia y la responsabilidad en el uso de la IA en la protección de datos subraya la urgencia de aplicarla con un enfoque ético. Estrategias como la privacidad diferencial y el aprendizaje federado surgen como soluciones para resguardar la privacidad en el manejo de datos sensibles.

Legislaciones como el Reglamento General de Protección de Datos en la Unión Europea y la Ley de Privacidad del Consumidor de California en Estados Unidos procuran armonizar la seguridad cibernética con la salvaguarda de la privacidad individual. Sin embargo, enfrentan el desafío constante de adaptarse al veloz desarrollo de la IA.

El porvenir de la IA en la ciberseguridad augura notables avances. Se anticipa un progreso continuo en su capacidad predictiva y adaptable, así como en su autonomía para detectar y responder a amenazas cibernéticas. La colaboración multidisciplinaria entre expertos en IA y seguridad informática será crucial para afrontar desafíos emergentes, como la escasez de datos para entrenamiento y los ataques adversarios, y para robustecer los sistemas de IA en un entorno digital dinámico.

El rol central de la IA en la seguridad informática seguirá evolucionando, y su aptitud para aprender de ataques previos y adaptarse a nuevas amenazas promete una defensa más sólida y adaptable en el continuamente cambiante mundo digital.

REFERENCIAS

- [1] M. Taddeo, T. McCutcheon, and L. Floridi, "Trusting artificial intelligence in cybersecurity is a double-edged sword," *Nat Mach Intell*, vol. 1, pp. 557–560, 2019. DOI: 10.1038/s42256-019-0109-1.
- [2] M. Gupta, C. Akiri, K. Aryal, E. Parker and L. Praharaaj, "From ChatGPT to ThreatGPT: Impact of Generative AI in Cybersecurity and Privacy," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 80218-80245, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3300381
- [3] R. Kaur, D. Gabrijelčić, and T. Klobučar, "Artificial intelligence for cybersecurity: Literature review and future research directions," *Information Fusion*, vol. 97, pp. 101804, 2023. DOI: 10.1016/j.inffus.2023.101804.
- [4] J. Ruiz Ruiz, "Detección de Malware, Métodos Estadísticos y Machine Learning," Trabajo Fin de Máster, Seguridad de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, Universitat Oberta de Catalunya, 2018-2019. [Online]. Available: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/89547/6/jaruizrTFM0119m%20emoria.pdf>.
- [5] A. Heidari and M. A. Jabraeil Jamali, "Internet of Things intrusion detection systems: a comprehensive review and future directions," *Cluster Comput*, vol. 26, pp. 3753–3780, 2023. DOI: 10.1007/s10586-022-03776-z.
- [6] M. F. Ansari, B. Dash, P. Sharma, and N. Yathiraju, "The Impact and Limitations of Artificial Intelligence in Cybersecurity: A Literature Review," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 2022. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4323317>.
- [7] G. Ruffo, A. Semeraro, A. Giachanou, and P. Rosso, "Studying fake news spreading, polarisation dynamics, and manipulation by bots: A tale of networks and language," *Computer Science Review*, vol. 47, pp. 100531, 2023. DOI: 10.1016/j.cosrev.2022.100531.
- [8] D. Alford, "I'm the voice of DeepFake Boris Johnson," [Online]. Available: <https://www.darrenaltman.com/deepfake-boris-johnson/>.
- [9] OpenAI, "ChatGPT (Jan 05 2023 version)," 2023. [Online]. Available: <https://chat.openai.com/chat>.
- [10] P. V. Falade, "Decoding the Threat Landscape: ChatGPT, FraudGPT, and WormGPT in Social Engineering Attacks," *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, vol. 23, no. 9, pp. 185–198, October 2023. DOI: 10.32628/cseit2390533.
- [11] Chakraborty, A., Biswas, A., Khan, A.K. (2023). Artificial Intelligence for Cybersecurity: Threats, Attacks and Mitigation. In: Biswas, A., Semwal, V.B., Singh, D. (eds) Artificial Intelligence for Societal Issues. Intelligent Systems Reference Library, vol. 231. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12419-8_1
- [12] S. Qureshi et al., "A Hybrid DL-Based Detection Mechanism for Cyber Threats in Secure Networks," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 73938-73947, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3081069.
- [13] M. U. Hassan, M. H. Rehmani, and J. Chen, "Differential Privacy Techniques for Cyber Physical Systems: A Survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 1, pp. 746-789, Firstquarter 2020. DOI: 10.1109/COMST.2019.2944748.
- [14] C. Zhang et al., "A survey on federated learning," *Knowledge-Based Systems*, vol. 216, pp. 106775, 2021. DOI: 10.1016/j.knsys.2021.106775.
- [15] N. E. Fard, R. R. Selmic and K. Khorasani, "A Review of Techniques and Policies on Cybersecurity Using Artificial Intelligence and Reinforcement Learning Algorithms," in *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 42, no. 3, pp. 57-68, Sept. 2023, doi: 10.1109/MTS.2023.3306540.
- [16] Parlamento Europeo y del Consejo, "Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)," *Diario Oficial de la Unión Europea*, 2016. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679>.
- [17] Ley de Privacidad del Consumidor de California (CCPA), 2020. En *Microsoft Compliance* [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/compliance/regulatory/offering-ccpa>.
- [18] Darktrace, "Cyber AI: The world's first self-learning cybersecurity platform," 2023. [Online]. Available: <https://phys.org/news/2023-07-korean-team-room-temperature-ambient-pressure-superconductor.html>.
- [19] Broadcom Inc., 2023. [Online]. Available: <https://phys.org/news/2023-07-korean-team-room-temperature-ambient-pressure-superconductor.html>.
- [20] A. Creswell et al., "Generative Adversarial Networks: An Overview," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 35, no. 1, pp. 53-65, Jan. 2018. DOI: 10.1109/MSP.2017.2765202.

Nanoarquitecturas en arcillas: ¿qué son y para qué sirven?

Celia Massiel Hernández Hernández^{1*}, Axel Cano López¹, Fortino Fabián Estrada Martínez¹, Dulce Viridiana Melo Máximo²

Resumen: La contaminación ambiental se ha vuelto uno de los temas más recurrentes en la sociedad por lo que el ámbito científico se ha dado a la tarea de buscar soluciones alternativas a las ya existentes. El presente artículo pretende describir de manera simple y concreta una de las alternativas propuestas por el medio científico más actuales para luchar contra la eliminación de algunos contaminantes presentes en el agua haciendo uso de tecnologías avanzadas como la nanotecnología, además de explicar sencillamente el proceso que se lleva a cabo durante la descontaminación y los logros obtenidos en estas investigaciones de alto impacto.

Palabras claves: contaminación del agua, nanotecnología, nanoarquitecturas.

Entre las muchas preocupaciones mundiales hoy en día se encuentra la crisis energética, el calentamiento global y la contaminación en general. Una de las contaminaciones con mayor afección a nivel mundial es la contaminación del agua, pero ¿cómo es que aumentan estos contaminantes?



Fig. 1 Descargas irregulares.

Las descargas irregulares de los desechos industriales hacia diversos cuerpos de agua han aumentado considerablemente los contaminantes presentes en ella, se pueden encontrar microorganismos, desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas, metales pesados, colorantes, fármacos, etc.

Es por ello que la generación de materiales basados en ideas revolucionarias mediante el uso

de tecnologías avanzadas se ha vuelto eficiente en la solución de esta problemática.

Una de las tecnologías que ha tomado gran auge es la nanotecnología. Esta rama de la ciencia es capaz de manipular la materia en una escala casi atómica creando nuevas estructuras con propiedades fascinantes. Un nanómetro corresponde a una mil millonésima parte de un metro, lo que es igual a dividir un milímetro un millón de veces.

Las estructuras que se generan en estas dimensiones se vuelven interesantes por los efectos que crean en los materiales en las que son utilizadas.

Entonces, ¿cómo ayuda la nanotecnología en la descontaminación del agua?, gracias a las nanoarquitecturas y sus efectos fotocatalíticos.

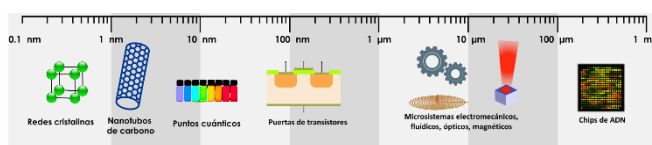


Fig. 2 Escala de milímetros a nanómetros.

Existe un proceso que por efecto de la luz u otras fuentes de energía radiante acelera la velocidad de reacciones químicas, esto se conoce como “fotocatálisis”.

El proceso de fotocatalisis se lleva a cabo sobre una superficie sólida que contiene un material con propiedades especiales que reacciona y rompe enlaces de moléculas complejas (sustancias contaminantes). De manera simplificada las sustancias contaminantes interactúan sobre la superficie fotocatalítica cuando se mantiene bajo una fuente irradiante y se transforman en compuestos no tóxicos.

Para poder obtener una superficie fotocatalítica es necesario

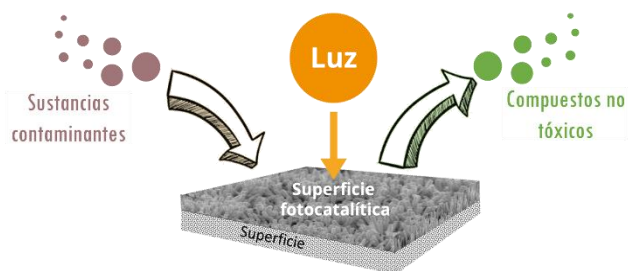


Fig. 3 Proceso de fotocatalisis.

emplear materiales semiconductores, estos materiales interactúan durante el proceso de fotocatalisis ocurriendo reacciones de oxidación al generar huecos fotogenerados por el movimiento de electrones entre la banda de valencia y la banda

Artículo de divulgación

Fecha de envío: (24/01/2023)

Fecha de aceptación: (10/03/2023)

¹ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México, Atizapán de Zaragoza, Estado de México.

² Tecnológico Nacional de México/IT Tlalnepantla, Tlalnepantla de Baz, Estado de México.

D21254103@tlalnepantla.tecnm.mx*ORCID:0000-0002-2472-8683

D21254102@tlalnepantla.tecnm.mxORCID:0000-0003-2909-9473;

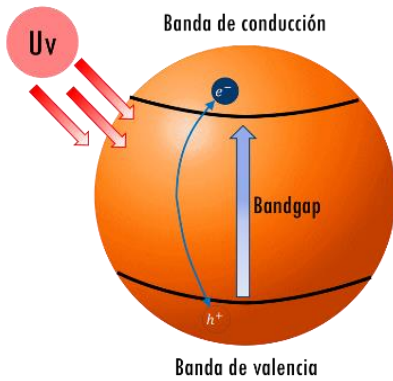
M222540002@tlalnepantla.tecnm.mxORCID:0009-0009-3834-5905;

virimelo@tec.mx ORCID: 0000-0001-7488-7677

Este trabajo fue apoyado mediante el programa de Becas Nacionales de Posgrado financiada por CONAHCYT.

de conducción y reacciones de reducción por los electrones fotogenerados.

Cuando los materiales semiconductores se encuentran expuestos a energía radiante algunos de sus electrones absorben



Proceso de fotocátalisis

Fig. 4 Esquema de la generación de huecos.

romper los enlaces de las moléculas de los contaminantes haciendo posible una degradación de los mismos a sustancias no tóxicas.

Los materiales semiconductores más utilizados para estos procesos fotocatalíticos han sido el óxido de zinc (ZnO) y el dióxido de titanio (TiO₂) de tamaño nanométrico.

Se han realizado diversas investigaciones sobre el tema del uso de nanoestructuras como material fotocatalítico para la degradación de contaminantes, sin embargo, el problema que surge al utilizarlas es cómo retirarlas del agua una vez que cumplieron su cometido ya que generalmente se encuentran como polvo.

Una de las mejores soluciones encontradas es el uso de soportes de diversos materiales que sean estables en medios acuosos y que no interfieran con las propiedades fotocatalíticas.

Para resolver esta problemática se propone fabricar estos soportes con arcilla generando nanoarquitecturas. Es así que en 2015 [3] un grupo de científicos desarrollaron una investigación sobre el tema, con la cual, utilizando arcilla comercial formaron nanoarquitecturas de óxido de zinc que podían ser removidas de la solución acuosa una vez que terminaba el proceso de fotocátalisis (Figura 5). Estas nanoarquitecturas de ZnO/arcilla probaron ser efectivas en la descomposición de un colorante presente en grandes cantidades en el agua, el azul de metileno. Este grupo se ha dedicado desde entonces a la generación de trabajos en el tema de la formación de nanoarquitecturas en arcillas con propiedades fotocatalíticas.

Dentro de sus trabajos realizados destaca el del año 2018 [4] en el cual describen nuevamente la producción de nanoarquitecturas de ZnO/arcilla capaces de descomponer contaminantes, en este caso un fármaco utilizado frecuentemente, el ibuprofeno (Figura 6). Obtuvieron resultados favorables en la eliminación de este fármaco de un medio acuoso, además encontraron que al utilizar un tipo específico de arcilla (*sepiolita*, también conocida como espuma de mar es un material fibroso utilizado en el labrado de piezas decorativas) los rendimientos de remoción aumentan lo que

cuenta como un paso prometedor para el desarrollo de nuevas tecnologías eficientes y baratas.

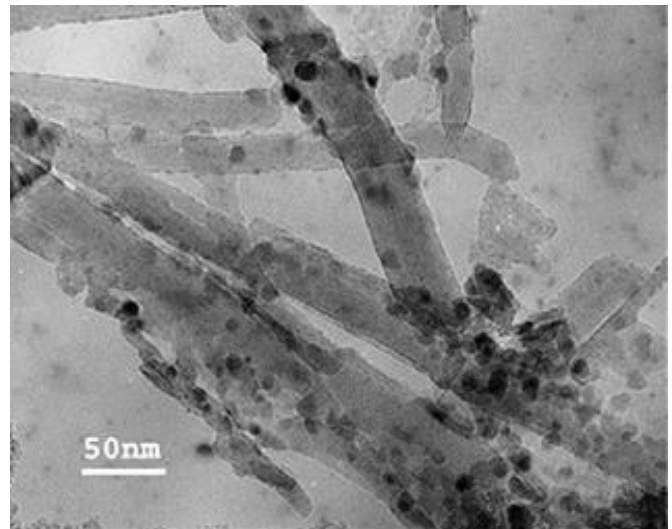


Fig. 5 Imagen tomada de [3].

En el año 2019 [2] dentro del mismo grupo de investigación mencionado anteriormente, se desarrolló otro proyecto con la

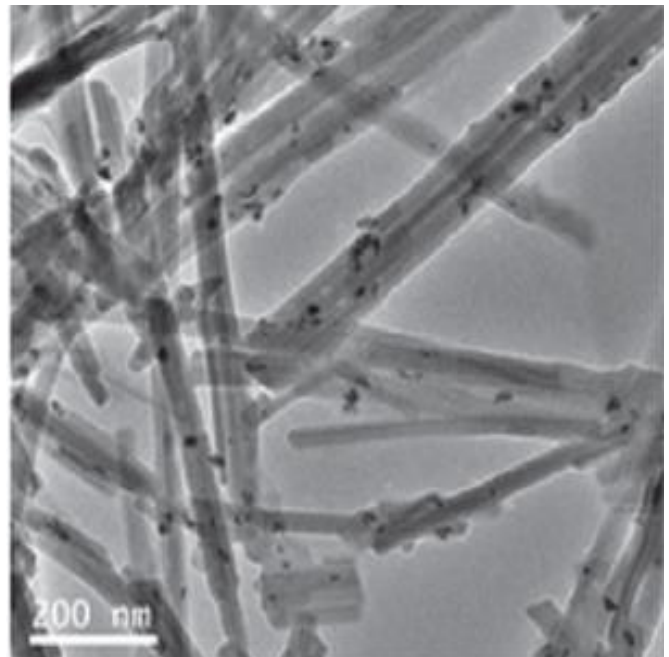


Fig. 6 Imagen tomada de [4].

finalidad de no elaborar únicamente nanoarquitecturas semiconductoras usando ZnO, sino también, incorporar el uso de TiO₂. (Figura 2) En este trabajo se destaca la importancia del uso de arcillas como un material que por sus características y propiedades interesantes ofrece una ventajosa estabilidad para las nanoarquitecturas fotoactivas, lo cual, resulta ser prometedor para la fabricación de materiales avanzados. Uno de los avances que describe este trabajo es el beneficio que presentan las arcillas para potenciar la actividad fotocatalítica de las nanoarquitecturas debido a que permite controlar el tamaño y distribución de las mismas, de igual manera propone que la utilización de las arcillas como soporte para la

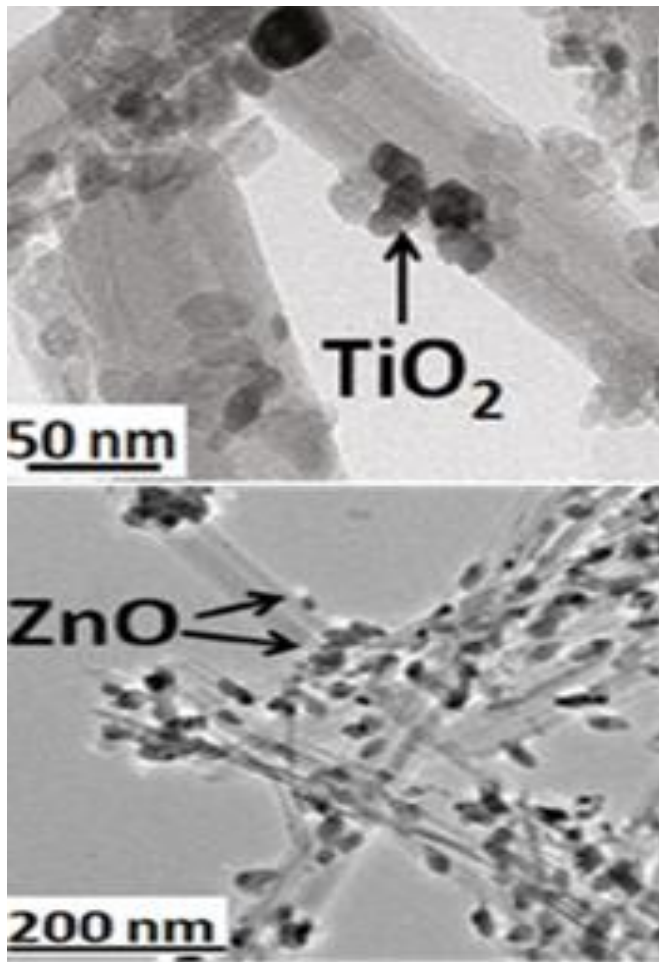


Fig. 7 Imagen tomada de [2].

elaboración de las nanoarquitecturas apoya en la incorporación sencilla de otros elementos produciendo nanoplataformas multifuncionales como alternativas en una amplia gama de

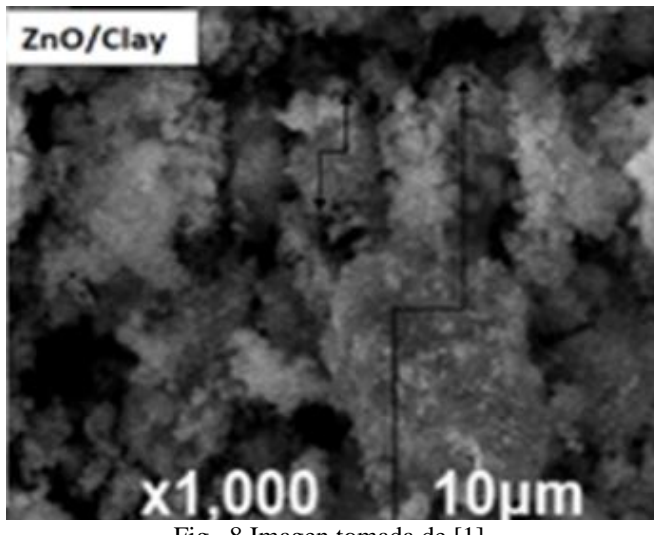


Fig. 8 Imagen tomada de [1].

procesos industriales.

El proceso de fotocatalisis a nivel laboratorio utiliza como fuente de energía radiante lámparas de luz ultravioleta con longitudes de onda muy bajas por lo que se ha intentado

desarrollar investigaciones sobre materiales que sean capaces de utilizar fuentes radiantes naturales como el sol. En el año 2020 [1] se desarrolló un proyecto para utilizar el sol como fuente de energía para el proceso fotocatalítico de nanoarquitecturas de ZnO/arcilla (Figura 8). Este trabajo hizo la comparativa de descomposición de 2-clorofenol que es utilizado en la fabricación de tinturas, desinfectantes, bactericidas y germicidas, con nanoestructuras de ZnO y nanoarquitecturas de ZnO/arcilla comprobando que el uso de arcilla potencializa la propiedad fotocatalítica de las nanoestructuras, además de poder recuperar la nanoarquitectura fácilmente y reutilizarla.

Grupos de investigación coinciden en que el uso de arcillas como soporte para la fabricación de nanoarquitecturas mejora la estabilidad del material nanométrico y potencializa las propiedades de degradación de contaminantes en medios acuosos.

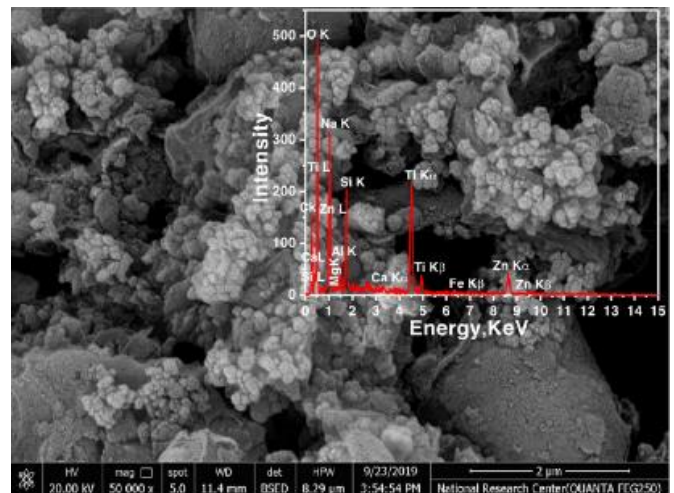


Fig. 9 Imagen tomada de [5].

En el año 2021 [5] un grupo de científicos se enfocó en observar cómo es la estructura de la arcilla una vez que ya es utilizada como soporte y si es posible reciclar estas nanoarquitecturas obteniendo el mismo porcentaje de descomposición de contaminantes (Figura 9).

Sus resultados mostraron que fabricar nanoarquitecturas combinadas de ZnO y TiO₂ es posible la descomposición del azul de metileno por encima del 96%, además de que esta nanoarquitectura exhibió actividades antimicrobianas al ser expuestas a algunas cepas patógenas.

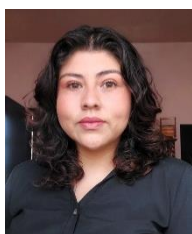
Posterior al último trabajo descrito se han realizado diversos estudios para mejorar la estabilidad y el rendimiento de las nanoestructuras fotocatalíticas sobre arcilla promoviendo una nueva vía de investigación. En cuanto a las aplicaciones, se han demostrado muchas posibilidades útiles de las nanoarquitecturas fotocatalíticas sobre arcilla como la degradación de contaminantes en el agua y el aire, la producción de hidrógeno, la eliminación de bacterias y la purificación de aguas residuales.

