

Análisis Dinámico de Sistemas de Bombeo Solar Directo con Simulink

Identificación de Componentes de Color con Visión Artificial y Redes Neuronales

Sistema Inteligente IoT de Recolección de Opiniones Para el Control de Calidad de un Servicio/Producto "Encuesta de Satisfacción"

Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica

Método para la Clasificación de Imágenes de Moda con TensorFlow

Normalización de la Violencia Intrafamiliar y de Género. Jóvenes de Mexicali, Baja California

Microalgas Marinas: Una Fuente de Polisacáridos con Propiedades Bioactivas

La Eco-Innovación e Innovación Abierta, Factor para Elevar la Reputación en las Pymes de Sonora

Sistema de Monitoreo de Variables Físicoquímicas en el Mar.



Volumen 18

No. 1

enero-diciembre 2023

INVURNUS, Vol. 18 No. 1 (enero-diciembre) 2023, es una revista electrónica de publicación continua editada por la Universidad de Sonora, Campus Caborca, con domicilio en Ave. Universidad e Irigoyen s/n. Col. Ortiz H. Caborca, Sonora. México. 83600, página web: <https://www.unison.mx/>, correo electrónico: invurnus@caborca.uson.mx. Editor responsable: Dra. Dora Edith Valencia Rivera.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2012-033014043500-102, ISSN electrónico: 2007-6185, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización: Dra. Dora Edith Valencia Rivera.



La revista INVURNUS se encuentra bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.



Tabla de Contenido

Volumen 18, Número 1

enero-diciembre de 2023

- 1. Análisis Dinámico de Sistemas de Bombeo Solar Directo con Simulink.** **1-12**
Dynamic Analysis of Direct Solar Pumping Systems with Simulink.
Corona-Santos Héctor Eduardo, Rizo-Mendoza Raúl, Villalvazo-Laureano Efraín,
Sandoval-Pérez Sergio, González-López Juan Miguel.

- 2. Identificación de Componentes de Color con Visión Artificial y Redes Neuronales.** **13-21**
Identification of Color Components with Artificial Vision and Neural Networks.
Medina-Muñoz Luis Arturo, Mayorquín-Robles Jesús Antonio,
Rodríguez-Senday Jose Jesus, Morales-Solís Felipe.

- 3. Sistema Inteligente IoT de Recolección de Opiniones
Para el Control de Calidad de un Servicio/Producto “Encuesta de Satisfacción”.** **22-32**
A Intelligent IoT System for Collecting Opinions for the Quality Control of a Service/Product.
Jiménez-Vázquez Juan José, Quiñones-Woodward Javier Alejandro,
Villalvazo-Laureano Efraín, Jiménez-Betancourt Ramón Octavio,
Verde-Romero Daniel Alfonso, Rodríguez-Haro Fernando.

- 4. Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada
por IoT para Aplicaciones de Domótica.** **33-43**
Design and Implementation of a IoT Sensor Network for Domotics Applications.
Verde-Romero Daniel, Hernández-Barón Eduardo, Carbajal-Pérez Hector,
Villalvazo-Laureano Efraín, Salome-Baylon Joel, Pérez-González Marco A.

- 5. Método para la Clasificación de Imágenes de Moda con TensorFlow.** **44-50**
Method to classify fashion images with TensorFlow.
Paredes-Miranda Fernanda Teresa, Muñoz-Zamora Guillermina,
García-Alva Sigifredo, Cruz-Rentería Jesús Raúl.

- La Normalización de la Violencia Intrafamiliar y de Género.**
The Normalization of Domestic Violence and Gender. Youth from Mexicali, Baja California.
Rivera García Óscar Bernardo.

- 7. Microalgas Marinas: Una Fuente Valiosa de Polisacáridos
con Propiedades Bioactivas y Funcionales.** **64-78**
Marine Microalgae: A Source of Polysaccharides with Bioactive and Functional Properties.
Miranda-Arizmendi Valeria, Fimbres-Olivarria Diana,
Miranda-Baeza Anselmo, Rascón-Chu Agustín, Martínez-Robinson Karla,
Lizardi-Mendoza Jaime, Campa-Mada Alma, Carvajal-Millan Elizabeth.

- 8. La Eco-innovación e Innovación Abierta, Factor Para Elevar
la Reputación en las PYMES de Sonora.** **79-93**



Eco-innovation and Open Innovation, a Factor to Raise the Reputation of SMEs in Sonora.

Ruiz-Zamora José Alonso, Valdez-Juárez Luis Enrique, Mexía-Ballesteros Ricardo,
Acuña-Mayoral Francisco Javier, Camacho-Ramírez Laura Esmeralda.

9. Sistema de Monitoreo de Variables Físicoquímicas en el Mar.

94-107

Monitoring system for physicochemical variables in the Sea.

Verde Romero Daniel Alfonso, Mora Martínez Anmar Samael,
Villalvazo Laureano Efraín, Jiménez Betancourt Ramón Octavio,
González López Juan Miguel, Pérez González Marco Antonio.



Análisis Dinámico de Sistemas de Bombeo Solar Directo con Simulink

Dynamic Analysis of Direct Solar Pumping Systems with Simulink

Corona-Santos Héctor Eduardo¹, Rizo-Mendoza Raúl¹, Villalvazo-Laureano Efraín¹, Sandoval-Pérez Sergio², González-López Juan Miguel^{1*}

1 Universidad de Colima, Colima 28860, Mexico

2 Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Ciudad Guzman 49100, Mexico pcción, dirección de adscripción, Ciudad, Estado, País, CP.

Autor para la correspondencia: Juan Miguel González López. Jgonzalez71@ucol.mx

Resumen

El uso de las energías alternativas ha tenido un auge en los últimos años en la agricultura. Con el avance de la electrónica de potencia, los controladores de carga han logrado quitar la dependencia del uso de baterías en sistemas de bombeo solar, obteniendo la energía necesaria para alimentar la bomba de agua directamente de los paneles solares, por lo que recientemente se han hecho estudios sobre este tipo de sistemas. En este artículo se describe el modelado dinámico de un sistema de bombeo solar directo con SIMULINK utilizando las herramientas ya incorporadas para modelar el panel solar, el controlador de carga y una bomba de agua 5Hp.

Palabras clave: Fotovoltaica, bombeo solar directo, Simulink.

Abstract

The use of alternative energies has increased in recent years in agriculture. With the advancement of power electronics, charge controllers eliminate the dependence on the use of batteries in solar pumping systems, obtaining the energy necessary to power the water pump directly from solar panels, which have recently been studied on these types of systems. This article describes the dynamic modeling of a direct solar pumping system with SIMULINK to model the solar panel, the charge controller, and a 5Hp water pump.

Key words: Photovoltaic, direct solar pumping, Simulink.

DOI : 10.46588/invurnus.v18i1.74

Recibido 11/11/2022

Aceptado 10/12/2022

Publicado 10/04/2023

Introducción

La escasez de agua es una problemática que ha ido en aumento con el paso de los años, afectando mayormente a las zonas agrícolas y en el abastecimiento de agua en zonas rurales aisladas. Al mismo tiempo que la creciente demanda alimenticia exige una mayor producción en un menor tiempo. Por lo que se han implementado sistemas de riego que permiten un uso más eficiente del agua (Andrade, 2017). Para esto se han desarrollado diversos sistemas con variadas tecnologías para garantizar su obtención y distribución. Los sistemas de bombeo solar directo han demostrado que pueden ser competitivos en relación con los sistemas de bombeo acopladas a motores diésel (Sontake, 2016.).

Un sistema de bombeo solar directo consta de paneles solares (Ver Figura 1), un variador de velocidad que para aplicaciones de mediana escala tienen integrado un inversor de voltaje, y las bombas de agua, generalmente sumergibles. Con el variador de velocidad se evita el uso de baterías por lo que el sistema se hace más eficiente y más económico, siendo viable para muchas aplicaciones en la agricultura.

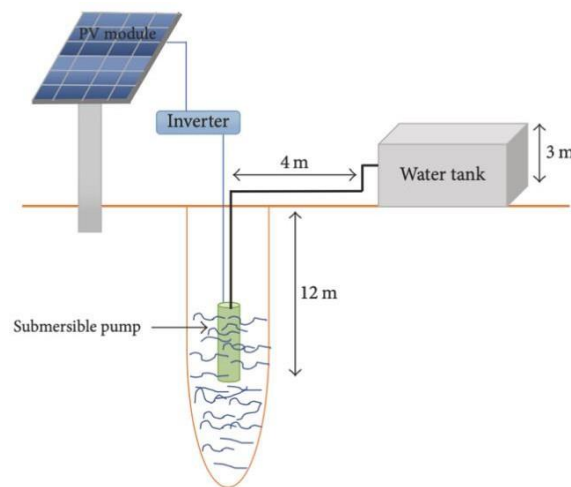


Figura 1. Esquema típico de un sistema de bombeo solar directo (Shatadru & M. Tariq, 2018).

Un análisis de un sistema de bombeo solar con diferentes configuraciones de un sistema de bombeo solar priorizando el tipo de arreglo del fotovoltaico con el objetivo de encontrar la configuración que dé como resultado un mejor rendimiento total del sistema de bombeo usando una bomba helicoidal se realizó en (Arunendra & Vilas, 2016). Mientras que (Kamlesh, y otros, 2015) plasman un estudio de eficiencia de los controladores para la bomba basados en SPCM por sus siglas en inglés (Sine Wave Pump Controller with MPPT) y variadores de frecuencia VFD con una comparación a diferentes alturas de bombeo obteniendo una eficiencia de 94% para el SPCM y 99% para el MPPT, en comparación con los VFD (Benghanem, Daffallah, Alamri, & Joraid, 2014) estudió el efecto de la altura, analizado cuatro alturas distintas: 50 m, 60 m, 70 m y 80 m; en esta última siendo la posición más óptima, también se notó que al aumentar el tamaño de la matriz fotovoltaica generalmente aumenta el caudal y la eficiencia del sistema.

El rendimiento de la bomba se estudió en (A. Djoudi, A.Hadj, & Salhi, 2017), el cual estaba alimentada con energía fotovoltaica partiendo de una adquisición de datos experimentales de dos bombas centrifugas modelándolas con motores de corriente directa sin acoplamiento de baterías; sin embargo, no muestra detalles de su modelado y comportamiento dinámico. El modelado dinámico se presenta en (Shatadru & M.

Tariq, 2018), el sistema de bombeo de agua solar presenta almacenamiento de energía para observar la variación del voltaje y la velocidad de la bomba después de una caída en la radiación solar y temperatura con el uso del software HOMMER, MATLAB Y SIMULINK tanto para sistemas con y sin baterías, solo que no muestra a gran detalle su modelado.

Por otro lado, (Dhiaa, Tamer, & Farrukh, 2017) analizan el estado del arte relacionados con sistemas de bombeo solar centrándose en investigaciones hechas que analizan el modelado, evaluación del rendimiento, el tamaño óptimo y el control de los PVPS. Esta revisión de más de 100 artículos publicados entre los años 1995-2015. (A. Al-Badi, y otros, 2017) realizaron un diseño y modelado de un sistema de bombeo de agua fotovoltaico con el objetivo de implementarlo en una granja ubicada cerca de la ciudad de Sohar (a 200 km de la ciudad de Muscat capital del país Omán. El sistema consta de módulos fotovoltaicos, inversor, motor de CA, pozo y tanque. Se calculó el tamaño de los paneles fotovoltaicos necesarios para hacer funcionar la bomba de agua, que depende de la cantidad de carga hidráulica. El estudio mediante un método numérico sobre el dimensionamiento y diseño óptimo de una unidad de estación de bombeo para una planta híbrida eólica-hidráulica se realizó en (John & Dimitris, 2007).

En este artículo se realiza un análisis dinámico detallado de un sistema de bombeo solar directo de 5hp. El sistema modelado considera un controlador con voltaje máximo de operación de 440Voc (Voltaje de circuito abierto en corriente continua) y una corriente máxima de 18A, una bomba de agua de 5Hp trifásica. El objetivo de esta investigación es la de conocer ampliamente el funcionamiento de este tipo de sistemas, ya que en la actualidad están teniendo un auge a la alza en la agricultura, el conocimiento de pleno de este tipo de sistemas puede ayudar a extender su aplicación como por ejemplo incorporar sistemas de fertilizado en el mismo bombeo, su utilización en esteros para la crianza de peces, camarón o incluso analizar su aplicación a gran escala en sistemas eléctricos de potencia como almacenamiento de energía en represas utilizando el rebombeo de agua, razón por la cual da origen el estudio de este tipo de sistemas.

Materiales y métodos

Metodología: Sistema de bombeo solar directo

La Figura 2 muestra un sistema de bombeo solar directo consta de paneles solares, un controlador de carga y una bomba. La energía empleada para el bombeo procede de los paneles fotovoltaicos, independientemente de si el agua se vierte a una balsa o se conduce directamente a riego. En cuanto la radiación solar comience a incidir sobre los paneles, la bomba de agua se pondrá en marcha y comenzará a mover al caudal de agua hacia el lugar deseado. Debido a que depende completamente del sol, el caudal variará según la energía producida por las placas solares, alcanzando su máximo rendimiento a mediodía.

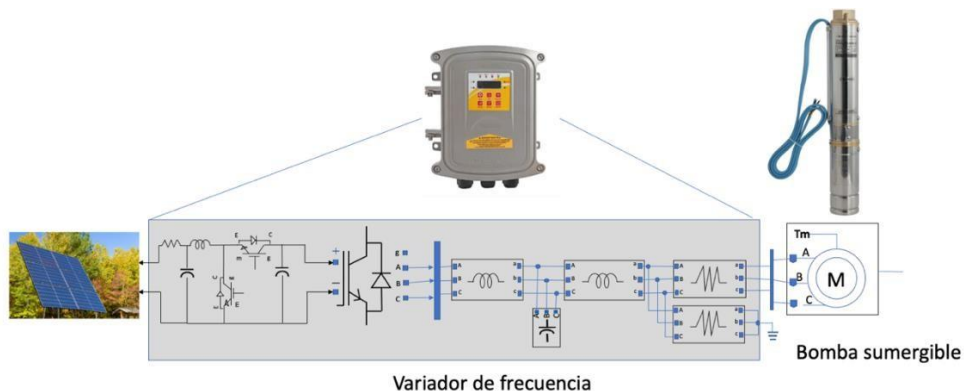


Figura 2. El sistema de bombeo solar con bombeo sin baterías (fuente: elaboración propia)

Modelado de paneles solares

Las celdas están diseñadas por una unión semiconductor PN. La celda fotovoltaica puede ser representada como se muestra en la Figura 3.

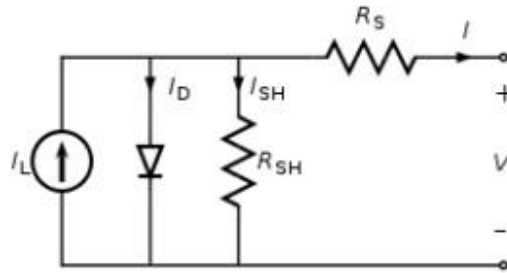


Figura 3. Circuito equivalente de una celda fotovoltaica (A. Al-Badi, y otros, 2017)

La corriente I es igual a la corriente generada, con pequeñas pérdidas de la corriente del diodo I_D y la corriente de derivación I_{sh} . La resistencia interna R_s representa la resistencia interna al flujo de corriente y depende del dopado de la unión PN, impurezas y resistencias de contacto. En una celda ideal $R_s = 0$ (sin resistencia interna) y $R_{sh} = \infty$ (sin pérdidas a Tierra). En celdas típicas de 6.45 cm^2 R_s va de 0.05 a $0.1 \ \Omega$ y R_{sh} de 200 a $300 \ \Omega$. En el circuito equivalente, la corriente en la carga I es igual a la corriente I_L generada por la iluminación, menos la corriente del diodo I_D y las pérdidas I_{sh} . Las ecuaciones para modelar la celda se resumen en la Tabla 1 (MatWorks, 2022)

Tabla 1 Ecuaciones para modelar el panel solar, (MatWorks, 2022)

| Formula | Descripción |
|--|--|
| $I_{PH} = \frac{G}{G_{STC}} [\text{Área} \cdot J_{SC} + \alpha J_{SC}(T - T_{STC})]$ | I_{PH} es la corriente foto-generada. |
| $I_D = I_0 (e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1)$ | I_D es la corriente del diodo. |
| $I_0 = \frac{J_{SC} \cdot \text{Área} \cdot T_k^3 \cdot e^{-\frac{E_g}{V_T}}}{\left(\frac{V_{oc}}{e n V_T^1 - 1}\right) \cdot 300^3 \cdot e^{-\frac{E_g}{T}}}$ | Voltaje derivado referido al rotor del marco de referencia q |
| $V_D = I R_s + V$ | Voltaje del diodo |
| $V_T = \frac{K T_K}{q}$ | Voltaje térmico |
| $V_T' = \frac{K T_K}{q}; T_K = 300$ | Voltaje térmico a temperatura estándar |
| $T_K = T * 273$ | Temperatura en Kelvin |



Para el modelo de paneles solares en SIMULIK, y el arreglo serie-paralelo de estos, se usa un bloque de Simscape donde se presenta como PV Array, de esta forma se puede simular un arreglo completo de paneles solares mixto, tal como se ilustra en la Figura 4.

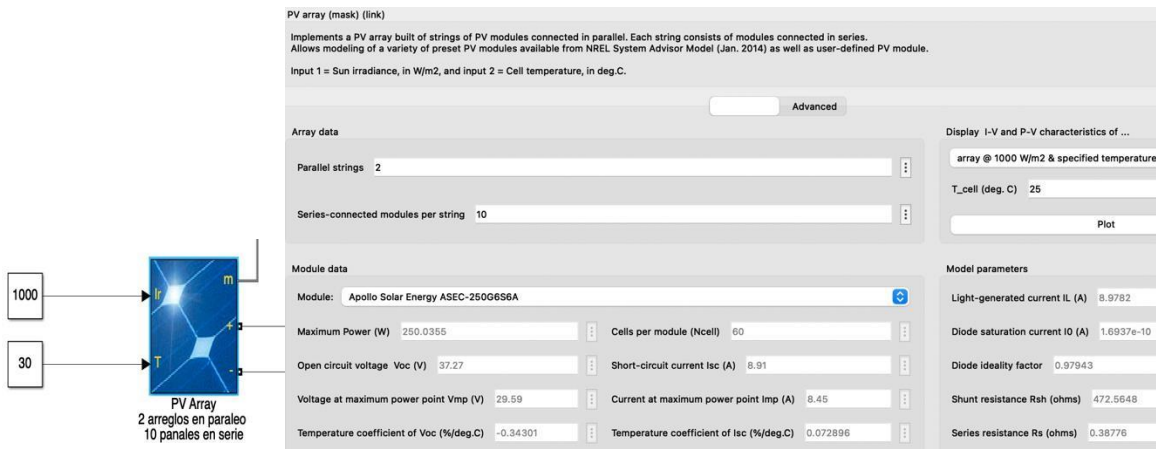


Figura 4. Arreglo serie-paralelo de paneles solares en simscape-SIMULINK (fuente: elaboración propia)

Observe que el arreglo modelado es de 20 paneles solares de 250W para abastecer a la bomba solar de 5Hp. Diez paneles solares conectados en serie proporcionan un voltaje de entrada al controlador de 372 Voc y una corriente máxima de 8.91A por string, cumpliendo con las restricciones importantes en el controlador de carga modelado.

Modelado del controlador solar

El controlador de carga tiene integrado un convertidor cc-cc y un inversor cd-ac, ver Figura 5. El convertidor cd-cd recibe la energía generada por el arreglo de paneles solares y se utiliza para reducir el nivel de voltaje de 370Vcc de los paneles a 220Vac para hacer funcionar a la bomba. Un inversor universal se conecta al convertidor cc-cc para convertir la componente de cd a ca.

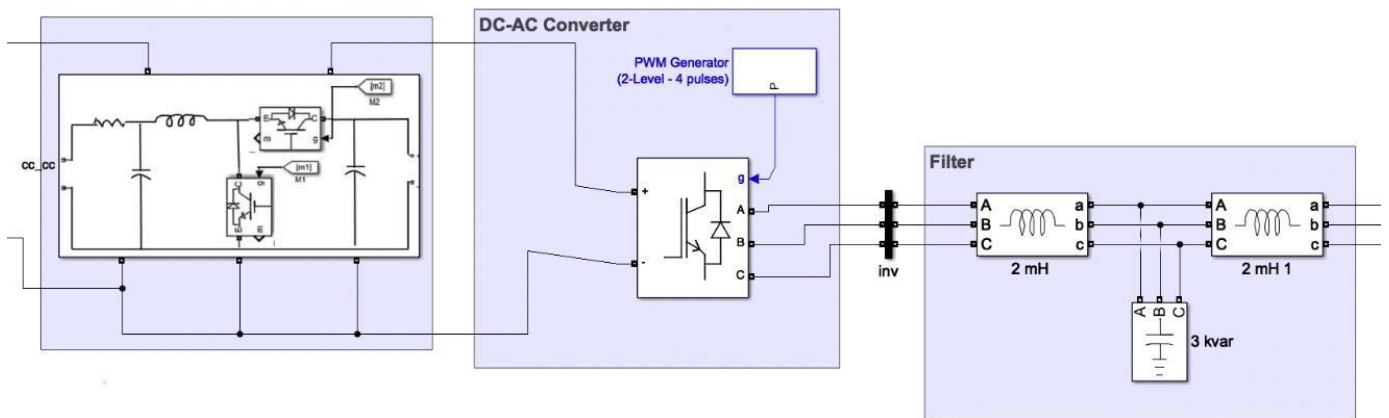


Figura 5. Modelado de controlador solar en SIMULINK (fuente: elaboración propia).



Modelado del convertidor cc-cc

El convertidor trabaja con los interruptores Q1 y Q2 complementados; cuando Q1 permanece abierto Q2 permanece cerrado y viceversa, Figura 6. Cuando S1 se encuentra cerrado o es igual a 1, la corriente circula de los paneles hacia la bobina L, la cual almacena energía en el campo magnético que se crea al pasar la corriente por ella.

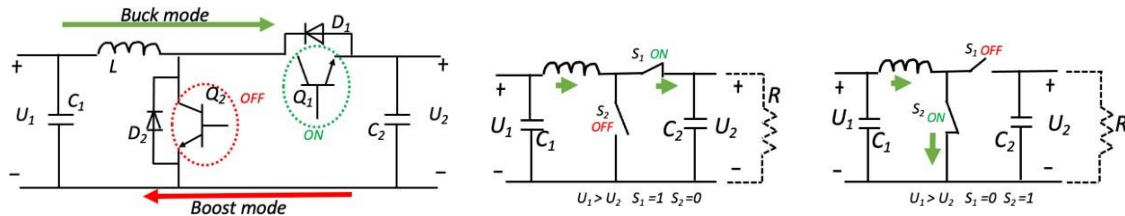


Figura 6. Funcionamiento del convertidor cc-cc (García, y otros, 2021).

Analizando sus circuitos se puede deducir su sistema de ecuaciones en representación de espacios de estado (García, y otros, 2021). Sin embargo, en Matlab-Simulink este convertidor se puede modelar como se ilustra en la Figura 7.

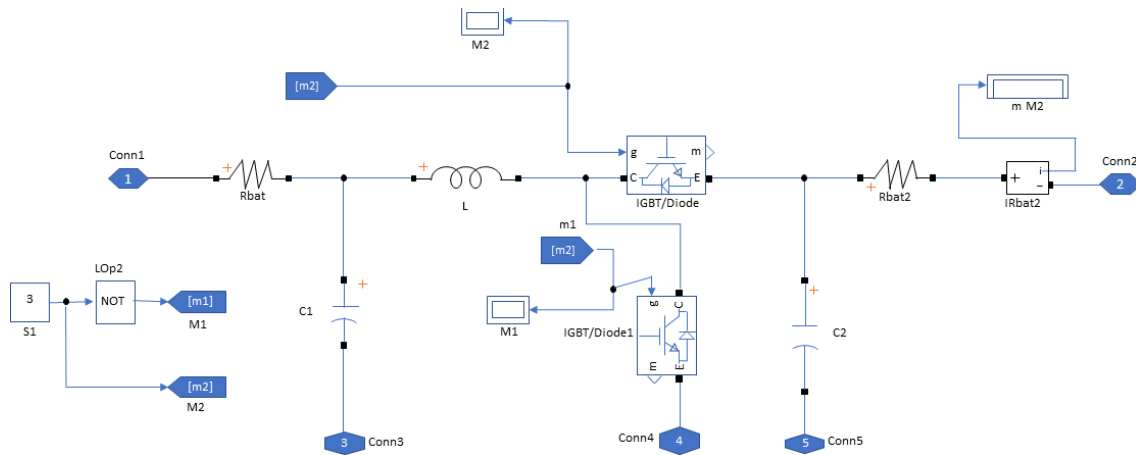


Figura 7. Convertidor cc-cc en SIMULINK(fuente: elaboración propia)

Dada la naturaleza del modelo de SIMULINK, los parámetros del convertidor estarán compuestos por los valores presentados en la Tabla II.

Tabla 2. Valores típicos de convertidor cc-cc

| Características internas del convertidor cc-cc | | |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| Diodo IGTB: | Ron= 1 mOhm | Resistencia interna (Ron) |
| | Rs= 0.005 mega Ohms | resistencia del amortiguador (Rs) |
| Inductancia | L=1 mH | Inductancia(L): |



| | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|
| Resistencia | $R= 9 \mu\text{Ohms}$ | Resistencia (R) |
| Capacitores | $C= 1000\mu\text{F}$ | Capacitancia(C) |

Modelado del Inversor

En cuanto a los detalles de este convertidor DC/AC, el convertidor tiene la capacidad de transferir de forma rápida y eficiente una cantidad dada de potencia activa y reactiva. Debe ser capaz de transferir toda la potencia que le envía el convertidor cc-cc para transmitirla a la carga en este caso la bomba debe hacer todo ello de forma rápida y de forma eficiente.