En resumen, la investigación sobre las nanoestructuras fotocatalíticas sobre arcilla ha evolucionado significativamente a lo largo de los últimos años. Se ha explorado una amplia gama de materiales semiconductores y se han realizado esfuerzos para mejorar su estabilidad y eficacia. Las nanoarquitecturas

fotocatalíticas sobre arcilla tienen gran potencial en aplicaciones del ámbito medioambiental y energético, por lo que la investigación continúa en este campo.

REFERENCIAS

- [1] Ahed H. Zyoud, S. A. (2020). Raw clay supported ZnO nanoparticles in photodegradation of 2-chlorophenol under direct solar radiations. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104227. doi:10.1016/j.jece.2020.104227
- [2] Eduardo Ruiz-Hitzky, P. A. (2019). Photoactive nanoarchitectures based on clays incorporating TiO₂ and ZnO nanoparticles. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 10, 1140-1156. doi:10.3762/bjnano.10.114
- [3] M. Akkari, P. A.-H. (2015). ZnO/clay nanoarchitectures: Synthesis, characterization and evaluation as photocatalysts. *Applied Clay Science*, 131, 131-139. doi:10.1016/j.clay.2015.12.013
- [4] M. Akkari, P. A.-H. (2018). Clay-Nanoarchitectures as Photocatalysts by In Situ Assembly of ZnO Nanoparticles and Clay Minerals. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 18(1), 223-233. doi:10.1166/jnn.2018.14613
- [5] Mehrez E. El-Naggar, A. R. (2021). Visible-light driven photocatalytic effectiveness for solid-state synthesis of ZnO/natural clay/TiO₂ nanoarchitectures towards complete decolorization of methylene blue from aqueous solution. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 15, 100425. doi:10.1016/j.enmm.2020.100425



Celia Massiel Hernández Hernández es estudiante de la primera generación del programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y egresada de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería del Tecnológico Nacional de México, campus Tlalnepantla, es Ingeniera en nanotecnología por la Universidad Tecnológica de Tecámac.

Realizó una estancia de investigación en la empresa TERMOINNOVA S.A de C.V. Ella es especialista en la síntesis de nanoestructuras por métodos químicos y por métodos físicos. La maestra es miembro de la REDISyT.



Axel Cano López es estudiante de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería del Tecnológico Nacional de México campus Tlalnepantla. Es Ingeniero en Nanotecnología por parte de la Universidad Tecnológica de Querétaro. Realizó una estancia de investigación en la Comisión Federal de Electricidad en

Piedras Negras, Coahuila. Él es especialista en la síntesis de nanoestructuras por métodos químicos y fotocatalisis.



Fortino Fabián Estrada Martínez es estudiante de la primera generación del programa de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y egresado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, ambos del Tecnológico Nacional de México, Campus Tlalnepantla e Ingeniero en Metalurgia y Materiales por la ESIQIE

IPN de la Ciudad de México. Él ha trabajado en la industria para empresas como Minera Autlán, Instituto Mexicano para la Producción más limpia y TERMOINNOVA. S.A. de C.V. El Maestro Estrada es especialista en técnicas de caracterización de materiales.



Dulce Viridiana Melo Máximo es doctora en Ciencias en Metalurgia y Materiales por la ESIQIE IPN, de la Ciudad de México. Realizó una estancia posdoctoral en el MIT en E.U.A. y en la empresa TRAMES. S.A. de C.V.

Ella es profesora en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de

Monterrey, es especialista en caracterización de materiales.

La Dra. Melo pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, al grupo de Manufactura avanzada del ITESM y es miembro de la REDISyT.

Explorando las maravillas del grafeno y derivados

Anaid Flores¹

Resumen: El grafeno, hoja bidimensional de átomos de carbono, destaca en la lucha contra la contaminación del agua y en el almacenamiento de energía. Su versatilidad se refleja en electrodos transparentes y aplicaciones biomédicas, incluida la detección de enfermedades como el Covid-19. A pesar de los desafíos en la producción, el grafeno lidera avances científicos y tecnológicos, siendo clave en industrias como la aeroespacial y la automotriz. La investigación actual, fusionando la química experimental, computacional e inteligencia artificial, busca nuevos materiales derivados del grafeno. Este resumen destaca su impacto transformador en diversas áreas, desde la mejora medioambiental hasta innovaciones biomédicas y tecnológicas.

Palabras claves: grafeno, baterías, biotecnología, biosensores, celdas solares, Covid-19.

I. INTRODUCCIÓN

El carbono, un elemento fundamental en la química de la vida, ha demostrado su increíble versatilidad al dar lugar a estructuras moleculares diversas. Entre ellos el grafeno, un material revolucionario^{1,2}, que junto con sus derivados emergen como soluciones efectivas en la lucha contra la contaminación del agua. Membranas avanzadas basadas en grafeno ofrecen propiedades selectivas y permeables, mostrando eficacia en la eliminación de contaminantes orgánicos y iones metálicos³⁻⁵. En el campo del almacenamiento de energía, se destaca en las baterías de ion litio, actuando como soporte para materiales electroactivos y mejorando la conductividad eléctrica. Además, se explora su uso como aditivo en cátodos para prolongar la vida útil de las baterías. Con su baja resistencia y alta transparencia, se presenta como un material ideal para electrodos transparentes⁶⁻⁸. En fotodetectores y celdas solares, demuestra una capacidad única para la absorción eficiente de fotones, ofreciendo soluciones innovadoras en recolección solar⁹. El grafeno encuentra aplicaciones cruciales en la detección de enfermedades, especialmente en la respuesta a la pandemia de la Covid-19^{10,11}. Sus propiedades únicas lo convierten en un material valioso para biosensores ópticos y sistemas de administración de medicamentos^{12,13}, abriendo nuevas fronteras en la biotecnología.

II. LA NATURALEZA DEL GRAFENO

El carbono, con su capacidad única para formar enlaces fuertes con otros átomos de carbono, crea una danza molecular que da lugar a estructuras diversas. Este elemento químico con símbolo C, número atómico 6 y masa atómica de 12.01, es el

más abundante en el planeta Tierra y se presenta en diversas formas cristalinas conocidas como alótopos, siendo el diamante y el grafito los más reconocidos. Estos alótopos son variantes estructurales del mismo elemento, con disposiciones de enlace distintas entre los átomos, lo que resulta en estructuras con propiedades químicas y físicas diversas¹. La Figura 1 nos demuestra que a pesar de que el carbón (el que utilizamos para cocinar) posea átomos de carbono al igual que el grafito (con el que se fabrican los lápices) y el diamante, la forma en la que se acomodan los átomos es distinta y esto le provee a cada uno un impacto significativo en sus propiedades generales.

A primera vista, un diamante y un fragmento de carbono parecen tan dispares que sería difícil creer que ambos están compuestos del mismo elemento, el carbono. El diamante, un mineral duro y transparente, emerge a la superficie terrestre mediante erupciones volcánicas desde las profundidades de la Tierra (bajo condiciones de temperatura y presión extremas).

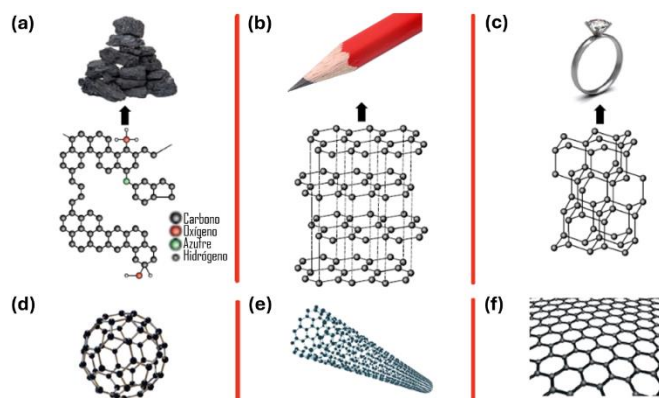


Fig. 1. Estructuras atómicas de: (a) carbón, (b) grafito, (c) diamante; (d) fullereno; (e) nanotubo; y (f) grafeno. Las fotos de trozos de carbón, un lápiz, y un anillo de diamantes son ejemplos de los productos hechos con las primeras tres (Imagen modificada de [1]).

En contraste, el grafito es un material ligero y negro extraído del carbón. En la estructura del diamante (Fig. 1c), cada átomo de carbono se encuentra conectado a otros cuatro átomos de carbono, dando lugar a una disposición extremadamente resistente que convierte al diamante en uno de los materiales más fuertes conocidos. Por otro lado, en el grafito (Fig. 1b), cada átomo está enlazado a otros tres en capas hexagonales (seis caras) que se asemejan al tejido de un panal. Aunque los enlaces

Artículo de divulgación

Fecha de envío: (06/12/2023)

Fecha de aceptación: (26/02/2024)

¹ Área de Físicoquímica Teórica, Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa – CONAHCYT.

anaidfhq@gmail.com, agfloresh@izt.uam.mx.

La autora agradece la Beca otorgada por CONAHCYT bajo el Programa Estancias Postdoctorales por México 22(1), en su modalidad Académica.

dentro de las capas hexagonales son fuertes, cada capa está débilmente atraída hacia la siguiente, permitiendo que las capas se deslicen entre sí. Los fullerenos (Fig. 1d), moléculas de carbono cerradas con formas esféricas o tubulares, y los nanotubos de carbono (Fig. 1e), cilindros formados por láminas de grafeno enrolladas, son estructuras nanométricas que exhiben excelentes propiedades conductivas, resistencia mecánica y ligereza. Los nanotubos de carbono, en particular, se destacan por su potencial en aplicaciones electrónicas, médicas y en materiales compuestos. Estos materiales ofrecen prometedoras soluciones en campos que van desde la nanotecnología hasta la medicina, aunque los desafíos en su producción y escalabilidad aún requieren atención continua en la investigación².

El grafeno es esencialmente una hoja bidimensional de átomos de carbono dispuestos en una estructura hexagonal (Fig. 1f). Cada átomo de carbono en el grafeno comparte enlaces fuertes con otros tres átomos de carbono vecinos, cada uno a una distancia de 1.42 Å, formando una red excepcionalmente resistente y conductora. La terminación finita del grafeno da lugar a dos geometrías de bordes posibles (ver Fig. 2): "zigzag" y "armchair", estas terminaciones muestran propiedades electrónicas distintas, ya que los bordes "zigzag" exhiben un fuerte pico de densidad de estados en la energía de Fermi, característico de un comportamiento metálico, mientras que los bordes "armchair" pueden mostrar un comportamiento semiconductor. Desde el punto de vista químico, los bordes "zigzag" son más reactivos que los "armchair"³.

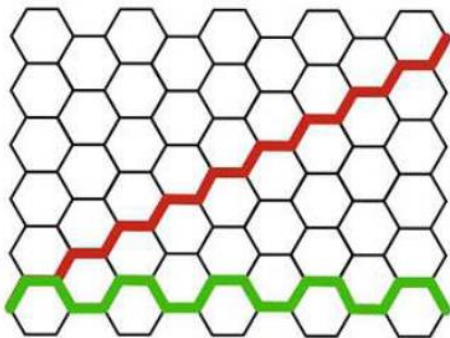
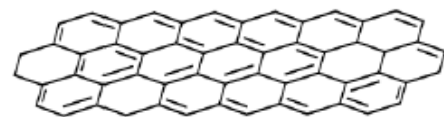


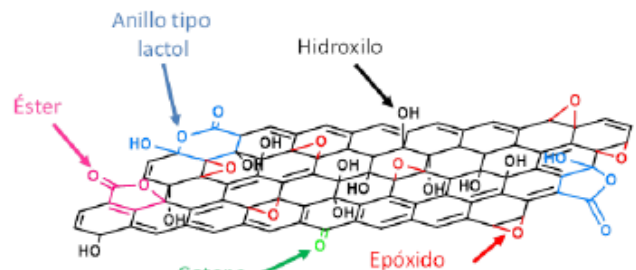
Fig. 2. Podemos observar el esquema de una lámina de grafeno, la línea en color rojo resalta el acomodo en zig-zag, mientras que el color verde denota la conformación de arm-chair (Imagen tomada de [15]).

La investigación que condujo a su descubrimiento comenzó con una simple pregunta: ¿es posible aislar una capa de átomos de carbono en forma bidimensional? Para responder a esta pregunta, Geim y Novoselov optaron por un enfoque poco convencional y, a su vez, innovador: utilizar cinta adhesiva para desprender capas cada vez más delgadas de grafito¹. El proceso era simple, pero requería habilidad y paciencia. Los científicos pegaron cinta adhesiva en un cristal de grafito y luego la retiraron, arrastrando consigo capas cada vez más delgadas de átomos de carbono. Repitieron este proceso varias veces hasta obtener una capa extremadamente delgada que resultó ser el grafeno.

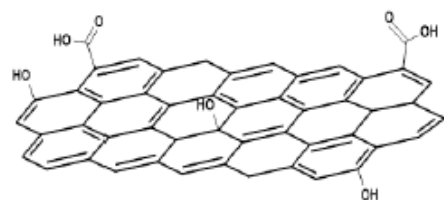
Este enfoque ingenioso y aparentemente simple dio como resultado el aislamiento de una única capa de átomos de carbono dispuestos en una estructura hexagonal bidimensional, el grafeno. La noticia de este descubrimiento revolucionario se dio a conocer en 2004 a través de un artículo publicado en la revista "Science", titulado "Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films"¹⁴. Este trabajo no solo introdujo al mundo al grafeno, sino que también valió a Geim y Novoselov el Premio Nobel de Física en 2010². Los primeros análisis del grafeno revelaron propiedades excepcionales, como la conductividad eléctrica, la resistencia mecánica, transparencia, flexibilidad y ligereza. Estas características únicas lo hicieron versátil para aplicaciones en electrónica, medicina y nanotecnología. Además, el grafeno mostró propiedades químicas únicas y una destacada capacidad termoconductora. Estos primeros hallazgos sentaron las bases para una intensa investigación y desarrollo, posicionando al grafeno como un material revolucionario con amplias aplicaciones potenciales.



Grafeno



Óxido de Grafeno (GO)



Óxido de Grafeno reducido (rGO)

Fig. 3. Esquema de la estructura molecular del grafeno, óxido de grafeno y óxido de grafeno reducido (Imagen tomada de [7]).

III. APLICACIONES DEL GRAFENO

1. Contaminación ambiental

La combinación del grafeno con diversas estructuras tridimensionales y nanopartículas en híbridos ha permitido la creación de heteroestructuras innovadoras, mostrando efectividad

para eliminar microorganismos y materia orgánica en el agua. Diversos estudios han demostrado la eficacia de heteroestructuras basadas en nanopartículas y grafeno en la reducción de contaminantes orgánicos, abarcando una amplia gama de sustancias.

El grafeno emerge como una solución prometedora en la lucha contra la contaminación ambiental, particularmente en el tratamiento y desalinización del agua. Su inmensa área superficial y capacidad de absorción de diversos grupos funcionales hacen que tanto el grafeno como el óxido de grafeno (GO, por sus siglas en inglés) sean candidatos ideales para la generación de membranas de filtración avanzadas en sistemas de purificación de agua. Estas membranas deben ser altamente selectivas, permeables, rentables, de fácil manipulación y poseer estabilidad química y mecánica^{3,4}.

El óxido de grafeno (Fig. 3) destaca como un componente clave en la fabricación de filtros de próxima generación. Ejemplos como un filtro desarrollado a partir de un GO viscoso que genera una capa delgada y uniforme demuestran eficacia en la adsorción y filtración de partículas mayores a 1 nm. Las membranas de GO, debido a su estructura química y a los defectos en su síntesis, actúan como barreras efectivas y químicamente inertes.

En el contexto de la remoción de iones metálicos, el GO muestra una capacidad única para adsorber y reducir metales pesados presentes en cuerpos de agua, como zinc, cobre, plomo y cadmio. Aunque la selectividad del GO sin modificar es limitada, la presencia de grupos funcionales hidroxilo y carboxilo mejora la adsorción de nanometales pesados.

Aunque los nanomateriales derivados del grafeno aún enfrentan desafíos en términos de rentabilidad en comparación con materiales convencionales, su amplio rango de uso, alta tasa de eliminación y mejor reciclabilidad los convierten en una elección prometedora para la purificación de aguas residuales y el reciclaje de colorantes solubles en agua.

La contaminación por plásticos tanto en tierra como en el mar sigue siendo un problema grave que debe mantener una mayor iniciativa para mitigarlo. Se ha desarrollado un método innovador para abordar la grave problemática de la contaminación mundial causada por el escaso tratamiento posconsumo de las botellas de plástico PET. Su enfoque se centra en la obtención de grafeno tridimensional (3D) a partir de estas botellas, ofreciendo una solución ambientalmente sostenible. El PET, ampliamente utilizado en envases de bebidas y aceites, presenta una degradación natural que puede tardar entre 500 y 800 años, contribuyendo significativamente a la acumulación de desechos plásticos. El método de síntesis, que utiliza PET y cloruro de amonio como agente expansivo, no solo aborda la gestión de residuos plásticos, sino que también ofrece diversas aplicaciones industriales para el grafeno 3D, desde la fabricación de materiales conductores hasta la retención de agua en suelos áridos, destacando su potencial para combatir la desertificación. Además de su bajo costo económico y energético, el método de Ladeira destaca por transformar un problema ambiental global en una oportunidad para la economía circular, al convertir desechos plásticos en un material valioso con aplicaciones diversas y sostenibles⁵.

La contaminación atmosférica, asociada a enfermedades graves y millones de muertes prematuras a nivel mundial, subraya la urgencia de una monitorización homogénea y en tiempo real de la

calidad del aire. El actual sistema, basado en costosas estaciones con limitaciones espaciales y temporales, impulsa la investigación hacia redes de sensores inalámbricos, con sensores de bajo costo instalados en diversas plataformas. Este enfoque, centrado en sensores químicos resistivos, explora el uso de grafeno para la detección de gases contaminantes a temperatura ambiente, buscando reducir el consumo energético comparado con los sensores convencionales. A través de técnicas como drop-casting y electrospray, se evaluaron diferentes tipos de grafeno y sustratos, revelando la sensibilidad del grafeno a gases como NO₂ y O₃, aunque con tiempos de respuesta prolongados⁶. En resumen, el grafeno se vislumbra como un material prometedoro para sensores de gases, pero se destaca la necesidad de optimizar la dispersión, cantidad y homogeneidad del grafeno para una aplicación más efectiva en la monitorización en tiempo real de la contaminación atmosférica.

2. Almacenamiento y transporte de energía

En los últimos años, se han utilizado variaciones del grafeno (Fig. 3) en sistemas electroquímicos para el almacenamiento de energía, que abarcan desde el grafeno prístino, obtenido mediante la exfoliación de grafito, hasta variantes como el óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido, que son fácilmente exfoliables en una amplia variedad de disolventes. El desarrollo de materiales compuestos o híbridos con grafeno ha demostrado ser una solución efectiva para superar las limitaciones en almacenamiento energético y ciclado observadas cuando se utiliza solo grafeno como material activo en ánodos para baterías. En el ámbito de almacenamiento de energía, las baterías de ion litio (LIBs) han destacado por su capacidad para almacenar grandes cantidades de energía por unidad de peso y volumen, proporcionando niveles adecuados de potencia para diversas aplicaciones. El grafito ya ha sido utilizado como ánodo en este tipo de baterías (Fig. 4) y se ha explorado el uso de grafeno y sus derivados. La incorporación de materiales electroactivos, como nanopartículas metálicas o de óxidos metálicos (como SnO₂, Si, TiO₂, Fe₃O₂ o Co₃O₄), ha mejorado significativamente las capacidades de almacenamiento y la estabilidad de ciclado de los ánodos⁷.

Durante la preparación de estos composites, el grafeno actúa como soporte para el crecimiento de nanomateriales electroactivos, lo que reduce la aglomeración de las láminas de grafeno durante la fabricación del electrodo (ánodo) y los ciclos subsiguientes. Además, la alta conductividad eléctrica del grafeno mejora la conductividad de los electrodos. Los resultados obtenidos con ánodos compuestos por grafeno son prometedores para el desarrollo de baterías de ion litio de alta energía, incluso para futuras aplicaciones en dispositivos portátiles de almacenamiento de energía electroquímica.

Ejemplos de materiales compuestos de óxido de grafeno reducido para ánodos de baterías incluyen Co₃O₄/rGO (1,500 mAh g⁻¹), nanopartículas de Si/rGO (1,150 mAh g⁻¹), rGO co-dopado con N y S (900 mAh) y SnO₂/rGO (700 mAh g⁻¹). Sin embargo, la optimización de la disposición estructural y la distribución de la relación de peso entre los componentes del composite son cruciales para lograr una buena actividad electroquímica y un ciclo de vida prolongado⁶.

Además de su papel en ánodos, el grafeno se emplea como

aditivo conductor en cátodos para baterías. La baja conductividad eléctrica de muchos materiales catódicos limita su ciclo de vida y capacidad. En este contexto, el grafeno puede mejorar el rendimiento de los cátodos al introducir la conductividad eléctrica necesaria. La revisión de Kucinskis et al.⁸ destaca el uso del GO como material inicial para formar la red conductora de grafeno. La reducción simultánea de GO y dióxido de manganeso, precursor de baterías de ion-litio basadas en óxido de manganeso (LMO), permite obtener un material compuesto basado en grafeno en un solo paso. Este método facilita la formación de partículas pequeñas de LMO directamente sobre la matriz de rGO, mejorando la difusión del litio y prolongando la vida útil de las baterías. En comparación con los aditivos de carbón convencionales, el rGO ha demostrado un aumento del 160% en la capacidad de descarga con la misma ratio de corriente.

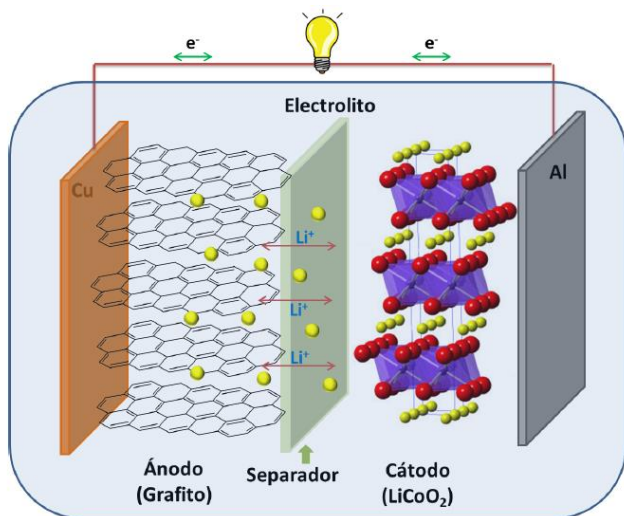


Fig. 4. Esquema del funcionamiento básico de una batería de ion-litio (Imagen tomada de [7]).

3. Captadores de Energía

Para que un material transparente y conductor sea tecnológicamente atractivo, debe tener una baja resistencia ($R_s < 100 \Omega \text{sq}^{-1}$) y alta transparencia ($T > 90\%$) en el rango visible. Aunque los conductores transparentes de última generación se basan en semiconductores, enfrentan problemas como costos crecientes, escasez de componentes, diseño complicado, baja estabilidad química y degradación de propiedades eléctricas. En contraste, el grafeno presenta baja resistividad, alta transmitancia, buena estabilidad química y bajo costo, haciéndolo casi ideal como película conductora. Investigaciones anteriores han explorado el uso del grafeno como electrodo transparente, y un estudio destacado informó de una película de grafeno con características sobresalientes, alcanzando $R_s = 400 \Omega \text{sq}^{-1}$ y una transparencia superior al 98%³.

En fotodetectores, el grafeno sobresale por su capacidad de absorber fotones en un amplio rango, desde ultravioleta hasta terahercios, gracias a su estructura de banda prohibida en forma de cono. Su alta movilidad de portadores de carga permite una respuesta fotoeléctrica rápida. Estructuras innovadoras, como las de Urcuyo et al.⁹, demuestran la conversión eficiente de portadores

calientes, siendo clave para aplicaciones en sistemas de recolección solar.

En celdas solares, el grafeno ha encontrado aplicaciones en diversas tecnologías, incluyendo heteroestructuras, poliméricas, sensibilizadas con tintes y celdas con perovskitas. Aunque las eficiencias varían, superan el 10% para uniones de materiales mixtos basados en grafeno multicapa. Su uso como electrodo transparente y modificaciones, como el grafeno sulfonado, ha mejorado la estabilidad y el rendimiento de las celdas solares, ofreciendo alternativas prometedoras frente a otros materiales.

En celdas sensibilizadas con perovskitas, el grafeno ha sido crucial como electrodo, capa semiconductor, fotosensibilizador y contraelectrodo. Su alta conductividad y estabilidad química hacen del grafeno un candidato atractivo para mejorar la eficiencia y estabilidad de estas celdas. Se han explorado diversas configuraciones y nanomateriales de carbono, incluyendo fullerenos, nanotubos de carbono y diamantes, para aplicaciones en DSSC, demostrando la versatilidad del grafeno en este campo³.

4. Biotecnología

Un sensor, definido como un dispositivo analítico con un elemento activo y un transductor, juega un papel clave en la detección selectiva de analitos, convirtiendo eventos físicos o químicos en señales utilizables para determinar concentraciones en muestras. Los biosensores, que siguen este principio, tienen como objetivo reconocer sistemas biológicos como proteínas, oligo o polinucleótidos, microorganismos o tejidos biológicos completos. Para mejorar la sensibilidad y reducir límites de detección, se han desarrollado nanomateriales innovadores, destacando el grafeno y sus derivados, que ofrecen ventajas en términos de inmovilización de biorreceptores y capacidad de transducción.

En 2020, el virus SARS-CoV-2 causante de la Covid-19, se convirtió en una crisis de salud global con millones de casos y muertes. Los materiales basados en grafeno han demostrado ser valiosos en la lucha contra la pandemia, especialmente en el desarrollo de sensores para la detección temprana y eficiente del virus. Estudios recientes, como el biosensor de Seo et al., han utilizado grafeno en un dispositivo basado en FET para detectar proteínas del SARS-CoV-2. Este sensor logró detectar con éxito el virus en muestras clínicas, demostrando ser un método altamente sensible y rápido para el diagnóstico de la Covid-19 sin necesidad de pretratamiento ni etiquetado de la muestra. Este avance resalta la versatilidad y utilidad del grafeno en la respuesta a la pandemia^{10,11}.

Los sensores de grafeno basados en transistores, aunque útiles, tienen limitaciones en resolución espacial y pueden dañar células vivas. Los sensores ópticos basados en grafeno ofrecen soluciones, brindando alta resolución espacial, amplio rango de detección y rapidez. Los biosensores ópticos, como el sensor de resonancia de plasmones de superficie (SPR), son potentes para la detección de analitos médicos. El grafeno mejora la respuesta SPR al aprovechar su conductividad de superficie y otras propiedades únicas. Ejemplos incluyen un biosensor SPR con película de oro y grafeno, que mejora la eficiencia de adsorción de biomoléculas, y un novedoso biosensor basado en rejillas de periodo largo en fibra óptica funcionalizado con óxido de

grafeno-glucosa oxidada para detectar glucosa con alta sensibilidad y respuesta lineal³.

El grafeno, como una nueva categoría de nanomateriales de carbono, ha generado gran interés en el campo de la administración de medicamentos. Debido a su amplia área superficial dual, el grafeno puede cargar eficientemente moléculas medicinales con alta capacidad mediante interacciones no covalentes sin modificar químicamente los medicamentos. Esto ha llevado al desarrollo de sistemas de administración de medicamentos basados en grafeno/óxido de grafeno (GO) (GDDS, por sus siglas en inglés). En 2008, el grupo de Dai informó el primer caso de uso de óxido de grafeno (GO) como nanotransportador para transportar el fármaco anticancerígeno SN38¹². Demostraron que SN38 se une de manera no covalente con GO para formar un complejo estable GO/SN38. Este trabajo pionero abrió una nueva aplicación de grafeno/GO en el campo de sistemas de administración de medicamentos. Desde entonces, ha habido un aumento en la investigación de sistemas de administración de medicamentos basados en grafeno/GO no covalente¹³.

IV. PERSPECTIVAS Y CONCLUSIONES

A medida que continuamos explorando las propiedades fascinantes del grafeno, su potencial revolucionario en una variedad de campos se hace cada vez más evidente. Desde combatir la contaminación hasta mejorar el almacenamiento de energía y la detección de enfermedades, el grafeno abre nuevas posibilidades para la innovación y el progreso. Aunque enfrenta desafíos, como la escalabilidad en la producción, su versatilidad y singularidad lo posicionan como un material líder en la próxima era de avances científicos y tecnológicos. La investigación continua en este campo promete descubrimientos aún más sorprendentes y aplicaciones transformadoras.

Cabe mencionar, que en la actualidad se realizan esfuerzos desde el punto de la química computacional al conjuntar varias teorías y herramientas como la Inteligencia Artificial (IA), para diseñar y proponer nuevos materiales derivados del grafeno con características físicas y químicas específicas. Por ejemplo, recientemente se está explorando el potencial de utilizar el grafeno y sus variantes para mejorar la multifuncionalidad en las industrias aeroespacial, automotriz, civil y de defensa. Se examina cómo los compuestos mejorados con materiales bidimensionales pueden actuar como interfaz entre los espacios físicos y cibernéticos. También, se busca el uso de sensores inteligentes basados en grafeno en la fabricación de compuestos y su aplicación en el monitoreo en tiempo real de la salud estructural, ofreciendo una visión general de la integración de herramientas de la inteligencia artificial y tecnología de cadena de bloques con dispositivos y estructuras basados en grafeno¹⁶.

REFERENCIAS

- [1] M. Tinneland. El Grafeno: ¿el próximo material maravilloso? *ChemMatters*, ACS (2012). Disponible en: <https://www.acs.org/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archi12-2013-ve-20/grafeno.html>
- [2] A. Valencia Giraldo. El Grafeno. *Revista Colombiana de Materiales*. Num 1 (2011). <https://doi.org/10.17533/udea.rcm.9172>

- [3] R. Urcuyo, D. González-Flores, K. Cordero-Solano. Perspectivas y aplicaciones reales del grafeno después de 16 años de su descubrimiento. *Revista Colombiana de Química*, vol. 50, núm. 1, (2021). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309066297005>.
- [4] L. G. P. Jayakaran, G. S. Nirmala. Qualitative and Quantitative Analysis of Graphene-Based Adsorbents in Wastewater Treatment. *Int. J. Chem. Eng.*, vol. 17, p. 9872502 (2019).
- [5] M. L. A. Ferreira, T. G. Santos, J. M. F. Calixto, R. L. Lavall, D. D. Justino, F. G. Gandra, T. Souza, L. O. Ladeira. Lightweight carbon foam obtained from post-use polyethylene terephthalate bottles, properties, and potential applications. *Environ Sci Pollut Res Int*. Jul;30(32):79082-79090 (2023) DOI: 10.1007/s11356-023-28099-3.
- [6] I. Sanz Montero (2019). Preparación de sensores de gases basados en grafeno para la detección de contaminantes atmosféricos. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. Industriales (UPM), Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- [7] I. Esteve-Adell, M. Gil-Agustí, L. Zubizarreta Saenz de Zaitegui, A. Quijano-López y M. García-Pellicer. Aplicaciones del grafeno en sistemas de almacenamiento de energía. *An. Quím.*, 116 (4), 233-240 (2020).
- [8] G. Kucinskis, G. Bajars, J. Kleperis. *J. Power Sources* 240, 66-79 (2013).
- [9] R. Urcuyo, D. L. Duong, P. Sailer, M. Burghard & K. Kern, "Hot Carrier Extraction from Multilayer Graphene", *Nano Lett.*, vol. 16, n. 11, pp. 6761-6766 (2016). DOI: 10.1021/acs.nanolett.6b02354.
- [10] G. Seo, G. Lee, M. J. Kim et al., "Rapid Detection of COVID-19 Causative Virus (SARS-CoV-2) in Human Nasopharyngeal Swab Specimens Using Field-Effect Transistor-Based Biosensor", *ACS Nano*, vol. 14, n. 4, pp. 5135-5142 (2020). DOI: 10.1021/acsnano.0c02823
- [11] A. Hashmi, V. Nayak, K. RB Singh, B. Jain, M. Baid, F. Alexis, A. Kumar Singh. Potentialities of graphene and its allied derivatives to combat against SARS-CoV-2 infection. *Materials Today Advances*, Volume 13, 100208, (2022) DOI: /10.1016/j.mtadv.2022.100208.
- [12] Z. Liu, J. T. Robinson, X. Sun, H. Dai.. PEGylated nanographene oxide for delivery of water-insoluble cancer drugs. *J. Am. Chem. Soc.* 130, 10876-10877 (2008). DOI:10.1021/ja803688x.
- [13] S. Zheng, J. Xiong, L. Wang, D. Zhai, Y. Xu, F. Lin. e-Graphene: A Computational Platform for the Prediction of Graphene-Based Drug Delivery System by Quantum Genetic Algorithm and Cascade Protocol. *Front Chem.* 9, 664355 (2021) DOI: 10.3389/fchem.2021.664355.
- [14] K. S. Novoselov et al., Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*, 306, 666-669 (2004). DOI:10.1126/science.1102896
- [15] H. Singh Virk, Chapter: Nano Electronics: A New Era of Devices. *Nanomaterials basic concepts and applications. Solid State Phenomena, Trans Tech Publications, Switzerland. Vol. 222 (2015)*
- [16] M. A. Ali, M. S. Irfan, T. Khan, M. Y. Khalid, R. Umer. Graphene nanoparticles as data generating digital materials in industry 4.0. *Scientific Reports*, 13, 1 (2023). DOI: 10.1038/s41598-023-31672-y



Anaid Flores. estudió la Licenciatura en Química y el Doctorado en Ciencias (Química) en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Realiza investigación en el área de Química Teórica y Computacional, principalmente en el estudio de propiedades de sólidos y biomoléculas a

partir de las aproximaciones de la Teoría de Funcionales de la Densidad y de los métodos de función de onda. Es docente de Química y Matemáticas a nivel licenciatura y posgrado, además realiza divulgación de la ciencia para todos los niveles educativos y para el público en general. Actualmente, es postdoctorante en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. También realiza investigación en el área de Género y Educación de las Ciencias desde la perspectiva de la epistemología feminista y la pedagogía de la ternura. Cuenta con una formación en teoría feminista y en perspectiva de género aplicada a las ciencias básicas e ingeniería. Ha participado en diversos eventos a favor de la educación

interseccional, en programas de mentorías, la erradicación de la violencia de género y los sesgos de género en las áreas de STEM (por sus siglas en inglés: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas). Es integrante del equipo de Ciencia y Género en Comunidad Científicas Mexicanas A. C. desde el

mes de abril del año 2021, a través de un trabajo colaborativo todo el equipo recibe, atiende, apoya y canaliza a mujeres que han atravesado por algún tipo de violencia de género en el ámbito académico y científico, además de generar contenido de divulgación para distintas redes sociales.

Alimentador flotante automatizado para camarón blanco

Susana Mónica Román Nájera^{1*}, Esteban Gutemberg Oviedo¹, Germán Hernández Resendiz¹, Vania Melisa Cruz Mendoza¹, Emmanuel Olivares Crisanto¹

Resumen: El presente artículo describe la implementación de un alimentador flotante automatizado para estanques de geomembrana desarrollado en el Instituto Tecnológico de Salina Cruz para ser usado en el desarrollo y cría de Camarón Blanco en el área de acuicultura de la misma institución. El sistema de control está dividido en dos partes, la primera corresponde al subsistema de control para la movilidad del alimentador y la segunda parte corresponde al sistema de control para la dosificación del alimento, esta última etapa está diseñada de acuerdo con las condiciones de cada ciclo de vida del camarón, así como de la temperatura del agua, ya que existe una correspondencia directa con las necesidades de alimentación de dicha especie.

Palabras claves: alimentador, Arduino, esp32, automatización, camarón,

I. INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos en el área de acuicultura proporciona una serie de ventajas dentro de las cuales se encuentran la disminución de la mortalidad de especies, mayor precisión no solamente en la dosificación de alimento, nivel y calidad de agua, mayor eficiencia lo que implica mejor crecimiento en las especies, menor desperdicio de alimento traducido en ahorro económico, entre otros. En el caso de la producción de camarón en etapa de desarrollo el objetivo se centra en obtener especies más saludables y en cantidades considerables, sin dejar de lado la calidad de vida que pueden llegar a tener, siendo la dosificación de alimento una de las consideraciones más importantes en dicho proceso.

La automatización en actividades acuícolas ha traído muchas ventajas, el uso de sensores, módulos y placas de desarrollo como el Arduino permiten el control y la adquisición de datos a bajo costo.

Un sistema automatizado es un conjunto de dispositivos y/o programas de software diseñados para realizar tareas y procesos de manera autónoma, sin la intervención directa de un ser humano” [3]. De acuerdo a [9] un sistema de control es un conjunto de elementos o dispositivos que se encuentran conectados entre sí, con la finalidad de administrar, ordenar y regular otros sistemas relacionados, para reducir las probabilidades de error y llegar de manera óptima a los

objetivos planteados. Para facilitar el diseño de un sistema de control se pueden identificar de acuerdo con las siguientes etapas: entrada, proceso y salida.

Los principales componentes seleccionados para la implementación del alimentador de acuerdo a las etapas antes mencionadas son: componentes de entrada integrado por los sensores encargados de medir una o más magnitudes físicas o químicas (señal de entrada) y convertir las magnitudes medidas en una señal que podría ser reconocida y leída por un microcontrolador (Atlas Scientific, 2017). Específicamente el sensor ultrasónico hc-sr04, sensor de temperatura sumergible DS18B20, encoder rotativo EC11, módulo rtc DS3231. El componente de procesamiento conformado básicamente por el Arduino Mega2560. Como componentes de salida se encuentran el servomotor de altotorque digital de 25kg TD-8320MG, Display LCD 20x4 2004A, leds indicadores de 10 mm, y finalmente como etapa de alimentación baterías de diferentes magnitudes para cubrir la demanda energética.

A continuación, se describen las características técnicas de los componentes más relevantes utilizados en el sistema:

- SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04, configuración de 4 hilos (VCC, Trig, Echo y GND)

- Sensor de temperatura digital DS18B20, punta de acero inoxidable, configuración 3 hilos (VCC o alimentación, DQ, datos o IN/out, y GND)

- MÓDULO RTC DS3231, con comunicación digital, voltaje de alimentación: 3.3V .5V, oscilador interno, comunicación Ic2

- ARDUINO MEGA 2560, Microcontrolador: ATmega2560, Voltaje Operativo: 5V, Voltaje de Entrada (recomendado): 7-12V, Voltaje de Entrada (límites): 20V, Pines I/O digitales: 54 (15 con salida PWM), Pines de entrada analógica: 16, Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA, Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA, Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader), SRAM: 8KB, EEPROM: 4KB, Velocidad de reloj: 16 MHz.

- SERVOMOTOR DIGITAL DE 25KG TD-8320MG, Voltaje: 4.8V – 6.6V DC, Velocidad sin carga: 0.22seg/60°/4.8V – 0.18seg/60°/6.6V., Torque: 19.5kg-cm/4.8V – 22.8kg-cm/6.6V., Rango de rotación: 180 grados, Impermeable (salpicaduras de agua), Tipo de engranaje: Cobre

Artículo de investigación

Fecha de envío: (16/01/2023)

Fecha de aceptación: (11/03/2024)

¹ TECNMIIT Salina Cruz, Carretera a San Antonio Monterrey Km 1.7/, Colonia Granadillo, Salina Cruz, Oaxaca, México.

monica.m@salinacruz.tecnm.mx (*autora de correspondencia); esteban.go@salinacruz.tecnm.mx, hernandez032000@gmail.com, cruzmelisa33@gmail.com, oaxacaemmanuel0crisanto0@gmail.com.

Este trabajo fue apoyado por el Tecnológico Nacional de México a través del proyecto 19126.23-P.

y aluminio, Sistema de Control: control PWM (1500 μ -sec es el punto central), Temperatura de funcionamiento: -20°C ~ +60°C

II. DESARROLLO

Para la implementación del sistema de alimentación flotante automatizado para camarón blanco se realizó un análisis de las características que debía tener el sistema, los rangos de los parámetros esenciales y óptimos para el proceso de alimentación del camarón, los componentes y dispositivos eléctricos y electrónicos necesarios para la implementación del alimentador automatizado flotante.

1. Análisis de los requerimientos para el desarrollo del proyecto

a. Dimensiones del estanque

El estanque de geomembrana asignado para ubicar el alimentador automatizado es de 9 metros de diámetro, y de 1.20 metros de altura, con un volumen aproximado de 70m³ de agua. El estanque está ubicado en el área de producción del laboratorio de acuicultura del ITSAL.

b. Densidad de cultivo de camarón blanco

El prototipo automatizado pretende alimentar una densidad de cultivo de 20,000 organismos de camarón aproximadamente. Y para el cálculo de la densidad de cultivo de acuerdo con el tamaño y capacidad del estanque de geomembrana se tiene que: Densidad de cultivo= 276×70 m³=18,550 organismos.

c. Alimentación del camarón blanco

La alimentación de los camarones es un proceso complejo que depende de diversos factores, como la etapa de desarrollo de los camarones, el tamaño, la densidad en el cultivo y las características del alimento e incluso la temporada del año y temperatura del agua. En general, los camarones son alimentados con dietas comerciales que contienen proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. La cantidad y frecuencia de la alimentación varía según la etapa de desarrollo de los camarones y las condiciones ambientales del cultivo. En la tabla I siguiente se detallan las porciones de alimento, periodos de cada etapa, peso aproximado por etapa, frecuencia de alimentación y total de alimento al día.

Tabla I. PORCIONES DE ALIMENTO PARA CAMARÓN BLANCO

Etapa	Lapso de la etapa	Peso del camarón	Porción de alimento para una densidad de 20,000	Número de veces a alimentar	Porción total al día para la densidad
1º Etapa Cría	35 días	0-2 gramos	160 gramos 0.16 kg	5 veces	800 gramos 0.8 kg
2º Etapa Juvenil	25 días	2-8 gramos	320 gramos 0.32 kg	4 veces	1,280 gramos 1.28 kg
3º Etapa Engorde	90 días (3 meses aprox.)	8 gramos en adelante	960 gramos 0.96 kg	3 veces	2,880 gramos 2.88 kg

Tabla II. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA EL DESARROLLO DEL CAMARÓN

FUENTE:	EXPERTO EN EL TEMA		FUENTE BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS	
Parámetro	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Temperatura	25°	30°	20°	35°
Ph	7.5	8	7	9
Oxígeno	3.5 mg/L	7.5 mg/L	4 mg/L	10 mg/L
Salinidad	33 g/L	34 g/L	5	40

d. Rangos óptimos fisicoquímicos del agua para el cultivo del camarón.

De acuerdo con entrevistas con expertos del área de acuicultura del ITSAL, los principales parámetros físico-químicos que influyen o determinan el buen desarrollo del camarón se plantean en la tabla II siguiente, destacando principalmente la temperatura por lo que se consideró uno de los parámetros a considerar a la hora de validar la dosificación del alimento.

2. Diseño del alimentador

a. Diseño de la estructura y contenedor

Debido a que el alimentador se requiere que flote se consideró por el diseño tubería de PVC. En la Fig 1 se muestra un bosquejo de la estructura de la base que sostendrá al alimentador y le permitirá flotar y moverse por el estanque de geomembrana, así como las dimensiones propuestas para la base y la estructura del contenedor de alimento, como se aprecia se propuso un contenedor de 60 cm de alto, y un ancho de 50 cm por 40 cm.

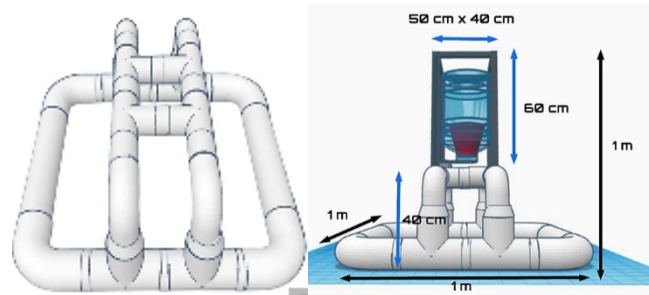


Fig. 1 Bosquejo de la base y dimensiones de la estructura

b. Diagrama de conexiones

En la Fig 2, se muestran las conexiones del sistema a la placa de Arduino Mega, así como las diferentes fuentes de alimentación propuestas para el sistema, e indicadores de salida y el LCD. Cabe mencionar que el relevador mostrado en el esquema forma parte del sistema de conexiones, pero no es usado por este módulo del sistema.

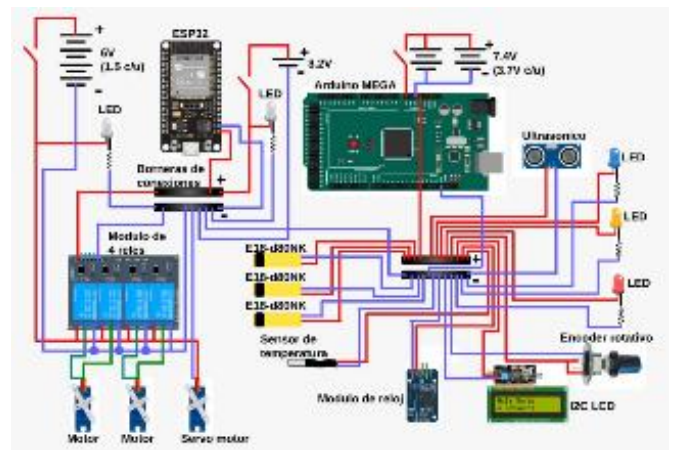


Fig. 2. Diagrama de conexiones del sistema

De igual forma en la Fig 3, se visualiza el diagrama a bloques a donde el reloj y el encoder rotativo, el sensor de temperatura

DS18B20 y el ultrasónico representan las entradas del sistema, el servo motor de alto torque, el LCD, los leds y la memoria representan la salida del sistema de alimentación.