El inversor está compuesto por un bus DC y un puente H de dos ramas. Cada rama contiene dos interruptores que conmutan de acuerdo a la estrategia de control, para este artículo se considera un control PWM variante con la radiación solar. Cada interruptor del puente H está compuesto por un IGBT (Q1, Q2, Q3 y Q4) y un diodo en antiparalelo (D1, D2, D3 y D4). El disparo de los interruptores se realiza mediante señales digitales en las puertas G1, G2, G3, y G4. El inversor convierte la tensión DC del bus de continua en corriente alterna AC inyectando corriente al motor de la bomba. El elemento usado de las librerías de simscape SIMULINK es “Universal Bridge” el cual es un bloque de implementa un puente de dispositivos electrónicos de potencia seleccionados, para realizar la conversión de DC/AC. Las señales de control implementadas son a través de un generador de ancho de pulsos a 2kHz y un ciclo de trabajo de 0.8.

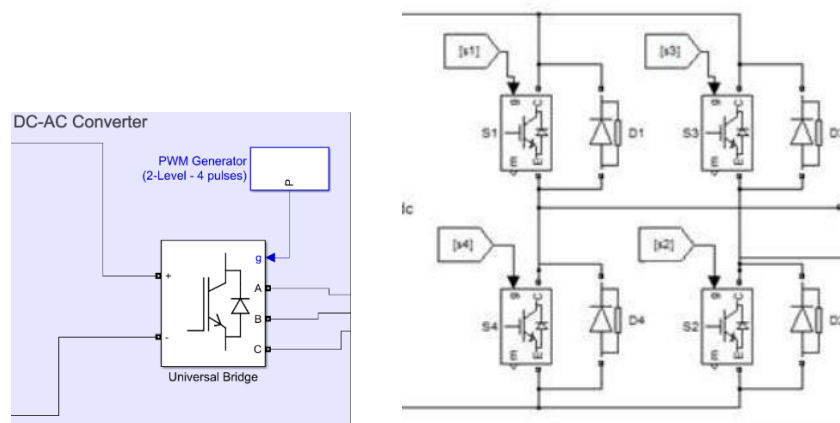


Figura 8. Esquema de puente universal en SIMULINK (fuente: elaboración propia).

Filtro

El filtro es un conjunto de elementos inductivos, resistivos y capacitivos para filtrar la señal generada y evitar armónicos, mantener una energía óptima, así como un filtro para asegurar del voltaje y corriente con el cual se alimentará a la carga que en este caso es la bomba. La configuración serie paralelo se observa en la Figura 9. Las cargas inductivas están en serie, mientras que el elemento capacitivo se encuentra en paralelo. Los valores de las bobinas y del capacitor se consideran los reportados por (Shatadru & M. Tariq, 2018)

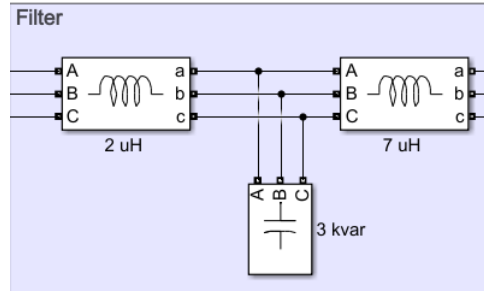


Figura 9. Modelado del filtro de voltaje (fuente: elaboración propia)

Modelado de la bomba

La forma de representar la bomba solar y poder analizar su comportamiento es mediante el modelo de una máquina asíncrona trifásica, por lo que esta puede tener diferentes tipos de rotores como lo son: wound rotor, jaula de ardilla, devanados en serie, se opta por un motor clásico de jaula de ardilla cuyo modelo se encuentra en (Krause P. C., Wasynczuk, Sudhoff, & Pekarek, 2013) donde el estator y rotor se representan mediante la Figura 10 y su sistema de ecuaciones representadas en la Tabla 2.

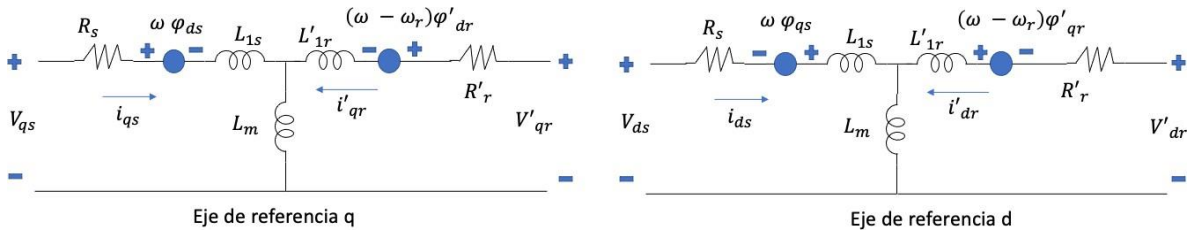


Figura 10. Circuito equivalente de una maquina asíncrona en el eje q y d, referida al rotor (Krause P. C., Wasynczuk, Sudhoff, & Pekarek, 2013).

En la Tabla 2 se muestran las ecuaciones completas para modelar al motor y sus parámetros se pueden encontrar en (Mathworks-Asynchronous-Machine, 2022).

Tabla 3. Ecuaciones de la bomba sumergible, (Mathworks-Asynchronous-Machine, 2022).

| Ecuación | Descripción |
|--|--|
| $V_{qs} = R_s i_{qs} + d\varphi_{qs} / dt + \omega \varphi_{ds}$ | Voltaje del estator del marco de referencia q |
| $V_{ds} = R_s i_{ds} + d\varphi_{ds} / dt - \omega \varphi_{qs}$ | Voltaje del estator del marco de referencia d. |
| $V'_{qr} = R'_r i'_{qr} + d\varphi'_{qr} / dt + (\omega - \omega_r) \varphi'_{dr}$ | Voltaje derivado referido al rotor del marco de referencia q |
| $V'_{dr} = R'_r i'_{dr} + d\varphi'_{dr} / dt - (\omega - \omega_r) \varphi'_{qr}$ | Voltaje derivado referido al rotor del marco de referencia d |
| $T_e = 1.5p(\varphi_{ds} i_{qs} - \varphi_{qs} i_{ds})$ | Torque electromagnético. |
| $\varphi_{qs} = (L_s i_{qs} - L_m i'_{qr})$ | Flujo magnético del estator del marco de referencia q |
| $\varphi_{ds} = (L_s i_{ds} - L_m i'_{dr})$ | Flujo magnético del estator del marco de referencia d |
| $\varphi'_{qr} = (L'_r i'_{qs} + L_m i_{qs})$ | Flujo magnético del rotor del marco de referencia q |



| | |
|---|---|
| $\varphi'_{dr} = (L'_s i'_{qr} + L_m i_{qr})$ | Flujo magnético del rotor del marco de referencia q |
| $L_s = (L_{1s} + L_m)$ | Inductancia total del estator. |
| $L'_r = (L'_{1r} + L_m)$ | Inductancia del rotor. |
| $\frac{d}{dt}(\omega_m) = \frac{1}{2H} (T_E - F\omega_m - T_m)$ | Velocidad del rotor. |
| $\frac{d}{dt}(\theta_m) = (\omega_m)$ | Posición angular del rotor. |

Resultados y Discusión

Resultados del modelado del sistema de bombeo solar directo

La Figura 11 ilustra el modelado completo del sistema de bombeo solar directo incluyendo los arreglos de paneles solares, el convertidor cc-cc, inversor, filtro y la bomba. Para el análisis dinámico se considera una radiación solar de 1000W/m² trabajando a una temperatura de operación de 30°C.

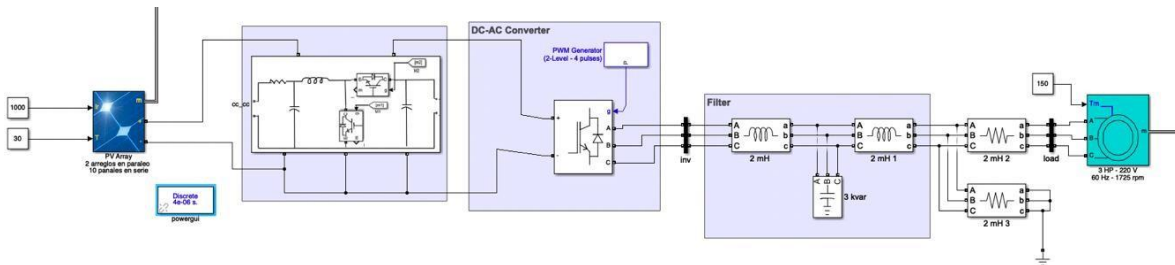


Figura 11. Modelado del sistema de bombeo solar de 5HP (fuente: elaboración propia).

La Figura 12 por su parte muestra el comportamiento del voltaje entregados por el arreglo fotovoltaico y el voltaje a la entrada del inversor. El inversor entrega un voltaje y una corriente trifásica a la bomba, por otro lado la Figura 13 muestra el voltaje de fase-fase y la corriente en la fase A.

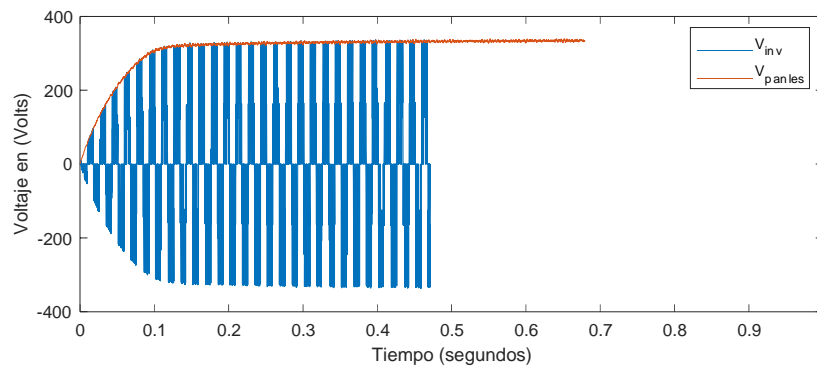


Figura 12. Voltaje del arreglo fotovoltaico y voltaje en inversor (fuente: elaboración propia).



Los valores obtenidos son los esperados de acuerdo a las hojas de datos de una bomba característica de este tipo para 5HP ya que se espera un voltaje a 220V ac y un consumo de corriente de 15A ac, tal como lo especifica su manual de fabricante (Evans, 2022).

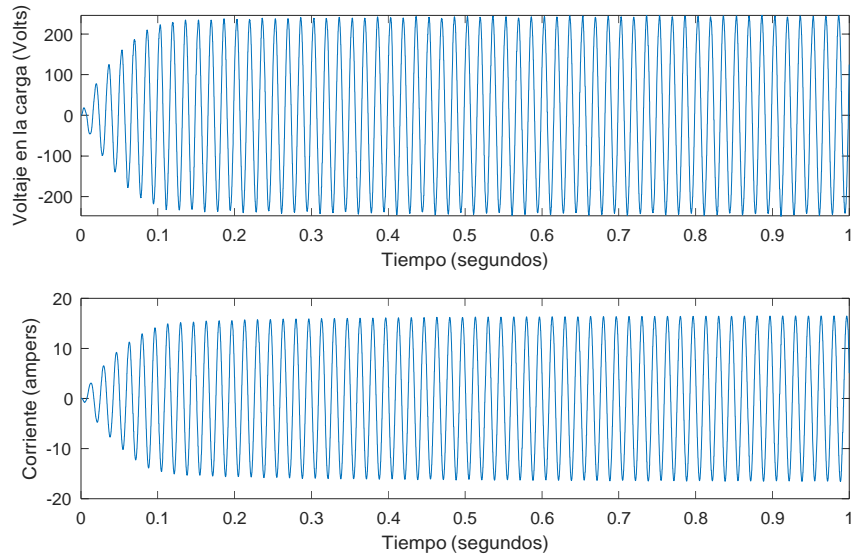


Figura 13. Voltaje entre fases y corriente en fase a (fuente: elaboración propia).

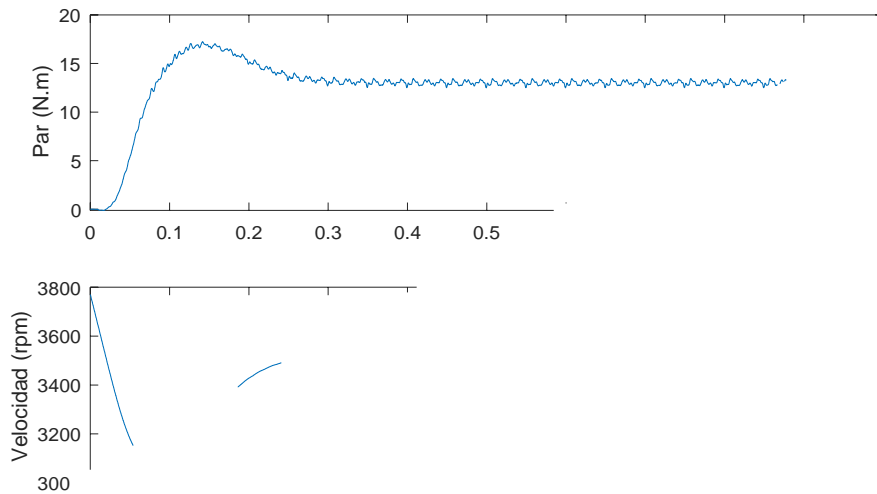


Figura 14. Par y velocidad de la bomba (fuente: elaboración propia).

La Figura 14 muestra el comportamiento del par y la velocidad de la bomba, el valor del par seleccionado es en base a las condiciones nominales de la bomba, mientras que la velocidad alcanzada por



la bomba es de 3520 rpm contra las 3450 reportadas por el manual de usuario de la bomba, esta diferencia se debe a las condiciones iniciales del modelado y al par seleccionado.

Trabajos futuros

Es importante considerar todos los aspectos en los cuales trabaja una bomba de agua solar directa, como lo es la parte eléctrica e hidráulica. Para realizar un análisis adecuado se deben considerar para la parte eléctrica, el modelado tal y como se presenta en este artículo y aunque los resultados presentados son congruentes con los reportados en la literatura es evidente la falta de mediciones de equipo real. Por otro lado, la dinámica de extracción del agua juega un papel importante en el consumo de energía bajo diferentes valores de radiación solar y altura de extracción de agua, por lo que se tienen considerado trabajar en estos dos aspectos.

Conclusiones

En este artículo se presenta un gran detalle del modelado de una bomba solar directa que no depende del uso de baterías. El modelado presentado fue hecho en Matlab-Simulink, donde se presenta la simulación de un arreglo fotovoltaico de 20 paneles solares, con conexiones de diez paneles en serie de 250 Watts y estas series conectadas en paralelo. El arreglo fotovoltaico es conectado a un convertidor de cc-cc y a un inversor modelando de esta forma el controlador de carga considerando un filtro de armónicos para filtrar la señal de voltaje obtenida del convertidor y conectándola a la bomba de agua. La bomba de agua fue modelada mediante un motor trifásico asíncrono; el sistema considerado es de HP.

Referencias

1. A. Al-Badi, H. Yousef, T. Al Mahmoudi, M. Al-Shammaki, A. Al-Abri, & Y A. Al-Hinai. (2017). Sizing and modelling of photovoltaic water pumping system. *International Journal of Sustainable Energy*, 415-427.
2. Sontake, V. C. (2016.). Solar photovoltaic water pumping system-A comprehensive review. . *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, 1038-1067.
3. Krause, P. C., Wasynczuk, O., & D.Sudhoff, S. (2002). *ANALYSIS OF ELECTRIC MACHINERY AND DRIVE SYSTEMS, Second Edition*. New York: Wiley-IEEE Press .
4. Andrade, F. H. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Argentina: INTA.
5. Arunendra, K., & Vilas, R. (2016). Performance investigations of solar water pumping system using helical pump under the outdoor condition of Nagpur, India. *ELSEVIER*, 737-745.
6. Kamlesh, Y., O.S.Sastry, R.Wandhare, N.Sheth, M.Kumar, B.Bora, . . . A.Kumara. (2015). Performance comparison of controllers for solar PV water pumping applications. *ELSEVIER*, 195-202.
7. Benghanem, M., Daffallah, K., Alamri, S., & Joraid, A. (2014). Effect of pumping head on solar water pumping system. *ELSEVIER*, 334-339.
8. A. Djoudi, G., A.Hadj, A., & Salhi, H. (2017). Improvement and validation of PV motor-pump model for PV pumping system performance analysis. *ELSEVIER*, 310-320.
9. Shatadru, B., & M. Tariq, I. (2018). Dynamic Modelling of a Solar Water Pumping System with Energy Storage. *Hindawi, Journal of Solar Energy*, 1-12.



10. Dhiaa, H. M., Tamer, K., & Farrukh, N. (2017). A review of photovoltaic water pumping system designing methods, control strategies and field performance. *ELSEVIER*, 70-86.
11. John, S., & Dimitris, E. (2007). Pumping station design for a pumped-storage wind-hydro power plant. *ELSEVIER*, 3009-3017.
12. García, M. F., González-López, J. M., Betancourt, R. O., González, M. A., Laureano, E. V., & Haro, F. R. (2021). Análisis de convertidores bidireccionales cc-cc en representación de ecuaciones en espacios de estado. *Difu100ci@, Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, 155-161.
13. Krause, P. C., Wasynczuk, O., Sudhoff, S. D., & Pekarek, S. D. (2013). *Analysis of electric machinery and drive systems*. John Wiley & Sons.
14. MatWorks. (05 de 09 de 2022). *Solar PV characteristics using m-code*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/61388-solar-pv-characteristics-using-m-code>
15. Mathworks-Asynchronous-Machine. (23 de 08 de 2022). Obtenido de https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/asynchronousmachine.html?s_tid=src_htitle_asynchronous%20machine_1
16. Evans. (05 de 09 de 2022). *BOMBAS SUMERGIBLES*. Obtenido de https://tiendaevans.com.mx/assets/pdf/productos/prdct_61bbee71ca6ee.pdf



Identificación de Componentes de Color con Visión Artificial y Redes Neuronales

Identification of Color Components with Artificial Vision and Neural Networks

Medina-Muñoz Luis Arturo^{1*}, Mayorquín-Robles Jesús Antonio¹, Rodríguez-Senday Jose Jesus¹, Morales-Solís Felipe¹.

1 Instituto Tecnológico de Nogales. Av Tecnológico 911, Nogales, Sonora, México, 84065.

Autor de correspondencia: Medina Muñoz Luis Arturo. Mmarturo756@gmail.com

Resumen

El presente trabajo detecta partes de plástico de 2 colores distintos, rojo y azul, mediante el uso de fotografías de las piezas, las cuales son analizadas mediante una interface escrita en el lenguaje de programación de Visual C#. Se utiliza una cámara WEB de uso común como el elemento de visión que provee la información que necesita la interface, la cual tiene una implementación de una red neuronal entrenada con el algoritmo de backpropagation. Para lograr este reconocimiento se sigue el proceso tradicional de tomar una serie de muestras como conjunto de entrenamiento y se valida el proyecto mediante la implementación del mismo en una línea de producción en una industria de manufactura local. Los resultados obtenidos mostrarán que tan eficiente es el sistema utilizando las técnicas de visión artificial para procesar la información y el uso de determinada estructura de red neuronal como elemento de reconocimiento.

Palabras clave: Redes neuronales, proceso, sistema, visión.

Abstract

The present work detects plastic parts of 2 different colors, red and blue, through the use of photographs of the pieces, which are analyzed through an interface written in the Visual C# programming language. A commonly used WEB camera is used as the vision element that provides the information needed by the interface, which has an implementation of a neural network trained with the backpropagation algorithm. To achieve this recognition, the traditional process of taking a series of samples as a training set is followed and the project is validated by implementing it on a production line in a local manufacturing industry. The results obtained will show how efficient the system is using artificial vision techniques to process information and the use of a certain neural network structure as a recognition element.

Key words: Neural Networks, process, system, vision.

DOI : 10.46588/invurnus.v18i1.79

Recibido 26/10/2022

Aceptado 26/11/2022

Publicado 14/04/2023

Introducción

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la Inteligencia Artificial que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales. La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados [Salas,2004]. La visión artificial utiliza la tecnología de IA más recientes para dotar a los equipos la capacidad de ver y analizar las tareas de fabricación inteligente, control de calidad y seguridad de los trabajadores [Galushkin,2007]. Las redes neuronales artificiales, o mejor conocidas como ANN por sus siglas en inglés, Artificial Neural Networks, son un método de resolver problemas, para aquellas tareas de clasificación, identificación, diagnóstico, optimización o predicción en las que el balance datos/conocimiento se inclina hacia los datos y donde, adicionalmente, puede haber la necesidad de aprendizaje en tiempo de ejecución y de cierta tolerancia a fallos. En estos casos las ANN se adaptan dinámicamente reajustando constantemente los “pesos” de sus interconexiones. Las ANN se basan en la analogía que existe en el comportamiento y función del cerebro humano, en particular del sistema nervioso, el cual está compuesto por redes de neuronas biológicas que poseen bajas capacidades de procesamiento, sin embargo, toda su capacidad cognitiva se sustenta en la conectividad de éstas [Savaktar,2012].

Trabajos Relacionados

Existen varios proyectos que emplean redes neuronales artificiales y sistemas de visión artificial para lograr resolver diferentes problemas en un amplio rango de campos. Un grupo de investigadores de Lincoln Laboratory desarrollo un sistema de visión para el reconocimiento general de imágenes por medio de la detección de los bordes auxiliados por una red neuronal. El objetivo de este desarrollo era generar una estructura neuronal que pudiera ser aplicada para reconocer diferentes tipos de objetos con el mínimo posible de modificación al algoritmo. En 1998 en la Universidad de Georgia (University of Georgia) se desarrolló un sistema para la clasificación de la calidad de los huevos, mediante un sistema de visión de color y una red neuronal artificial. El sistema era capaz de detectar huevos de grado A y huevos con manchas de sangre. El sistema era muy sensible cuando se presentaban otras características como rajaduras en los huevos o suciedad, sin embargo, el grado de exactitud del sistema excedía los requerimientos [Valencia,2007]. También se han utilizado las RNA y visión artificial para la detección de rostros. Un grupo de colegiados de la universidad Carnegie Mellon desarrollaron un sistema basado en múltiples redes neuronales para mejorar el desempeño obtenido al utilizar una sola red neuronal. Uno de los mayores retos que se encontraron en este sistema fue encontrar el conjunto de imágenes sin rostros para entrenar el sistema y que este se comportara apropiadamente [Patel,1998]. En International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) se publicó en marzo del 2012 un artículo de identificación y clasificación de frutas a granel usando redes neuronales. El sistema fue probado con 5 frutas diferentes; 6 manzana, zapote, mango, naranja y limón. Se utiliza una red de propagación hacia atrás comparando las características de color y de textura [Patel,1998]. En la universidad de Tarbait Modares de Irán, se desarrolló un sistema de visión artificial capaz de caracterizar la miel basándose en el color y una correlación con ciertos atributos químicos. Se utilizó una red neuronal artificial para transformar los valores RGB de las imágenes y predecir las concentraciones de cenizas, antioxidantes, etc. Con este sistema se obtuvo un alto grado de desempeño y se demuestra una alternativa viable para la caracterización de la miel con una prueba no destructiva [Savaktar,2012].



Materiales y métodos

El programa utiliza una red neuronal previamente entrenada para identificar los colores deseados. La red utilizada es una red feed-forward multicapa de perceptrones, entrenada con el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás, backpropagation, utilizando una librería de uso libre de AForge.

Los pasos que lleva a cabo el programa para inspeccionar el empaque o pieza son explicados a continuación, y su flujo está representado en el diagrama expresado en la Figura 1.

1. Adquirir imagen: En este paso se obtiene la imagen a analizar a través de una webcam por el mismo programa.
2. Procesar imagen: Dado que el programa inspecciona dos paquetes a la vez con una sola foto, se recorta la imagen original para obtener dos imágenes correspondientes a cada paquete.
3. Comparar pixeles con Red Neuronal: Debido a que la parte de interés no tiene una posición fija, se recorre la imagen completa en su búsqueda, comparando la información de cada píxel con la red neuronal.
4. Comparar resultados con parámetros de aceptación: Al terminar de comparar el ultimo píxel de la imagen, se realiza un conteo de pixeles encontrados para determinado color, y se compara con el parámetro de mínimo de pixeles deseados, para poder determinar si la parte de interés está presente o no en la imagen.