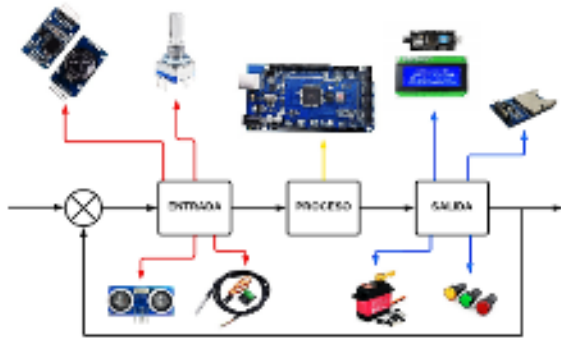


Fig 3. Diagrama a bloques del sistema

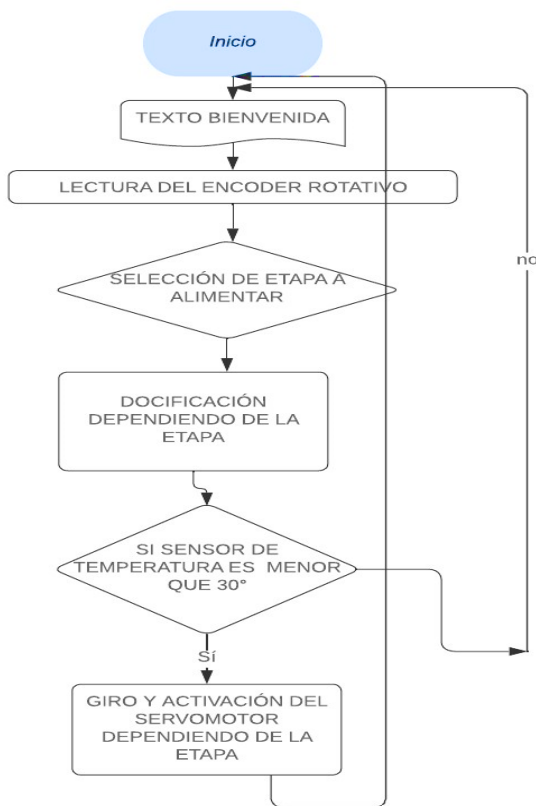


Fig. 4 Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema

c. Diagrama de flujo del sistema.

Como se observa en la Fig 4. el flujo del sistema de control inicia con un texto de bienvenida, seguido de la instrucción y elección del encoder rotativo respecto a la etapa y cantidad de especies, dependiendo de lo anterior, se fija la hora y censa la temperatura para proceder elegir giro del servomotor y dependiendo de esas dos condiciones el servomotor girará de forma específica, y lo hará el número de veces de acuerdo a la etapa seleccionada.

3. Dimensionamiento del consumo energético del sistema

Para calcular la carga total de consumo energético del sistema, y poder determinar qué baterías y de qué capacidad eran

necesarias se realizaron una serie de mediciones utilizando multímetro a la conexión individual de cada componente al Arduino. La tabla III muestra los valores obtenidos de las mediciones de los principales componentes del sistema.

Tabla III. MEDICIONES DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

COMPONENTE	CANTIDAD	CONSUMO	TOTAL
Arduino Mega	1	70 mA	70 mA
Sensor ultrasónico	1	4mA	4mA
Módulo de reloj DS3231	1	5.6mA	5.6mA
Sensor de temperatura DS18B20	1	0.09mA	0.09mA
Encoder rotativo EC11	1	0.51mA	0.51mA
Pantalla LCD con I2C	1	48.5mA	48.5mA
Modulo SD	1	1.6mA	1.6mA
LED's	3	5mA	15mA
TOTAL			145.3 mA

Y de igual forma, para el cálculo del consumo total en un día, se tiene que:

$$145.3 \text{ mA} \times 24 = 3,487.2, \\ \text{mA} = 3.4872 \text{ A.}$$

Para el cálculo de la demanda de carga de los servomotores utilizados en el sistema se realizó el mismo procedimiento anterior obteniendo los resultados tal como se visualiza en la tabla IV.

Tabla IV. CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS MOTORES DE ALTO TORQUE

COMPONENTE	CANTIDAD	CONSUMO	TOTAL
Servomotor	3	30 mA	90 mA
TOTAL			90 mA

Para poder obtener el consumo total en 24 horas, entonces se tiene que:

$$90 \text{ mA} \times 24 = 2,160 \\ \text{mA} = 2.16 \text{ A.}$$

Conociendo la carga que demandan los componentes, se determinó que para poder alimentar al sistema se requería de:

- Batería 18650 recargable de litio 3700 mAh 3.7 V y
- Batería de litio recargable 1.5 V 1800 mAh

4. Armado y construcción del sistema

Para el armado y construcción de la base se empleó PVC de diferentes medidas para garantizar que el sistema flote. En la Fig. 5 se muestra base armada con PVC y la Fig. 6, muestra la estructura de aluminio del alimentador que soporta el contenedor del alimento.

La estructura del contenedor se armó de aluminio material ligero, suficiente para no pesar y que la base permitiera la flotabilidad del sistema. Consta de una tapa y una estructura con una base que permite sostener un garrafón de 20 litros de capacidad. En la base se fijará el garrafón, el servomotor que abrirá la compuerta que permite la dosificación, así como en la puerta la fijación del sensor ultrasónico que permite la

detección de la cantidad de alimento en el contenedor. En la Fig. 7 se visualiza la ubicación de ambos elementos del sistema.



Fig. 5 Armado de la base con PVC



Fig. 6 Estructura de aluminio para el contenedor

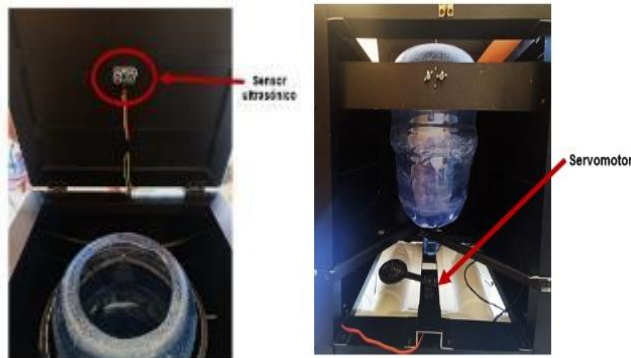


Fig. 7 Ubicación de los sensores en el contenedor

```

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Iniciamos el monitor serie para mostrar el
  resultado
  pinMode(encoder0PinA, INPUT); //Declaramos el Pin A del Encoder como
  entrada
  pinMode(encoder0PinB, INPUT); //Declaramos el Pin B del Encoder como
  entrada
  Wire.begin();// Iniciamos el sensor de temperatura
  RTC.begin(); // Iniciamos el módulo de reloj
  servoMotor.attach(43); // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar
  con el pin 43
  pinMode(LedRojo, OUTPUT); //Declaramos el Pin Led Rojo como salida
  pinMode(LedVerde, OUTPUT); //Declaramos el Pin Led Verde como salida
  pinMode(LedAzul, OUTPUT); //Declaramos el Pin Led Azul como salida

  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
}
    
```

Fig. 8. Definición del Código void setup()

5. Programación del sistema

Para la programación del microcontrolador del Arduino Mega se utilizó el IDE propio de la placa de desarrollo. En la Fig. 8 se muestra parte de la codificación de la sección *void setup* definida para la programación de los diferentes módulos del sistema.



Fig. 9 Elementos instalados en la caja de control

6. Instalación del sistema de control del alimentador

En la Fig. 9 se muestra el proceso de instalación de los principales componentes del sistema, conformado por la placa Arduino Mega, los relevadores, el módulo del sensor de temperatura, etc. Dentro de la caja de control del sistema ubicada fuera de la estructura del alimentador.

Como se observa en la Fig.9, los componentes están ubicados en una caja para intemperie de 20 x 12 cm aproximadamente, y en la tapa de la misma caja se ubica el LCD que permite la visualización de la información que arroja el sistema y que permite conocer el estatus del proceso de alimentación, además de que permite al operador del sistema la elección del proceso y etapa de alimentación. En la Fig. 10, se observan tanto la caja de control como la caja que contiene las baterías, colocadas tanto en serie como en paralelo para de esta forma poder alimentar al sistema.



Fig.10 Ubicación del sistema de control y las baterías para el sistema

7. Pruebas del sistema

Para verificar el funcionamiento de las diferentes etapas del sistema y las conexiones del circuito se realizaron pruebas para corroborar que no presentara fallas y realizara lo que correspondía de acuerdo con la etapa de alimentación seleccionada. En las figuras Fig. 11 y 12 se muestran las pruebas realizadas al sistema de control.

Como se aprecia en la Fig. 12, el LCD muestra la fecha en la que se realizaron las pruebas, la hora, la temperatura del agua, así como la etapa de dosificación seleccionada usando el *encoder* rotativo.



Fig. 11. Pruebas de funcionamiento del sistema de control

De igual forma se realizaron pruebas de funcionamiento de entrega de alimento, lo que permitió determinar si las porciones arrojadas por el sistema, era las que corresponden a la etapa y cantidad de especies. En la Fig. 13 se visualizan algunas de las pruebas realizadas a la dosificación.



Fig. 12 Pruebas de dosificación del sistema

III. RESULTADOS

Como parte del proceso de implementación del sistema se obtuvo, primeramente, la estructura completa del sistema, conformada básicamente por dos partes, la base que permite la flotabilidad del sistema y la segunda la estructura que contiene el contenedor de alimento. De igual forma el sistema electrónico está conformado por tres módulos, el módulo de adquisición de datos o entrada del sistema que lo integran el sensor de temperatura del agua, el ultrasónico y el *encoder* rotativo que permite la elección tanto de la etapa de alimentación como de la cantidad de especies a alimentar, el módulo de control que lo integra el reloj y el *Arduino*, y el módulo de salida que lo integra el *servomotor* de alto torque que abre y cierra el contenedor de alimento, el *LCD* que arroja los datos procesados, y los *leds* que indican el nivel de alimento contenido en el recipiente. En la Fig. 13 se muestra el sistema completo, en el estanque de geomembrana del área de acuicultura del Instituto Tecnológico de Salina Cruz.



Fig. 13 Instalación del sistema en la geomembrana del área de acuicultura del ITSAL

Como parte del proceso de evaluación del sistema, se llevaron a cabo una serie de pruebas de dosificación teniendo como resultados los mostrados en las Tablas V, VI y VII.

Tabla V. RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN ETAPA 1: CRÍA

ETAPA 1: CRIA		
Densidad: 10,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del <i>servomotor</i> en Grados	Porción de alimento proporcionado
400 milisegundos	0 a 60°	55 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	49 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	62 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	53 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	59 gramos
Densidad: 20,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del <i>servomotor</i> en Grados	Porción de alimento proporcionado
550 milisegundos	0 a 60°	102 gramos
550 milisegundos	0 a 60°	120 gramos
550 milisegundos	0 a 60°	114 gramos
550 milisegundos	0 a 60°	117 gramos
550 milisegundos	0 a 60°	111 gramos
Densidad: 30,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del <i>servomotor</i> en Grados	Porción de alimento proporcionado
600 milisegundos	0 a 60°	157 gramos
600 milisegundos	0 a 60°	164 gramos
600 milisegundos	0 a 60°	166 gramos
600 milisegundos	0 a 60°	149 gramos
600 milisegundos	0 a 60°	168 gramos

IV. CONCLUSIONES

Una de las actividades de más relevancia dentro del proceso de producción de camarón en estanques de geomembrana es la alimentación, ya que de ella depende el grado de éxito del desarrollo y crecimiento. Lograr que la alimentación del camarón sea en tiempo y porciones adecuadas garantizará sin duda una buena producción en términos adecuados, ya que es directamente proporcional al aumento en el éxito de la producción, la reducción en el porcentaje de mortalidad, ahorro en alimento, precisión en la dosificación, convirtiéndolo en un proceso mucho más eficiente y efectivo. Por otra parte, el uso de tecnología para la automatización en este proceso permitió alcanzar muchas de las características deseables en el proceso de desarrollo de cualquier especie entregando raciones de alimento en forma más precisa en cuanto a tiempo y a

dosificación. Es importante destacar que la placa Arduino Mega permitió la conexión de los diferentes dispositivos de entrada y salida del sistema e igualmente permitió el desarrollo de un sistema electrónico simple. Actualmente, el sistema se encuentra en desarrollo de otros módulos, como es el caso del dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, que permitirá la alimentación al sistema utilizando una celda solar. Y de igual forma el desarrollo de un monitoreo de todo el sistema para lograr un sistema de control con todos sus elementos.

Tabla VI. RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN ETAPA 2: JUVENIL

ETAPA 2: JUVENIL		
Densidad: 10,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
400 milisegundos	0 a 60°	102 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	119 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	105 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	115 gramos
400 milisegundos	0 a 60°	120 gramos
Densidad: 20,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
800 milisegundos	0 a 60°	216 gramos
800 milisegundos	0 a 60°	208 gramos
800 milisegundos	0 a 60°	214 gramos
800 milisegundos	0 a 60°	202 gramos
800 milisegundos	0 a 60°	219 gramos
Densidad: 30,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
1,300 milisegundos	0 a 60°	318 gramos
1,300 milisegundos	0 a 60°	309 gramos
1,300 milisegundos	0 a 60°	322 gramos
1,300 milisegundos	0 a 60°	328 gramos
1,300 milisegundos	0 a 60°	315 gramos

REFERENCIAS

[1] A. Pérez, M., & Pérez Hidalgo, A., 2007 [En línea]. “Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo.” Universidad Nacional de San Juan. Disponible: <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>

[2] Arduino, 2024[En línea] “Arduino Mega 2560 Rev3”, Disponible: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>

[3] AUI, A. I. U. 2013. [En línea] Automatización Y Control. Disponible: <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415324.004>

[4] Aula21. 2023, [En línea], Qué es un Servomotor, para qué sirve y cómo funciona. Formación para la Industria. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>

[5] Bioaquafloc, 2018. [En línea] ¿Qué es el langostino o camarón vannamei? hábitat, alimentación etcétera. Bioaquafloc. Disponible:<https://www.bioaquafloc.com/que-es-el-langostino-o-camaron-vannamei/>

[6] Blade, 2019, [En línea] . Actuadores Eléctricos. StudentPlace. Disponible:<https://studentplace98.blogspot.com/2019/09/actuadores-electricos-electronica.html>.

[7] C. Ching, 2022[En línea] “Consideraciones para la alimentación automática en estanques de camarones” Disponible: <https://www.globalseafood.org/advocate/consideraciones-para-la-alimentacion-automatica-en-estanques-de-camarones/>

[8] Fishfarmfeeder. 2022, [En línea]. Tipos de Alimentadores Automáticos en Acuicultura. Disponible: <https://www.fishfarmfeeder.com/es/blog/tipos-alimentadores-automatizados-acuicultura/>

[9] G. Díaz, N. 2017 [En línea]. Prototipo para el monitoreo automatizado de parámetros de calidad del agua en una granja de camarón. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458109001/html/>

[10] H. Barrios, J. L., & Martínez Castro, E.,2020. [En línea] Diseño de un alimentador automático para peces ornamentales en granjas acuícolas. Disponible: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27963>

[11] Instituto Nacional de Pesca. (s/f). [En línea]Acuicultura Camarón blanco del Pacífico. gob.mx. Disponible: <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-camaron-blanco-del-pacifico>.

[12] J. Acuña, 1990. Automatización Industrial. Tecnología En Marcha.

[13] Logicbus. (2019) [En línea]. Artículos la automatización. Disponible: <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>

[14] Lsc, S., Anahí, D., & Herrera. (s.f). Arduino Soluciones Tecnológicas. Disponible: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/19972/arduino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[15] Mecafenix, I. (2023) [En línea]. Arduino ¿Que es, como funciona? y sus partes. Ingeniería Mecafenix. Disponible: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/programacion/arduino/>.

[16] Sdi, “¿Qué es un sensor ultrasónico y para qué sirve?”, 2023, [En línea]. Disponible: <https://sdiindustrial.com.mx/blog/sensor-ultrasonico-que-es-y-para-que-sirve/>.

TABLA VII. RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN ETAPA 3: ENGORDE

ETAPA 3: ENGORDE		
Densidad: 10,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
750 milisegundos	0 a 90°	317 gramos
750 milisegundos	0 a 90°	339 gramos
750 milisegundos	0 a 90°	326 gramos
750 milisegundos	0 a 90°	320 gramos
750 milisegundos	0 a 90°	322 gramos
Densidad: 20,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
2,000 milisegundos	0 a 60°	642 gramos
2,000 milisegundos	0 a 60°	659 gramos
2,000 milisegundos	0 a 60°	655 gramos
2,000 milisegundos	0 a 60°	639 gramos
2,000 milisegundos	0 a 60°	645 gramos
Densidad: 30,000 especies		
Tiempo de dosificación	Posición del servomotor en Grados	Porción de alimento proporcionado
3,000 milisegundos	0 a 60°	970 gramos
3,000 milisegundos	0 a 60°	962 gramos
3,000 milisegundos	0 a 60°	969 gramos
3,000 milisegundos	0 a 60°	971 gramos
3,000 milisegundos	0 a 60°	975 gramos

Habilidades comunicativas y su relación con la formación académica y el desempeño laboral

Adriana Rodríguez Cruz^{1*}, Sandra Amozurrutia Cortés², María Rebeca Pascuala Ramos Ozuna³

Resumen: El objetivo de esta investigación es analizar cómo las habilidades comunicativas influyen en el desempeño académico y laboral de estudiantes que cursan el nivel superior, dado que, además de las habilidades específicas de su profesión, también requieren desarrollar habilidades comunicativas que les permitirán insertarse en el ámbito laboral con éxito. En la actualidad, las empresas buscan reclutar personal con cualidades que van más allá de los conocimientos teóricos y prácticos; solicitan que sus colaboradores se relacionen de una manera eficaz y eficiente y, con ello, que contribuyan al crecimiento de sus organizaciones; es decir, que tengan habilidades blandas, también conocidas como soft skills. La comunicación es una habilidad que no se tiene bien desarrollada, lo que ocasiona dificultades para obtener otras competencias o para permanecer en un empleo. Toca a las instituciones educativas contribuir, con diversas estrategias, para que los alumnos alcancen el éxito en los ámbitos académico, profesional y personal. El enfoque es de tipo cualitativo, con alcances correlacionales y explicativos; se aplicó una encuesta a 24 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, unidad Oriente. Se utilizó la observación participante y se entrevistó a encargados de Recursos humanos.

Palabras clave: Comunicación. Habilidades blandas. Desempeño académico. Desempeño laboral.

I. INTRODUCCIÓN

Sin duda, la educación es un elemento importante para el desarrollo del individuo y de las sociedades. Es a través de la educación formal que los individuos se incorporan a un sistema conformado por instituciones, donde se adquirirán los conocimientos y las habilidades que le permitan desempeñarse en el ámbito profesional.

En diferentes etapas de la historia de México, se han implementado modelos educativos para solucionar problemas de rezago y mala calidad en la formación académica. Las condiciones de la educación han cambiado, ampliando la cobertura y la eficiencia terminal en todos los niveles; sin embargo, los resultados que se obtienen en pruebas a nivel nacional e internacional ponen en evidencia las carencias en la calidad del sistema educativo mexicano.

La presente investigación tiene como propósito analizar cómo las habilidades comunicativas influyen en el desempeño académico y laboral de estudiantes que cursan el nivel superior.

1. Planteamiento del problema

Se pensaría que los estudiantes egresados del nivel superior han adquirido, además de las capacidades para la vida, las competencias para desempeñarse académica y laboralmente. No obstante, la realidad dista mucho de ese ideal; en los estudiantes, se percibe que hay carencia no sólo de conocimientos, sino de también de habilidades que les permitan desempeñarse eficientemente en el ámbito académico y posteriormente en el laboral.

Una de las carencias comunes en los estudiantes es su capacidad comunicativa. Pareciera que el avance tecnológico ha influido en la forma de obtener y comprender la información; tanto, que no son conscientes de la importancia de expresarse correctamente, en forma oral como escrita, hecho que frecuentemente ocasiona conflictos por no expresar sus ideas con claridad, por ejemplo, en el trabajo colaborativo optan por tener poca disposición de trabajar con el otro, parece que adolecen de holganza social; al decir de Chiavenato, (2017), una persona con tendencia a esforzarse menos cuando trabaja en grupo que cuando trabaja sola [1].

2. Justificación

Aunque las habilidades duras son muy importantes, se determinó trabajar con las habilidades blandas dada su importancia y su impacto en el desempeño académico y profesional y cómo estas influyen en el logro de los objetivos y metas de una organización. De una larga lista de habilidades blandas ¿por qué hablar de las comunicativas? En primera instancia porque al ser seres sociales, por naturaleza, estamos en constante interacción con los demás y necesitamos tener una comunicación efectiva, afectiva y asertiva. Consecutivamente, porque es crucial tener la actitud adecuada para conformar equipos de trabajo y ello requiere de saber comunicarse.

Por pertenecer a una institución de educación superior (IES) se eligió trabajar con los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial. De manera empírica, se sabe de las carencias que los alumnos tienen en su comunicación oral y escrita; las autoras de este trabajo consideran que, detectándolas a tiempo, se puede trabajar para redireccionar y contribuir en su formación académica con miras a su desempeño profesional.

Artículo de investigación

Fecha de envío: (16/12/2023)

Fecha de aceptación: (08/04/2024)

¹ TecNM/IT de Tlalnepantla unidad Oriente, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México. adriana.rc@tlalnepantla.tecnm.mx (*autora de correspondencia).

² TecNM/IT de Tlalnepantla unidad Oriente, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México. sandra.ac@tlalnepantla.tecnm.mx

³ TecNM/IT de Tlalnepantla unidad Oriente, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México. rebeca.ro@tlalnepantla.tecnm.mx

Afortunadamente el ser humano es perfectible, los estudiantes del nivel superior son mayores de edad, pero pueden modificar sus actitudes para reaprender a comunicarse asertivamente.

II. FUNDAMENTACIÓN

1. *Habilidades blandas*

Antes de hablar de habilidades duras y blandas, resulta necesario contextualizar el concepto de competencias. Para la UNESCO, es un conjunto de conocimientos socioafectivos y habilidades cognoscitivas, psicológicas, sensoriales y motoras que permiten realizar un desempeño, una función, una actividad o una tarea. Por su parte para la OCDE es más que conocimientos y habilidades, ya que implica la capacidad del individuo de responder a demandas complejas poniendo en movimiento todos los recursos que se tengan en un contexto particular. [2]

Hablar de competencias nos lleva necesariamente a considerar los cuatro pilares de la educación según la UNESCO: Aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a convivir. En ese sentido hubo que desarrollar programas educativos que se centraran en el saber, el saber hacer, el saber ser y el saber convivir.

Algunos autores especifican que no son en sí mismas ese conjunto de elementos, sino que la explican como la capacidad que debe tener el individuo para saber aplicarlos en un contexto determinado, ya sea personal, profesional o laboral. Otros, además de hacer referencia a dichos elementos y a la capacidad del individuo, van más allá y aterrizan el concepto en las necesidades planteadas por el mismo sector productivo. Fue por ello por lo que hubo que hacer un vínculo entre este sector y el educativo.

En ese sentido, la educación basada en competencias es una orientación que se dio a la educación para dirigirla a las sociedades del conocimiento. Ello implicó cambios en los planes y programas de estudio y los métodos pedagógicos y, por lo tanto, se definieron perfiles de egresados que respondieran a los requerimientos del campo laboral. Para desarrollar en el alumno las competencias, fue necesario centrarse en el rol del docente, pues lo que hiciera dentro de las aulas, contribuiría a la formación de alumnos competentes y competitivos en todos los ámbitos de su vida.

El enfoque basado en competencias tiene este fundamento, que los alumnos adquieran un papel activo en el que sean capaces de realizar actividades para construir su propio conocimiento. Que aprendan a saber, a hacer (lo referente a las habilidades duras) y a ser y a convivir (lo que respecta a las habilidades blandas).

En la actualidad se manejan dos tipos de habilidades: las duras y las blandas. Las primeras hacen referencia al conocimiento en práctica (saber hacer) y a la forma de demostrarlo; por lo tanto, son perceptibles y se pueden medir; las segundas, también llamadas habilidades sociales (saber ser y saber convivir), tienen que ver con el aspecto emocional o la forma de interactuar con los que nos rodean, por su naturaleza de no ser medibles ni cuantificables, se estudian de manera diferente.

En conjunto, estos dos tipos de habilidades conforman un individuo con características específicas que puede desempeñar toda actividad que le sea encomendada.

Las habilidades duras son muy importantes en el desempeño del individuo; sin embargo, se determinó trabajar con las habilidades blandas, también llamadas habilidades sociales o “Soft skills”, ya que al referirse al aspecto emocional y la forma de interactuar con los que nos rodean, impactan en el desempeño académico y, por ende, en el profesional; así mismo para analizar su impacto en el comportamiento organizacional y por lo tanto en el logro de los objetivos y metas de la organización.

Al decir de Bernués, S. (2021, 6 de octubre):

Será fundamental entrenar y desarrollar las denominadas “Soft skills” o habilidades blandas, competencias clave que caracterizan la interacción de una persona con el entorno que le rodea y determinan su solvencia a la hora de afrontar los diferentes retos que se presentan en su camino. [3]

En la actualidad, la sociedad presenta cambios en muchos aspectos y las empresas no son la excepción. El incremento en el consumo ha venido a modificar las formas de producción y por lo tanto, la dinámica al interior de las organizaciones. Definitivamente las competencias requeridas por los empleadores en los egresados se vuelven cada vez más específicas orientadas al liderazgo, la solución de problemas, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo.

En ese sentido, un profesionista debe tener los conocimientos de su carrera o disciplina bien adquiridos, así como la habilidad para ponerlos en práctica; sin embargo, de poco o de nada servirá conocer y hacer, si no se tiene control de las emociones o no se sabe o no se quiere interactuar con los demás adecuadamente.

La mayoría de los gerentes deben asimilar que una gestión exitosa debe estar fundamentada en adquirir buenas habilidades para tratar con las personas; no sólo deben poseer una competencia técnica en su especialidad, sino, que los gerentes triunfadores necesitan las habilidades de trato personal para poder trabajar con los demás.

2. *Comunicación*

Al decir de Chiavenato, (2017), la comunicación es el proceso por el cual se transmite información y significados de una persona a otra. Asimismo, es la manera de relacionarse con otras personas a través de ideas, hechos y valores. [4]

Claro está que la comunicación está presente en toda actividad; sin embargo, no se trata de ir por la vida expresando cualquier cosa y como sea. Este proceso de comunicación en ocasiones se vuelve complejo sobre todo porque se producen barreras que le impiden desarrollarse de manera eficaz. Chiavenato, (2018), considera tres tipos de barreras: físicas, semánticas y personales, siendo estas últimas motivo de la presente investigación, pues “son interferencias que provienen de las limitaciones, emociones y valores de cada persona. Las más comunes en el trabajo son los malos hábitos de escuchar, las emociones, motivaciones y sentimientos personales”. Por ello es sumamente importante aprender a desarrollar habilidades comunicativas con ciertas características, es decir una comunicación efectiva y asertiva. [5]

Comunicación verbal

De la Cruz, (2017), menciona que la comunicación verbal se caracteriza por usar la palabra hablada; sin embargo, es un proceso complejo en el que influyen la experiencia, la cultura, el

contexto. Requiere de un elemento importante que es la retroalimentación, para que se dé la comprensión. [6]

Comunicación no verbal

Martín-Ovejero, (2019), la define como el conjunto de elementos (gestos, ademanes, muecas, movimientos) que acompañan a la comunicación verbal, que se producen de manera inconsciente y que incluso transmiten más que las palabras, revelan lo que las personas sienten, por eso es importante aprender a interpretarlos. [7]

3. Desempeño laboral

El desempeño laboral, de acuerdo con Argoti (2020), es el valor que un individuo agrega a la empresa de tantas maneras como sea posible en un periodo de tiempo determinado, con el fin de perseguir objetivos establecidos, de modo que el desempeño de los empleados pueda medirse y ver el rendimiento. (Citado en Medoza y Arriola, 2022, p. 60-64). [8]

En ese sentido, el desempeño laboral es lo que determina si una persona está realizando bien su trabajo, con base en parámetros establecidos por las organizaciones para determinar sus competencias profesionales y sus habilidades personales.

Según Chiavenato, (2017), la evaluación del desempeño es una apreciación sistemática del desempeño de cada persona en el cargo o del potencial de desarrollo futuro. [9]

III. METODOLOGÍA

Se realizó una investigación cualitativa con alcances correlacionales y explicativos.

Las técnicas que se utilizaron para la recolección de los datos fueron la observación participante y de campo, puesto que se trabajó involucradamente con el grupo de estudio en tiempo y contexto en el que se desarrollaron las actividades.

Se aplicó, de manera autoadministrada, una encuesta de 20 planteamientos con cinco niveles de respuesta cerrada para conocer, del grupo en cuestión, su apreciación personal acerca del gusto e interés por comunicarse de forma oral o escrita, individualmente y/o en grupo, así mismo de su agrado, interés o disposición para el trabajo en equipo.

La población considerada fue la comunidad estudiantil del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla unidad Oriente, misma que está conformada por 785 estudiantes.

El muestreo fue no probabilístico y por conveniencia o por oportunidad con un grupo de primer semestre de la carrera Ingeniería en Gestión Empresarial, conformado por 24 estudiantes, de los cuales 15 son mujeres y 9 son hombres, con quienes se tuvo la oportunidad de trabajar la asignatura de Desarrollo humano, lo que permitió ejecutar diversas actividades de habilidades comunicativas y trabajo en equipo. Hernández-Sampieri y Mendoza, (2018), mencionan que una muestra por conveniencia o por oportunidad está formada por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso y que se presentan de manera fortuita al investigador. [10]

Se generaron nubes de palabras que, al decir de Question pro “son herramientas visuales que se utilizan para analizar y presentar

datos cualitativos de manera concisa y comprensible. Al mostrar las palabras más recurrentes, se identifican rápidamente las tendencias en las respuestas de los participantes”. Se llevaron a cabo de manera presencial con la intención de escuchar comentarios ante los planteamientos y sobre todo de observar su reacción ante la formación de las nubes. [11]

De igual manera, por conveniencia, se llevó a cabo una entrevista a dos responsables de Recursos humanos en diferentes organizaciones, quienes aportaron información valiosa al respecto de lo que buscan los empleadores en los candidatos a sus puestos: La Maestra Liliana Salazar, con quien se tiene una relación de más de 25 años, tiempo durante el cual se ha seguido su trayectoria contribuyendo en la selección y reclutamiento de personal en diferentes organizaciones y quien a la fecha se encuentra laborando en IPG Photonics, además de promover la vinculación con escuelas de nivel medio superior y superior. El Ing. Alan Mendoza, egresado de la institución y carrera donde se llevó a cabo el estudio, quien ha apoyado con otras actividades informativas y de motivación a los estudiantes de nuevo ingreso. Actualmente labora en el corporativo de Refaccionaria Mendoza, participando en el proceso de reclutamiento y selección de personal para las seis sucursales (Moctezuma, Marina Nacional, Aragón, Xochimilco, Cuernavaca y Chalco).

IV. RESULTADOS

Durante la carrera, la mayoría de las asignaturas requieren que los estudiantes sean participativos expresando sus comentarios y opiniones, así mismo de la constante exposición de temas ante el grupo. Por tanto, estos dos elementos son un valioso indicador de las habilidades de comunicación verbal en los estudiantes. Derivado de la encuesta, se percibió una diferencia entre el gusto por la participación en clase (Figura 1), respecto a la seguridad al exponer (Figura 2), situación que denota que estar parados frente al grupo puede causar nerviosismo o pánico escénico.

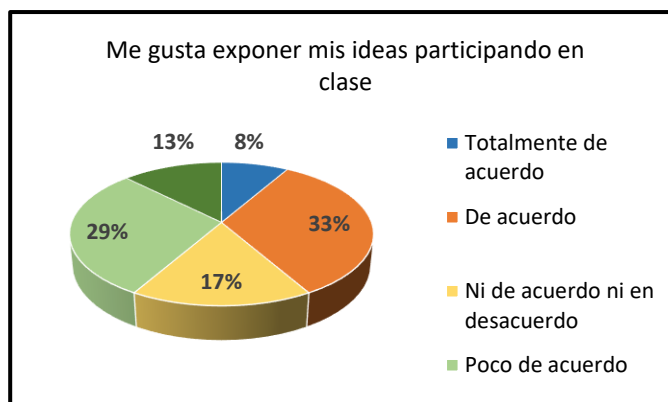


Fig. 1 Gusto por participar en clase

La aceptación de no tener facilidad de palabra coincidió con la inseguridad que sienten al hablar en público, incluso llama poderosamente la atención que, en la actividad de nube de palabras (Figura 3), se les pidió que escribieran en una palabra lo que sienten cuando hablan en público (teniendo tres posibles participaciones por estudiante), la mayoría de las respuestas se

fueron por el lado negativo; es decir, las palabras más repetidas indicaron sentir miedo, nervios, ansiedad, pena, incluso angustia; otras que, aunque no son tan repetidas, manifestaron sentirse sofocados o con escalofríos.

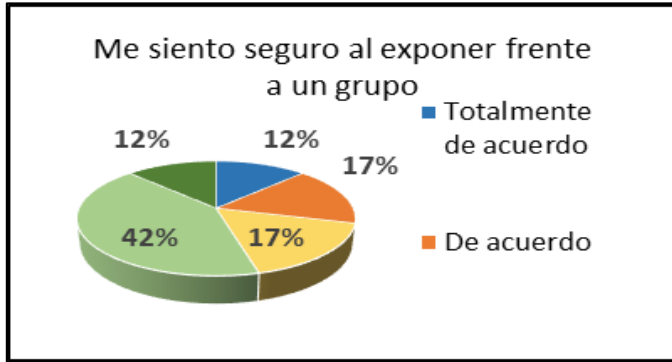


Fig. 2 Seguridad al exponer frente a un grupo



Fig. 3 Qué sienten cuando hablan en público

Resulta interesante observar que aun cuando consideran tener facilidad de palabra, esto no se ve reflejado en las actividades cotidianas de clase, pues tanto en exposiciones como en la participación no son capaces de expresar sus ideas con coherencia y mucho menos de argumentar un tema.

Con respecto a la comunicación escrita, la claridad y la precisión en las ideas al redactar es importante, ya que implica tener la facilidad de hacer creaciones propias sin necesidad de cometer plagio, situación que se requiere en el ámbito profesional sobre todo en la cuestión administrativa para elaborar reportes, informes, minutas, correos, etc. La mitad de los estudiantes aceptó no tener claridad en las ideas a la hora de redactar (Fig. 4); así mismo, casi la mitad aceptó no hacer redacciones propias y tener que recurrir a copiar y pegar de internet, lo que a través de la experiencia se constata en actividades y ejercicios en clase.

No obstante que más de la mitad de los estudiantes encuestados manifestó tener gusto por la escritura (Figura 5), esta situación no se ve reflejada en el trabajo académico o al menos en la calidad de este. Cabe mencionar que una cosa es que les guste escribir y otra que tengan la habilidad para para hacerlo bien, aplicando adecuadamente las reglas de redacción y ortografía.

Aun cuando los estudiantes consideraron que es importante la expresión oral y escrita para su desarrollo profesional, se percibió que hay grandes carencias de dicha habilidad; por

consiguiente, la misma aceptación de la situación, contribuirá a la sensibilización para la participación e integración en actividades que contribuyan al desarrollo de estas.

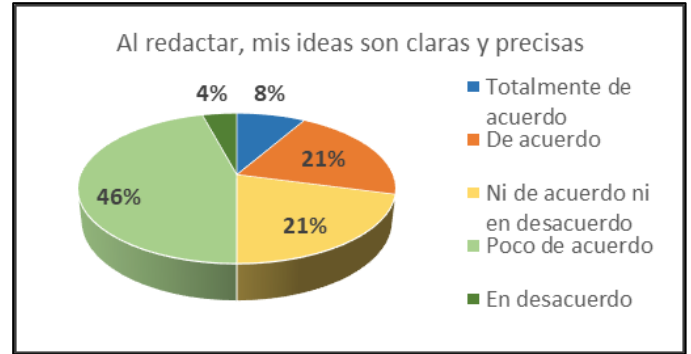


Fig. 4 Claridad y precisión en la redacción

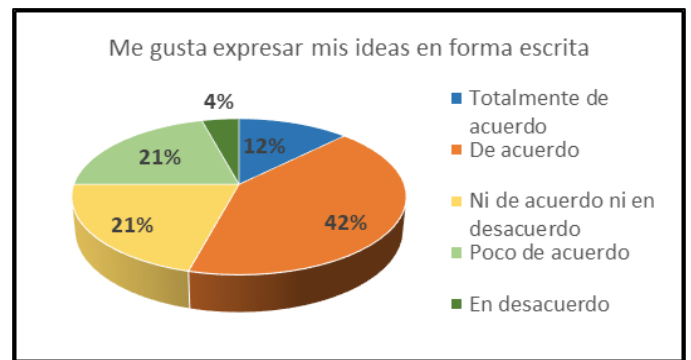


Fig. 5 Gusto por escribir

V. CONCLUSIONES

La aceptación de no tener facilidad de palabra coincidió con la inseguridad que sienten al hablar en público, incluso llama poderosamente la atención que en la nube de palabras resaltan aquellas relacionadas con su inseguridad; es decir, las palabras más repetidas indicaron sentir miedo, nervios, ansiedad, pena, incluso angustia; otras que, aunque no son tan repetidas, manifestaron sentirse sofocados o con escalofríos.

Resulta interesante observar que aun cuando consideran tener facilidad de palabra, esto no se ve reflejado en las actividades cotidianas de clase, pues tanto en exposiciones como en la participación no son capaces de expresar sus ideas con coherencia y mucho menos de argumentar un tema.

Los estudiantes reconocen sus dificultades en la comunicación escrita, confiesan que habitualmente no redactan sus propios escritos, les es más cómodo el “copiar y pegar” de otros autores. Cabe mencionar que una cosa es que les guste escribir y otra que tengan la habilidad para para hacerlo bien, aplicando adecuadamente las reglas de redacción y ortografía, una deficiencia que el docente debe de considerar para aplicar estrategias de lectura y redacción.

Aun cuando los estudiantes consideraron que es importante la expresión oral y escrita para su desarrollo profesional, se percibió que hay grandes carencias de dicha habilidad; por consiguiente, la misma aceptación de la situación, contribuirá a la sensibilización para la participación e integración en

actividades que contribuyan al desarrollo de estas.

REFERENCIAS

- [1, 9] Chiavenato, I. (2017). *Comportamiento organizacional. La dinámica del éxito en las organizaciones. (3ª ed.)* Ed. Mcgraw-hill/interamericana editores, S.A de C. V.
- [2] UNESCO. (2022). Re imaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381560>
- [3] Bernués, S. (2021, octubre 6). Soft skills 2021 o habilidades blandas esenciales. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/soft-skills-2021-o-habilidades-blandas-esenciales-sergio-bernu%C3%A9s-cor%C3%A9>
- [4] Chiavenato, I. (2017). *Introducción a la teoría general de la Administración*. Ed. Mcgraw-hill/interamericana editores, S.A de C. V.
- [5] Chiavenato, I. (2018). *Administración de Recursos Humanos. El capital humano de las organizaciones. (10ª ed.)*. Ed. Mcgraw-hill/interamericana editores, S.A de C. V. [6] De la Cruz, I. (2017). *Comunicación efectiva y trabajo en equipo*. Colección aula mentor. https://books.google.com.mx/books?id=tgDXAwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [7] Martín-Ovejero, J. L. (2019). *Tú habla que yo te leo. Las claves de la comunicación no verbal*. Ed Aguilar.
- [8] Mendoza Huilla, J. S. & Arriola Tuni, C. (2022). El desempeño laboral de los colaboradores: una aproximación conceptual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6 (4), 6057-6073. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3165
- [10] Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw-HILL Educación. 714 p. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- [11] QuestionPro. (9 de noviembre de 2023). Nubes de palabras: Qué es y cómo funciona? <https://www.questionpro.com/blog/es/nubes-de-palabras/>

Adriana Rodríguez Cruz. Licenciada en sociología por la UNAM (Facultad de Estudios Superiores Acatlán). Maestra en Administración por el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla y pasante de la maestría en educación.

Colaboró en la Secretaría de Desarrollo Social, realizando seguimiento y análisis de información en la Delegación Miguel Hidalgo, en programas sociales y culturales.

Ha colaborado como docente en el Conalep plantel Tlalnepantla I, plantel Atizapán II, plantel Bernardo Quintana Arrijoja; en la preparatoria oficial 113; en el Colegio Moctezuma e Instituto

Abraham Lincoln, en nivel secundaria. En el Instituto Tepeyac de Cuautitlán en universidad y preparatoria.

Actualmente labora en el Instituto tecnológico de Tlalnepantla unidad Oriente.

Sandra Amozurrutia Cortés. Es licenciada en Informática Administrativa por la Universidad Dr. Emilio Cárdenas. Obtuvo la Maestría en Administración en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, (ITTTLA), en diciembre de 2023. De 1993 a 2009 trabajó en Luz y Fuerza del Centro como ayudante técnico de construcción y jefe de Departamento (Aux. del Depto. de Informática y Telecomunicaciones de la Subdirección de Fábricas y Talleres).

Ha trabajado como docente en las siguientes instituciones: del mes de 2010 a 2014 en la Escuela Superior de Ingeniería Automotriz, Grupo CEDVA Plantel Tlalnepantla, en el nivel Ingeniería. En ITTLA del 2014 a la fecha. En 2018, en el Colegio Manchester de México, S.C. a nivel secundaria y preparatoria. En 2017, en el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios 227. De 2000 a 2001 en el Centro Universitario ETAC, S.C. Edo. de Méx. Finalmente, de 1998 a 2000 Universidad Dr. Emilio Cárdenas Edo. de Méx.

De 2010 a 2012 laboró en COMPUSI S. de R.L. de C.V. como Gerente Administrativo y supervisora de sistemas informáticos.

María Rebeca Pascuala Ramos Ozuna. Es Bióloga por la FES-Iztacala, UNAM. Maestra en Ciencias, con especialidad en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado, por el CIEMAD, IPN. Jefa de producción en deshidratados y ceras para la industria farmacéutica. Laborantista en análisis físicos y químicos del agua. Consultora en diagnósticos ambientales y estudios de sustentabilidad. Docente desde 1979 en ciencias naturales, literatura y apreciación estética. Desde 1980, organiza cursos y talleres de redacción y creación literaria.

Actualmente docente en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, unidad Oriente, donde imparte talleres de lectura y escritura creativa; derivado de ellos, se han publicado poemarios y relatos cortos.

Defendiendo el futuro digital: Introducción a la ciberseguridad y la ciencia de datos

Claudia Imelda Ruiz Muñoz^{1*}, Roberto Azael Lozano González¹

Resumen: la fusión estratégica entre la ciberseguridad y la ciencia de datos emerge como respuesta robusta a los desafíos contemporáneos en la protección de la información en la era digital. Este artículo explora como la convergencia de estas disciplinas no solo fortalece las defensas cibernéticas sino también impulsa una comprensión proactiva de los riesgos digitales. Desde la identificación de patrones hasta la anticipación de vulnerabilidades, la integración de la ciencia de datos en la ciberseguridad redefine la forma en que abordamos la seguridad en el ciberespacio.

Palabras claves: ciberseguridad, ciencia de datos, protección digital, amenazas sofisticadas y era digital.

I. INTRODUCCIÓN

Vivimos en una era donde la información es un activo invaluable y al mismo tiempo un objetivo codiciado por amenazas cada vez más sofisticadas. Ante este panorama, la ciberseguridad emerge como el refugio crucial para la salvaguarda de sistemas y datos en un mundo interconectado. Sin embargo, la complejidad de las amenazas digitales demanda más que defensas convencionales. Aquí es donde entra en juego la ciencia de datos aportando una capa de inteligencia analítica que va más allá de la simple protección para prevenir entender y contrarrestar los riesgos.

II. DESARROLLO

1. Ciberseguridad en la Era Digital.

La era digital ha marcado un hito en la evolución de la sociedad, brindando un acceso sin precedentes a la información y transformando la forma en que interactuamos con el mundo. Sin embargo, este progreso también ha dado paso a desafíos significativos, siendo la ciberseguridad una preocupación primordial. En esta exploración, abordaremos la evolución histórica, las tendencias actuales y los desafíos en la ciberseguridad en el contexto de la era digital [2,4,6].

La ciberseguridad no es un concepto nuevo; ha evolucionado con la misma rapidez que las tecnologías digitales. Desde los primeros intentos de proteger sistemas informáticos contra virus hasta la sofisticación actual de amenazas como el ciberespionaje y el ransomware, la ciberseguridad ha sido una disciplina en constante transformación.

La introducción de medidas de seguridad física en sistemas informáticos y la noción de "firewalls" se remontan a la década de 1980, cuando las amenazas eran principalmente locales. El libro Anderson (2008) [1] proporciona una visión profunda de la evolución de la ciberseguridad, desde sus inicios hasta los desafíos modernos.

1.1 Tendencias actuales

En la era digital actual, la ciberseguridad se ha convertido en un tema de gran relevancia y preocupación en todo el mundo. Con el aumento exponencial de la conectividad y la dependencia de la tecnología, los desafíos y amenazas en el ámbito cibernético evolucionan constantemente, lo que hace que la seguridad de la información sea una prioridad para individuos, empresas y gobiernos por igual. En este contexto, es crucial estar al tanto de las tendencias actuales en ciberseguridad, ya que nos permiten comprender mejor las amenazas emergentes, adaptar nuestras estrategias de defensa y proteger nuestros activos digitales de manera efectiva. En esta breve introducción, exploraremos algunas de las tendencias más relevantes y actuales en el campo de la ciberseguridad.

*Aumento de Ataques de Ransomware: El ransomware ha emergido como una amenaza destacada, afectando a organizaciones de todos los tamaños. El informe de amenazas de McAfee (2023) [3] destaca la creciente sofisticación y prevalencia de estos ataques.

* Importancia de la Seguridad en la Nube: La migración a entornos en la nube ha introducido nuevos desafíos y oportunidades. La adopción masiva de servicios en la nube exige estrategias de seguridad específicas para proteger datos sensibles y garantizar la continuidad del negocio.

1.2 Desafíos

En la actualidad, la ciberseguridad enfrenta una serie de desafíos complejos y en constante evolución. Con el crecimiento exponencial de la conectividad digital y la interconexión de dispositivos, infraestructuras y sistemas en línea, la protección de la información y los activos digitales se ha vuelto más crucial que nunca. Sin embargo, a medida que avanzamos hacia un mundo cada vez más interconectado, también enfrentamos una serie de amenazas cibernéticas cada vez más sofisticadas y diversificadas. Desde ataques de ransomware y phishing hasta vulnerabilidades de IoT y ataques de ingeniería social, los desafíos en el ámbito de la ciberseguridad son diversos y constantemente cambiantes. A

Artículo de divulgación
Fecha de envío: (29/01/2024)
Fecha de aceptación: (08/04/2024)

¹ TecNM/IT de Tlalnepantla, Tlalnepantla de Baz, Edo. Mex.
claudia.rm@tlalnepantla.tecnm.mx (*autora de correspondencia);
azael1617@yahoo.com.

continuación, exploraremos algunos de los desafíos más importantes que enfrenta la ciberseguridad en la actualidad.