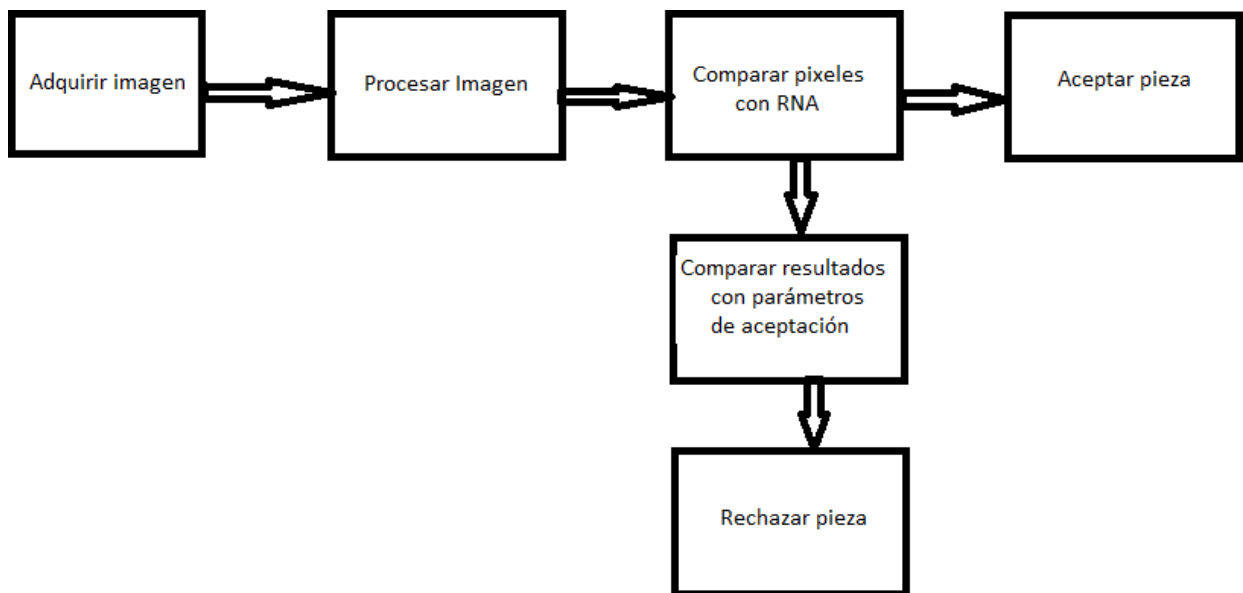


Figura 1. Diagrama general de la inspección del programa

En la interface de inspección podemos conectar a un PLC, controlador lógico programable, o trabajar con imágenes previamente grabadas en la computadora. La Figura 2 muestra la pantalla trabajando en modo simulación con imágenes previamente capturadas durante una corrida en producción conectado al PLC.



Se pueden apreciar dos imágenes con un signo de interrogación, que pertenecen al estado inicial del resultado de la inspección de cada uno de los paquetes respectivamente, así como un botón “Inspeccionar” que nos permite simular la señal de disparo que sería obtenida del PLC.

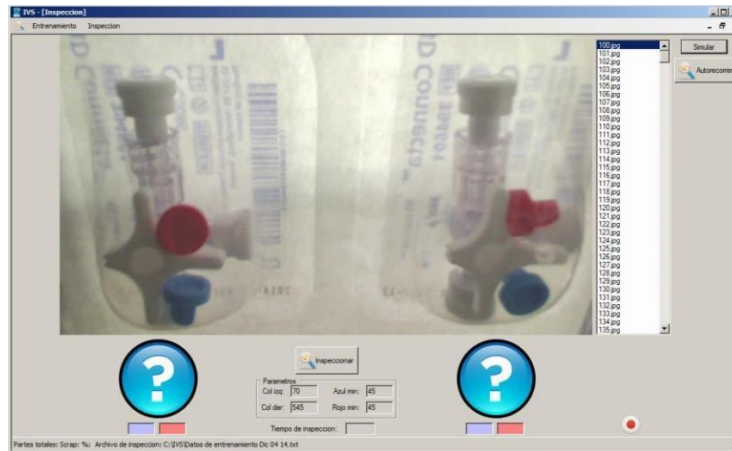


Figura 2. Interface de inspección en modo simulación.

En la Figura 3, se muestra la interface de inspección en línea, donde a la derecha se encuentra el recuadro de los parámetros de conexión al PLC por medio de Ethernet, y se especifica la etiqueta que actuará como señal de disparo de la inspección. En el centro se encuentran los parámetros de inspección, ver figura 4, los cuales contienen la información de la posición donde inicia la imagen del paquete de la izquierda, Col izq, y la posición donde inicia la imagen del paquete de la derecha, Col der. También se cuenta con los valores mínimos de aceptación para la detección de la parte azul, Azul min, y para la parte roja, Rojo min. El campo de tiempo de inspección muestra el tiempo que le tomó al programa inspeccionar ambas imágenes.

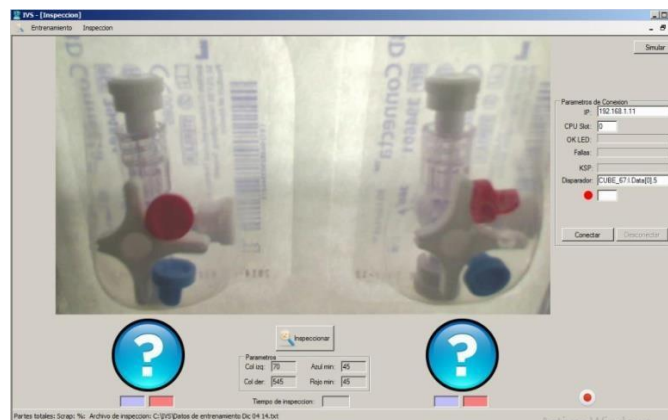


Figura 3. Interface de inspección en línea



| Parámetros | | | |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Col izq: | <input type="text" value="70"/> | Azul min: | <input type="text" value="45"/> |
| Col der: | <input type="text" value="545"/> | Rojo min: | <input type="text" value="45"/> |
| Tiempo de inspección: | | <input type="text"/> | |

Figura 4. Parámetros de inspección.

Configuración y entrenamiento del programa

Para obtener esta información se cuenta con la interface de entrenamiento, figura 5, la cual cuenta con la opción de adquirir una imagen proveniente del video capturado por la webcam, para posteriormente definir los parámetros necesarios para el correcto procesamiento y análisis de la imagen. Los pasos que sigue este proceso son:

1. Primeramente, se captura la foto correcta con la que se desea trabajar, pulsado el botón “Capturar”, lo que congelará la imagen.
2. Al capturar la imagen, se habilitan las opciones para señalar los puntos donde comienza la imagen de la izquierda y donde comienza la imagen de la derecha, los cuales podemos definir mediante los botones “Corte Izq” y “Corte Der” respectivamente. Al hacer click en la posición deseada, se dibujará un recuadro señalando el área de interés que se ha seleccionado.
3. En el centro se muestra los parámetros que serán guardados en el archivo y que representan la posición inicial de las imágenes en el eje x e y. Al estar conformes con la selección de las áreas, se realizan los recortes dados con el botón “Procesar Recortes”, y de forma automática el sistema tendrá la información que necesita para el entrenamiento.



Figura 5. Interface de entrenamiento.



2. No genera más de 1% de falsos rechazos
3. No incrementa el tiempo de ciclo de la máquina
4. No genera tiempo caído

La máquina donde el sistema fue instalado pertenece al área de Stopcocks, y trabaja sobre un horario de 7 a.m. a 3:30 p.m. de lunes a viernes. El tiempo efectivo de producción del equipo está considerado en 7.5 horas, debido a los descansos y comidas del día.



Figura 8. Instalación del sistema de visión

El tiempo de ciclo del equipo actual es de 2 segundos aproximadamente, dando un total de 15 ciclos por minuto y un total de 30 partes por minuto debido a que la máquina inspecciona 2 partes a la vez. El sistema se puso a prueba en producción durante el turno completo, en el cual se fabricaron 14,576 piezas, dando un total de 32.39 partes por minuto. Es normal en este equipo que corra a un ritmo superior al de diseño y al requerimiento de producción, por lo que esta información fue suficiente para demostrar que la inspección no incrementa el tiempo de ciclo y no impacta a la producción. La figura 9 muestra el tiempo que ocupa para realizar la inspección, corroborando así que el tiempo de ciclo es menor a los 2 segundos que ocupa la máquina en general.



Figura 9. Tiempo de inspección

El tiempo promedio de ciclo es de 0.95 segundos, por lo que el tiempo de cada inspección es de 475 milisegundos, un tiempo similar al que tomaría un equipo de visión comercial utilizado en la línea de producción. Al final de turno, el equipo había realizado 7,288 ciclos, para un total de 14,576 partes inspeccionadas, de las cuales solo 4 partes fueron rechazadas. Dos de las partes rechazadas fueron por faltante de componente rojo, y las otras dos partes fueron por faltante de componente azul. El sistema no generó ningún falso rechazo por lo que se cumplió fácilmente con el requerimiento de menos de 1% de falsos



rechazos. Al término del turno, el material producido pasó al área de calidad, donde fue inspeccionado 100% para verificar que el sistema de visión no dejó ir ningún paquete incompleto. Los resultados por parte de calidad corroboraron y certificaron que el sistema funcionó adecuadamente al identificar los paquetes incompletos. De igual manera, durante el turno se guardaron las imágenes de todas las piezas inspeccionadas y se revisó manualmente el desempeño utilizando el simulador con cada una de las piezas. El sistema rechazó exactamente las mismas piezas, y detectó perfectamente los componentes en cada uno de los paquetes.

Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos durante la corrida de producción bajo el protocolo de validación de desempeño de proceso, se demuestra que la red neuronal con la ayuda de visión artificial es capaz de resolver el problema que se ha presentado de una excelente manera. De no emplear una red neuronal, la detección del color mediante un algoritmo convencional se complica con las variaciones del tono causadas por la orientación e iluminación, resultando en un sistema más complejo de programar y menos eficiente. Se demuestra que bajo este concepto de inspección se logra omitir en el desempeño todas las variables que podrían afectar a un sistema de visión convencional comercial, como lo son:

1. Variación en la iluminación
2. Orientación de las partes a inspeccionar
3. Ubicación de las partes a inspeccionar dentro del área de interés
4. Variación del color debido a la geometría/forma de la parte de interés
5. Cambios en el enfoque
6. Reflejos en el plástico de empaque
7. Transparencia del plástico por el que se debe verificar el empaque

A pesar de los buenos resultados y un tiempo de ciclo decente, se realizaron otras pruebas con las imágenes capturadas para mejorar el tiempo de ciclo de la inspección. Originalmente, las imágenes capturadas son inspeccionadas en una resolución de 320x480 pixeles de cada paquete, y se modificó para trabajar con una resolución de 60x110 pixeles, reduciendo el tiempo de ciclo de .95 segundos o 950 milisegundos, a tan solo .06 segundos o 60 milisegundos promedio, volviendo el sistema 15.83 veces más rápido.

Bajo este nuevo tiempo de ciclo de alta velocidad, el sistema puede ser empleado para inspeccionar hasta 30 piezas por ciclo y se está pensando en probarlo en una máquina de la misma área que trabaja 8 paquetes por ciclo, quedando aun sobrado el sistema en cuestión de velocidad. El desempeño en cuestiones de calidad no se vio afectado con la nueva resolución, y se rechazaron las 4 piezas faltantes de componentes tal como con la resolución original.

Referencias

1. <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
2. <https://www.intel.es/content/www/es/es/manufacturing/what-is-machine-vision.html>
3. Salas, R. (2004). Honey characterization using computer vision system and artificial neural networks. 159. Savaktar, D. (2012). Redes Neuronales Artificiales. Universidad de Valparaiso. Departamento de computacion. 116.



4. Galushkin, A. (2007). Neural networks for control systems. IEEE Transactions.. Neural Networks Theory. Springer.
5. Gestal Pose, M. (2000). Introduccion a las redes de neuronas artificiales. Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Universidad de Coruña.
6. Henry A. Rowley, S. B. (1998). Introduction to neural networks for C#. Heaton Research, Inc. Neural Network-Based Face Detection.
7. Rosario. Murata, N. Y. (1992). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. Informática Aplicada a la Ingeniería de Procesos – Orientación I. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional
8. Robert L. Harvey, P. N. (1991). Network information Criterion - determining the number of hidden units for an artificial neural network model. IEEE.
9. Rocha Miranda, A., & Morales Ramos, J. C. (2004). A Neuronal Network Architecture for General Image Recognition. The Lincoln Laboratory Journal, 4(189).
10. Rojas, R. (1996). Procesamiento digital de señales y redes neuronales. Obtenido de Consultoría y capacitación para la competitividad de clase mundial: http://www.icicm.com/files/ProcDigitalSe_alesRedesNeuronales.doc
11. Sahameh Shafiee, S. M.-C. (2014). Neural Networks: A Systematic Introduction. Berlin: Springer. Rosenblatt, F. (1961). Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the theory of brain mechanisms. Washington DC: Spartan Books.
12. V. C. Patel, R. W. (1998). Identification and Classification of Bulk Fruits Images using Artificial Neural Networks. International Journal of engineering and Innovative Technology, 1(3).
13. Valencia Reyes, M. A. (2007). Color Computer Vision and Artificial Neural Networks for Detection of Defects in Poultry Eggs. Artificial Intelligence Review(163-176).
14. Velez Serrano, J. F., Moreno Diaz, A. B., Sanchez Calle, A., & Sanchez-Marin, J. L. (2003). Algoritmo Backpropagation para redes neuronales: conceptos y aplicaciones. Instituto Politecnico Nacional. Centro de investigacion en computacion.
16. José Francisco Vélez Serrano. Vision Artificial. (s.f.). Recuperado el 10 de 10 de 2014, de C.I.P. ETI Tudela: www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf White, H. (1992).
17. Zadeh, L. A. (1973). Artificial Neural Networks: Approximation and learning theory. Basil, Blackwell: Oxford. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. 24-44.



Sistema Inteligente IoT de Recolección de Opiniones Para el Control de Calidad de un Servicio/Producto “Encuesta de Satisfacción”.

Intelligent IoT System for Collecting Opinions for the Quality Control of a Service/Product.

Jiménez-Vázquez Juan José¹, Quiñones-Woodward Javier Alejandro¹, Villalvazo-Laureano Efraín^{1*}, Jiménez-Betancourt Ramón Octavio¹, Verde-Romero Daniel Alfonso¹, Rodríguez-Haro Fernando¹.

1 Universidad de Colima, Km. 20 carretera Manzanillo Barra de Navidad, Manzanillo, Colima, México, CP.28860.

Autor para la correspondencia: Efrain Villalvazo Laureano villalvazo@ucol.mx.

Resumen

Hoy en día, mantener una buena imagen y la aprobación del público es fundamental para las empresas, ya que, de esta manera, su producto/servicio cobra mayor relevancia entre el mercado creciente y las muchas opciones similares, haciéndolo esencial para las empresas. Para ello, las empresas necesitan encontrar una manera de monitorear su nivel de aprobación para mantenerlo en un nivel aceptable. Este proyecto presenta una alternativa con tecnología del internet de las cosas.

Palabras clave: Internet de las cosas, almacenamiento en la nube, variables IoT.

Abstract

Nowadays, maintaining a good image and similar approval from the public is essential for companies, since, in this way, their product/service becomes more relevant among the growing market and the many options, making it essential for companies. To do this, companies need to find a way to monitor their approval level to keep it at an acceptable level. This project presents an alternative with Internet of Things technology.

Key words: Internet of things, cloud storage, IoT variables.

DOI: 10.46588/invurnus.v18i1.68

Recibido 11/11/2022

Aceptado 11/11/2022

Publicado 14/04/2023

Introducción

En este artículo se expone el diseño y creación de un dispositivo sencillo que recogerá la opinión de los clientes, usuarios o votantes sobre un producto, servicio o ejercicio público y posteriormente enviará a un servidor de almacenamiento en la nube a través de la tecnología IoT, en este servidor en la nube los datos serán clasificados y organizados de una forma gráfica para facilitar el análisis de los resultados. Durante el desarrollo del dispositivo, se ideó una implementación de una placa de desarrollo IoT, Photon de la marca Particle, así como sensores táctiles para realizar la función de envío hacia la nube, al servidor de almacenamiento de variables llamado Ubidots, en el cual se pueden monitorear los resultados desde cualquier parte del mundo.

En la actualidad existen miles de empresas que ofrecen múltiples servicios para la resolución de las diversas problemáticas que se puedan presentar en el día a día, no es extraño encontrar más de 2 o 3 servicios que cubran una misma necesidad, por lo que los clientes pueden elegir entre las distintas opciones que hay en el mercado, esto supone una problemática bastante importante para las empresas ya que para garantizar su dominio en el mercado deben buscar distintas estrategias para lograr que el servicio ofrecido destaque dentro de todos los demás en el mercado.

Una de las estrategias mayormente usadas por las empresas es el destacar por medio de la calidad de su servicio; al presentar una atención al cliente con mayor calidad las empresas garantizan un aumento en su reputación lo cual atrae más clientela y logra resaltar por sobre los demás servicios, para ello escuchar la voz del cliente es un buen punto de partida para evaluar la calidad de un servicio

Para poder mantener estos niveles de calidad en su servicio las empresas se ven en la necesidad de monitorear de manera constante la opinión de sus clientes para identificar los niveles de satisfacción puesto que la evaluación de la satisfacción de los clientes debe ser un objetivo primordial en cualquier organización de servicio y el desarrollo de indicadores de la calidad es una forma adecuada para diagnosticar el desempeño de un proceso. (Pulido, 2014).

Para ello se necesita implementar distintas herramientas que ayuden a recolectar la opinión del cliente para su posterior almacenamiento y análisis para poder identificar los cambios que puedan presentarse, lo que lleva a una herramienta muy usada en la actualidad, la encuesta de calidad.

Hoy en día no es muy raro encontrar estos tipos de dispositivos en distintos establecimientos, algunos con diseños complejos y con la capacidad de realizar más de una pregunta, y otros más sencillos. En el pasado este tipo de dispositivos contaban con una unidad de almacenamiento en el cual se almacenaban los datos reunidos para posteriormente ser recolectados al finalizar de la jornada para su posterior análisis; no obstante, con el desarrollo tecnológico que se ha hecho más presente en la última década se ha podido automatizar y simplificar esta clase de procesos utilizando múltiples técnicas y tecnologías; una de las tecnologías más usadas para estos propósitos y que ha presentado un constante desarrollo es el de las IoT o internet de las cosas de sus siglas en inglés (Internet of things). Este describe la red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, software y otras tecnologías con el fin de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet.



Con esta tecnología, se es posible activar circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, sensores, cargas, entre otros, a través de internet, de igual forma, monitorear variables físicas que estén recibiendo sensores en tiempo real.

El internet de las cosas es sin duda una herramienta que le da otra vertiente al uso de internet para el desarrollo de tecnología.

Materiales y métodos

Tarjeta de desarrollo IoT. Particle Photon.

El dispositivo de este proyecto se elaboró con la tarjeta Particle Photon como el componente principal; la cual, tiene la capacidad de comunicarse con distintos softwares de almacenamiento, control y monitoreo de variables IoT.

La tarjeta Photon es una tarjeta para el desarrollo de proyectos con internet de las cosas.

Para el proyecto presente se utilizaron solamente pines digitales con los cuales fueron programados los sensores para el envío de datos, así como los indicadores (LED) cuando la variable haya sido enviada con éxito a la nube, así como una pantalla de visualización de variable seleccionada.

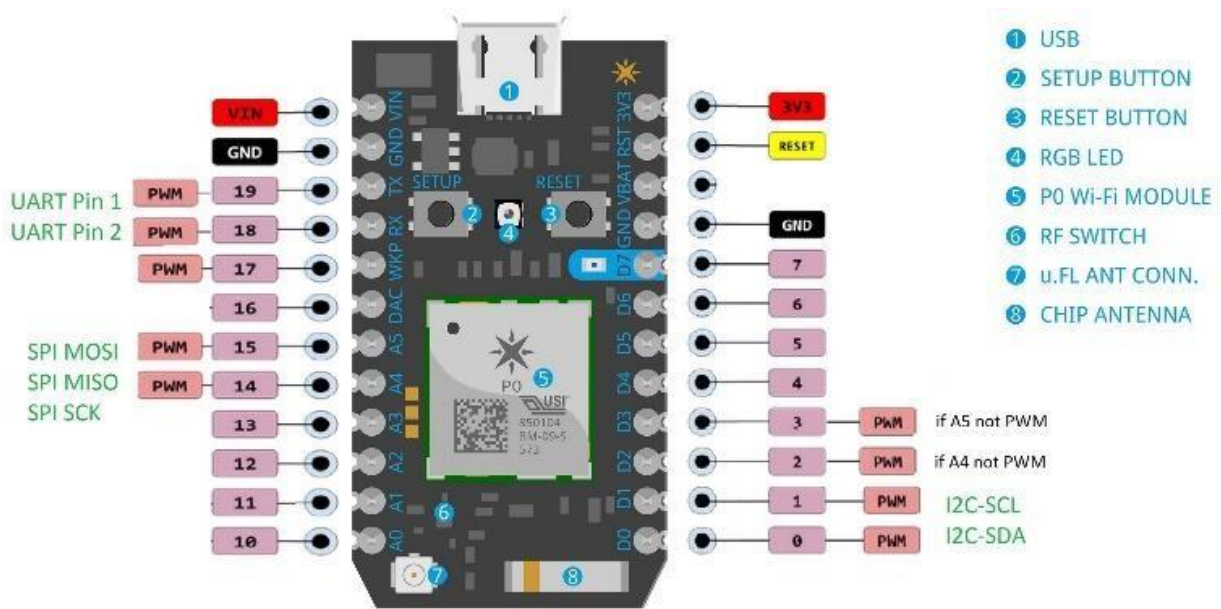


Figura 1. Estructura de tarjeta Particle Photon. Fuente: IoT lab.

Sensor touch capacitivo TTP223.

Para el método de entrada de uno de los diseños se utilizaron 3 sensores táctiles o “touch” TTP223, los cuales envían al software de monitoreo, el 1 de señal en cuanto son tocados, la señal viaja a través de internet y es recibida por el servidor con una latencia muy pequeña.

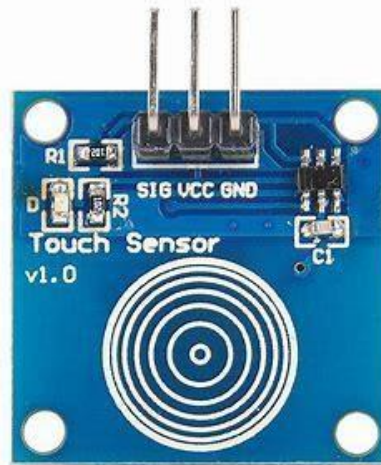


Figura 2. Sensor Touch TTP223. Fuente: Elaboración Propia.

Estructura electrónica.

En la siguiente figura se puede observar el circuito electrónico del sistema de encuesta, se puede observar a la tarjeta de desarrollo, así como sus conexiones a los sensores touch encargados de mandar las variables a la nube, así como los leds indicadores para cada variable, los cuales reflejaran cuando se haya subido correctamente la variable a la nube. De igual forma se cuenta con una pantalla LCD para imprimir la variable seleccionada.

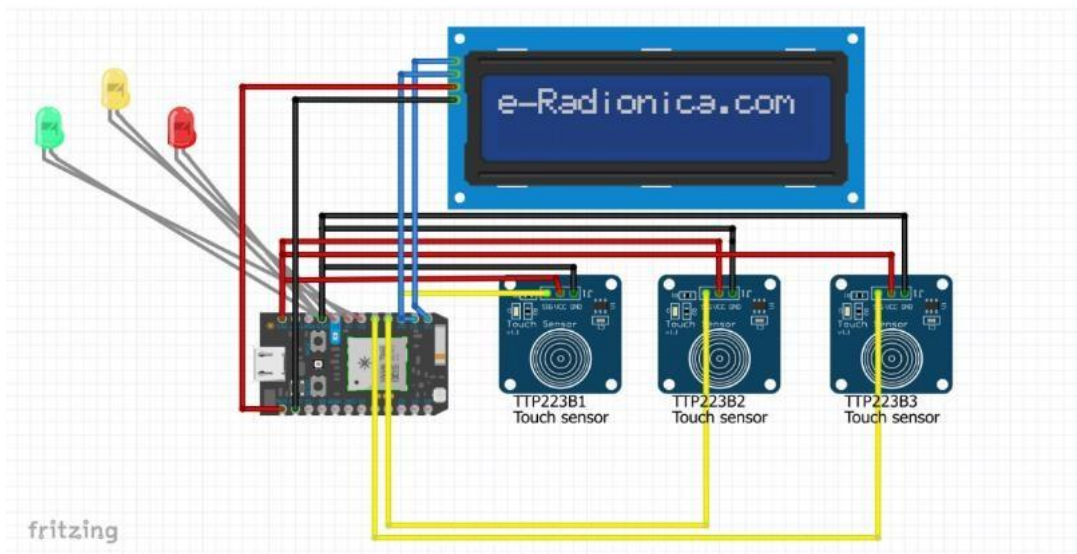


Figura 3. Diagrama electrónico del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Los sensores, los leds indicadores y la pantalla fueron alimentados directamente con los voltajes de 3.3V y 5V con los que cuenta la placa de desarrollo. De igual forma para este circuito básico se pudo tomar en común la tierra de la tarjeta de desarrollo. A continuación, el circuito eléctrico del sistema.

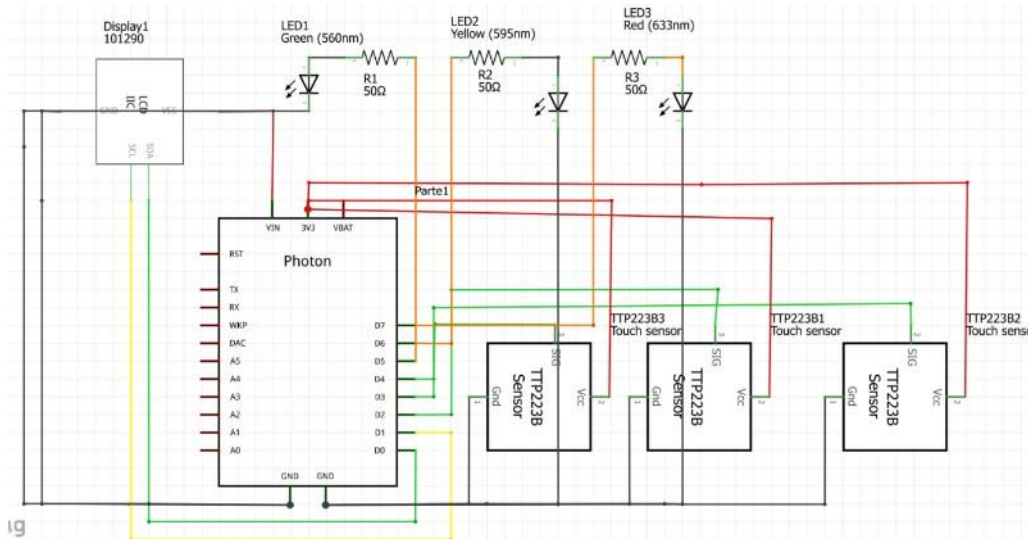


Figura 4. Circuito eléctrico del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Consumo eléctrico del circuito.

| Componente | Voltaje | Corriente. |
|--------------|------------|------------|
| Photon | 3.3v a 5V | 50 a 90mA |
| Sensores | 2 a 5V | 1.5uA |
| Pantalla LCD | 5 a 9V | 35mA |
| Leds | 1.7 a 3.3V | 10-20mA |

Tabla 1. Consumo eléctrico de componentes.

En la tabla anterior se encuentran los voltajes y corrientes necesarias por cada uno de los componentes del proyecto, se analiza que son componentes de bajo consumo eléctrico.

Programación.

La programación del Particle Photon, está hecha en C++, a un que como es común, cambia en algunos puntos la sintaxis, ya que la programación del Photon está ligada a los softwares de IoT, los cuales requieren ciertos códigos no usados en otras plataformas de lenguaje C, como lo es c++, java, etc.

A un que la programación para el internet de las cosas tiene comandos específicos para las variables, como se verá en el código a continuación.



HTML

```
#include <LiquidCrystal_I2C_Spark.h>
#include <Ubidots.h>

#ifndef UBIDOTS_TOKEN
#define UBIDOTS_TOKEN "BBFF-h2LbLKVuGf9MRMTKsnea9WxfAqxYhr"
#endif
Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_TCP);

LiquidCrystal_I2C *lcd;

int si = 1;
int no = 0;
int bueno = D2;
int regular = D3;
int malo = D4;
int led = D5;
int led2 = D6;
int led3 = D7;

void setup() {

  pinMode(bueno, INPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(led2, OUTPUT);
  pinMode(led3, OUTPUT);
  ubidots.add("bueno", no);
  ubidots.add("regular", no);
  ubidots.add("malo", no);

  Serial.begin(9600);

  lcd = new LiquidCrystal_I2C(0x27, 16, 4);
  lcd->init();
  lcd->backlight();
  lcd->clear();
  lcd->print("Da tu respuesta");
  lcd->setCursor(0 ,1);
  lcd->print(":");

}

void loop() {
```



```
digitalWrite(led,LOW);
digitalWrite(led2,LOW);
digitalWrite(led3,LOW);

lcd->setCursor(0,0);
lcd->print("Da tu respuesta");
lcd->setCursor(0,1);
lcd->print(":)");

if (digitalRead(bueno) == 1) {
  digitalWrite(led,HIGH);

  lcd->clear();
  lcd->setCursor(0,0);
  lcd->print("Respuesta: Bien");
  lcd->setCursor(0,1);
  lcd->print("Muchas gracias!");
  ubidots.add("bueno", si);

  bool bufferSent = false;
  bufferSent = ubidots.send();
  delay(2000);
  digitalWrite(led,LOW);

  lcd->clear();
  lcd->setCursor(0,0);
}
}
```



Se puede observar la programación en el lenguaje c++ en su mayoría del código, a un que tiene algunas diferencias con los lenguajes que no se aplican en internet de las cosas. Primero se puede observar las declaraciones de los componentes a usar y sus librerías, posteriormente se implementa el token de la página donde irán a almacenarse las variables y donde serán analizadas.

La demás sintaxis es igual a los distintos lenguajes de programación que encontramos en los distintos IDE que se encuentran en el mercado.

El código inicia con la definición de los pines digitales y para que serán implementados, posteriormente en el SET-UP como iniciarán en el programa. En el código se encuentra un ejemplo de la condicional que se implementó para el primer dato que se envía y almacena en la nube, estas 3 condiciones se programaron con condicionales IF, así como el led indicador para esa variable y el mensaje impreso en la pantalla. Las líneas clave para el código son las que se encuentran en negritas, esas líneas de código son las que suben la variable al sistema de almacenamiento en la nube, deben de tener un nombre clave el cual coincide con la variable programada en el sistema de monitoreo.

Sistema de monitoreo.

El sistema de monitoreo en tiempo real de variables de IoT implementado en este proyecto es “UBIDOTS”, un software que permite la obtención, visualización y programación de lo que se requiera en un trabajo en específico. Para el caso de la encuesta elaborada en este trabajo, se puede programar directamente desde el software en un periodo de tiempo en el que se requiere que el dispositivo pueda obtener datos de los sensores, pudiendo así implementar este proyecto en muchas vertientes.

Es decir, con este dispositivo se puede programar para que reciba variables por solo 1 minuto, 1 hora, 1 semana, 1 mes o 1 año, lo cual puede ser muy utilizado en distintas situaciones.



| Variable label | Quick ranges | Custom | |
|--------------------|----------------------|------------------|---|
| | | Set by dashboard | Date range |
| Aggregation | Last 1 hour | | |
| | Today | | |
| Span | Yesterday | | |
| | <u>Last 24 hours</u> | Start date | |
| | This week | 2022/09/10 12:50 |  |
| | Previous week | | |
| | Last 7 days | Now | |
| | This month | 2022/09/11 23:50 |  |
| | Previous month | | |

Figura 5. Programación tiempo de recepción de variables. Fuente: Elaboración propia.



La plataforma de IoT ubidots permite representar las variables recibidas de los sensores, de una manera muy visual y fácil de interpretar, como se ve a continuación.

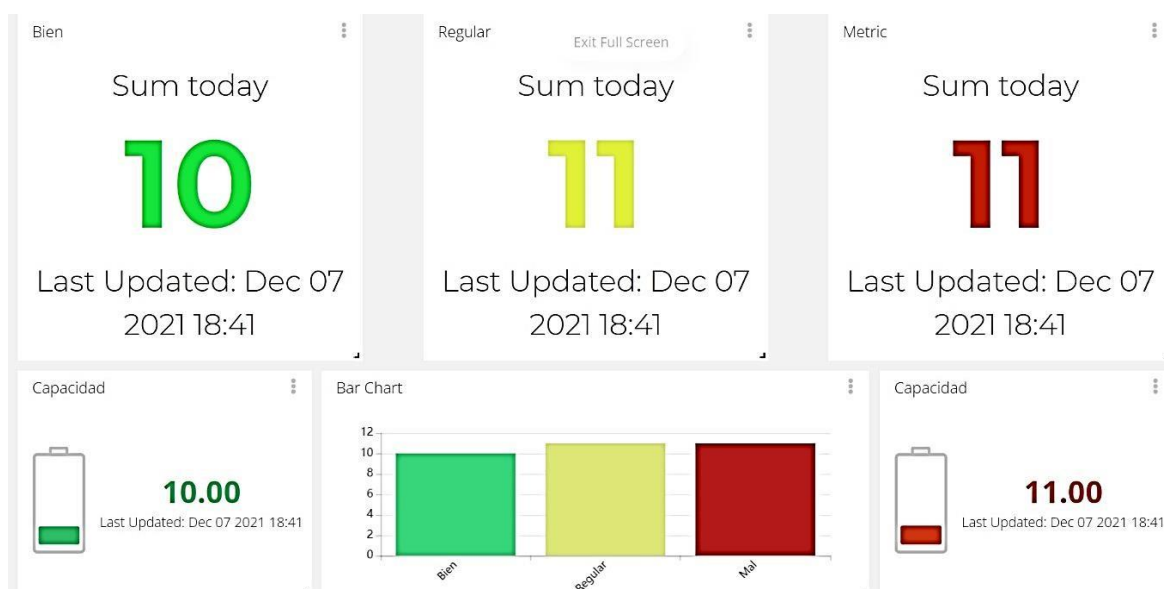


Figura 6. Visualización de las 3 variables. Fuente: Elaboración propia.

El ejemplo anterior fue un periodo de tiempo de un día, se puede observar que tenemos las 3 variables emitidas durante un día y su almacenamiento en la nube, en la parte superior se encuentra cada variable individualmente y la suma durante un día, posteriormente se visualiza una gráfica con la unión de las 3 variables, donde se analiza la comparativa entre cada variable. Se pueden añadir gadgets como la pila limitada de recepción de variables, es decir, poner como limite la recepción de variables en un número en específico. En general, el sistema de almacenamiento y monitoreo en la nube puede ser manipulado a las distintas necesidades donde se implemente el proyecto.

Resultados y Discusión

Al finalizar la construcción del dispositivo se realizaron las pruebas finales, verificando que la conexión a internet fuera estable y no presentara complicaciones por la ubicación de la placa controladora dentro de la carcasa, de igual manera se corroboró la conectividad con el servidor de almacenamiento en la nube.

Las pruebas arrojaron los resultados esperados y se comprobó que el dispositivo final funcionaba de manera óptima y no presentaba complicaciones por lo que se alcanzó los resultados que se habían previsto.

Para finalizar el diseño de la carcasa y hacer el dispositivo más llamativo para público se optó por colocarle etiquetas o stickers los cuales representarían las caras con distintos estados de ánimo representando de la selección que realizaría el cliente. En la plataforma de monitoreo se pudieron observar los resultados con amplios efectos visuales, como lo pueden ser gráficas, indicadores de total de resultados, indicadores limitados a un número de encuestas, entre otros. Finalmente, el prototipo operó correctamente y se presenta en la figura 7.





Figura 7. Prototipo. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El internet de las cosas sin duda se ha convertido en una herramienta sumamente interesante para la tecnología, ya que le da una perspectiva diferente a la manera en la que el mundo ve al internet, con el IoT se puede controlar cosas físicas, se pueden monitorear sensores, accionar cargas, circuitos, etc.

Con el internet de las cosas se espera que el usuario en general pueda al mismo tiempo que navega, estar automatizando su hogar, su trabajo, o un proceso en específico que el IoT pueda ayudar a mejorar su eficiencia, tiempo y comodidad.

El proyecto descrito en este artículo fue de obtención de mucho aprendizaje, de igual forma se tiene la certeza de que este dispositivo pueda ayudar en muchos campos donde se requiera un dispositivo para evaluar la atención, registrar variables o hacer votaciones. Este proyecto puede ayudar al medio ambiente, al reducir papel para encuestas, votaciones o registros, ya que todo será remotamente a través del entorno IoT.

Agradecimientos

A la Universidad de Colima por contribuir al desarrollo de la investigación de sus estudiantes y profesores. También al CONACYT por su apoyo a los investigadores

Referencias

1. H. G. Pulido., «Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 22, n° 1, p. 12, 2014.
2. Makermodules., «Makermodules.,» Makermodules., 2020. [En línea]. Available: <https://www.makermodules.com/particle-photon-iot-board/>. [Último acceso: 15 9 2022].
3. R. v. Kranenburg, «Desafíos de IoT,» *Springer link*, vol. 1, n° 9, p. 10, 2012.
4. K. SHAFIQUE, «Internet of Things (IoT) for Next-Generation,» *IEEE ACCES*, p. 19, 2020.
5. P. Gokhale, «Introduction to IOT,» *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, vol. 5, n° 1, pp. 1-5, 2018.
6. Alex Koohang, «Internet of Things (IoT): From awareness to continued use,» *ScienceDirect*, vol. 62, n° 1, pp. 1-10, 2022.
7. C. M. d. Morais, «An IoT sensor and scenario survey for data researchersS,» *SpringerLink*, vol. 25, n° 4, pp. 1-9, 2019.
8. B. A. E. APOLO, «Desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control basadas en IoT a través de la plataforma Ubidots. Aplicaciones a sistemas de automatización bajo entornos de simulación,» *Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador*, pp. 1-20, 2021.
9. UNITELECTRONICS, «UNITELECTRONICS,» UNIT, 2022. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/boton-tactil-capacitivo-ttp223b/>.

Cómo citar este artículo: Jiménez-Vázquez J.J, Quiñones-Woodward J.A, Villalvazo-Laureano E., Jiménez Betancourt R.O., Verde-Romero D.A, Rodríguez-Haro F. (2023). Sistema Inteligente IoT de Recolección de Opiniones Para el Control de Calidad de un Servicio/Producto "Encuesta de Satisfacción". INVURNUS, 18 (1) 1-11.



Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica

Design and Implementation of a IoT Sensor Network for Domotics Applications

Verde–Romero Daniel¹, Hernández–Barón Eduardo¹, Carbajal–Pérez Hector¹, Villalvazo-Laureano Efraín¹, Salome-Baylon Joel², Pérez–González Marco A.^{1,2*}.

1 Facultad de Ingeniería Electromecánica. Universidad de Colima. Km. 20 carretera Manzanillo – Cihuatlán, C. P. 28860, Manzanillo, Col, México.

2 Universidad Tecnológica de Manzanillo, Camino a las humedades S/N. C. P. 28869, Manzanillo, Col., México.

Autor para la correspondencia: Pérez–González Marco A. marcoperez@ucol.mx

Resumen

Se presenta el diseño e implementación de una red de sensores gestionada a través de la tecnología IoT (Internet of Things, Internet de las cosas). La red se utiliza en una aplicación simulada de Domótica. Se integran diferentes tecnologías como la tarjeta de desarrollo photon de particle ® la cual coordina la comunicación con los diferentes sensores utilizados; Tecnología de cómputo en la nube, utilizando la aplicación Node Red de IBM ® para hacer la programación de la interfaz gráfica de usuario a la cual se tiene acceso a través de una instancia en un servidor montado en IBM Cloud, proporcionando así la posibilidad de consultar en todo momento y lugar a través de una computadora o un teléfono inteligente el estado de funcionamiento de los sensores y el valor de las variables como temperatura, concentración de gases, estado de encendido/apagado de luminarios y detección de movimiento en habitaciones. Se presentan detalles sobre la arquitectura del sistema y de los resultados obtenidos.

Palabras clave: IoT, computo en la nube, sensores.

Abstract

The design and implementation of a IoT (Internet of Things) sensor network is presented. The network is used in a simulated Domotics application. Different technologies are integrated, such as the particle ® photon development board, which coordinates communication amongst different sensors used; Cloud computing technology, using the IBM ® Node Red application to program the graphical user interface that can be accessed through an instance on a server mounted on IBM Cloud ®, thus providing the possibility of consulting anytime and anywhere, through of a computer or a smart phone the operating status of the sensors and the value of variables such as temperature, gas concentration, lighting on/off status and motion detection in rooms. Details about the system architecture and the obtained results are also provided.

Key words: IoT, cloud computing, sensors.

DOI 10.46588/invurnus.v18i1.60

Recibido 26/10/2022

Aceptado 15/12/2022

Publicado 23/04/2023

Introducción

La domótica puede tener distintos significados dependiendo del idioma en que se hable; puede significar automatización del hogar, casa inteligente o casa electrónica. Todas las anteriores definiciones como señala Lorente (2004), implican controlar dispositivos de forma automática a través de una plataforma tecnológica.

Monitorear adecuadamente diferentes variables como temperatura, humedad, nivel de iluminación, calidad del aire y poder desarrollar acciones de control sobre dispositivos que inciden sobre estas variables son el corazón de lo que se refiere a las aplicaciones de domótica. Adicionalmente tener la capacidad de monitoreo de otro tipo de aspectos relativos a la seguridad física del inmueble o que estas sean las adecuadas para habitantes con condiciones físicas o medicas especiales son funcionalidades que se consideran como deseables en una casa habitación (Simonet y col., 2021; Sale 2018).

En las aplicaciones de domótica tradicionales el monitoreo de variables y acciones de control relativos al confort y seguridad de inmueble se realiza de manera local. El usuario puede tener acceso a un monitor que dé cuenta del estado completo del inmueble, es decir un listado de los valores de las diferentes variables monitoreadas y la conformación de la ejecución o no de acciones de control que incidan sobre estas (Manganelli y col. 2018; Murphy, 2018).

El dramático desarrollo que ha experimentado internet en las últimas dos décadas ha dado origen a términos como: internet de las cosas (IoT) ó computo en la nube y ha permitido diversificar el acceso a los datos monitoreados de aplicaciones como la domótica (Thoutem, 2021; Daylami, 2015; Huang y col., 2017). Hoy en día, es posible que una persona conozca la temperatura de su invernadero personal o del patio donde están sus mascotas mientras está a unas horas o incluso miles de km de la casa habitación, con lo que crecen de manera exponencial las posibilidades de flexibilización de acciones de control.

Tener acceso en cualquier momento que se desee a un aspecto cualquiera de su hogar, sin importar el lugar en donde este mientras haya cobertura de servicio de internet le permite al usuario estar al tanto de aspectos de su interés a través de su celular, por ejemplo. La revolución que supone el IoT apenas inicia, la domótica es solo una de las ramas en las que se están desarrollando múltiples aplicaciones, tecnologías e infraestructura. Pero campos como la medicina, la educación, la seguridad pública, agronomía, etc. también han visto la llegada de esta tecnología en esta última década, permitiéndonos tener una vida más integrada entre los seres humanos y los dispositivos que usamos para conocer el estado de prácticamente “todo”.

Existen diversas colaboraciones en este campo de estudio, las posibilidades y retos que se presentan son múltiples. Como Miori, y col. (2019) establecen en su trabajo, las recientes plataformas desarrolladas para ciudades inteligentes que incluyen características como el uso eficiente de energía, cuidado de la salud, movilidad y seguridad no pueden ignorar los datos que provienen de las casas automatizadas. La penetración actual de dispositivos que consumen y producen datos presentes en nuestros hogares es casi total.

Alaa y col. (2017) hacen una extensa e intensiva revisión de los diferentes enfoques de trabajos académicos publicados en el área de aplicaciones de casas inteligentes basadas en IoT. Mediante la búsqueda de términos específicos hechos en los buscadores IEEE Explore, ScienceDirect y Web of Science identifican 1729 publicaciones presentadas hasta ese año después de una nueva revisión para asegurar entre otras cosas que la publicación pertenece a revistas indexadas o artículos de congreso (ambos en inglés) y que el énfasis sea el de aplicaciones IoT en domótica se hace un análisis de una selección final de 229 artículos. Dividen



su estudio en 4 dimensiones: 1. Publicaciones de revisión y compendios; 2. Estudios sobre aplicaciones IoT y su uso en casas inteligentes; 3. Propuestas de diseño y marcos conceptuales para desarrollar y operar aplicaciones; y 4. Reportes de intentos para desarrollar aplicaciones; que a su vez generan 14 temas específicos. También Identifican un conjunto de 19 diferentes beneficios que se clasifican en cuatro categorías: 1. Conservación de energía en casas inteligentes; 2. Reducción del costo de necesidades básicas en casas inteligentes; 3. Beneficios relativos al cuidado de la salud y 4. Entretenimiento y confort.

La propuesta que se presenta en este trabajo pertenece a la dimensión 2. Estudios sobre aplicaciones IoT y su uso en casas inteligentes y cae en las áreas de beneficio 1 y 4 (Ahorro de energía y reducción de costos de necesidades básicas) ya que propone un sistema de fácil implementación, bajo costo y que permite al usuario un monitoreo remoto con solo contar con una conexión móvil de internet.

Materiales y métodos

Arquitectura del sistema

El sistema consta de sensores de temperatura, luminosidad, presencia, botones de timbre, relevadores para activar lámparas o ventiladores y detección de gas, cuyas mediciones y activaciones son procesadas en una tarjeta de desarrollo particle photon ® y posteriormente vía wifi estos datos procesados se transmiten a la nube particle que a su vez se comunica con IBM Cloud ® a través de la plataforma Node Red, en donde se montan en un tablero virtual (dashboard) las caratulas de los diferentes medidores virtuales que el usuario final consulta vía remota desde su teléfono inteligente o desde una computadora personal (Figura 1).

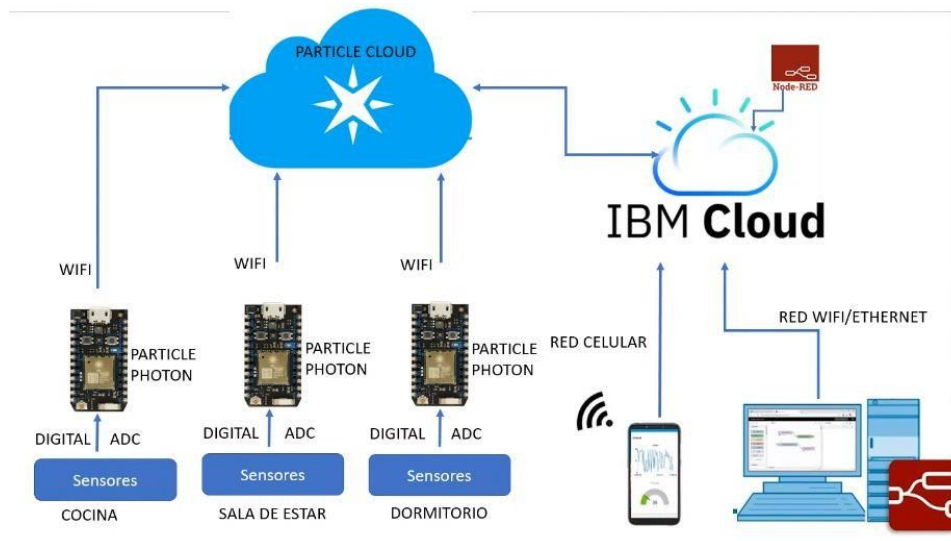


Figura 1. Arquitectura del sistema

El sistema de monitoreo está dividido en tres áreas de control que para efectos prácticos pueden estar o no en el mismo inmueble. Es decir, podríamos tener un sistema de monitoreo de temperatura en varias sucursales de alguna tienda de conveniencia al que se acceda en la misma IP. O como se propone para el proyecto en tres habitaciones diferentes de una casa.



Tarjeta de desarrollo particle photon ®

La tarjeta de desarrollo permite relacionar las conexiones físicas de los sensores con los datos que con o sin previo procesamiento son enviados a la nube para su visualización. Particle Photon ® es una pequeña y poderosa plataforma para IoT11 (Figura 2).

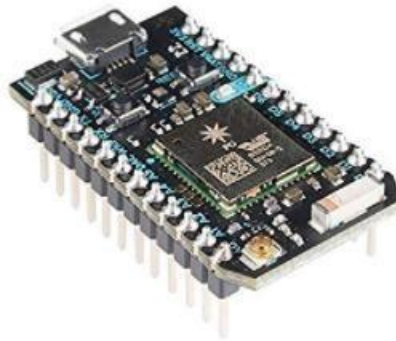


Figura 2. Tarjeta de desarrollo Particle Photon ® tomada de Particle (2022).

Tiene un microcontrolador ARM Cortex M3 y un chip WiFi Cypress WICED. Esto significa que es un microcontrolador de 32 bits, que tiene un rendimiento mejor que un microcontrolador de 8 bits y ya tiene WiFi integrado, eliminando la necesidad de hardware adicional. Posee 8 pines GPIO digitales (D0 a D7) y 6 analógicos (A0 a A5), un perno DAC (Convertidor Digital a analógico, D8), memoria Flash de 1 MB, 128 kB de memoria RAM, además de un led RGB incrustado en la propia (D12 a D14). También puede utilizar PWM, comunicación SPI, I2C y Serial. Para más detalles de la placa, vea la Figura 3:

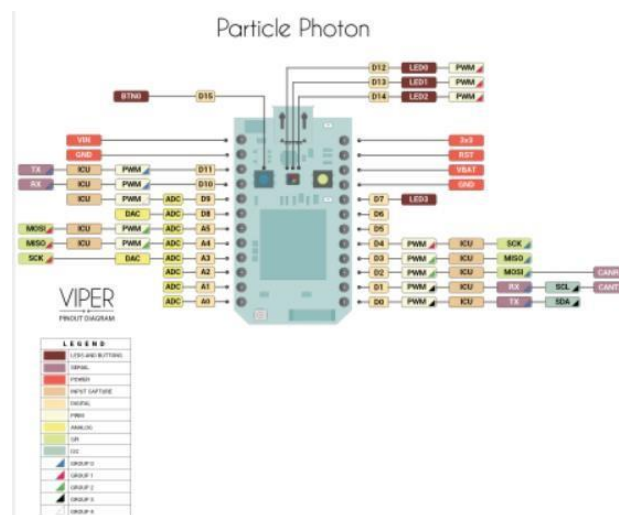


Figura 3. Diagrama de pines Particle Photon ®

La implementación de proyectos en esta plataforma es sencilla, el lenguaje de programación está basado en C++. La zona “sala de estar” cuenta con un sensor de temperatura, un sensor de detector de gas H y un botón de timbre. La forma en cómo se organizó la adquisición de los datos censados y su procesamiento se muestra en la siguiente sección de código de programación.




```

// se declaran las variables que van a las entradas analógicas y digitales
para capturar la lectura de los sensores
int led = D7;
int an1 = A0;
int an2 = A2;
// se declaran las variables "de proceso!"
int pg;
float rs;
float r0;
int analogvalue;
int av2;
int temp;
int timbre;

void setup() {

  pinMode(led,OUTPUT); // Our LED pin is output (lighting up the LED)
  pinMode(an1,INPUT); // Our photoresistor pin is input (reading the
photoresistor)
  pinMode(D1,INPUT);
  Particle.variable("temp", &temp, INT);
  Particle.function("led",ledToggle);
  // Se envían los valores medidos a la consola de photon en la nube de
particle, como método de confirmación de los datos que se reciben en node
red
  .
  Particle.variable("timbre", &timbre, INT);
  Particle.variable("Valor Sensor", &av2, INT);
  Particle.variable("pg", &pg, INT);
}
void loop() {
  analogvalue = analogRead(an1);
  float valvolt=3.3*analogvalue/ 4095;
  temp = valvolt/0.01;
  // lectura del estado del timbre,presionado o no
  timbre=digitalRead(D1);
  //detección de gas
  av2 = analogRead(an2);
  //pg=av2*3.3/4095;

  if (av2>2100){
    pg=1;
  }
  else {
    pg=0;
  }
}
// Función para enviar un 1 o 0 para encender o apagar el ventilador
int ledToggle(String command) {

  if (command=="on") {
    digitalWrite(led,HIGH);
    return 1;
  }
  else if (command=="off") {
    digitalWrite(led,LOW);
  }
}

```



Sensores y actuadores utilizados

La Tabla 1 muestra los diferentes sensores que se utilizaron para la implementación del proyecto. Se indican también los rangos de voltaje en los que operan.