***Amenazas Sofisticadas:** El entorno digital ha dado lugar a amenazas cada vez más sofisticadas. Ataques de APT (Amenazas Persistentes Avanzadas) y malware diseñado específicamente para evadir detección representan desafíos significativos.

***Rapidez en la Respuesta a Incidentes:** La velocidad de respuesta se ha vuelto crucial. La detección temprana y la respuesta rápida son esenciales para limitar el impacto de un ataque. Estrategias como el análisis de comportamiento y la automatización son fundamentales. (Fig. 1).



Fig. 1. Ciberseguridad en nuestra era.

2. La ciencia de datos como herramienta estratégica en Ciberseguridad.

La creciente complejidad y sofisticación de las amenazas cibernéticas exigen enfoques innovadores para la defensa digital. En este contexto, la ciencia de datos emerge como una herramienta estratégica en ciberseguridad. Al aprovechar análisis avanzados y modelos predictivos, la ciencia de datos transforma datos aparentemente caóticos en inteligencia procesable, fortaleciendo las defensas digitales de manera proactiva.



Fig. 2 Evolución de la Ciencia de Datos en Ciberseguridad.

La aplicación de la ciencia de datos en ciberseguridad ha evolucionado a lo largo del tiempo. Desde los primeros enfoques basados en reglas hasta la adopción masiva de técnicas de aprendizaje automático y la inteligencia artificial, el desarrollo histórico destaca la capacidad de adaptación de esta disciplina para enfrentar amenazas cambiantes. (Fig. 2)

2.1 Estudios de Caso en Ciencia de Datos y Ciberseguridad

Caso 1: Detección de Patrones Anómalos

La detección de patrones anómalos es crucial para identificar comportamientos no autorizados. Utilizando algoritmos de machine learning, como clustering o detección de anomalías, las soluciones de ciencia de datos pueden identificar actividades sospechosas antes de que se conviertan en amenazas reales. (Fig.3)

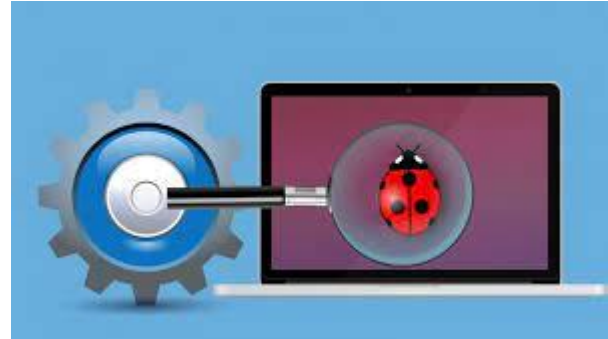


Fig. 3. Detección de Patrones Anómalos

Caso 2: Predicción de Amenazas

La predicción de amenazas permite una respuesta proactiva. Modelos predictivos entrenados en grandes conjuntos de datos históricos pueden anticipar posibles vectores de ataque, permitiendo a las organizaciones fortalecer sus defensas antes de que se produzca un incidente. (Fig. 4)

Cómo funciona el análisis predictivo



Fig. 4. Modelos Predictivos en la Predicción de Amenazas

3. Anticipando el Futuro Digital: La Sinergia entre Ciberseguridad y Ciencia de Datos.

En la era de la ciberseguridad y la ciencia de datos, anticipar el futuro digital se ha convertido en una tarea crítica para garantizar la resiliencia y la protección de los activos digitales. Esta sinergia estratégica no solo implica la defensa contra las amenazas actuales, sino también la capacidad de prever y mitigar riesgos emergentes. Este análisis se basa en diversas fuentes, incluyendo "Mastering Cyber Intelligence" de J. H. M. Dahj (2022) [2], y en investigaciones y artículos especializados en el área.

La anticipación del futuro digital comienza con una sinergia estratégica entre ciberseguridad y ciencia de datos. La ciencia de datos, mediante técnicas avanzadas de análisis, proporciona una comprensión profunda de las tendencias y la capacidad de modelar escenarios futuros.

Para llevar a cabo se debe de tomar en consideración lo siguiente:

*Análisis de Amenazas Emergentes: La anticipación del futuro digital implica la identificación proactiva de amenazas emergentes. La ciberseguridad, apoyada por la inteligencia artificial y el análisis de datos, puede identificar patrones que sugieren la evolución de nuevas amenazas.

* Adaptación Continua: La adaptación continua es clave para anticipar el futuro digital. La ciberseguridad y la ciencia de datos permiten la implementación de estrategias flexibles que se ajustan a medida que evolucionan las amenazas.

*Identificación de amenazas emergentes: La identificación de amenazas emergentes en ciberseguridad y ciencia de datos requiere una combinación de enfoques proactivos y tecnologías avanzadas. A continuación se muestran algunos pasos y consideraciones que le permitirán ayudarle a identificar amenazas emergentes en este campo:

1. Vigilancia Continua: Mantener una vigilancia constante sobre las últimas noticias y desarrollos en el ámbito de la ciberseguridad y la ciencia de datos. Las amenazas a menudo evolucionan en respuesta a avances tecnológicos y descubrimientos científicos.

2. Participación en Comunidades y Foros: Participar en comunidades en línea, foros y eventos relacionados con la ciberseguridad y la ciencia de datos. La colaboración con expertos y profesionales del campo puede proporcionar información valiosa sobre amenazas emergentes.

3. Análisis de Tendencias: Realizar un análisis de tendencias para entender cómo las tecnologías emergentes pueden introducir nuevas vulnerabilidades. Por ejemplo, el auge de la inteligencia artificial y el Internet de las cosas (IoT) pueden abrir nuevas puertas a amenazas específicas.

4. Estudio de Casos y Incidentes Pasados: Estudiar casos e incidentes pasados para identificar patrones y aprender de las tácticas utilizadas por los atacantes. Esto puede ayudarte a anticipar cómo las amenazas podrían evolucionar en el futuro.

5. Evaluación de Riesgos: Realizar evaluaciones de riesgos periódicas para identificar y cuantificar posibles amenazas emergentes. Considera cómo los cambios en la infraestructura, las políticas o las tecnologías pueden impactar la seguridad.

6. Inteligencia Artificial y Analítica Predictiva: Utilizar técnicas de inteligencia artificial y analítica predictiva para analizar grandes conjuntos de datos y prever posibles amenazas. Los modelos predictivos pueden ayudar a identificar comportamientos anómalos antes de que se conviertan en amenazas reales.

7. Colaboración con la Industria: Colaborar con la industria y participa en intercambios de información sobre amenazas (TIP, por sus siglas en inglés). La colaboración con organizaciones y empresas puede proporcionar información sobre amenazas que han experimentado.

8. Formación Continua: Mantener nuestro equipo y a uno mismo actualizados mediante la formación continua. La educación constante en nuevas tecnologías y tácticas de ataque es esencial para estar al tanto de las amenazas emergentes.

9. Monitoreo de Actividades Sospechosas: Implementar sistemas de monitoreo de seguridad para identificar actividades sospechosas en tiempo real. Las herramientas de detección de amenazas pueden alertarte sobre comportamientos anómalos.

10. Evaluación de Impacto: Evaluar el impacto potencial de las amenazas emergentes en tu infraestructura y datos. Comprender

las posibles consecuencias te ayudará a priorizar y planificar respuestas efectivas.

4. Perspectivas Futuras y Desafíos No Resueltos

A medida que la ciberseguridad y la ciencia de datos continúan evolucionando, se presentan nuevas perspectivas y desafíos que definen el futuro de este campo interdisciplinario. Esta convergencia estratégica está marcando pautas para enfrentar amenazas emergentes, pero también plantea desafíos no resueltos. Este análisis se basa en diversas fuentes, incluyendo "Data Science for Business" de Foster Provost y Tom Fawcett (2013) [5], y artículos científicos de revistas especializadas.

4.1 Perspectivas futuras

A continuación se hace mención de alguna de las perfectivas que se tendrán en el futuro como son:

*Integración Profunda de la Inteligencia Artificial (IA): La integración de técnicas avanzadas de inteligencia artificial, como el aprendizaje profundo, en la ciberseguridad y la ciencia de datos promete mejorar la detección y mitigación de amenazas de manera más eficiente y precisa.

*Automatización de Respuestas y Orquestación: La automatización de respuestas ante amenazas y la orquestación de procesos de seguridad son perspectivas cruciales para mejorar la velocidad y eficacia en la gestión de incidentes.

*Seguridad Cuántica: A medida que la computación cuántica avanza, se espera que surjan nuevas amenazas. La seguridad cuántica se presenta como una perspectiva futura para proteger las comunicaciones y sistemas ante algoritmos cuánticos.

4.2 Desafíos no resueltos.

Existen muchos desafíos que aún no son resueltos en el campo de la ciencia de datos y la ciberseguridad como son los siguientes:

* Interpretabilidad de Modelos: La falta de interpretabilidad en modelos de inteligencia artificial utilizados en ciberseguridad plantea desafíos significativos. Comprender cómo toman decisiones estos modelos es esencial para la confianza y la toma de decisiones informada.

*Protección de la Privacidad en el Análisis de Datos: A medida que se recopilan grandes cantidades de datos para análisis, la protección de la privacidad se convierte en un desafío crucial. Garantizar el equilibrio entre la utilidad del análisis y la privacidad de los individuos es un tema no resuelto.

*Amenazas Emergentes y Desconocidas: La capacidad de anticipar y enfrentar amenazas emergentes y desconocidas sigue siendo un desafío. La rápida evolución del panorama cibernético hace que sea difícil prever todas las posibles tácticas de ataque.

III. CONCLUSIONES

Esta exploración detallada de la ciberseguridad y la ciencia de datos como defensores del futuro digital ha revelado la interconexión profunda entre ambas disciplinas. Desde los antecedentes históricos hasta las tendencias emergentes, la convergencia de estos campos no solo protege contra amenazas actuales sino que también sienta las bases para la construcción de un futuro digital más seguro y resistente. La resiliencia en el

ciberespacio requiere una comprensión integral de estas disciplinas, su integración efectiva y una mirada crítica hacia las oportunidades y desafíos que se avecinan. Con esta comprensión, estamos mejor equipados para defender nuestro futuro digital en la era de la conectividad global y la información omnipresente.

Las perspectivas futuras y los desafíos no resueltos en ciberseguridad y ciencia de datos están intrínsecamente ligados al avance tecnológico. A medida que se exploran nuevas fronteras, es esencial abordar los desafíos existentes y anticipar aquellos que surgirán, guiados por un enfoque ético y una comprensión profunda de la intersección entre la ciberseguridad y la ciencia de datos.

REFERENCIAS

- [1] Anderson, R. (2020). Security engineering: a guide to building dependable distributed systems. John Wiley & Sons.
- [2] Dahj, J.N. (2022). "Mastering Cyber Intelligence" Packt Publishing.
- [3] McAfee. (2023). The 2023 McAfee Consumer Mobile Threat Report. [The 2023 McAfee Consumer Mobile Threat Report \(mcafeeassets.com\)](https://www.mcafeeassets.com/2023-mcafee-consumer-mobile-threat-report)
- [4] Möller, D. P. (2023). Cybersecurity in digital transformation. In Guide to Cybersecurity in Digital Transformation: Trends, Methods, Technologies, Applications and Best Practices (pp. 1-70). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [5] Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science for Business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking. " O'Reilly Media, Inc."
- [6] Sule, M. J., Zennaro, M., & Thomas, G. (2021). Cybersecurity through the lens of digital identity and data protection: issues and trends. *Technology in Society*, 67, 101734.



Claudia Imelda Ruiz Muñoz. Es licenciada en Informática por el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla (ITTTLA) en 1998. Realizó una maestría en Ciencias de la Educación en la Universidad ETAC en 2007. Desde 1998 ha sido profesora del ITTLA, además de ocupar varios puestos: octubre 2008 a enero 2011 ocupó la

Jefatura de Laboratorio de Cómputo, de octubre 2011 a enero 2013, Jefa del Departamento de Sistemas y Computación. En marzo 2014 a mayo de 2016, Jefatura de docencia, de enero 2017 a abril de 2022, la Jefatura de Proyectos de Investigación del Departamento de Sistemas y Computación. Cuenta con el reconocimiento Perfil deseable PRODEP desde 2017. Las áreas de interés en investigación son Internet de las cosas (IoT), redes, ciberseguridad, ciencia de datos.



Roberto Azael Lozano González. Es Ingeniero Electricista por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tamaulipas. Trabajó en Petróleos Mexicanos PEMEX (1964-1973), Comisión Federal de Electricidad CFE (1974 -2018). Desde 1988 a 2018 fue profesor en el ITTLA, además de ocupar el puesto de Jefe del

Departamento de Eléctrica. Las áreas de interés en investigación son Internet de las cosas (IoT), subestaciones.

Control del voltaje de offset en la implementación de sensores analógicos con sistemas embebidos

Francisco Alejandro Chávez Estrada^{1*}, María Isabel Cervantes Valencia¹, Jacobo Sandoval Gutiérrez², Reyna García Belmont¹, Luis Cabrera Hernández¹

Resumen: Un sistema de control digital destaca por su confiabilidad en el procesamiento de señales que vienen de sensores analógicos. Para ello los sensores leen variables físicas y químicas que son de interés controlar, la información se lee de manera analógica y es procesada a través de un circuito integrado programable (PIC), el cual realiza la conversión analógica a digital, el procesamiento de la información digital del sistema se realiza por medio de un algoritmo, para medir la variable física y controlar un sistema o proceso. La parte crítica de estos sistemas es el acondicionamiento analógico de los sensores, se utilizan amplificadores operacionales, sin embargo, se generan errores por la no linealidad de los componentes y principalmente el voltaje de offset, generado éste por la falta de simetría de los transistores, que, aunque estén en el mismo circuito integrado, no es posible fabricar dos transistores que operen con las mismas características eléctricas de corriente y voltaje, el error que genera se le llama voltaje de desbalance, lo que contribuye de manera significativa en los errores de las mediciones que son propias de los circuitos analógicos y aunque se ha logrado disminuir no ha sido erradicado. Basado en esta premisa se propone el diseño de un amplificador del sensor analógico que resuelva la problemática del voltaje de offset, que se genera en el circuito analógico, con el uso de los recursos disponibles en la arquitectura del sistema embebido (SE) y el uso de un algoritmo para alimentar el sistema digital. El sistema de control de esta investigación en cada medición del voltaje del sensor se le resta el voltaje de offset, lo que permite eliminar este error en cada medición, esta técnica es aplicable para cualquier sensor analógico. El diseño del circuito consta de tres etapas: caracterización del sensor, acondicionamiento del sensor (etapa amplificadora o atenuadora) y conversión analógica digital (CAD). El método expuesto en esta investigación es aplicable a cualquier tipo de sensor analógico, en una primera etapa se determina la sensibilidad y características del sensor para la variable a medir, en una segunda etapa se diseña un circuito acondicionador de la parte analógica entre el sensor y el sistema de control digital.

Palabras claves: Interface analógica, Interface digital, caracterización del sensor, convertidor analógico digital, sistema embebido, voltaje de offset.

I. INTRODUCCIÓN

Para controlar un proceso se inicia a partir de que exista un sensor capaz de medir la variable física o química de interés,

esto facilita el diseño del sistema de control ya que los sensores detectan los cambios de las variables físicas y químicas, se transforman en señales eléctricas de corriente o voltaje. Lo que el diseñador realiza es acondicionar y procesar las señales eléctricas para controlar el proceso de interés. Heuert y Oberdorfer en [1] patentan un sensor que les permite controlar un sistema electromecánico, para el funcionamiento de equipos de riego sin intermitencia, el sensor es un potenciómetro que controla un convertidor de frecuencia y éste a su vez controla un sistema electromecánico de riego continuo. Los sensores pueden ser aplicaciones de tecnología existente como muestra Londoni V y Trombetta P [2] con el sensor diodo laser para mediciones no invasivas de la glucemia. La aplicación de los sensores abarca cualquier área Bornzin, G. A., & Min [3] por ejemplo diseñan un sistema que mide señales biológicas como la frecuencia cardiaca con un Convertidor Analógico Digital (CAD) colocado cerca del sensor y un módulo de transmisión con una Unidad Central de Proceso (CPU) que transmite las señales a un servidor central a través de una línea telefónica.

Las interfaces analógicas sensor-amplificador operacionales tienen sus restricciones eléctricas como es el ancho de banda, señal de entrada, señal de salida y principalmente el voltaje de offset, actualmente se siguen desarrollando técnicas para reducir el voltaje de offset [4,5]

Los sensores existentes requieren mejoras como muestran R. Santos, y R. Barros [6] el voltaje de offset de los amplificadores introduce errores en las mediciones de temperatura en el caso de un radiómetro utilizando la técnica de modulación de ancho de pulso (PWM). Estos errores aumentan con el voltaje de offset y son más pequeñas en la configuración de Modulación de Ancho por Pulso (PWM), disminuyendo con la amplitud del pulso.

Existen compañías especializadas en diseñar y fabricar sensores [7] en donde, sus productos resuelven problemáticas reales como el nuevo circuito integrado de aplicación específica de bajo offset, con elementos que detectan mediante célula Hall para transductores de corriente en lazo cerrado [8].

Otros tipos de sensores más recientes como los acelerómetros, giroscopios y sensores compass, tienen una gran aplicación en la robótica para determinar la posición,

Artículo de divulgación
Fecha de envío: 28/11/2023
Fecha de aceptación: 08/04/2024

¹ Tecnológico Nacional de México/IT Tlalnepantla. Tlalnepantla de Baz 54070, Estado de México, México. francisco.ce@tlalnepantla.tecnm.mx, maria.cv@tlalnepantla.tecnm.mx, reyna.gb@tlalnepantla.tecnm.mx, luis.ch@tlalnepantla.tecnm.mx

² Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma de Villada 52006, Estado de México, México. j.sandoval@correo.ler.uam.mx

localización de los robots móviles, se utiliza esta información para determinar la dirección de desplazamiento como lo hace Hsu, S. y Lee [9]. Chávez et al. [10] utilizan sensores giroscopios para determinar el desplazamiento y posición de un robot cuadrúpedo con la información obtenida, utilizando un micro algoritmo genético que permite al sistema aprender a caminar; otra aplicación en un robot inteligente que se desplaza y genera una base de datos del lugar que recorre y crea mapas del lugar como lo propone el robot diseñado por Wang J. y Xue C [11]. Como se observa en un proceso, sistema o robot, se utilizan sensores en donde es crítico obtener la información de éstos con el mínimo de errores, sin voltaje de offset, para garantizar la confiabilidad y repetibilidad del correcto funcionamiento de los sistemas. El objetivo de la investigación en una primera etapa es reducir los errores mencionados como es el voltaje de offset, mediante el uso de micro controladores PIC de la compañía microchip [12], diseñar e implementar sensores inteligentes aplicables a los sistemas de control y robótica.

La presentación de este trabajo se ha organizado en las siguientes etapas: I. Introducción, II. La caracterización del sensor, III. La interface o acondicionamiento del sensor, IV. El convertidor analógico digital (CAD), V. El sistema embebido, VI. Circuito de control, VII. Pruebas Resultados, VIII. Contribuciones y Conclusiones.

II. LA CARATERIZACIÓN DEL SENSOR

La temperatura es sin duda la magnitud física más medida y un parámetro esencial para varios procesos, motivo por el cual se consideró, así mismo existen en el mercado una gran variedad de sensores, sin embargo se optó trabajar con el sensor LM35 el cual es utilizado para varios proyectos de robótica y automatización del hogar, debido a su rápida respuesta, precisión y bajo costo, las especificaciones técnicas son las siguientes: empaque TO-92, por, tiene una respuesta lineal de 0.01 V/°C, puede trabajar con una alimentación de 4 a 30 volts, se utiliza una alimentación de 5 volts, su consumo es de 60 uA y su disipación es menor a 0.1 °C.

Se determina realizar un termómetro de 0 a 150 °C, es el rango lineal del sensor. De acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante es un sensor fabricado con semiconductor de silicio acondicionado para rango de operación de -50 °C a 150°C tiene un rango de operación con una precisión de .5 °C en el rango de temperatura de -75°C a 175°C , como se puede comprobar en sus hojas de especificación [13].

Con la información anterior se caracteriza el sensor, el CAD trabajará de 0 a 4.95 volts, es decir el máximo voltaje de la señal analógica la cual debe ser 4.95 volts y el menor voltaje cercano a cero volts.

El sensor tiene un comportamiento lineal como se muestra en la Fig. 1. y la Tabla I.

III. LA INTERFACE O ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR

En la Tabla 1 se observa que la interface requiere un factor a

de amplificación o ganancia de 3.3.

La señal analógica va de 0 a 4.95 Volts, por tanto se utiliza una etapa de amplificadores operaciones con el CI LM324, el cual trabaja con una fuente polarizada de 5 volts, la característica técnica que se alimenta con una sola fuente de alimentación entre un rango de 3V a 36 V, con bajas corrientes de polarización de -40°C a 125°C permite simplificar el diseño del hardware y conectar esta etapa directamente a el microprocesador PIC, el ancho de banda del Amplificador Operacional (OPAMP) de acuerdo a el fabricante es de 1.2 MHz, respuesta suficiente debido a que la variable temperatura es una de las más lentas, se muestran hojas de datos [14].

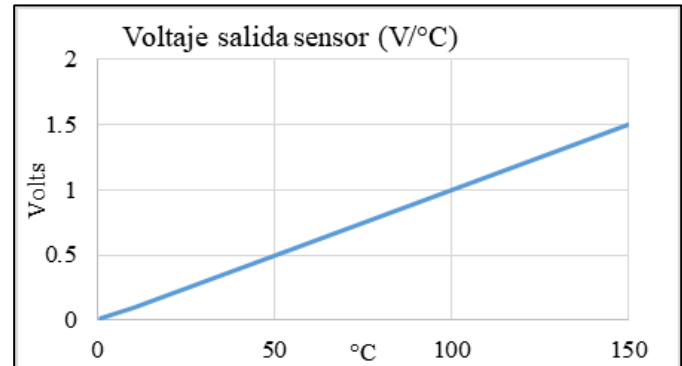


Fig. 1. Caracterización del sensor.

TABLA I. RESPUESTA DEL SENSOR E INTERFACE

Sensor (°C)	Voltaje salida sensor (V/°C)	Ganancia	Voltaje de salida amplificador (V)
1	0.01	3.3	0.033 V
10	0.1	3.3	0.33 V
50	0.5	3.3	1.65 V
100	1	3.3	3.3 V
150	1.5	3.3	4.95 V

En una primera etapa se coloca un amplificador en configuración seguidor, para acoplar el sensor a esta etapa, la segunda etapa es una configuración no inversora.

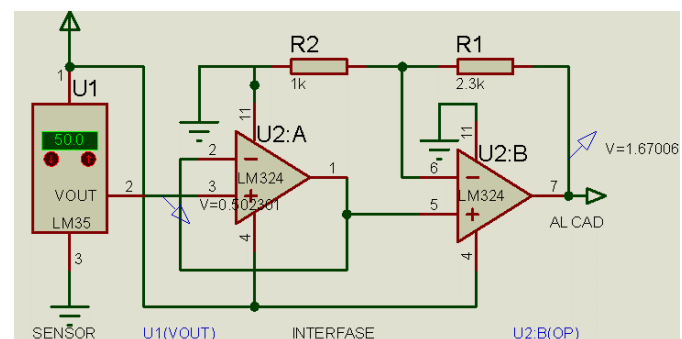


Fig. 2. Interface o acondicionamiento del sensor.