Tabla. 1. Sensores y actuadores utilizados / características de conexión y funcionamiento

| Sensor / actuador | Parámetros eléctricos de conexión | Parámetros de funcionamiento |
|---------------------------------------|--|---|
| LM-35 | Voltaje de alimentación. 4Vdc hasta 20Vdc. | Resolución: 10mV por cada grado centígrado. Salida analógica. |
| MQ2 Sensor de Gas Humo Propano | Voltaje de Operación: 5V DC | Respuesta rápida y alta sensibilidad Rango de detección: 300 a 10000 ppm Gas característico: 1000ppm, Isobutano Resistencia de sensado: 1K Ω 50ppm Tolueno a 20K Ω in |
| SWITCH DIGITAL | Voltaje de Operación: 5V DC | Sensor digital tipo interruptor. Cerrado 0 V / abierto 5 V |
| RELEVADOR 5V CD/127 AC | Voltaje de operación: 5 VDC Corriente típica: 71 mA Potencia: 0.36 W Resistencia: 70 Ω | Relevador 5 volts SRD-05VDC-SL-C ampliamente utilizado en electrónica para proveer aislamiento y conmutar cargas de corriente alterna de hasta 10 Amperes. |

Como se mencionó, el centro de operaciones del sistema es la tarjeta de desarrollo Photon. Las conexiones de los sensores de la habitación sala de estar acoplados a esta tarjeta. Del mismo modo actúan las áreas de control para las habitaciones dormitorio y cocina. En la figura 4 se muestra el esquema de conexión de una de estas áreas de control, la sala de estar.

Programación back end y front end en node red

Backend es un término de desarrollo web que hace referencia a un tipo de programación particular, en el que se configuran todos los aspectos lógicos de una página web o aplicación. Podría ser todo lo que el usuario final no ve, es decir, el acceso a las bases de datos, el procesamiento de los datos ingresados por los usuarios, y la ejecución de un script (Lujan, 2001). Para efectos de este proyecto se refiere a la forma en cómo se direccionan lógicamente los datos que se procesan en la tarjeta photon hacia los medidores que el usuario ve mediante bloques en un diagrama de flujo. En esta etapa del sistema es en donde se direccionan los datos procesados con los medidores que el usuario final consulta. La programación se hace en la nube, por lo que no es necesario estar en el mismo lugar donde se encuentra el sensor y la tarjeta photon para hacer modificaciones a esta parte del sistema. Esta es una característica que permite una colaboración más integrada en un proyecto como este, en el que colaboran varios estudiantes (Figura 5).



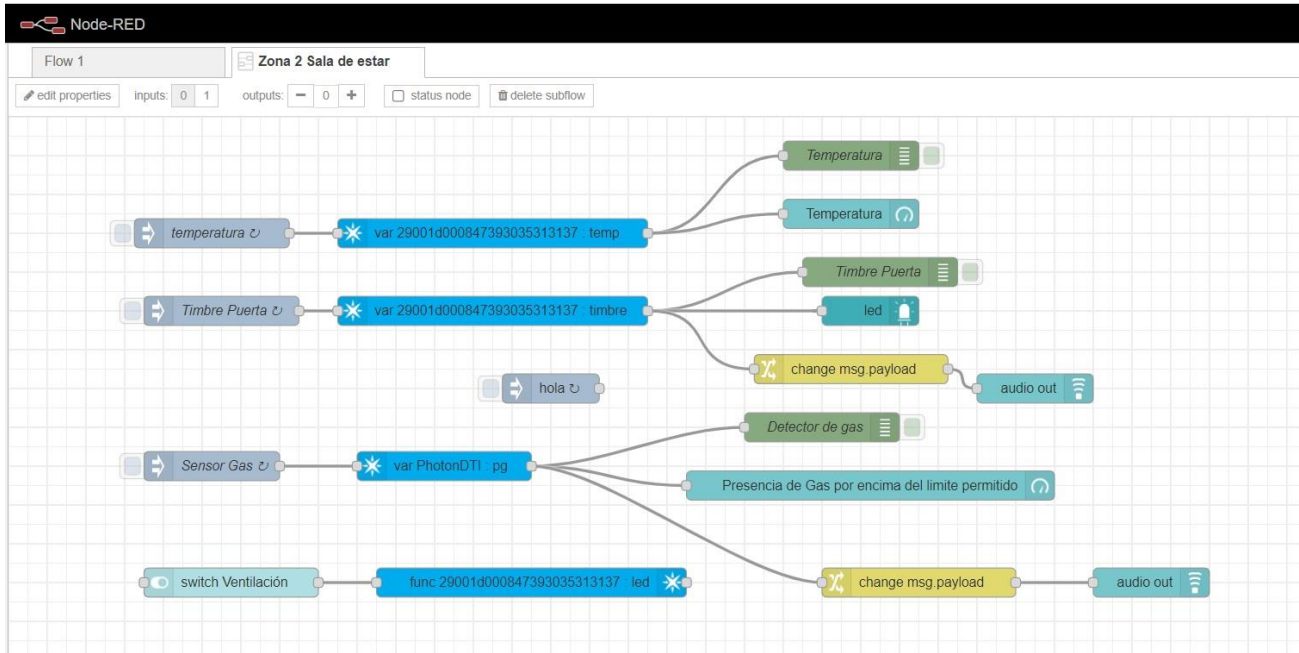


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de obtención y visualización de los datos transmitidos por los sensores de la “sala de estar”

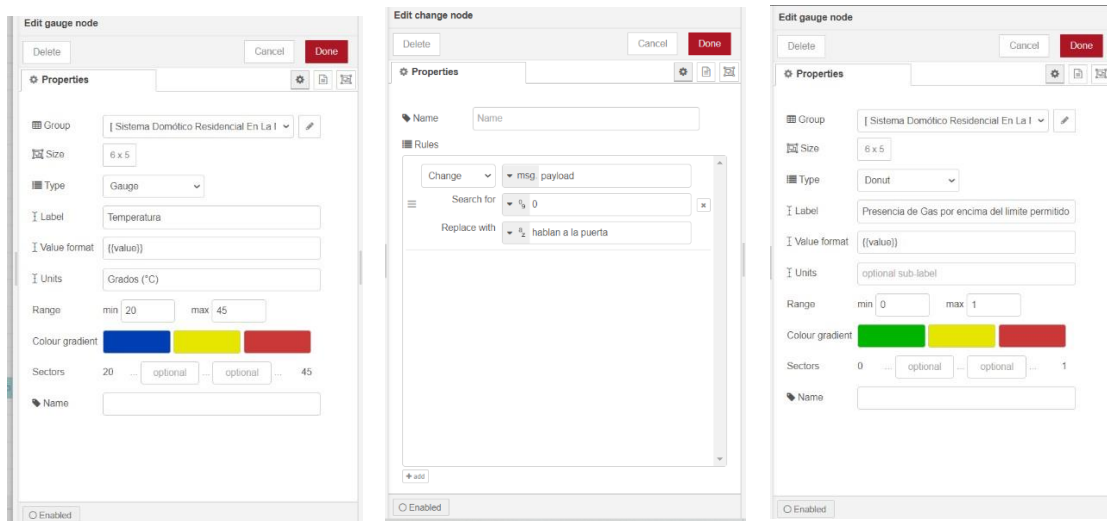


Figura 7. Menú de configuración de diferentes dispositivos de señalización de las variables medidas.

Resultados y Discusión

Con la idea de extender el concepto de sistema de monitoreo a una versión “distribuida” que en un futuro pudiera ser una red local o regional dependiendo de las aplicaciones que se pudieran derivar de este trabajo y no dejarla limitada a un sistema doméstico nada más. El prototipo se probó de manera remota, es decir cada habitación estuvo físicamente en un lugar distinto (3 casas en un radio de 10 km aproximadamente).



Los resultados obtenidos son los que se esperarían en un sistema de características profesionales o comerciales, es decir las notificaciones fueron inmediatas en los diferentes dispositivos donde se monitoreo el estado de los sensores. Las Figuras 7 a 9 muestran la interfase que es visible para el usuario final. Se muestran diferentes estados de los sensores operando y enviando datos. El acceso a estos widgets de visualización que incluyen medidores tipo brújula, barra, graficas x-y o medidor tipo manómetro.

Los resultados obtenidos son los que se esperarían en un sistema de características profesionales o comerciales, es decir las notificaciones fueron inmediatas en los diferentes dispositivos donde se monitoreo el estado de los sensores.

Las figuras 7 a 9 muestran la interfase que es visible para el usuario final. Se muestran diferentes estados de los sensores operando y enviando datos. El acceso a estos widgets de visualización que incluyen medidores tipo brújula, barra, graficas x-y o medidor tipo manómetro.

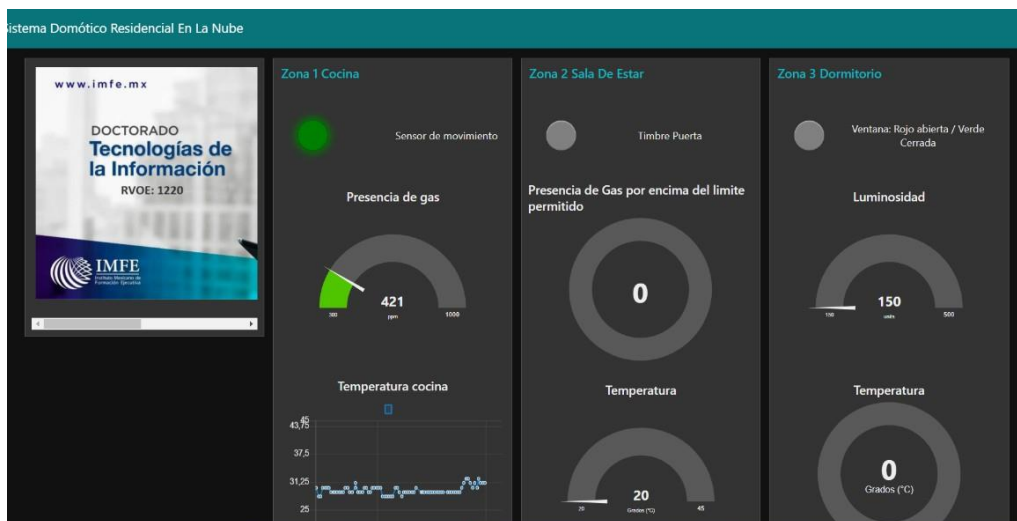


Figura 8. Interfase gráfica en Node red para el usuario final

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, no solo se puede acceder a la información de si el sistema está activo o no en cada habitación; por ejemplo, en la figura 8, solo se encuentra activo el monitoreo en una habitación, con lo que el usuario puede tomar medidas respecto a si existe una falla en las otras dos o solo se trata como en el caso presentado de un reinicio de estos módulos para precisamente hacer visible esa característica.

En la Figura 9 se muestran activos los sensores en todas las habitaciones. El estilo de los widgets de visualización es personalizable hasta un cierto nivel, pero se consideran adecuados para transmitir adecuadamente la importancia de la variable monitoreada. En color rojo si hay presencia detectada en la puerta, sin color si no hay. Otro botón del mismo tipo en otra habitación ser encenderá en color verde para denotar movimiento.

También se monitorea la calidad del aire en zona 1 de cocina, esto para prevenir que se tenga una fuga de gas dentro del interior de la casa-habitación, la calidad del aire interior se encuentra dentro de los 600-800 ppm los cuales se tiene programado que cuando sobrasé este rango emita una alerta para prevenir a



los usuarios una fuga de gas. Lo que se recomienda que si la calidad del aire supera los 1000-1200 ppm, es el momento de renovar el aire.

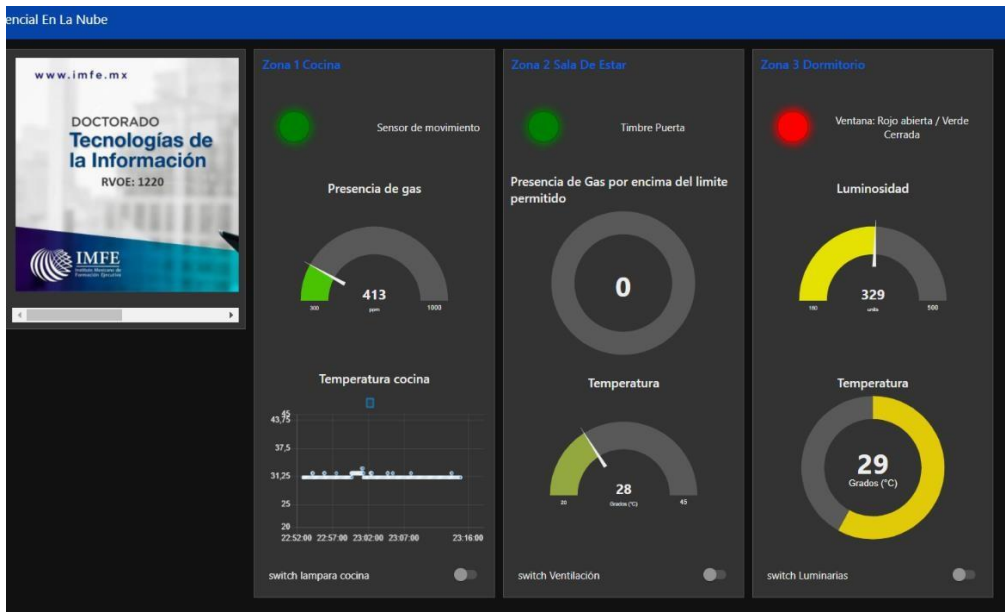


Figura 9. Interfase en funcionamiento en Node red

Del mismo modo se pueden incluir sonidos y audios previamente grabados para advertir de algún evento. En el caso del sistema desarrollado en este trabajo se colocó el mensaje “tocan e la puerta” cuando el sensor del timbre es activado.

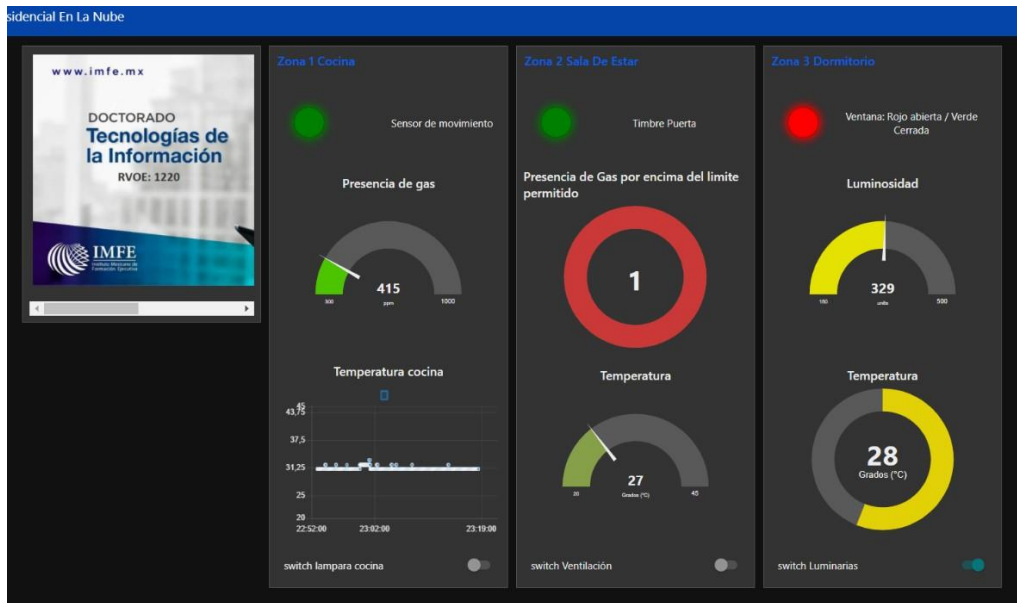


Figura 10. Interfase en funcionamiento en Node red



Conclusiones

En general la implementación de una red de sensores vía IoT es una labor que implica diferentes etapas, procesos y áreas de conocimiento como son: electrónica, comunicaciones y software. Una vez que se han seleccionado los sensores que se van a utilizar y se ha resuelto los aspectos técnicos, como calibración, exactitud, facilidad de uso, etc. Es necesario coordinar su uso a través de una plataforma en la nube que permita la comunicación entre los datos censados por estos sensores y que se procesan y transmiten a través de una plataforma IoT como en este caso Particle Photon ®. El proceso de configuración de la tarjeta Photon debe realizarse de forma rigurosa para garantizar un buen funcionamiento y un reconocimiento perfecto por parte de las otras plataformas en la nube con las que interactúa. La implementación de la red de sensores de este proyecto fue satisfactoria, tanto el funcionamiento de los sensores, como la transmisión y visualización de los datos se logró de manera correcta. La contribución presentada, si bien es un primer desarrollo, tiene los rasgos que se buscan en un solución comercial o profesional: exactitud, repetibilidad y facilidad de acceso y uso. Futuras versiones podrían buscar coordinar más y mejores sensores (no solo en exactitud, sino en robustez); desarrollar widgets de medición propios, así como la posibilidad de maquinar el PCB (circuito impreso) y generar módulos comerciales tipo “plug and play” para tener un sistema modular permanente.

Referencias

1. Alaa, M., Zaidan, A. A., Zaidan, B. B., Talal, M., Kiah, M.L.M. 2017. A review of smart home applications based on Internet of Things. *Journal of Network and Computer Applications*, 97, 48-65, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.08.017>.
2. Daylami, N. 2015. The origin and construct of cloud computing. *International Journal of the Academic Business World*, 9(2), 39-45.
3. Huang, D., & Wu, H. 2017. *Mobile cloud computing: foundations and service models*. Morgan Kaufmann Publishers.
4. Lorente, S., 2004. Key issues regarding Domotic applications. *Proceedings International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004.*, pp. 121-122, doi: 10.1109/ICTTA.2004.1307644.
5. Luján, S. 2001. Programación en Internet: clientes web. *Programación en Internet*. ECU.
6. Managanelli, M., Zbigniew, L., and Martirano, L. (2018). *Power Engineering Advances and Challenges, part B: Electrical Power*. Badescu, V., Lazaroiu, G. C. and Berelli, L. (Ed). CRC Press.
7. Miori, V., Russo, D. and Ferrucci, L. 2019. Interoperability of home automation systems as a critical challenge for IoT. 4th International Conference on Computing, Communications and Security (ICCCS), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/CCCS.2019.8888125.
8. Murphy, R. R. 2018. Smart houses and domotics. *Science Robotics*,3(24), DOI: 10.1126/scirobotics.aav60.
9. Particle, 2022. Photon WiFi Development Board https://store.particle.io/products/photon?_pos=1&_sid=4e6659c86&_ss=r.
10. Sale, P. 2018. Gerontechnology, Domotics, and Robotics. *Rehabilitation Medicine for Elderly Patients*. Masiero, S., Carraro, U. (Ed). *Practical Issues in Geriatrics*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57406-6_19
11. Simonet, C. and Noyce, A. J. 2021. Domotics, Smart Homes and Parkinson's Disease. *Journal of Parkinson's Disease*, 11(1), S55 – S63. DOI: 10.3233/JPD-202398.
12. Thoutam, V. 2021. Physical Design, Origins And Applications Of Iot. *Journal of Multidisciplinary Cases (JMC)* ISSN 2799-0990,1(01), 26–33. <https://doi.org/10.55529/jmc.11.26>.

Cómo citar este artículo: Pérez–González, M.A., Verde–Romero, D., Hernández–Barón, E., Carbajal–Pérez, H., Villalvazo–Laureano, E., Salome–Baylon, J. (2023). Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica. *INVURNUS*, 18 (1) 1-11.



Método para la Clasificación de Imágenes de Moda con TensorFlow

Method to classify fashion images with TensorFlow

Paredes-Miranda Fernanda Teresa¹, Muñoz-Zamora Guillermina^{1*}, García-Alva Sigifredo¹, Cruz-Rentería Jesús Raúl¹

¹Tecnológico Nacional de México Campus Nogales, Posgrado e Investigación, Ave. Instituto Tecnológico #911, Nogales, Sonora, México, C.P. 84065.

Autor para la correspondencia: Muñoz Zamora Guillermina, guillermina.mz@nogales.tecnm.mx.

Resumen

En el negocio de la moda existe una gran variedad de ropa, cada una con un nombre propio para identificar de qué tipo de prenda se trata. El presente artículo describe un método para generar un modelo que identifique el tipo de ropa en base a 15 categorías, aplicando la tecnología de identificación de imágenes y aprendizaje automático como son las redes neuronales convolucionales bajo la utilización de la librería de Google TensorFlow, para elaborar un clasificador de ropa de moda. Concluyendo después de la fase de pruebas se alcanzó un 95 % de exactitud. Mientras que con un conjunto de prueba externo se logró un 70%, considerando la calidad de las imágenes como uno de los posibles motivos de falla.

Palabras clave: TensorFlow, clasificación de moda, clasificador de ropa.

Abstract

In the fashion business there is a wide variety of clothing, each with its own name to identify what type of garment it is. This article describes a method to generate a model that identifies the type of clothing based on 15 categories, applying the technology of image identification and machine learning such as convolutional neural networks under the use of the Google TensorFlow library, to develop a fashion clothing classifier. Concluding after the testing phase 95% accuracy was achieved. While with an external test set 70% was achieved, considering the quality of the images as one of the possible reasons for failure.

Key words: TensorFlow, Fashion classification, clothes classification.

DOI 10.46588/invurnus.v18i1.88

Recibido 13/09/2022

Aceptado 11/11/2022

Publicado 23/04/2023

Introducción

La moda es un gran negocio, ya sea que se venda en línea o en un espacio físico, la ropa es uno de los mayores impulsores de las ventas minoristas. Imagine tener un clasificador impulsado por inteligencia artificial que las tiendas podrían usar para identificar qué visten las personas que ingresan a la tienda. Esta información podría usarse de forma pasiva, para recopilar información agregada sobre el tipo de ropa que suelen usar los clientes o incluso podría usarse activamente como, por ejemplo, un detector de moda podría alertar al personal de ventas cada vez que un cliente ingresa a la tienda con un vestido o traje. Dado que esta persona ya lleva ropa elegante y de alto valor, es más probable que gaste más dinero en la tienda hoy. El primer paso para hacer posible lo anterior es utilizar un modelo clasificador de modas eficaz y preciso. En este artículo, mostraremos un sistema de aprendizaje profundo impulsado por inteligencia artificial que nos dé la clasificación más cercana del tipo de moda de la ropa de acuerdo con una serie de categorías establecidas.

El documento está organizado de la siguiente manera: La sección 2 contiene una breve descripción de las soluciones existentes que se relacionan con las técnicas implementadas en este artículo. La sección 3 contiene el desarrollo del proceso que se utilizó para llegar a un resultado del proyecto. Finalmente, la sección 4 está reservada

Trabajos Relacionados

1. La tarea de clasificación de imágenes es útil y ampliamente trabajada. A continuación, se describen trabajos que se vinculan a nuestro trabajo fuertemente.
2. En (Kayed et al., 2020) se establece la utilización de redes neuronales convolucionales (CNN LeNet-5) en el comercio electrónico para resolver problemas, como el reconocimiento de ropa, la búsqueda y recomendaciones de esta. Un paso fundamental para todas estas implementaciones es la clasificación de imágenes. Sin embargo, la clasificación de la ropa es una tarea desafiante ya que la ropa tiene muchas propiedades y la profundidad de la categorización de la ropa es muy complicada. Esta profundidad complicada hace que las diferentes clases tengan características muy similares, por lo que el problema de clasificación se vuelve muy difícil.
3. Otro trabajo relacionado (Shajini & Ramanan, 2020) propone una técnica basada en la atención para abordar el análisis visual de ropa de moda en imágenes, con el objetivo de lograr la clasificación de categorías de ropa y la predicción de atributos mediante la producción de diseños regularizados. Para mejorar la clasificación de ropa, su modelo de moda incorpora dos líneas de atención: atención basada en puntos de referencia y atención de canal espacial. Los cuales permiten que su modelo represente información contextual multiescala de puntos de referencia, mejorando así la eficiencia de la clasificación al identificar las características importantes y ubicar dónde existen en una imagen de entrada. Los resultados experimentales de este artículo muestran que la arquitectura propuesta que involucra una red neuronal profunda supera a otras técnicas de vanguardia informadas recientemente en la clasificación de la ropa de moda.



4. Actualmente, la tecnología de reconocimiento de objetos que utiliza el aprendizaje profundo ya está siendo aplicado en varios campos. En el trabajo (Son, H. Y. et al., 2020) se utilizó el aprendizaje de transferencia de AlexNet para clasificar diferentes tipos de prendas de ropa. Recopilaron datos de ropa en formato imagen que fueran claras y limpias. Las imágenes de la ropa de los datos se clasificaron en nueve grupos: cárdigan, chaquetas, camisas, Camisetas, tejidos, jeans, pantalones de algodón, pantalones cortos y faldas. El resultado de clasificación que utilizan AlexNet mostraron una precisión de clasificación de aproximadamente 69,28% y cuando se probaron los datos de imagen limpia, la clasificación precisión aumentada al 76,67%. Por lo tanto, se confirmó la posibilidad de una mayor segmentación de ropa y aplicaciones para otros objetos en el futuro, donde También se puede utilizar librerías con un mejor rendimiento.
5. En este estudio (Shajini & Ramanan, 2021), se detalla un enfoque de aprendizaje multitarea semi-supervisado con la intención de lograr la clasificación de categorías de ropa y la predicción de atributos. Para intensificar el análisis de ropa de moda semi-supervisado, se adoptó un modelo de pares maestro-alumno que utiliza la minimización ponderada de la pérdida mientras se comparte el conocimiento entre el maestro y el alumno. Los autores evaluaron el enfoque propuesto de etiquetado en el conjunto de datos DeepFashion-C a gran escala y el conjunto de datos combinado sin etiquetar obtenido de seis conjuntos de datos disponibles públicamente. Los resultados experimentales mostraron que la arquitectura emparejada propuesta que involucra redes neuronales profundas es comparable a las técnicas más modernas en el análisis de ropa de moda.

Materiales y métodos

El proyecto se llevó a cabo con la finalidad de validar si un enfoque de aprendizaje profundo (Deep Learning), podría clasificar en alguna de las 15 categorías predefinidas una imagen de prendas de moda escogida al azar de una colección descargada de internet.

3.1. Desarrollo

así como una versión reducida del Conjunto de datos (Dataset) de DeepFashion¹, para la generación del clasificador de ropa. El proyecto se realizó en el entorno Jupyter Notebook, el cual es una herramienta de la suite anaconda para generar el entorno de programación. Antes de codificar se debe verificar que se tengan instaladas las librerías que necesarias, de no ser así se procede a instalarlas desde la consola del software de Anaconda. Una vez instaladas las librerías correspondientes abrimos el apartado de JupyterLab para comenzar la codificación, importando las librerías al proyecto y especificando la ubicación de nuestro grupo de imágenes, que en este caso fueron 9,425 obtenidas de DeepFashion para entrenamiento, como se muestra en la Figura 1..

¹ <https://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/DeepFashion.html>

```
import os
os.chdir(r'C:\Users\Luna\Desktop\Code and Data\DeepFashion\Train')

# import the needed packages
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.image as img
import tensorflow.keras as keras
import numpy as np
import tensorflow as tf
config = tf.compat.v1.ConfigProto()
config.gpu_options.allow_growth = True
tf.compat.v1.keras.backend.set_session(tf.compat.v1.Session(config=config))
```

Figura 1. Importación de librerías y especificación de la ruta del set de entrenamiento.

Lo siguiente es realizar la codificación para la generación del modelo primario de imágenes a partir del Dataset, así como también predefinir la lista con las categorías en las que se pretenden clasificar los elementos del Dataset. Este nos regresa un resumen como el que se muestra en las figuras 2 y 3.

| Layer (type) | Output Shape | Param # |
|----------------------------|-------------------------|---------|
| input_1 (InputLayer) | [(None, None, None, 3)] | 0 |
| block1_conv1 (Conv2D) | (None, None, None, 64) | 1792 |
| block1_conv2 (Conv2D) | (None, None, None, 64) | 36928 |
| block1_pool (MaxPooling2D) | (None, None, None, 64) | 0 |

Fig. 2. Fragmento del modelo primario generado.

```
block5_pool (MaxPooling2D) (None, None, None, 512) 0

=====
Total params: 14,714,688
Trainable params: 14,714,688
Non-trainable params: 0
```

Figura 3. Resumen del modelo primario generado.

Parámetros de configuración

Se etiquetaron las imágenes con nuestras 15 categorías predefinidas (Blazer, Blouse, Cardigan, Dress, Jacket, Jeans, Jumpsuit, Romper, Shorts, Skirt, Sweater, Sweatpants, Tank, Tee, Top), y definimos en 3 el número de capas que se utilizarán para entrenar el modelo. Compilamos nuevamente ahora con las etiquetas incluidas y finalmente vemos el modelo completo con el que se va a entrenar el Sistema, el cual debe regresar el modelo y un resumen del modelo como se muestra en la figura 4.



```

=====
Total params: 17,245,303
Trainable params: 17,245,303
Non-trainable params: 0
=====

```

Figura 4. Resumen del modelo completo.

El siguiente paso para realizar es entrenar el sistema con el modelo completo y esperar a que termine la compilación como se muestra en la figura 5. El proceso puede tardar de pocos minutos hasta varias horas dependiendo del equipo donde se esté corriendo el sistema y el número de capas predefinidos para el entrenamiento.

```

Train for 2552 steps, validate for 281 steps
Epoch 1/3
2552/2552 [=====] - 125s 49ms/step - loss: 0.2182 - acc: 0.9345 - val_loss: 0.1864 - val_acc: 0.9374
Epoch 2/3
2552/2552 [=====] - 110s 43ms/step - loss: 0.1550 - acc: 0.9462 - val_loss: 0.1934 - val_acc: 0.9369
Epoch 3/3
2552/2552 [=====] - 110s 43ms/step - loss: 0.1300 - acc: 0.9537 - val_loss: 0.1794 - val_acc: 0.9409

```

Figura 5. Proceso de entrenamiento del modelo completo.

Una vez terminado el entrenamiento se procede a validar el resultado, se realizaron corridas de pruebas con 1,009 imágenes del Dataset escogidas para probar el modelo y se revisa para saber si se encontraron imágenes mal clasificadas durante nuestras corridas de pruebas con los elementos de pruebas. El valor de exactitud o “accuracy” alcanzado fue de 0.9537, lo que es un buen resultado.

A continuación, se muestran la gráfica de la exactitud conforme avanzan los números de época. Podemos observar que el con junto de validación comienza por encima del conjunto de entrenamiento y al final lleva una tendencia constante positiva. Mientras el conjunto de entrenamiento se acerca a 1

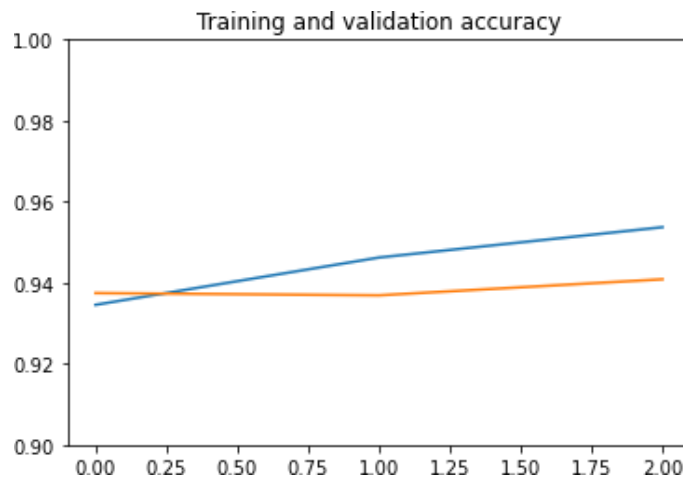


Figura 6. Exactitud para los grupos de entrenamiento y validación.

A continuación, se muestra una prueba con una sola imagen seleccionada del Dataset de Prueba. Al terminar el proceso se imprime la etiqueta predicha, que sería la etiqueta en la que el sistema clasificó la prenda y la etiqueta real, que es la etiqueta que, conocida previamente, como se muestra en la Figura 7.

```
Found 1009 images belonging to 15 classes.
```



```
True label: Top
Predicted label: Tank
```

Figura 7. Resultado de corrida prueba.

Resultados

Se realizó una prueba al modelo con un conjunto de prendas seleccionadas previamente de la nube. A continuación, se muestra una imagen al azar encontrada en internet diferente a cualquiera existente en el Dataset, (Figura 8). El resultado que el método arroja se considera aceptable ya que muestra la clase más genérica en la que se puede clasificar la prenda (Figura 9).

```
# Testing on Camera Images
img_path = r'C:\Users\Luna\Desktop\muestra.jpg'
img = image.load_img(img_path, target_size=(224,224,3))
x = image.img_to_array(img)
x = np.expand_dims(x, axis=0)
x = preprocess_input(x)
c=full_model.predict(x)
print(c)
plt.imshow(img)

[[3.7890378e-02 2.5292318e-02 1.9753990e-03 1.2151571e-02 2.8012604e-02
 1.6256703e-02 5.4756459e-04 1.4217672e-02 3.3820323e-03 4.2339534e-06
 1.6710471e-02 9.2274320e-05 7.3503286e-01 2.9679686e-02 7.4754454e-02]]
<matplotlib.image.AxesImage at 0x24bd67c0f18>
0
25
50
75
100
125
150
175
200
0
50
100
150
200
```

Figura 8. Imagen aleatoria clasificada.



```
Predicted_Class=np.argmax(c, axis = 1)
print('Predicted_Class is:', Predicted_Class) #Get the rounded value of the predicted class
Predicted_Class is: [12]
classes[8]
print(classes[12])
Tank
```

Figura 9 Etiqueta resultante.

Conclusiones

El modelo alcanzó un 95% de exactitud, siendo un resultado comparable con los trabajos relacionados. Después de la evaluación del modelo con un conjunto de validación diferente al conjunto de prueba, se obtuvo un 70% de exactitud es decir prendas clasificadas correctamente, ya que el sistema clasifica solo la prenda con mejor visibilidad y ofrece una de las etiquetas correspondientes a la clasificación de la prenda, la cual sería la clasificación general de la prenda, pero no la más adecuada. El modelo puede llegar a mejorarse y quizás tardar menos tiempo en la compilación si se corre en un dispositivo con mejor rendimiento y con un Dataset de mayor volumen. Podemos concluir que el enfoque de aprendizaje profundo puede ser útil para clasificación de grandes volúmenes de imágenes.

Referencias

1. Kayed, M., Anter, A., & Mohamed, H. (2020). Classification of Garments from Fashion MNIST Dataset Using CNN LeNet-5 Architecture. In 2020 International Conference on Innovative Trends in Communication and Computer Engineering (ITCE) (pp. 238-243).
2. Shajini, M., & Ramanan, A. (2020). An improved landmark-driven and spatial-channel attentive convolutional neural network for fashion clothes classification. *The Visual Computer*, 37(6), 1517-1526. <https://doi.org/10.1007/s00371-020-01885-7>
3. Shajini, M., & Ramanan, A. (2021). A knowledge-sharing semi-supervised approach for fashion clothes classification and attribute prediction. *The Visual Computer*. <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02178-3>
4. Son, H. Y., Lee, M. S., & Noh, S. K. (2020). A study on the clothes classification using alexnet deep learning. In Proceedings of the 9th International Conference on Smart Media and Applications (SMA 2020), from https://manuscriptlink-society-file.s3.amazonaws.com/kism/conference/sma2020/presentation/SMA-2020_paper_85.pdf.

La Normalización de la Violencia Intrafamiliar y de Género. Jóvenes de Mexicali, Baja California

The Normalization of Domestic Violence and Gender. Youth from Mexicali, Baja California.

Rivera García Óscar Bernardo^{1*}

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Blvd. Benito Juárez s/n, Edificio de Posgrado tercer piso, Unidad Universitaria, Mexicali, Baja California, México, 21280.

Autor para la correspondencia: Rivera Óscar Bernardo. Correo electrónico: orivera90@uabc.edu.mx

Resumen

El lugar donde vivimos como integrantes de una colectividad tiene una influencia sustancial en la toma de decisiones y en la definición de una identidad. Todos los elementos que determinan un contexto de convivencia social implican los elementos objetivos con los que los individuos definimos nuestro actuar. El objetivo de este artículo es evidenciar cómo un contexto de violencia puede influir en un proceso de normalización hacia las conductas de violencia intrafamiliar y violencia hacia las mujeres. Se llevó a cabo un estudio exploratorio de corte cualitativo en las colonias de mayor incidencia delictiva en el municipio de Mexicali, Baja California enfocado a jóvenes entre 14-19 años. Se encuestaron a 629 jóvenes durante el año 2021 y se obtuvieron las estadísticas de incidencia delictiva de siete colonias consideradas como de alta prioridad por el municipio. Los resultados arrojan que existe un proceso de normalización hacia conductas violentas por parte de aquellos jóvenes que conviven en espacios donde la violencia familiar y de género tienen una presencia cotidiana. Resulta trascendente una aproximación descriptiva con estas dimensiones debido a que la identidad de los jóvenes está permanentemente en construcción y define quiénes son y cómo se ven a sí mismos en relación con el mundo que los rodea.

Palabras clave: Violencia intrafamiliar, violencia hacia las mujeres, normalización, jóvenes.

Abstract

The place where we live as members of a collective has a substantial influence on decision-making and the definition of an identity. All the elements that determine a context of social coexistence imply the objective elements with which individuals define our action. The objective of this article is to show how a context of violence can influence a process of normalization towards domestic violence and violence against women. An exploratory qualitative study was carried out in the colonies with the highest incidence of crime in the municipality of Mexicali, Baja California, targeting young people between 14 and 19 years old. During 2021, 629 young people were surveyed and criminal incidence statistics were obtained from seven colonies considered a high priority by the municipality. The results show that there is a process of normalization towards violent behavior by young people living in spaces where family and gender violence have a daily presence. A descriptive approach with these dimensions is important because the identity of young people is permanently under construction and defines who they are and how they see themselves in relation to the world around them.

Key words: Domestic violence, violence against women, normalization, youth.

DOI: 10.46588/invurnus.v18i1.101

Recibido 03/04/2023

Aceptado 10/06/2023

Publicado 17/07/2023

Introducción

El presente documento aborda un estudio sobre la percepción de inseguridad que tienen los jóvenes en relación con sus lugares de residencia en el Municipio de Mexicali, Baja California, México. Se tiene como objetivo el analizar y comprender cómo las juventudes definen sus identidades ante un contexto de violencia. Se parte de considerar una posible influencia que tiene el contexto en la toma de decisiones por parte de los jóvenes hasta el grado de interiorizar o normalizar la violencia intrafamiliar y la violencia hacia las mujeres. El tema de las juventudes siempre ha permanecido como tema prioritario en la agenda pública. Se considera a la población joven como aquella con la mayor cantidad de situaciones de vulnerabilidad. Para tal caso, la Red por los Derechos de la Infancia en México (REDIM) menciona:

[...] el abandono de la niñez y adolescencia tendrá consecuencias a corto, mediano y largo plazo que pueden ser devastadoras, dado que se pronostica un aumento de entre 10% y 50% de la mortalidad infantil global, un aumento en la desnutrición aguda, una crisis alimentaria infantil, un incremento en la pobreza, niñez trabajadora y, como consecuencia, la falta de acceso a servicios básicos, principalmente en materia de salud. Esto traerá consigo también el incremento de desigualdad económica y el rezago social, factores estructurales que pueden propiciar que una niña, niño o adolescente esté más expuesto, por ejemplo, al reclutamiento por el crimen organizado (REDIM, 2021, p. 5).

El panorama descrito en la cita anterior reafirma a la población de jóvenes como aquella que tiene las mayores desventajas. Desde la perspectiva de REDIM, se vaticinan problemas que ya existían, pero que se van a agudizar para la población de niños, niñas y jóvenes. Como sociedad que está enfrentado un reto mundial, se tienen que realizar esfuerzos que garanticen las condiciones para que la población de jóvenes logre forjar un futuro, o bien, en palabras de Castel (2010) “Para los sujetos sociales (jóvenes) se vive a través de los proyectos concretos que ponen en práctica cotidianamente, orientados hacia un porvenir que asegurará una mejoría en su situación” (2010, p. 15). El reto que enfrenta la sociedad actual es garantizar las condiciones para los proyectos de vida de la población joven. Resulta importante establecer las condiciones para los proyectos de vida de la población joven, debido, entre otras cosas, a la creciente participación de jóvenes en conductas delictivas. La juventud es la etapa del desarrollo humano donde el sujeto experimenta cambios físicos y psicológicos que definirán el elemento identitario, en este sentido, la juventud es una construcción social donde se adquieren los insumos –objetivos y subjetivos– para comprender el espacio que les rodea. Insumos que pueden ser culturales, políticos, sociales, económicos, familiares, axiológicos, etcétera.

Retomamos los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) en su Encuesta Nacional de Victimización y percepción de Inseguridad Pública (Envipe), 2019. En dicha encuesta, se aborda un tabulado que resulta afín a uno de los objetivos de este documento: “La caracterización del delincuente” (Inegi, 2019). En este Tabulado se desglosan los delitos donde la víctima estuvo presente y se pudo identificar desde el número de delincuentes, sexo de los delincuentes, edad de los delincuentes, si los delincuentes estaban bajo la influencia de alguna droga o alcohol y si el delincuente portaba armas. Para fines de ejemplificar la participación de la población joven en conductas delictivas, retomaremos los delitos donde la víctima estuvo presente al momento del delito y se pudo identificar que la edad de los delincuentes era de 25 años y menos para el año 2020, en lo que se refiere al estado de Baja California. Para el año 2020 se registraron en Baja California un total de 90, 401 delitos donde la víctima estuvo presente y pudo identificar que la edad de los delincuentes era de 25 años o menos. Si consideramos para el mismo rubro

que, en el año 2019 se registraron para el mismo estado un total de 82, 850 delitos; lo anterior implicaría que, la participación en conductas delictivas de la población de 25 años o menos en el estado de Baja California creció un 8.4 por ciento en un año a pesar del confinamiento provocado por la Pandemia Covid-19. La población joven en México, y particularmente en el estado de Baja California, ha tenido que sortear esas ausencias estructurales para la prevención del delito y en el mismo sentido, los jóvenes buscan definir su identidad a partir del contexto en el que se desenvuelven. Situaciones de vulnerabilidad que se van acumulando y que van obligando a los jóvenes a tomar decisiones para interactuar o no con situaciones antisociales. A lo anterior, la REDIM vaticina un panorama no tan alentador al referirse a lo siguiente:

El reclutamiento forzado y la desaparición de niños, niñas y adolescentes por el crimen organizado es una realidad en México. La Oficina de Naciones Unidas Contra la Droga y el delito (UNDOC por sus siglas en inglés), y la CNDH señalan que los niños y niñas son víctimas de diversas violencias por parte del crimen organizado, como reclutamiento forzado principalmente para actividades como el narcomenudeo, el trabajo como halcones o sicarios, el tráfico de drogas y personas (polleros), el robo de combustible (huachicoleo) y la trata de personas con fines de explotación sexual, trabajo o servicios forzados y explotación laboral, la exposición al miedo constante, el adoctrinamiento y la presión psicológica, que dejan una marca física y emocional imborrable y, muchas veces mueren como resultado del reclutamiento forzado (REDIM, 2021, p. 10).

El contexto en el que las juventudes en México se desenvuelven, particularmente en el estado de Baja California, influye sistemáticamente en la construcción de subjetividades contemporáneas; elementos como el enojo, el miedo, incertidumbre, escepticismo son estados emocionales que se potencian en el contexto y que repercuten como elementos objetivos que construyen y definen identidades. El decidir en qué contexto uno se puede desenvolver no está del todo controlado por el sujeto. Se nace y se crece en un determinado espacio a partir de una decisión que no toma en cuenta el punto de vista de los jóvenes y se debe asumir el lugar donde “tocó vivir” como el primero. En este sentido, y tomando en cuenta el contexto en donde se desenvuelven las juventudes, Beck y Beck (2008) señalan; “En consecuencia, la migración, la informalidad, el narcotráfico, y la opción de prácticas violentas y violentadas, ganan sustancial terreno como opciones factibles para la reconstrucción biográfica del yo” (Torres, 2018, pp. 35- 36). La cita hace referencia a aquellos espacios o contextos en donde la violencia, delincuencia y limitaciones están presentes y así se tiene que sortear el definir una identidad.

Se asume el concepto de identidad como algo que se va construyendo con la interacción cotidiana y se logra mediante un proceso de legitimación que busca el reconocimiento frente a sus amigos, conocidos o familiares. A decir de Reguillo (1995), el desenvolverse en un escenario negativo, también significa una relación objetiva en el sentido de estar, materialmente, experimentando los resultados de haberse expresado y convivido en un contexto desfavorable con presencia de violencia familiar o violencia contra las mujeres en donde el miedo, la incertidumbre y el espejismo de seguridad interactúan en la dimensión social del joven, en su yo social desde lo socialmente aprehendido. En otras palabras, se estaría definiendo una identidad a partir de influencias negativas. Los contextos pueden ser desde el lugar de residencia (colonia, comunidad, barrio), escuelas, centros de trabajo y en la casa habitación: “El hogar es un entorno donde las niñas, niños y adolescentes se encuentran expuestos a sufrir algún tipo de violencia. En México, 63% de los niños han experimentado al menos una forma de disciplina violenta y 10% en edades de 14-17 años reporta haber sufrido alguna forma de violencia sexual” (REDIM, 2021, p. 7).



Ahora bien, la condición de seguridad no solo está referida al ámbito de lo material, sino también a lo simbólico, sobre todo si consideramos las expresiones de ser, pensar, actuar y sentir de la población joven. Por lo tanto, el espacio social en el que se desenvuelven las juventudes está entre la exigencia del deber ser (¿quién es el joven frente a lo social?) y la dificultad del poder hacer (¿qué puede hacer el joven?) en el sentido de prevenir la inseguridad y definir una identidad. Las juventudes buscan hacerse de un espacio social, un lugar dentro de la sociedad para darle un sentido a su trayectoria de vida. Ante esta necesidad para definir un espacio dentro de la sociedad, la identidad que se va forjando debe reafirmarse mediante formas de expresión en el medio social donde se desenvuelven. Lo anterior implica tres referencias de posible expresión: 1) Situacional, 2) De grupo o clan y 3) Simbólica (Reguillo, 1995).

Para la primera referencia, lo situacional significa que el proceso para expresar la identidad se desarrolla en espacios o escenarios sociales que al mismo tiempo que se exterioriza la forma de ser, pensar y actuar, se va desarrollando en el joven la idea de quién es, quién ha sido y cuáles son sus oportunidades objetivas (Reguillo, 1995). Para la referencia de clan o grupo, significa cuando el grupo social dota de una identidad que capacita socialmente a los integrantes para determinadas acciones en donde lo colectivo es más importante que lo individual y, por lo tanto, la forma de expresar la identidad individual se ve limitada por la identidad colectiva (por ejemplo, la forma de comportarse dentro de un grupo). En cuanto a la referencia simbólica, considera la forma en la que los jóvenes se expresan en sus gustos, en el propio cuerpo, en el consumo cultural; al expresar esos gustos y tendencias, se reproduce un reconocimiento de la identidad en su espacio social. A lo anterior, Reguillo (2007) lo define de la siguiente forma:

Los jóvenes en tanto categoría social construida no tienen una existencia autónoma, es decir al margen del resto social, se encuentran inmersos en la red de relaciones y de interacciones sociales múltiples y complejas [...] los jóvenes van adquiriendo visibilidad social como actores diferenciados:

1. A través de su paso, por formación o negatividad, por las instituciones de socialización,
2. Por el conjunto de políticas y normas jurídicas que definen su estatuto ciudadano para protegerlo y castigarlo,
3. Por la frecuentación, consumo y acceso a un cierto tipo de bienes simbólicos y productos culturales específicos. (Reguillo, 2007, pp. 49-51).

Con lo anterior, se puede decir que, uno de los grupos poblacionales con el mayor número de desventajas al momento de intentar definir una identidad es la población de jóvenes y se agudiza ante un escenario o contexto de violencia. En este sentido, lo que se busca es analizar la percepción que tienen los jóvenes en Mexicali, Baja California en relación con la inseguridad que identifican en sus lugares de residencia. Lo anterior implicaría analizar los resultados para profundizar en los elementos objetivos y subjetivos que tienen los jóvenes para definir una identidad en un determinado contexto en donde la violencia familiar y la violencia en contra de las mujeres podría estar siendo normalizada por parte de los jóvenes.

Materiales y métodos

Al tratar de analizar identidades juveniles, se está considerando el hecho de profundizar en los elementos intersubjetivos de los actores, indagar en las características culturales y sociales de los actores para determinar aquellas particularidades que les dan sentido y significado a las identidades. Por lo tanto, la metodología que se siguió fue cualitativa con enfoque descriptiva en donde se recabó la información mediante un proceso de selectividad temática que tuvo como base, en primer término; identificar aquellas

colonias en el municipio de Mexicali, Baja California consideradas como de alta prioridad en el tema de inseguridad. Se tomaron en cuenta tres variables: 1) Incidencia delictiva; 2) Denuncia anónima; y 3) Faltas administrativas.

Con base en la información provista por la Fiscalía General del Estado de Baja California (FGE) y por el Centro Estratégico de Evaluación de Eficiencia de la Dirección de Seguridad Pública Municipal (CEEEDSPM), Mexicali, a través de solicitudes de información por medio de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT); se pudieron identificar las colonias con mayor índice delictivo, las de mayor número de denuncias anónimas y aquellas donde se cometieron el mayor número de faltas administrativas durante el periodo que corresponde del 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2019. Las colonias son: Colonia Colosio; Santa Clara; Villa del Campo; Santo Niño; Finca de los Jazmines; El Robledo; Ejido Puebla; Misiones y Colonia Colosio, Mexicali, Baja California, México. En un segundo momento metodológico, se seleccionaron aquellas escuelas públicas de educación media superior de las colonias elegidas debido a que los actores de interés son los jóvenes que se encuentran en la etapa de la adolescencia tardía (de 15 a 21 años o más). Para recabar la información, se aplicó un cuestionario a los estudiantes de bachillerato sobre la percepción de inseguridad en sus lugares de residencia. La aplicación del instrumento se hizo a través de la plataforma digital *Google Forms*. Algunas de las variables a identificar durante la aplicación del cuestionario fueron:

- Atributos particulares de los jóvenes.
- Percepción de seguridad en sus lugares de residencia.
- Identificar los principales delitos que se cometen en sus lugares de residencia.
- Identificar el tipo de violencia que más aumentó.