La ganancia está dada por la ecuación (1)

$$Ganancia = 1 + R2/R1 \tag{1}$$

de la TABLA 1, la ganancia = 3.3

Se propone R1=1 KΩ por tanto usando ecuación (1);

$$R2 = (3.3-1)1 K\Omega = 2.3 K\Omega$$

Esta es la etapa que debe diseñarse para cada sensor en particular, debido a que cambian las características eléctricas y técnicas, se adecua el diseño con una nueva ganancia y/o una nueva configuración de amplificación.

Esta etapa puede incluir el CAD, en caso que la etapa de control y procesamiento no la incluya, en el caso de la presente investigación no es necesario, micro controlador utilizado tiene un CAD.

La interface diseñada para el sensor de temperatura se muestra en la Fig. 2.

IV. EL CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL (CAD)

Los circuitos de cada fabricante tienen características propias, solo se deben cumplir las especificaciones del fabricante para habilitar el circuito. Un CAD es el circuito que realiza la conversión de la señal analógica a digital, el bloque básico es el siguiente en la Fig.3.



Fig. 3. El CAD

El voltaje de referencia debe ser regulado para no tener errores por variaciones del voltaje de alimentación.

La entrada de señal analógica que se desea digitalizar.

La Terminal digital de entrada que inicia la CAD.

La Terminal digital de salida, indica que la CAD terminó.

El RELOJ. Terminal digital de entrada del pulso de reloj, puede ser interno o externo.

La Señal digital de salida correspondiente a la señal analógica.

El CAD puede ser de n bits. En esta investigación el CAD es de n=10 bits de resolución, esto permite $2^n = 2^{10} = 1024$ números binarios diferentes.

Con esta información se determina la resolución o el valor más pequeño de la señal analógica de entrada que el CAD es capaz de procesar.

$$Resolución = \frac{Voltaje\ máximo\ de\ la\ señal\ analógica}{2^n - 1} \quad (2)$$

En esta descripción se hace referencia al micro controlador PIC16F877A para realizar el desarrollo; Para este micro controlador se consultó las hojas de datos [15], funciona con una alimentación de 5V por tanto los sensores e interfaces con los OPAMPS que se alimentan con 5V permiten la operación de los circuitos con una sola fuente de alimentación, Se tiene un CAD de 10 bits, y permite una resolución $5V/1024 = 0.0048 V$ (realiza conversiones analógico a digitales de 4.8 mV), tiene 8 entradas o canales que se multiplexan hacia el mismo CAD de aproximaciones sucesivas, el modulo tiene entradas de voltaje

referencia (VDD) y voltaje cero (VSS). Este módulo tiene la característica que puede operar mientras el PIC se encuentra en el modo de bajo consumo de voltaje (SLEEP mode).

El módulo de CAD del PIC está formado por cuatro registros, estos registros son:

Registro de resultado parte alta (ADRESH)

Registro de resultado parte baja (ADRESL).

En estos dos registros se recupera el resultado digital resultado de la conversión. Se determina utilizar 10 bits de conversión por tanto se tendrán la opción de obtener 1024 números binarios y con una resolución de acuerdo a la ecuación (2).

$$Resolución = 5volts / (1024-1) = 0.004887 volts$$

$$Para\ 150^{\circ}C / (1024-1) = 0.1466^{\circ}C = 0.15^{\circ}C$$

El CAD será capaz de realizar conversiones para señales ≥ 0.004887 hasta 5V, es decir 5 mV equivalente a $0.15^{\circ}C$ esto indica que el CAD tendrá esta precisión, puede medir variaciones de temperatura de $0.15^{\circ}C$, con lo anterior se identifica el impacto de incrementar o decrementar el número de bits del CAD.

Se configura la operación del CAD por medio de los registros de control ADCON0 y ADCON1, para mayor detalle consultar las hojas de datos del micro controlador PIC16F877A [15].

El registro de control 0 (ADCON0), permite configurar la rapidez de la conversión el CAD $4\ MHz / 2 = 32\ MHz$, la entrada del canal analógico es a través de A0, y se enciende la conversión ADON=1, en esta configuración solo se monitorea el cambio de GO/DONE=0, indicando que la conversión terminó. Se muestra la configuración del registro ADCON0.

Configuración del registro ADCON0 = 00000101 = 05H

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADCS1	ADCS2	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE'	XX	ADON
0	0	0	0	0	1	NO USO	1
Frecuencia oscilador/2		Selección canal analógico		Bandera, estado de CAD		CAD encendido	

El registro de control ADCON1, confirma la velocidad de conversión de 32 MHz, configura el puerto A de conversión el cuál trabajará solo A0 como entrada analógica, el resto de los pines del puerto A, trabajarán señales digitales y se utilizará la fuente del PIC para alimentar el circuito del CAD. Como se muestra la configuración del registro ADCON0.

Configuración del registro de control 1 (ADCON1)=0EH.

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADFM	ADCS2	X	X	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
0	0	NO USO	NO USO	1	1	1	0
Frecuencia conversion				Conf. de bits de control Entradas analógicas, digitales y voltajes de referencia			

ADFM=0. Justificación a la derecha de los 6 bits más significativos de ADRESH

ADFM=1. Justificación a la izquierda de los 6 bits menos significativos de ADRESL

Se confirma la frecuencia del oscilador/2, la entrada analógica

por A0 y el resto de los puertos del registro A serán digitales, el voltaje de referencia VREF, se toma del voltaje de alimentación del micro controlador. Los registros ADCON0 y ADCON1 controlan la operación del módulo A/D.

El resultado de la conversión se recupera en el registro ADRESH y ADRESL, tomar en consideración el valor del bit de justificación ADFM.

Nota: Para mayor detalle técnico consultar las hojas de especificación del fabricante para el PIC16F887A. de microchip.

V. EL SISTEMA EMBEBIDO

La investigación se enfoca en la implementación de los sensores analógicos en un sistema digital. Se ha considerado utilizar PIC16F887A, el cual es un micro controlador con el CAD incluido, en la Fig. 3. El diagrama de flujo para realizar la conversión se muestra en la Fig.4.

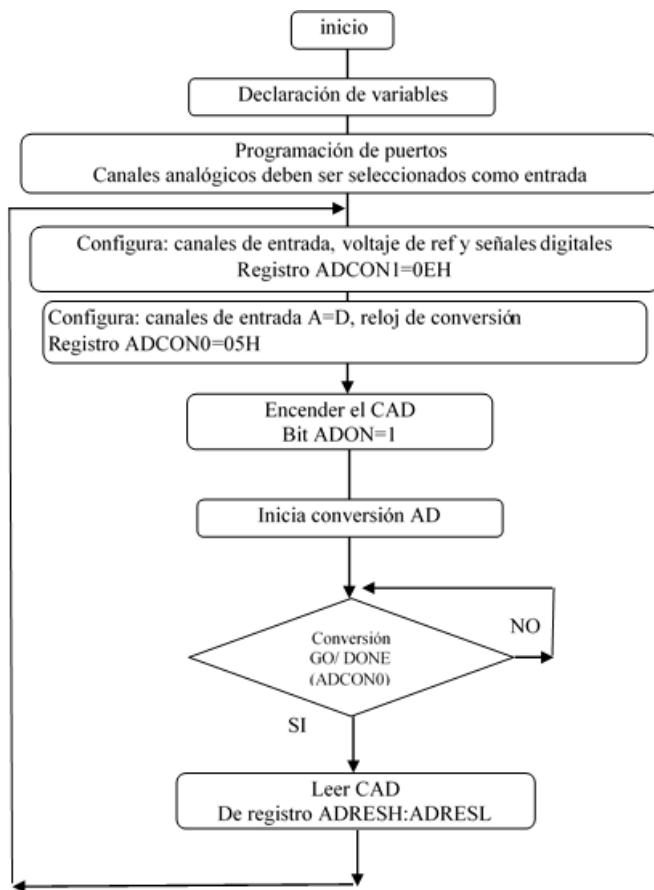


Fig. 4. Diagrama de flujo para el CAD

VI. TRABAJO FUTURO

Esta investigación forma parte del proyecto para diseñar un sensor inteligente para la industria 4.0, el cual requiere diseñar acciones de control y en esta investigación se menciona como trabajo futuro. Se parte de la definición de un sistema de control, es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen el objetivo de mantener una o más variables controladas en un rango establecido. Si la variable

física se ajusta para que tenga un determinado valor, esto implica la acción de un sistema de control.

Los sistemas de control lazo cerrado son los de mayor interés, para analizar y controlar el desempeño de las variables físicas con el objetivo de que el sistema se pueda auto configurar, es necesario definir las siguientes variables del sistema:

Medición. Registra el valor de la variable física controlada.
Decisión. Determina el error (valor mínimo deseado) y se utiliza el error para ejecutar una acción de control, este es el alcance para esta investigación, determinar el error en la medición en este caso el voltaje de offset y eliminarlo de la medición.

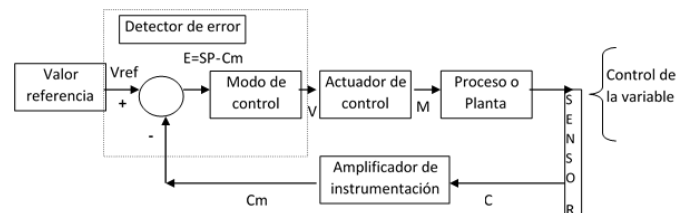


Fig. 5. Sistema de control a bloques de lazo cerrado.

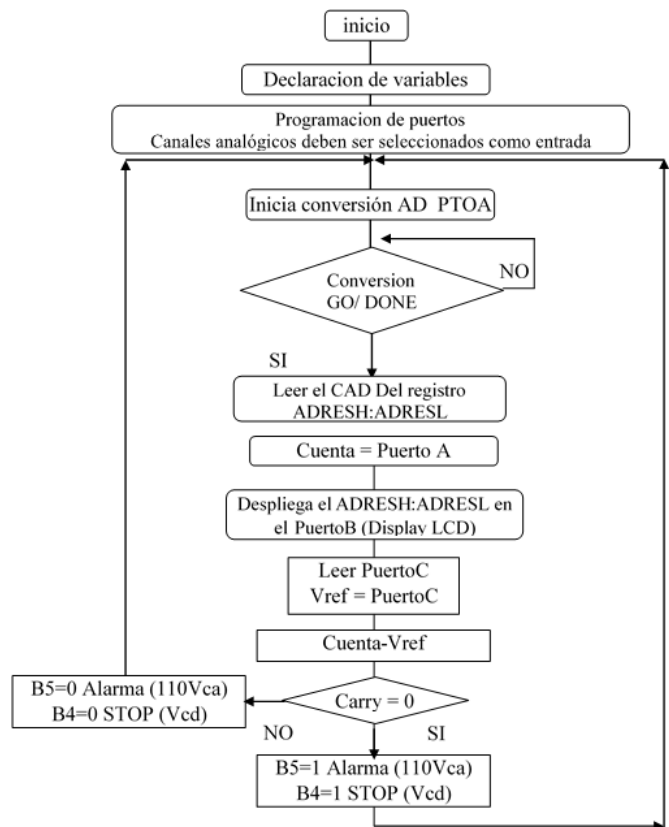


Fig. 6. Algoritmo del sistema de control futuro.

Manipulación. Usa la acción de control para ajustar algunas variables en el proceso de manera que la tendencia reduzca el error. En esta investigación se realiza el hardware y software para realizar mediciones del [sensor + Voltaje de offset] y medición solo del [Voltaje de offset], esta manipulación permite la contribución para realizar la operación de resta se obtiene la medición del sensor sin el voltaje de offset.

El sistema control futuro consiste de un detector de error y una unidad de modo de control como se muestra en la Fig. 5.

El detector de error determina el error (E) restando el valor medido (Cm) del valor de referencia (Vref). La unidad de modo de control usa la señal de error para producir la acción de control (V). Una de las características relevantes del controlador es la forma en que usa el error para realizar acciones de control clásico. Los modos de control son: (1) De dos posiciones ON/OFF, (2) Proporcional, (3) Integral y (4) derivativo. El control puede ser implementado por circuitos neumáticos, circuitos electrónicos analógicos, circuitos electrónicos digitales. Controladores neumáticos que usan un equivalente neumático al OPAMP para generar las acciones de control.

Los circuitos analógicos usan sistemas resistivos para detectar el error y OPAMPS para realizar las acciones de control. Los sistemas digitales usan un microprocesador y un algoritmo para generar las acciones de control, el algoritmo puede ser realizado en lenguaje de alto nivel o bajo nivel. En la Fig. 6 se muestra el diagrama de flujo para el sistema de control de esta investigación, en donde se está considerando el CAD, desplegar información en un display LCD y recibir del puerto C el valor a controlar, denominado valor de referencia como se muestra en la Fig. 7.

Se habilita un display para comprobar el funcionamiento del programa y principalmente el CAD se conecta al PIC como muestra la Fig. 7.

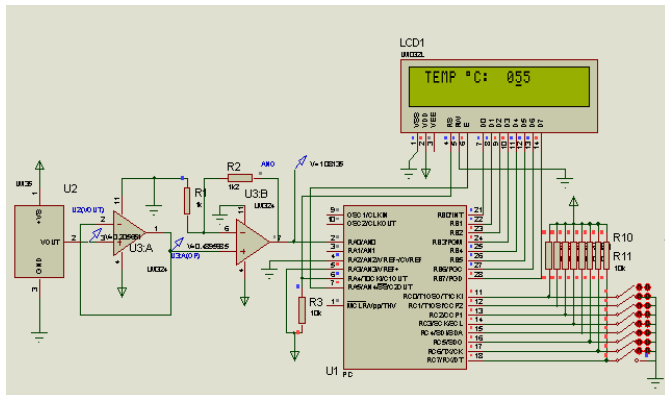


Fig. 7. Diagrama eléctrico del sistema de control

VIII. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se implementa el circuito diseñado y se mide el voltaje de salida del sensor y el voltaje a la salida de la interface ver TABLA II. Entre las mediciones la variación es menor al 2%.

Tabla II. TABLA COMPARATIVA

Información comparativa	Temperatura Sensor (°C)	Voltaje salida sensor (V/°C)	Voltaje a la salida interface (V)
Voltajes con caracterización	50	0.5	1.65
Voltajes con simulación	50	0.5023	1.67

Se prueba el circuito implementado y se verifica el voltaje de salida del sensor y el voltaje a la salida de la interface ver TABLA III. Entre las mediciones la variación es menor al 2%.

TABLA III. INFORMACIÓN COMPARATIVA

Información comparativa	Temperatura Sensor (°C)	Voltaje salida sensor (V/°C)	Voltaje a la salida interface (V)	Temperatura en LCD (°C)
Voltajes con caracterización	54	0.54	1.782	54
Voltajes con simulación	54	0.538956	1.84437	55

VII. CONTRIBUCIÓN

Se realizan mediciones de voltaje a la salida del sensor, a la salida de la interface y se observa un voltaje de offset, el voltaje de entrada a la interface se pone en corto y el voltaje de offset que se tiene es: $V_{offset} = 0.01\text{ V}$. Considerando que el voltaje de offset es muy pequeño, depende de la polarización del circuito, corrientes de fuga y calentamiento que resulta complicado controlarlo o disminuirlo, además que el circuito de control es un micro controlador, se propone la siguiente modificación al circuito.

Se agrega una rutina en el algoritmo para considerar el Voffset.

Voltaje real a la salida de la interface = Voltaje de la medición del sensor – Voltaje de offset

Voltaje de la medición del sensor (V_{sensor}). Es la medición que se ha estado realizado en donde los micro switches $SW1=0$ (abierto) y $SW2=1$ (cerrado), Fig. 8a.

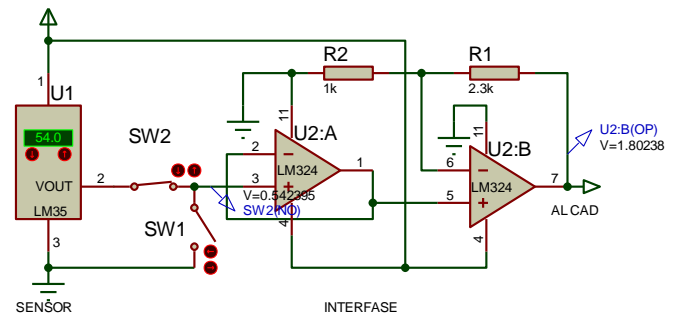


Fig. 8a. Medición Voltaje del sensor (V_{sensor})

Voltaje de offset (V_{offset}). Para esta condición la terminal de la salida del sensor se desconecta de la entrada a la interface ($SW2=0$) y la terminal de entrada a la interface se manda a tierra ($SW1=1$). Es cuando el voltaje a la entrada de la interface es cero volts. Ver Fig. 8b.

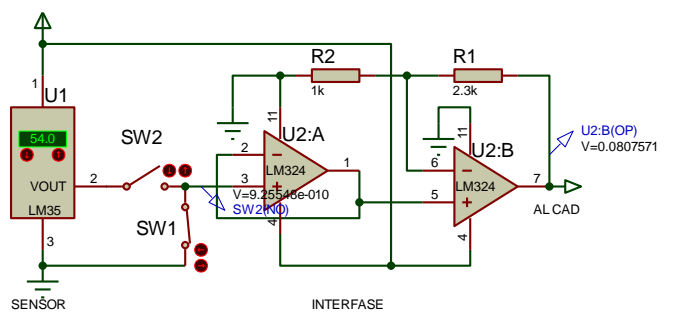


Fig. 8b. Medición Voltaje de offset (V_{offset})

El voltaje de la medición del sensor, contiene la medición actual sensor + más el voltaje de offset que tiene el circuito en ese momento.

El encendido y apagado de los micro switches se realiza por medio de dos terminales de salida del SE.

De acuerdo a la propuesta anterior, la modificación del algoritmo es el que se muestra en el diagrama de flujo de la Fig.9.

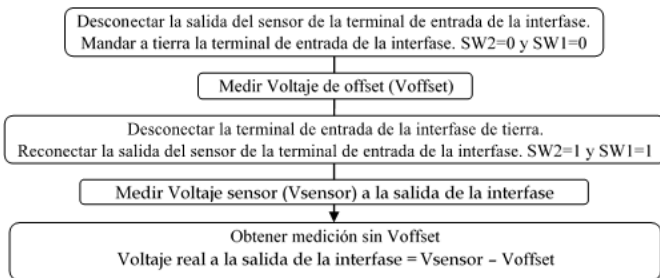


Fig. 9. Modificación del algoritmo de control

La contribución de esta modificación permite eliminar el voltaje de offset de la medición del sensor por medio del algoritmo.

Se muestra una imagen de la interface diseñada en Fig.10.

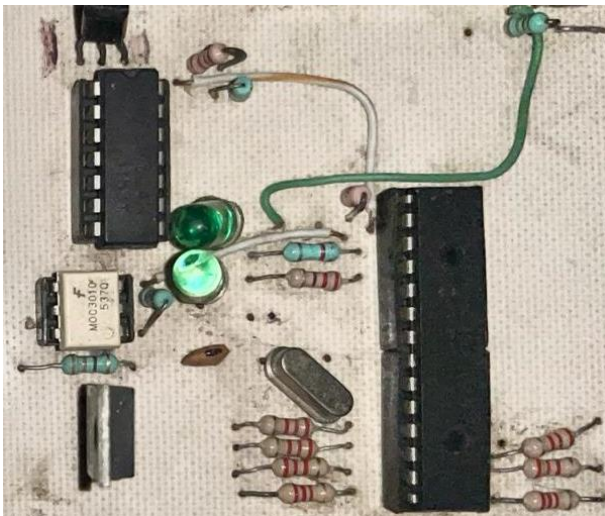


Fig. 10. Circuito de interface analógica

IX. CONCLUSIONES

El método de diseño e implementación de sensores es el mismo para cualquier tipo de sensor analógico, se caracteriza la respuesta del sensor, se diseña una interface de acoplamiento del sensor al sistema de control digital y se realiza una conversión analógica digital. La confiabilidad del sistema de control depende de la calidad y precisión con que se diseña la interface y la correcta caracterización del sensor analógico, un CAD con la resolución adecuada que permite reducir los errores. Una vez que se ha caracterizado el sensor se obtiene una ecuación, de esta manera será fácil resolver la problemática como discontinuidades, no linealidad y desplazamiento por el voltaje de offset. Caracterizar correctamente es obtener una ecuación que describe el comportamiento del sensor, resulta

más fácil y preciso evaluar una función, integrarla o derivarla para aplicar técnicas de control una vez que el acondicionamiento de la señal es correcto, solo es trabajo de un algoritmo (alto nivel o bajo nivel) leer las señales de entrada como la CAD, el valor a controlar o de referencia, y el voltaje de offset, es tarea del procesador del control determinar el error en la medición. En este punto es donde se observa la contribución para aislar la medición del voltaje de offset y restar dicho valor al voltaje del sensor, de esta manera se obtiene una señal del sensor sin offset, esta es la contribución del trabajo, diseñar un hardware y software para eliminar el error por voltaje de offset en cada medición del sensor.

Lo anterior se respalda en la información presentada en la etapa de pruebas y resultados donde se observa el correcto funcionamiento del algoritmo y hardware, lo anterior lo podemos concluir por los valores de la caracterización y las mediciones de resultados ya que tienen una variación menor al 2%, y esta se puede disminuir al incrementar la resolución del CAD.

REFERENCIAS

- [1] Heuert, K., Oberdorfer, M., & Baum, A. F. (2014). U.S. Patent Application No. 14/481,673..
- [2] Trombetta, P., & Londoni, V. (2011). U.S. Patent Application No. 13/014,998. Diode laser device for the non-invasive measurement of glycaemia W.-K. Chen, Redes y sistemas lineales. Belmont, CA, EE.UU.: Wadsworth, pp. 123–135, 1997.
- [3] Bornzin, G. A., & Min, X. (2011). U.S. Patent No. 7,925,348. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Extra-cardiac impedance based hemodynamic assessment method and system. Criterios IEEE para sistemas eléctricos de clase IE, estándar IEEE 308, 1969.
- [4] 33 Iglesias-Rojas, J.C.; Gomez-Castañeda, F.; Moreno-Cadenas, J.A. Offset Reduction in Operational Amplifiers using Floating Gate Technology and LMS Algorithm, : 2011 8th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control, DOI: 10.1109/ICEEE.2011.6106640
- [5] 44 Behzad Razavi. Design of Analog CMOS Integrated Circuits by Behzad Razavi, Mc Graw Hill education, second edition 2017.
- [6] Freire, R., Santos, F. F., Alves, R. N., Barros, A. T., & Luciano, B. A. (2003, May). Static error in the temperature constant measurement configurations due to DC amplifier offset voltage. In Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2003. IMTC'03. Proceedings of the 20th IEEE (Vol. 2, pp. 1607-1610).
- [7] <https://www.celeramotion.com/zettlex/es/asistencia/documentacion-tecnica/sensores-de-posicion/>
- [8] 22 Fabrice Salvi LEM Switzerland S.A
- [9] Hsu, S. B., Lien, C. C., Lee, C. H., Han, C. C., Chen, S. P., & Chang, Y. L. (2014, April). Robot patrolling using sensor data and image features. In Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE), 2014 International Conference on (Vol. 3, pp. 1737-1741). IEEE.
- [10] Chávez-Estrada, F.A.; Sandoval-Gutiérrez, J.; Herrera-Lozada, J.C.; Olguín-Carbajal, M.; Martínez-Vázquez, D.L.; Hernández-Bolaños, M.; Rivera-Zárate, I. Performance Comparisons of Bio-Micro Genetic Algorithms on Robot Locomotion. Appl. Sci. 2020, 10, 3863. <https://doi.org/10.3390/app10113863>
- [11] Wang J, Xue C, Chen G. U.S. Patent No. CN103472823-A ; CN103472823-B. Intelligent robot grid map establishing method.
- [12] www.microchip.com Microchip Technology Inc. es una empresa fabricante de microcontroladores, memorias y semiconductores analógicos, situada en Chandler, Arizona, EE. UU. Manual de datos de Motorola Semiconductor, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, EE.UU., 1989.
- [13] <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf?ts=1707731038041>
- [14] https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm124-n.pdf?ts=1707859630711&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.mouser.com%252F

[15] <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/39582C.pdf>



Francisco Alejandro Chávez Estrada nacido en la Ciudad de México el 14 de abril de 1964 es ingeniero electrónico egresado de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco (UAM-A) en 1990. En el 2005 obtuvo el grado de maestro en Ingeniería en Cómputo en la especialidad en Sistemas Digitales en el

Centro de Investigación en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Obtuvo el grado de doctor en Ingeniería de Sistemas Mecatrónicos y Robóticos en el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo (CIDETEC) del IPN en 2018.