Al final, se logró encuestar a un total de 603 jóvenes de las siguientes escuelas de educación media superior (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Encuestas aplicadas en escuelas de educación media en el municipio de Mexicali correspondientes a las colonias seleccionadas, 2021 (aplicación virtual)

| Escuela | Nivel educativo | Número de encuestas aplicadas |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| CECyTe*, Misiones | Bachillerato | 31 |
| CECyTe , Xochimilco | Bachillerato | 7 |
| CETIS**, 18 | Bachillerato | 5 |
| COBACH***, Baja California | Bachillerato | 15 |
| COBACH, Miguel Hidalgo | Bachillerato | 430 |
| COBACH, Terán, Terán | Bachillerato | 49 |
| CONALEP**** II | Bachillerato | 37 |
| Preparatoria 16 de septiembre | Bachillerato | 14 |
| CBTIS***** 21 | Bachillerato | 2 |
| S/D***** | Bachillerato | 13 |
| Total | | 603 |

Nota. *Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos; **Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios; ***Colegio de Bachilleres; ****Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica; *****Centro de Bachillerato



Tecnológico Industrial y de Servicios; *****Sin Datos sobre el nombre de la escuela, sin embargo, sí se contestó el instrumento.

Es importante aclarar que, la selección de las escuelas responde al distrito escolar que le corresponde en relación con las colonias seleccionadas. Una vez que se obtuvieron las respuestas, se sistematizó la información para identificar la percepción de inseguridad que los jóvenes identifican en sus lugares de residencia.

Resultados y Discusión

Por principio se muestran los resultados obtenidos sobre los índices delictivos de las colonias seleccionadas. El objetivo es evidenciar, a partir de datos oficiales, el índice delictivo de los escenarios de residencia seleccionados en Mexicali para el periodo 2018-2019. En la Tabla 2 se muestran los incidentes y las llamadas anónimas registradas por colonia.

Tabla 2. Cantidad de incidentes y denuncias anónimas recibidas por colonias en Mexicali, Baja California, 2018-2019

| Colonia | Cantidad de incidentes | Denuncias anónimas |
|---|------------------------|--------------------|
| Valle de Puebla secciones I, II, III, IV, V, VII y VIII | 19358 | 235 |
| Fraccionamiento Ángeles de Puebla | 11845 | 285 |
| La Robledo | 5964 | 135 |
| Zona urbana ejido Puebla | 5159 | 87 |
| Luis Donald Colosio | 3038 | 71 |
| Finca de los jazmines II | 2817 | 21 |
| Villa del campo | 2571 | 52 |
| Santo niño y ampliación popular | 2175 | 34 |
| Santa clara | 1877 | 51 |
| Total | 54804 | 971 |

Nota. Con información de la fiscalía general del Estado de Baja California, obtenida a través de solicitud en la Plataforma Nacional de Transparencia con No. de Folio 00462817.

Continuando con los resultados, en la tabla 3 se muestra el total de delitos y faltas cometidas durante 2018 y 2019 por colonia seleccionada en el municipio de Mexicali, Baja California. Los delitos registrados son: violencia intrafamiliar, violencia de pareja, violencia contra la mujer, detonación de arma de fuego, allanamiento de morada, riña o pelea clandestina, robo en flagrancia y robo a casa habitación.

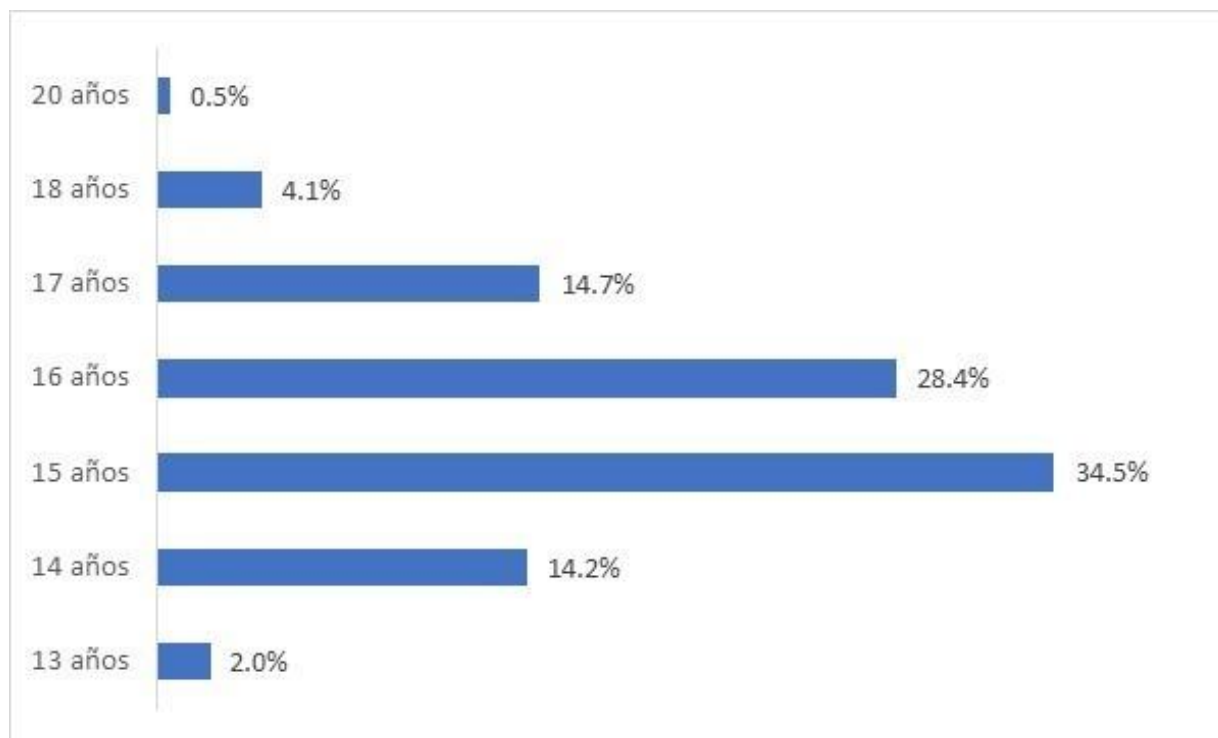
Para el caso de faltas cometidas, se tienen registradas las siguientes: ruido excesivo, persona agresiva, arrancones o carreras de vehículos, incendio de basura, alteración del orden público, persona exhibicionista, consumo de drogas, vehículo en exceso de velocidad, incendio en lote baldío, detonación de cohetes, vagos, pandillerismo y otras faltas al reglamento de tránsito (ver Tabla 3).

Tabla 3. Delitos y faltas administrativas cometidas en las colonias de interés (totales), 2018-2019

| Colonia | Delitos 2018 | Faltas 2018 | Delitos 2019 | Faltas 2019 |
|---|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Luis Donaldo Colosio | 255 | 386 | 274 | 334 |
| Santa Clara | 152 | 167 | 150 | 168 |
| Villa del campo | 232 | 281 | 211 | 317 |
| Santo Niño y ampliación popular | 89 | 90 | 107 | 133 |
| Finca los jazmines III | 301 | 216 | 325 | 238 |
| La Robledo | 449 | 584 | 520 | 522 |
| Ejido Puebla (Valle de Puebla, zona urbana) | 323 | 486 | 334 | 374 |
| Puebla y Fraccionamiento Ángeles de Puebla) | | | | |
| Total acumulado | 1801 | 2210 | 1921 | 2086 |

Nota. Con información proporcionada por el Centro Estratégico de Evaluación de Eficiencia, Dirección de Seguridad Pública Municipal, Mexicali, B. C., 2020, a través del oficio de respuesta DSPM/CEE/907/2020.

En relación con el perfil de los jóvenes que participaron en la encuesta, en la Figura 1 se muestran los grupos de edad. Se puede identificar que, las edades de los jóvenes van de los 15 a 17 años, concentrando 77.6 por ciento. Asimismo, se pudo identificar que 77 por ciento de los jóvenes que participaron en la encuesta, tienen como única actividad el asistir a la escuela, mientras que 23 por ciento de los jóvenes manifestó estudiar y trabajar (el trabajo implica una remuneración económica) (ver figuras 1 y 2).

**Figura 1.** Edad de jóvenes encuestados (%).

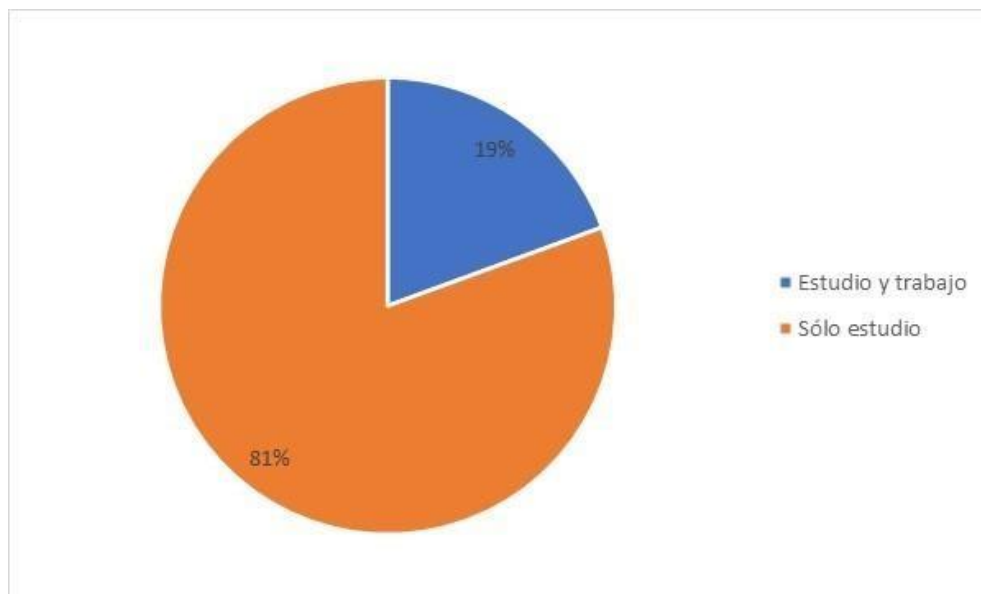


Figura 2. Jóvenes que estudian y trabajan (%).

A partir de la figura 1 y figura 2, se infiere que los jóvenes que participaron en esta encuesta expresan su identidad en dos escenarios: 1) escenario escolar; y 2) escenario familiar. Para el escenario de la familia, es importante considerar el espacio habitacional como aquel en donde los jóvenes expresan sus gustos, necesidades, preferencias, consumo cultural, etcétera. Lo anterior implica considerar a las colonias, barrios o comunidades como espacios donde se expresan a nivel familiar (espacios públicos cercanos a sus casas). De ahí la importancia de conocer la percepción sobre la inseguridad que experimentan en los escenarios donde viven. Puntualmente, los jóvenes manifestaron la percepción sobre inseguridad de los lugares donde residían y también identificaron los delitos que más sucedían (ver figuras 3 y 4).



Figura 3. Percepción de inseguridad en los lugares de residencia, 2021 (%).

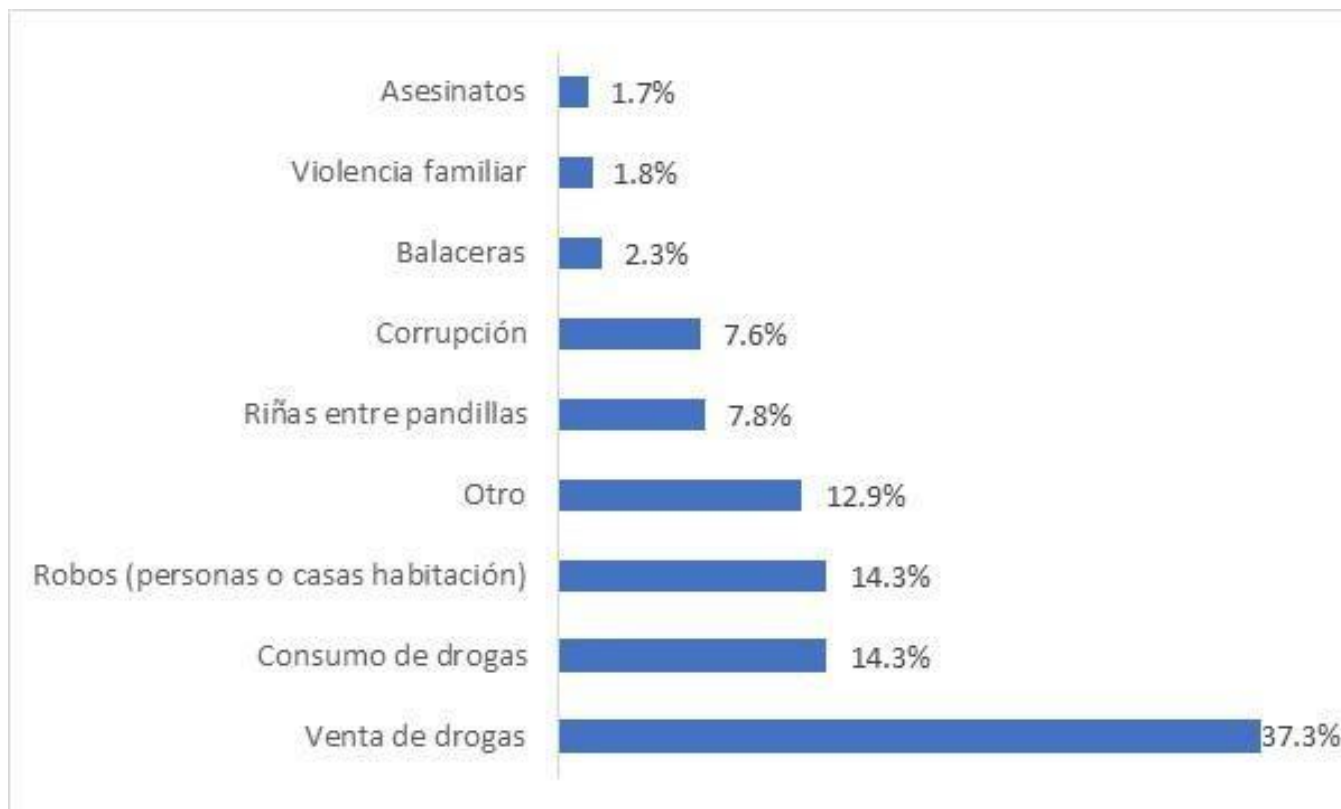


Figura 1. Delitos que más suceden en los lugares de residencia, 2021 (%).

De acuerdo con la percepción de inseguridad en los lugares de residencia, los jóvenes claramente identifican situaciones de inseguridad, sin embargo, consideran que es seguro para vivir ya que, 60.5 por ciento de los jóvenes manifestaron que es seguro para vivir, pocas veces pasa algo (figura 3). Es decir, reconocen situaciones de inseguridad, pero pueden vivir con ellas. En términos generales, 83.3 por ciento de los jóvenes que participaron en este ejercicio (muy inseguro para vivir, todo el tiempo pasa algo; Inseguro para vivir, algunas veces pasa algo; y Seguro para vivir, pocas veces pasa algo), conviven y expresan su identidad en un escenario de inseguridad que genera en ellos el sentido de pertenencia. En el mismo sentido, los jóvenes identificaron los delitos que más sucedían en sus lugares de residencia. Resalta la venta y consumo de drogas ya que, sumados los porcentajes, 51.3 por ciento de los jóvenes vinculan los delitos que más suceden con la venta y consumo de drogas (figura 4).

El escenario en donde los jóvenes están expresando los elementos que definirán una identidad, contiene una carga importante de inseguridad provocado por la venta y consumo de drogas. Sin lugar a dudas, los jóvenes conviven culturalmente con la venta y consumo de drogas y puede ser asumido como un referente cuando se está definiendo una identidad. El definir una identidad que determina el rol social, en donde el elemento “drogas” –consumo y venta– está presente, implica una desventaja para los jóvenes ya que su identidad puede sufrir cambios puesto que, tanto el consumo como la venta de drogas, contienen una explicación desde el escenario de los jóvenes que puede parecerles “normal”. En términos concretos, el convivir cotidianamente con este tipo de delitos, genera perspectivas sobre sí mismos y el mundo que los



rodea tomando como base un proceso de normalidad (“es normal que se vendan y consuman drogas, en mi barrio pasa todo el tiempo”).

En relación con la violencia que más aumentó durante al año 2021 y que fue identificada por los jóvenes, en la figura 5 se pueden identificar dos cosas sumamente interesantes: 1) la violencia en el escenario principal en donde los jóvenes expresan su identidad, de acuerdo con las respuestas, representó 42.5 por ciento (violencia en la colonia); y 2) la violencia familiar y la violencia contra la mujer suman 31.2 por ciento. En relación con este segundo punto (violencia familiar y la violencia contra la mujer), podemos destacar que la víctima de la violencia familiar es la mujer o mujeres de la esfera familiar; la violencia en contra de la mujer fue una acción que los jóvenes identifican como una de las dos violencias que más aumentaron durante el año 2021 (ver figura 5).

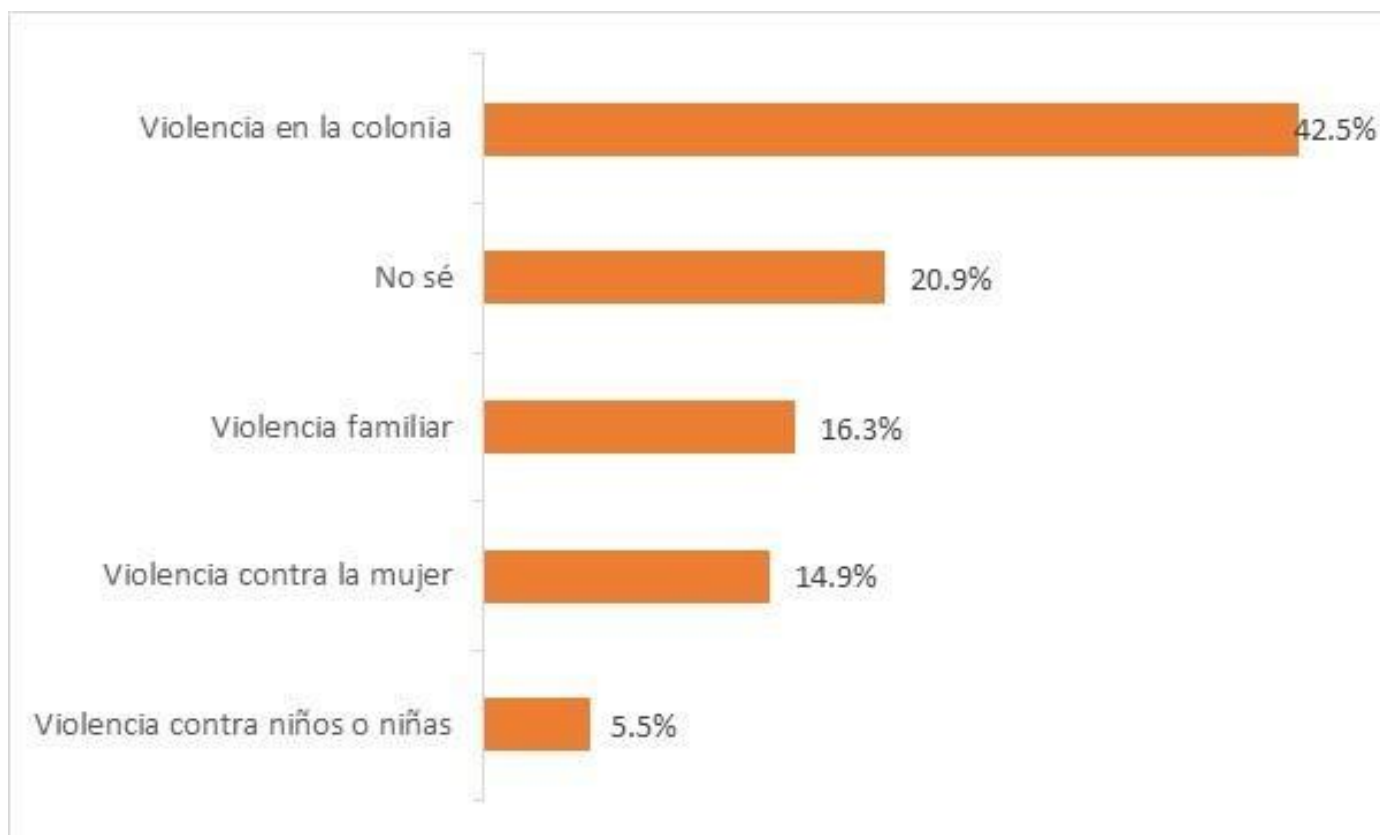


Figura 2. La violencia que más aumentó en el lugar de residencia fue (%).

La percepción de los jóvenes de Mexicali sobre el aumento de la violencia hacia las mujeres, coincide con lo que publica la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) para el año 2021. En la figura 6 se puede identificar lo que publica la ENDIREH en relación con los lugares más comunes donde las mujeres mayores de 15 años han experimentado violencias en su contra en el ámbito comunitario y familiar a nivel nacional en los últimos 12 meses.

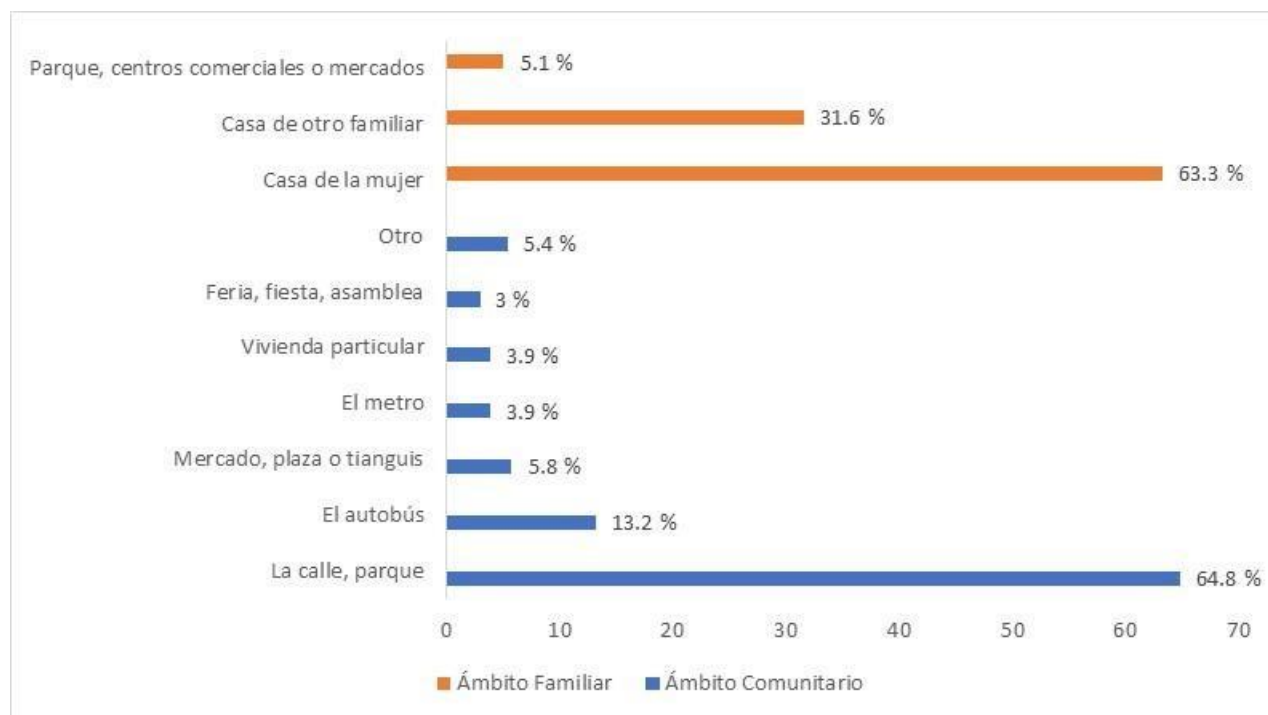


Figura 3. Lugares más mencionados por las mujeres mayores de 15 años en donde ocurrieron violencias en su contra en los últimos 12 meses a nivel nacional (porcentaje). Con información de Inegi (2021).

Existe una tendencia a nivel nacional sobre la violencia que sufren las mujeres y que, con base en la percepción de los jóvenes a quienes se encuestó; también se identifica la misma tendencia en Mexicali, Baja California. Lo que podemos resaltar de esta tendencia que se reproduce a nivel nacional y municipal son los escenarios: escenario comunitario y escenario familiar. Se trata de los mismos escenarios en donde se expresan los elementos objetivos que influyen directamente en la definición de una identidad. Asimismo, se infiere que esa influencia con carga negativa puede repercutir en la normalización de ciertas acciones que violentan y agreden, por lo que, insultar, lastimar o acosar, pueden llegar a interpretarse como una acción normal.

El proceso de normalización de una acción, de un escenario o una conducta, significa que los actores, en este caso los jóvenes entre 15 y 17 años, convierten una actitud o idea en la norma aceptada por un grupo social. Se trata de actitudes o ideas que impactan en la identidad y que influye directamente el escenario donde se desenvuelven y el tipo de significados que le den a determinados elementos culturales. En este particular caso, la violencia en contra de las mujeres, que se reproduce en el escenario social donde los jóvenes pasan la mayor parte de su tiempo, pudiera estar en el proceso de normalización por parte de los jóvenes, ya que, la forma de expresar lo que piensan, sienten y actúan, está determinada por lo que ven, escuchan y hacen.



Conclusiones

Cualquier grupo social de jóvenes está determinado por dos elementos: 1) Consumo cultural y 2) Escenario donde se desenvuelven. Ambos puntos influyen sistemáticamente en la definición de una identidad, puesto que, tanto el consumo cultural, así como el escenario (familiar, escolar, social, laboral), les genera una carga cognitiva y valorativa que expresan objetivamente con sus pares. El grupo de jóvenes de la ciudad de Mexicali, Baja California, experimenta un proceso de definición de identidad con presencia de inseguridad, delincuencia y violencia sistemática hacia las mujeres.