Ha trabajado en la industria privada empresas de manufactura y telecomunicaciones: PEMSA, HELVEX y Telecomunicaciones RYMSA por 30 años. Actualmente es docente desde hace 15 años en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla del TecNM y sus investigaciones están enfocadas en el desarrollo de sistemas embebido y la aplicación de algoritmos evolutivos en los sistemas robóticos y sistemas de control industrial.



María Isabel Cervantes Obtuvo el grado de Maestra en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Celaya. Ingeniera Química Industrial por la ESQIE del IPN, es docente del Instituto Tecnológico de Tlalnepantla del TecNM, coautora del libro Planeación, Diseño de Instalaciones y Layout un enfoque por competencias.



Jacobo Sandoval Gutiérrez es graduado por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México, como Ingeniero en Robótica Industrial en 2004 y posteriormente como Maestro y Doctor en Tecnología Avanzada en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional en el año 2006 y 2010 respectivamente. Es profesor investigador en la Universidad Autónoma

Metropolitana Unidad Lerma, México. Ha publicado diversos artículos relacionados al campo de la robótica, así como patentes en el área de la Ingeniería.



Reyna García Belmont: Licenciada en Ciencias de la Informática con estudios de Maestría en Tecnologías de Cómputo en el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. Con más de 10 años de experiencia profesional. Catedrática a nivel licenciatura con más de 30 años de

experiencia, desempeñando cargos como Coordinadora de la Carrera de Licenciatura en Informática, jefa de Proyectos de Investigación y jefa de Departamento Académico. Con reconocimiento de perfil deseable, con publicaciones en revista CONAIC (Tecnología Educativa), revistas ARISTAS (Investigación Básica y Aplicada), revista de Ciencia e Ingeniería del Instituto Tecnológico de Coahuila, revistas Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías, así como publicaciones en la IEEE, ANIEI, ANFEI y Academia Journal. Su investigación se centra en Seguridad Informática, Tecnologías Emergentes y educativa.



Luis Cabrera Hernández: Ingeniero en Control y Automatización egresado de ESIME, Unidad Zacatenco del I.P.N., con más de 20 años de experiencia profesional como Líder de Proyectos en Implementación y Control de Procesos, así como Jefe de Mantenimiento Electrónico. Catedrático a nivel medio superior y

licenciatura con más de 15 años de experiencia, desempeñando cargos como Coordinador de Sistemas de Control Eléctrico. Con publicaciones en revistas ARISTAS (Investigación Básica y Aplicada), revistas Innovación Científica y Tecnológica en las Ingenierías, así como publicaciones en la IEEE, ANIEI, ANFEI y Academia Journal. Su investigación se centra en Automatización y Sistemas Digitales.

Resumen de tesis

Análisis anticorrosivo de recubrimientos de óxidos metálicos monocapa y/o multicapa sobre sustratos metálicos previamente borurados

Disertante: Ing. Bernardo Martínez Espino

Director de tesis: Dr. Iván Enrique Martínez Merlín
Co-director: Dr. Víctor Augusto Castellanos Escamilla

Institución: TecNM/IT Tlalnepantla

Resumen En este trabajo se realizaron películas sintetizadas de óxido de zirconio (ZrO_2) sobre acero 4140R, y H13. Se realizaron borurados de probetas de acero H13 a una temperatura de 1050° por seis horas para posteriormente sintetizar encima un recubrimiento de óxido de zirconio y estudiar su resistencia a la corrosión utilizando un electrolito tipo lluvia ácida.

Los recubrimientos se hicieron en un Sistema de Rocío Piroclítico Ultrasónico (RPU) automatizado, el equipo está compuesto por cinco subsistemas para la síntesis de este material: Nebulización, Transporte de gas (que se realiza con un solo flujo de 10), Movimiento de la boquilla (que se encuentra a 0,8 cm del sustrato), Calentamiento del sustrato (que se realizó a una temperatura de 350°) y Extracción.

El borurado se realizó por empaquetamiento en pasta de Boro dentro de un contenedor y se colocó en una mufla a $1050^\circ C$ por seis horas.

La técnica de RPU consiste en preparar una solución precursora de dimetilformamida con acetilacetato de zirconio a 0.025 M ($C_5H_7O_2$) $4Zr$, la cual se coloca en una esfera y se nebuliza por medio de un nebulizador ultrasónico, el rocío generado es transportado por un gas portador (aire) y depositado con el apoyo de una boquilla de vidrio sobre un sustrato (4140R, y H13) calentado a una temperatura controlada de $350^\circ C$ por medio de un elemento calefactor. El movimiento del eje X, Y del sustrato y el eje Z de la boquilla están controlados por un sistema tipo CNC para obtener depósitos uniformes y asegurar su reproducibilidad.

Se presentan los resultados obtenidos de las películas sintetizadas de ZrO_2 en acero 4140R, y H13 por medio de esta técnica, se observó una reproducibilidad en la síntesis y se obtuvo un mejor control de las variables involucradas en el proceso, así mismo se observa un espesor de la película de una micra aproximadamente y una mejoría en la resistencia anticorrosiva de la película, del borurado y del borurado con la película.

Las películas obtenidas se sometieron a pruebas de resistencia a la corrosión en un sistema de potencióstato-galvanostato para

determinar las posibles relaciones entre la resistencia a la corrosión y las variables de proceso como son el tiempo, potencial, corriente, número de repeticiones de voltamperometría cíclica, entre otras. Se utilizó un electrolito tipo lluvia ácida en todas las pruebas.

Palabras claves: Borurado, Películas Delgadas, Óxidos Metálicos, Rocío Piroclítico Ultrasónico.

PUBLICACIONES DEL DISERTANTE

Martínez-Merlín, I. E., Balderas Aguilar, J. U., Cercas-Balderas, U. E., Ramírez-Hernández, A. N., Martínez-Espino, B., & Ramírez-López, L. A. (2023). Técnicas de bajo costo para la síntesis de materiales luminiscentes altamente eficientes. *ReinvenTec*, 1, 41-46.

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

Construcción Sistema de Rocío Piroclítico Ultrasónico. Congreso Internacional de Investigación y conformación de redes de Investigación del TecNM 2022, Durango México



Bernardo Martínez Espino.

Nacido en Álvaro Obregón, CDMX, el 25 de marzo 1996.

Egresado de la octava generación de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla del Tecnológico Nacional de México y perteneciente a la Línea de Investigación

de Diseño de Materiales en Ingeniería Sustentable, presentó su examen de grado de maestría el 17 de enero de 2024, obteniendo un resultado aprobatorio. Graduado como Ingeniero Industrial mediante la opción de Residencias Profesionales mismas que realizó en el Laboratorio de Posgrado.

Durante sus estudios de maestría adquirió gran experiencia en automatización, diseño y construcción de un sistema de rocío pirolítico ultrasónico, en la síntesis de películas de óxidos metálicos y en el proceso termoquímico conocido como borurado.

Actualmente se encuentra inscrito en el programa de doctorado en tecnología avanzada del CICATA unidad Legaria del IPN.

Resumen de tesis

Síntesis y caracterización de electrodos de óxidos metálicos para la generación fotoelectroquímica de hidrógeno

Disertante: Ing. Ashley Nicole Ramírez Hernández

Director de tesis: Dr. Andrés Godínez García
Co-director: Dr. Iván Enrique Martínez Merlín

Institución: TecNM/IT Tlalnepantla

Resumen En este trabajo, se sintetizaron electrodos de acero recubierto con películas delgadas de ZnO (Óxido de Zinc), Zn:S (Sulfuro de Zinc) o una bicapa de ZnO/ZnS, los electrodos se caracterizaron foto-electroquímicamente mediante las técnicas de potencial a circuito abierto y voltametría lineal, para conocer sus propiedades químicas cuando son expuestos a la luz ultravioleta, la caracterización óptica y morfológica fue analizada mediante microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido, perfilometría y espectroscopía UV-Vis, finalmente se realizaron mediciones de foto-corriente.

Los materiales generalmente utilizados para la fabricación de foto-electrodos deben satisfacer varios requisitos funcionales específicos, como son, el valor de la banda prohibida, la reacción ante la luz ultravioleta, características que están relacionadas con las propiedades semiconductoras y electroquímicas. El hallazgo más notable en este trabajo es el obtener una bicapa ZnO/Zn:S, que presentó una banda prohibida de 2.6 eV, este resultado indicó una reducción significativa en comparación con los materiales individuales, ZnO y ZnS, 3.4 y 3.6 eV respectivamente. Esta disminución de la banda prohibida sugiere la posibilidad de una mayor eficiencia de absorción de luz en un rango más amplio del espectro electromagnético, además de que se evalúa como una ventaja en aplicación de un electrodo bicapa para generar H₂.

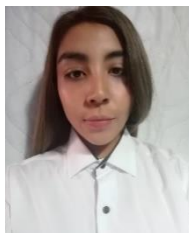
Palabras claves: Bicapa de ZnO/Zn:S, Rocío Piroclítico Ultrasónico, electrodos bicapas, generación de hidrógeno.

Publicaciones de la disertante

Martínez-Merlín, I. E., Balderas Aguilar, J. U., Cercas-Balderas, U. E., Ramírez-Hernández, A. N., Martínez-Espino, B., & Ramírez-López, L. A. (2023). Técnicas de bajo costo para la síntesis de materiales luminiscentes altamente eficientes. ReinvenTec, 1, 41-46.

Participación en congresos

Construcción Sistema de Rocío Piroclítico Ultrasónico. Congreso Internacional de Investigación y conformación de redes de Investigación del TecNM 2022, Durango México



Ashley Nicole Ramírez Hernández.

Originaria de Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 5 de diciembre de 1998.

Estudiante egresada de la octava generación de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, realizó sus estudios en la línea de investigación de Diseño de Materiales en Ingeniería Sustentable.

Realizó sus estudios de Licenciatura en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, egresada de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Durante sus estudios en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería desarrollo el proyecto de investigación titulado "Síntesis de materiales semiconductores para aplicaciones electroquímicas en forma de películas delgadas crecidas por la técnica de rocío pirolítico ultrasónico". En donde adquirió experiencia en la construcción de un sistema de rocío pirolítico ultrasónico, en el uso y aplicación de la técnica de depósito de películas, en la fabricación de electrodos con capas delgadas y en la caracterización de este tipo de materiales. El estudio de estos materiales tiene como finalidad proponer materiales con las características adecuadas para la fabricación de electrodos que mejoren el proceso de generación de hidrógeno.

Resumen de tesis

Caracterización de materiales luminiscentes con emisión blanca de alta eficiencia basados en haluros de cobre sintetizados por técnicas de bajo costo

Disertante: Ing. Christian Alejandro Ramírez Santoyo

Director de tesis: Dr. Iván Enrique Martínez Merlín

Co-director: Dr. Jesús Uriel Balderas Aguilar (UNAM)

Institución: TecNM/IT Tlalnepantla

Resumen En los últimos años, se ha despertado gran interés por los haluros de cobre, debido a sus excelentes propiedades entre las que destaca la luminiscencia, propiedad de un material para emitir luz por medio de transiciones electrónicas después de absorber algún tipo de energía.

El cobre es un metal de transición que se encuentra de manera abundante en la Tierra, de fácil obtención y económico con respecto a la mayoría de los metales, presenta una configuración electrónica única $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$, que permite ciertas transiciones electrónicas con la capacidad de emitir luz. El cobre como centro luminiscente, puede ligarse químicamente con diversos halógenos como el cloro, yodo y bromo, formando un compuesto conocido como haluro de cobre, la alta eficiencia luminiscente se obtiene al incorporar compuestos orgánicos o elementos pesados como son el tetrapropilamonio y/o el cesio, lo cual formaran materiales de baja dimensionalidad, específicamente Haluros de cobre de baja dimensionalidad. LDMH (Low Dimensional Metal Halide).

Este tipo de materiales se sintetizaron formando distintas estequiometrias obteniendo distintos colores de emisión, blanco, verde o rojizo, en este trabajo es de mayor interés la emisión en el color blanco, por lo tanto, se realizó una serie de nuevos experimentos que permitieron obtener materiales con emisión en color blanco frío y en color blanco cálido.

Por medio del análisis de espectroscopía fotoluminiscente, se obtuvieron los espectros de excitación y emisión, también, se realizó un análisis de microscopía electrónica de barrido para conocer la morfología de los materiales, posteriormente se determinó la composición química por medio de espectroscopía por dispersión de energía, se pudo deducir la presencia de dos materiales distintos formados por los precursores iniciales. Finalmente, los materiales sintetizados

mostraron una eficiencia cuántica muy cercana al 100%.

De los resultados obtenidos se concluye que dichos materiales, pueden ser propuestos como candidatos en aplicaciones ópticas de iluminación como en lámparas o pantallas, además de que cuentan con la capacidad de modular el color de la luz emitida, desde una emisión blanca cálida hasta una emisión blanca fría.

Palabras claves: Haluros de cobre, Luminiscencia, Alta eficiencia cuántica, Emisión Blanca.

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

Haluros de Cobre Luminiscentes con emisión en color Blanco. Congreso Internacional de Investigación y conformación de redes de Investigación del TecNM 2022, Durango México



Christian Alejandro Ramírez Santoyo.

Originario de La Piedad, Michoacán, nacido el 13 de marzo de 1996.

Estudiante egresado de la octava generación de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto

Tecnológico de Tlalnepantla del Tecnológico Nacional de México y perteneciente a la Línea de Investigación de Diseño de Materiales en Ingeniería Sustentable, presentó su examen de grado de maestría el pasado 30 de enero de 2024 obteniendo un resultado aprobatorio. Graduado como Ingeniero Industrial mediante la opción de Residencias Profesionales mismas que realizó en el Laboratorio de Posgrado.

Durante sus estudios de maestría adquirió gran experiencia en las Técnicas de evaporación lenta de solventes y difusión lenta para obtener cristales luminiscentes de Haluros de Cobre con alta eficiencia cuántica..

Resumen de tesis

Síntesis de óxido de Grafeno, Material del Futuro con aplicaciones en nuevas tecnologías

Disertante: Ing. Luis Enrique Islas García

Director de tesis: Dra. Laura Nadxieli Palacios Grijalva

Co-director: Dr. Anatolio Martínez Jiménez y Dr. Gregorio Guzmán González.

Institución: TecNM/ITTILA (Instituto Tecnológico de Tlalnepantla) y UAM-Azc/Izt (Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco e Iztapalapa)

Resumen

Se estudió la síntesis del óxido de grafeno (GO) mediante el método Hummers, se realizó la caracterización por difracción de Rayos X (DRX) con la finalidad de ver su estructura del GO y posteriormente para calcular las dimensiones tanto de las laminaciones como de los espaciamentos entre las hojuelas de las muestras de rGO, mismas que fueron el resultado de haber sometido el GO a un proceso de sonicación en diversos solventes tales como: acetona; alcohol etílico; 1-butanol; DMF. Se analizaron las características físicas de las láminas del GO mediante microscopía de Fuerza Atómica (AFM) y Microscopía electrónica de barrido (SEM). A su vez se aplicaron caracterizaciones de espectroscopia de infrarrojo (FTIR) del rGO para visualizar los grupos funcionales característicos de la estructura del rGO en el proceso de sonicación y reducción obtenida para de cada solvente usado. El rGO obtenido se utilizó como componente para los cátodos de baterías de litio (LIBs), elaborándose la mezcla de los diferentes rGO con el polímero PDADMA-TFSI con diversos porcentajes de peso (w%), y se hicieron pruebas con un potenciómetro de cada uno de los compositos, para determinar cuáles mezclas ofrecen una mejor homogeneidad y conductividad, siendo el rGO sonicado con acetona y DMF los que demostraron mejores resultados en este ámbito. Con lo anterior se realizó una nueva etapa de mezclado para la elaboración del slurry que sería colocado en los cátodos, con lo que se crearon slurry con LiFePO_4 y con Carbón súper P (CSP) y otros en los que solo se adicionó el LiFePO_4 respectivamente, se realizaron pruebas de impedancia y corriente para la determinación del comportamiento y eficiencia de estos en los procesos de carga y descarga. Se observó diferencias en los resultados, donde se apreció que el cátodo en el que se aplicó el slurry con la acetona, (CSP) y LiFePO_4 otorgó una mejor estabilidad tras la aplicación de los ciclos de carga y descarga en los correspondientes C-rates para diferentes tiempos con respecto a los otros compositos utilizados en los slurry.

Palabras claves: rGo (óxido de Grafeno reducido), exfoliación, cátodo, composito rGo-polímero, carbón super P, LiFePO_4

PUBLICACIONES DEL DISERTANTE

Islas García, Luis Enrique; Martínez Jiménez, Anatolio; Palacios Grijalva, Laura Nadxieli. Efecto de los Solventes Polares y No lares en la Exfoliación del óxido de Grafeno. Transformación hacia una Nueva Comunidad Tecnológica-Celaya 2022 ISBN 978-1-939982-57-5

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

1. Islas García, Luis Enrique; Martínez Jiménez, Anatolio; Palacios Grijalva, Laura Nadxieli; Matías Bravo. Ricardo Adrián. Exfoliation of Graphene Oxide with different Organic Solvents by AFM in the Mechanical Science Congress TecNM 2023, Celaya, México
2. Islas García, Luis Enrique; Martínez Jiménez, Anatolio; Palacios Grijalva, Laura Nadxieli. Efecto del Solvente en la Exfoliación del GO. Primer Congreso Internacional de Divulgación de la Ciencia y la Ingeniería (CIDICI), TecNM 2022, Toluca, México



Luis Enrique Islas García

Originario de Juan Galindo, Estado de Puebla, 7 de abril de 1993.

Estudiante de la octava generación de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla, realizó sus estudios en la línea de investigación de Diseño de Materiales en

Ingeniería Sustentable.

Realizó sus estudios de Licenciatura en la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Durante sus estudios en la Maestría en Ciencias de la Ingeniería desarrolló el proyecto de investigación titulado "Síntesis de óxido de grafeno, material del futuro con aplicaciones en nuevas tecnologías", en el cual adquirió experiencia en la síntesis del GO mediante el método Hummers, la realización de procesos de sonicación utilizando diversos solventes para la obtención de rGO, la aplicación del rGO en conjunto del polímero PDADMA-TFSI en cátodos para baterías de litio y en la caracterización de este tipo de materiales. El estudio de estos materiales tiene como finalidad proponer materiales con las características adecuadas para la realización de cátodos que mejoren los procesos de carga y descarga.



ReinvenTec

Revista de Ciencia y Tecnología del ITTLA

Instrucciones para los autores

I. TIPOS DE CONTRIBUCIONES ACEPTADAS

REINVENTEC. REVISTA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DEL ITTLA es una publicación semestral arbitrada y de circulación nacional, que es editada por el Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. ReinvenTec tiene como objetivo proporcionar información actualizada sobre temas de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Administración, Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería mecatrónica, Administración y Ciencias de la Ingeniería, a partir de contribuciones de estudiantes, docentes, investigadores y otros interesados.

Actualmente, ReinvenTec recibe contribuciones de cuatro tipos que se describen a continuación. Los autores deben indicar el tipo de su contribución.

A. Artículos científicos

Un artículo de investigación científica es un documento técnico que describe la metodología, resultados y conclusiones de un estudio científico original y está dirigido principalmente a la comunidad científica y a otros expertos en el campo específico de la investigación.

B. Artículos de divulgación

Un artículo de divulgación científica es un escrito corto dirigido a públicos no especializados de nivel superior y escrito en lenguaje común para explicar de manera accesible, amena y acorde con los intereses de la audiencia los resultados de su actividad científica (conceptos, ideas, descubrimientos y hechos). Este tipo de artículos debe ser de calidad para cautivar al lector por su expresividad literaria y gráfica, así como por la exposición organizada de ideas.

C. Resúmenes de tesis

Un resumen de tesis es un breve documento que presenta una visión general de los aspectos más importantes de una tesis académica. Su objetivo es proporcionar una idea clara y concisa del contenido, las contribuciones y los hallazgos de la tesis.

D. Notas departamentales

Una nota departamental es un documento interno utilizado por las empresas u organizaciones para comunicar información específica dentro de un departamento o unidad de trabajo. Por lo general, se utilizan para compartir información importante o actualizaciones relevantes para el equipo de trabajo, como cambios en las políticas de la empresa, procedimientos internos, objetivos de trabajo, nuevos proyectos, etc.

II. FORMATO Y EXTENSIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Las contribuciones que se reciben en ReinvenTec, son artículos en idioma español que utilizan la plantilla a doble columna y las instrucciones de edición propias de la revista, mismas que pueden obtenerse de sitio de la revista o solicitarlas al correo revista@tlalnepantla.tecnm.mx.

III. IDENTIFICACIÓN Y ENVÍO DE LOS ARTÍCULOS

Las contribuciones, además del título del artículo, deben estar identificadas con la lista de autores en el formato establecido en la plantilla. Cada autor debe incluir su nombre completo, los datos de su afiliación (nombre y dirección de la institución), su correo electrónico institucional y su ORCID (opcional).

Para mayor información sobre la generación del identificador de autor ORCID consultar <https://orcid.org/>.

Los autores deben enviar sus contribuciones a través de <https://reinventec.tlalnepantla.tecnm.mx> o al correo electrónico revista@tlalnepantla.tecnm.mx en formato PDF para iniciar con el proceso de revisión. En el manuscrito deben incluirse los datos (nombres, afiliaciones y medios de contacto) de todos los autores.

V. REVISIÓN POR PARES Y PUBLICACIÓN

Todas las contribuciones recibidas son sometidas a un proceso de revisión por pares especializados en el tema en formato de simple ciego (los revisores conocen la identidad del autor, pero el autor no conoce la identidad de los revisores). Los revisores emiten sus recomendaciones en los plazos establecidos por la revista y el editor toma la decisión final sobre cada contribución.

Las contribuciones con una decisión favorable serán publicadas en ReinvenTec en los plazos establecidos. Para ello, los autores deben atender los comentarios, sugerencias y observaciones de los revisores y editores en el periodo de tiempo designado, y reenviar el artículo corregido para su edición final. Cada número de la revista estará disponible en el sitio de la revista <https://reinventec.tlalnepantla.tecnm.mx> y podrá ser distribuido en el tiraje impreso establecido por el ITTLA.

VII. CONTACTO

El comité editorial de ReinvenTec está atento para resolver cualquier duda sobre el proceso de publicación a través del correo electrónico: revista@tlalnepantla.tecnm.mx


ReinvenTec

Revista de Ciencia y Tecnología del ITTLA