El proceso para definir la identidad de los jóvenes se mantiene en permanente construcción y los espacios de interacción cotidiana les otorgan elementos objetivos y subjetivos que les permitirán legitimar esa identidad. Se trata de una interacción objetiva en el sentido de estar, materialmente, percibiendo la inseguridad, la violencia familiar y violencia hacia las mujeres en sus espacios de residencia. En cuanto a la interacción subjetiva, adquieren elementos simbólicos a partir de interactuar, a decir de los mismos jóvenes, con dos de las principales causas de los índices delictivos en sus lugares de residencia: violencia de género y drogas (consumo y venta).

El definir una identidad implica hacerse un espacio dentro del grupo social para poder darle sentido a su trayectoria de vida. Por lo tanto, la identidad se forja mediante un proceso de exteriorización de las particularidades de la identidad en el medio social (elementos objetivos y simbólicos). Este proceso de objetivación se puede generar a partir de dos referencias en el caso de los jóvenes que participaron en este capítulo: situacional y simbólica.

Exteriorizar a partir de la referencia situacional significa que los jóvenes deben interpretar y compartir la interpretación de lo que para ellos significa vivir bajo un contexto de alta incidencia delictiva. Se trata de interpretar, a partir de los escenarios de interacción, los lugares sociales que van generándole una idea objetiva al joven sobre quién es, quién ha sido y cuáles son sus oportunidades. Exteriorizar a partir de lo simbólico, significa que los jóvenes adquieren elementos simbólicos sobre los índices y causas de la violencia hacia la mujer en sus espacios de residencia y los explican a partir de sus acciones. Lo que para unos pudiera ser algo normal el decirle un “piropo” a una mujer debido a que en sus escenarios sucede todo el tiempo, implicaría un proceso de normalización del acoso hacia las mujeres.

Para los jóvenes de Mexicali, Baja California que participaron en este estudio, las referencias situacionales y simbólicas tienen influencias externas negativas, como el consumo y venta de drogas, que proceden de una particular cultura que influye en el círculo más cercano de los jóvenes. Lo anterior se traduce como aquella herramienta de continuidad, cambio, afirmación y lucha por una identidad. Significa que la influencia del consumo y venta de drogas, así como la violencia familiar y violencia hacia las mujeres en los lugares de residencia, puede tomar un peso importante en el proceso para definir una identidad ya que, los actores adquieren un conjunto de conocimientos que asumen como parte de la cultura en la sociedad en donde viven y que se convierte en una práctica social. Por lo tanto, las influencias externas que son negativas, si se llegan a aceptar como elementos culturales que influyen en la identidad; los jóvenes de los sectores marginados podrían definir la identidad a partir de aquella influencia negativa.

Finalmente podemos advertir que, para los jóvenes de Mexicali, Baja California, México; el lugar social que pudieran representar en una colectividad depende del elemento identitario que, a su vez, se explica por la capacidad que tengan de objetivar su realidad a partir de las referencias situacionales y simbólicas. En

este sentido, su lugar social va incorporando y produciendo significados que determinan la interacción y serán actualizadas por las representaciones sobre una situación determinada que poseen, por ejemplo, la forma de interpretar los índices delictivos en sus espacios de interacción cotidiana y la influencia significativa del consumo y venta de drogas y alcohol como principal detonante de inseguridad en sus lugares de residencia. En otras palabras, se inicia un proceso de normalización de la inseguridad y violencia.

Referencias

1. Beck, U. 1998. La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad. Paidós.
2. Beck, U. y Beck-Gernsheim, E. 2008. Generación global. El arco de Ulises. Paidós.
3. Castel, R. 2010. El ascenso de las incertidumbres. Trabajo, protecciones, estatuto del individuo. Fondo de Cultura Económica.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2019. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Inseguridad Pública (ENVIPE). Inegi.
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2021. Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH). Inegi.
6. Red por los Derechos de la Infancia en México (REDIM). 2019. Infancia y adolescencia en México. Entre la invisibilidad y la violencia. Desafíos del nuevo gobierno para garantizar los derechos de niñas, niños y adolescentes en México. REDIM.
7. Red por los Derechos de la Infancia en México (REDIM). 2021. Balance Anual REDIM 2020. El año de la pandemia y el abandono de la niñez en México. REDIM
8. Reguillo, R. 1995. En la calle otra vez. Las bandas: identidad urbana y usos de la comunicación. ITESO.
9. Reguillo, R. 2007. Emergencia de culturas juveniles. Estrategias del desencanto. Cultura Libre.
10. Torres, I. 2018. ¿Y qué me importa a mí esto? Construcción de sentido en jóvenes dealers de Guadalajara. Universidad de Guadalajara.



Microalgas Marinas: Una Fuente Valiosa de Polisacáridos con Propiedades Bioactivas y Funcionales

Marine Microalgae: A Source of Polysaccharides with Bioactive and Functional Properties

Miranda-Arizmendi Valeria¹, Fimbres-Olivarria Diana², Miranda-Baeza Anselmo³, Rascón-Chu Agustín¹, Martínez-Robinson Karla¹, Lizardi-Mendoza Jaime¹, Campa-Mada Alma¹, Carvajal-Millan Elizabeth^{1*}

1 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, AC), Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46, Col. La Victoria, Hermosillo, Sonora, México, CP 83304.

2 Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS), Universidad de Sonora, Blvd. Luis Donaldo Colosio, S/N, Hermosillo, Sonora, México, CP 83000.

3 Laboratorio de Tecnologías de Cultivo de Organismos Acuáticos, Universidad Estatal de Sonora, Blvd. Manlio Fabio Beltrones No. 810, Col. Bugambilias, Navojoa, Sonora, México, CP 85875.

Autor para la correspondencia: Carvajal-Millan Elizabeth, e-mail: ecarvajal@ciad.mx

Resumen

La información presentada en este artículo de divulgación científica muestra cómo diversas algas marinas producen distintos compuestos bioactivos, entre ellos los polisacáridos, los cuales tienen propiedades bioactivas (antitumorales, anticoagulantes y antivirales, entre otras) y funcionales (texturizantes, gelificantes y adhesivas, entre otras). La parte central de esta contribución se enfoca en informar acerca de la importancia de las microalgas marinas como una fuente valiosa de polisacáridos que han generado gran interés por su alto potencial de aplicación. Cabe resaltar que, a pesar de su reconocida relevancia, las microalgas marinas han sido prácticamente inexploradas en relación con las macroalgas marinas. Este artículo describe de una forma resumida y clara las características, las propiedades bioactivas y funcionales y el potencial de aplicación de los polisacáridos de las microalgas marinas.

Palabras clave: microalgas marinas, ficocoloides, salud, industria.

Abstract

The information presented in this article shows how various marine algae produce different bioactive compounds, including polysaccharides, which have bioactive (antitumor, anticoagulant, and antiviral, among others) and functional (texturizing, gelling, and adhesive, among others) properties. The central part of this contribution focuses on informing about the importance of marine microalgae as a valuable source of polysaccharides that have generated significant interest due to their high application potential. It should be noted that, despite its recognized relevance, marine microalgae have been practically unexplored concerning marine macroalgae. This article describes in a summarized and clear way the characteristics, bioactive and functional properties, and application potential of polysaccharides from marine microalgae.

Key words: marine microalgae, phycocolloids, health, industry.

DOI: 10.46588/invurnus.v18i1.91

Recibido 26/03/2023

Aceptado 20/05/2023

Publicado 16/07/2023

Introducción

En los últimos años, los organismos marinos, incluidas las algas, se han destacado como fuentes potenciales de metabolitos y compuestos con actividad biológica, debido a que han demostrado diversas actividades biológicas con efectos positivos en la fisiología humana, así como numerosas propiedades tecno funcionales. Durante mucho tiempo, en países asiáticos, las algas marinas se han utilizado como fuente de alimento, con fines medicinales y como suplementos. Son consideradas una fuente importante de aditivos y el valor comercial de los mismos depende de su aplicación en las industrias alimenticias y farmacéuticas (Tanna y Mishra, 2019).

Las algas también se consideran una fuente valiosa de polisacáridos con propiedades bioactivas y funcionales (Wijesekara y col. 2011). En particular, se ha reportado que los polisacáridos sulfatados de algas marinas presentan actividad antitumoral, anticoagulante y antiviral, entre otras, las cuales podrían estar relacionados con sus componentes químicos y su estructura (Khan y col., 2019). Estos compuestos pueden ser también excelentes moléculas funcionales debido a sus propiedades texturizantes, gelificantes y adhesivas, entre otras (Tanna y Mishra, 2019).

Los polisacáridos son macromoléculas necesarias para el crecimiento y el desarrollo de múltiples organismos (Yi y col., 2020). El contenido de polisacáridos (conocidos también como ficocoloides) en distintas especies de algas, oscila entre el 4 y el 76% de su peso seco (Kraan, 2012). Los ficocoloides son polisacáridos asociados a la pared celular y a los espacios intercelulares de las algas marinas; son ingredientes valiosos utilizados ampliamente en preparaciones industriales (FAO, 2012). Las carrageninas y el agar son los principales polisacáridos de algas empleados en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, papelería y textil, donde se utilizan como agentes espesantes, estabilizadores, emulsionantes y gelificantes (Glicksman, 1987).

Existen diversos estudios sobre la obtención y aprovechamiento de polisacáridos presentes en las macroalgas marinas. Sin embargo, hay poca información de estos compuestos en microalgas. Para comprender mejor las diferentes aplicaciones potenciales de los polisacáridos se debe tomar en cuenta su estructura, características fisicoquímicas y propiedades viscoelásticas, ya que estos parámetros determinan sus propiedades bioactivas y funcionales (Miranda-Arizmendi y col., 2022; Geresh y col., 2002). En este sentido, la relación estructura-función en polisacáridos de fuentes escasamente exploradas como las microalgas es poco conocida y puede representar el punto de partida en el desarrollo de nuevos biomateriales.

Este artículo describe la importancia de las microalgas marinas como una fuente valiosa de polisacáridos con propiedades bioactivas y gran potencial de aplicación en distintas áreas como la medicina, la farmacéutica y la alimentación. Se enfatiza también el hecho de que, en microalgas marinas, este aspecto ha sido poco explorado en relación con las macroalgas marinas.

Compuestos de Origen Marino

El incremento en la demanda de sustancias novedosas para el tratamiento de enfermedades como cáncer, infecciones microbianas y procesos inflamatorios ha motivado la exploración de compuestos bioactivos de las algas (Lordan y col., 2011). El descubrimiento de nuevos materiales con actividad biológica es un trabajo que requiere de múltiples disciplinas. Uno de los primeros pasos en esta tarea es lograr la identificación de un compuesto con potencial, o con características que puedan ser modificadas químicamente para incrementar su actividad, mejorar su metabolismo o perfil farmacocinético.



La búsqueda de nuevos productos naturales se ha enfocado principalmente a organismos terrestres como plantas y hongos. En bases de datos recientemente publicadas sobre compuestos producidos por plantas, bacterias y organismos marinos se enlistan aproximadamente 45,000 compuestos naturales, de los cuales la mayoría son de origen vegetal (Ntie-Kang y Svozil, 2020). No obstante, el océano se puede considerar como la fuente de recursos naturales más rica en el planeta, la cual ha sido poco explorada en comparación con las fuentes terrestres. Así, mientras que los océanos cubren más del 75% de la superficie terrestre, sólo el 7% ha sido explorado (Figura 1). Gracias a la gran diversidad de organismos que contiene y a las condiciones a las que se ven sometidos, que en ocasiones son extremas, se pueden extraer numerosas sustancias biológicamente activas y tecnológicamente funcionales (Hamed y col., 2015). Se han reportado múltiples compuestos marinos como péptidos aislados de peces y polisacáridos aislados de algas que presentan actividad anticancerígena, anticoagulante y antioxidante, entre otras, así como propiedad texturizante, hidratante y espumante, entre otras (Lordan y col., 2011) (Figura 1). De esta forma, los organismos marinos se consideran el mejor reservorio de compuestos bioactivos y funcionales.



Figura 1. El océano, la fuente de sustancias bioactivas y tecnológicamente funcionales más rica en el planeta.

Compuestos Bioactivos y Funcionales en Algas

Considerando la enorme extensión del océano, el conocimiento y la utilización de organismos como las algas marinas a un nivel industrial se encuentra apenas en las primeras etapas. Así, la generación de nuevo conocimiento sobre las algas puede dar lugar al desarrollo de una industria global basada en los materiales extraídos a partir de estos organismos (Beaumont y col., 2021).

Dentro de la gran variedad de vida marina, aproximadamente el 90% de las especies de flora marina son algas y estas son las responsables de alrededor del 50% de la fotosíntesis global (John, 1994). Según estadísticas reportadas por Brasil y col. (2017), anualmente se producen 7,000 toneladas de biomasa de algas secas en todo el mundo con un valor en el mercado entre 3.8 y 5.4 mil millones de dólares (Figura 2). Estos valores demuestran la popularidad que las algas están ganando en el mundo y el potencial de utilizarlas e incorporarlas en una amplia variedad de productos industriales.

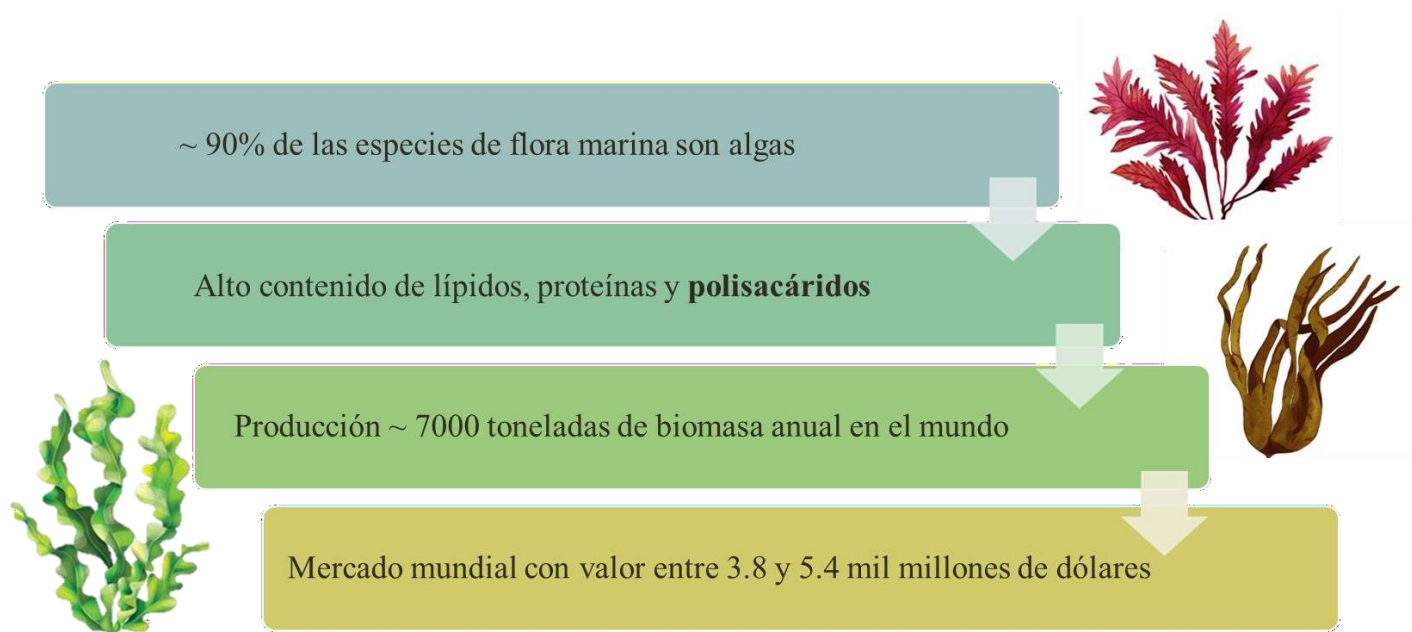


Figura 2. Principales compuestos en algas marinas y los niveles de producción a nivel global.

En relación con las macroalgas, las microalgas tienen ventajas que les permiten ser aprovechadas ampliamente, entre ellas destacan su rápida tasa de crecimiento, requisitos simples para su cultivo y la capacidad de sobrevivir bajo condiciones estresantes (Tang y col., 2020).

Varios estudios científicos han demostrado el gran potencial de las algas como materia prima y fuente de diversos recursos biológicos valiosos, los cuales incluyen inhibidores de enzimas, florotaninos, polisacáridos, lípidos, péptidos bioactivos, alcaloides, terpenoides halogenados y pigmentos (Rengasamy y col., 2020; Tang y col., 2020). Respecto a la aplicación de sus metabolitos, Rengasamy y col. (2020) compilaron estudios de los compuestos bioactivos aislados de algas marinas y su papel en el tratamiento de múltiples enfermedades como cáncer, diabetes, inflamación y demencia.

Polisacáridos de Algas Marinas

Los polisacáridos son bio-macromoléculas que consisten en largas cadenas formadas por unidades de monosacáridos. La gran variabilidad estructural que presentan se debe a la cantidad de azúcares simples disponibles (en su mayoría hexosas y pentosas), así como a las posibilidades de enlaces glucosídicos. La estructura de los polisacáridos depende tanto de su composición como del tipo de enlace, el cual determina la flexibilidad conformacional de la molécula (Prybylski y col., 2020). Por ejemplo, la complejidad de los glucanos se ve influenciada por la flexibilidad de la cadena, dada la naturaleza de los azúcares implicados. Además, se debe considerar si la molécula es un homopolisacárido o un heteropolisacárido y si contiene azúcares ácidos o neutros. También es necesario, en dicha complejidad, tener en cuenta el peso molecular, los grupos funcionales en la cadena y la presencia de otras moléculas unidas covalentemente, como las proteínas (Prybylski y col., 2020).

Las algas contienen principalmente polisacáridos de alto peso molecular. Estas macromoléculas, denominadas también ficocoloides, tienen numerosas funciones en las algas; son los principales componentes estructurales de sus paredes celulares y pueden estar involucrados en los mecanismos de reconocimiento entre las algas y los patógenos (Cardozo y col., 2007). Estos polisacáridos desempeñan funciones estructurales, aportan rigidez, acumulan mucílago en su pared celular y brindan protección ante desecación o condiciones de estrés (Pangestuti y Kim, 2014) (Figura 3). Además, debido a su capacidad para retener cantidades significativas de agua, se destaca su capacidad para formar geles y la quelación de metales. Los ficocoloides se utilizan para una gran variedad de aplicaciones comerciales en las áreas farmacéuticas, tecnología de alimentos, biotecnología, cosmética, ingeniería ambiental, etc. (Venugopal, 2008).

Funciones biológicas:

- ✓ Componentes estructurales
- ✓ Reconocimiento de patógenos
- ✓ Acumulación de mucílago
- ✓ Formación de geles
- ✓ Protección ante desecación



Figura 3. Función de los polisacáridos en algas marinas.

El tipo de polisacárido presente en las algas marinas varía según la fuente. Las algas cafés o pardas son ricas en alginatos, fucanos y laminarina, mientras que las algas rojas presentan galactanos, sulfatados, xilanos y almidón florideano (Kraan, 2012). Las algas verdes contienen almidón, xilanos, mananos y polisacáridos iónicos que contienen grupos sulfato (Zaporozhets y col., 2014). La variabilidad estructural de estas biomoléculas les confiere distintas funciones. Los polisacáridos de las microalgas se pueden clasificar en tres grupos principales: intracelulares, estructurales y extracelulares (Delattre y col., 2016). Estos polisacáridos desempeñan funciones de almacenamiento y estructurales, además de ser activadores biológicos, soportes de adhesión o reguladores del contenido de agua (Singh y Sáxea, 2015). Los monosacáridos básicos presentes en estos organismos son glucosa, galactosa, manosa, ramnosa, arabinosa, xilosa, ribosa y fucosa (Vuppaladadiyam y col., 2018).

Polisacáridos de Macroalgas Marinas

Las macroalgas se pueden clasificar en tres grupos principales con base en el pigmento que presentan: Phaeophyceae (algas pardas), principalmente de color marrón debido a su contenido de fucoxantina; Chlorophyceae (algas verdes) dominada por pigmentos como la clorofila a y b, y xantofilas; y, por último, las Rhodophyceae (algas rojas) constituidas principalmente por ficocianina y ficoeritrina (O'Sullivan y col., 2010) (Tabla 1). Estos organismos contienen polisacáridos ricos en sulfato en sus paredes celulares (Raposo

y col., 2015). Las carrageninas son los principales polisacáridos sulfatados de macroalgas empleados en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, papelería y textil como agentes espesantes, estabilizadores, emulsionantes y gelificantes (Glicksman, 1987). Estos polisacáridos de alto peso molecular y sus productos de degradación de bajo peso molecular son económicamente importantes, debido a las numerosas propiedades funcionales. La mayor parte de las investigaciones sobre la capacidad gelificante de la carragenina se ha enfocado a iota y kappa carragenina. La gelificación de lambda carragenina con iones trivalentes fue reportada por Running y col. (2012) en la macroalga *Gigartina lanceata*. Este hallazgo permitió expandir el potencial de aplicación de la lambda carragenina más allá de un agente texturizante en aplicaciones alimentarias y farmacéuticas. Otros polisacáridos importantes de las macroalgas marinas son los alginatos, agar, fucoidan, laminarina y ulvanos (Tseng, 2001; Rengasamy y col., 2014).

Tabla 1. Propiedades bioactivas y funcionales de polisacáridos extraídos de macroalgas.

| Grupo de macroalga | Polisacárido | Propiedad bioactiva | Referencia |
|---------------------------------|---------------------|---|-----------------------|
| Rhodophyceae (algas rojas) | Carragenina | Antioxidante, antiviral, antimicrobiana y anticancerígena | Jiang y col. (2021) |
| Phaeophyceae (algas pardas) | Fucoidan | Antioxidante, antineurodegenerativa y anticancerígena | Li y col. (2019) |
| Chlorophyceae (algas verdes) | Ulvan | Antioxidante, antiviral, anticoagulante y antimicrobiana | Cunha y Grenha (2016) |
| Grupo de macroalga | Polisacárido | Propiedad funcional | Referencia |
| Rhodophyceae (algas rojas) | Agar Carragenina | Espesante, estabilizante y gelificante | Glicksman (1987) |
| Phaeophyceae (algas pardas) | Alginato | Emulsificante, formador de películas, estabilizante | Torabi y col. (2021) |
| Chlorophyceae (algas verdes) | Ulvan | Gelificante, quelante, estabilizante | Lahaye y Robic (2007) |

Diversos estudios reportan que los polisacáridos sulfatados de algas presentan propiedades bioactivas y funcionales relacionadas con sus características estructurales (Geresh y col., 2002; Wijesekara y col., 2011). Por ejemplo, la carragenina presenta una actividad antioxidante más alta cuando el polisacárido registra menor peso molecular (Sun y col., 2010). También se ha reportado que los polisacáridos sulfatados de macroalgas presentan actividad anticancerígena por inducción de apoptosis en las células cancerosas (Khan y col., 2019), propiedad que se ha relacionado con la composición y estructura de la molécula.



Polisacáridos de Microalgas Marinas

El interés por las microalgas es cada vez mayor debido a los compuestos que producen y a las ventajas que presentan por el hecho de ser fáciles de cultivar y de que su cosecha no depende de algún clima o estación. La producción de polisacáridos, o cualquier otro compuesto, se puede realizar durante todo el año (Figura 4). Los polisacáridos y los exopolisacáridos en particular son producidos por múltiples especies de microalgas. Estos compuestos poseen diversas propiedades bioactivas y funcionales.

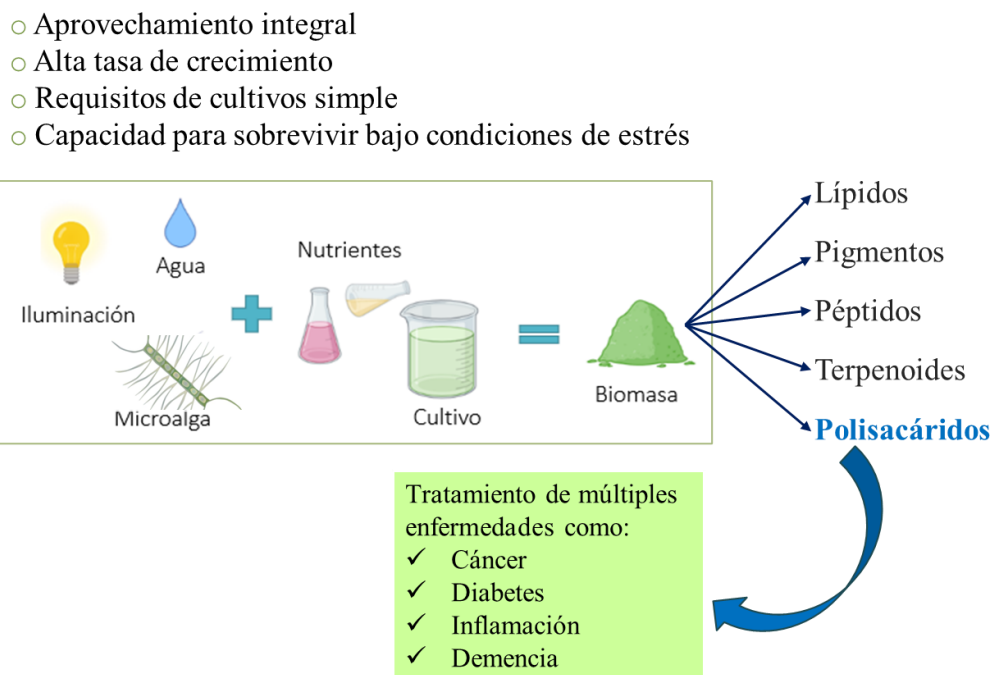


Figura 4. Las microalgas marinas como fuente de compuestos con propiedades bioactivas.

La información científica reportada sobre polisacáridos de microalgas marinas hace énfasis en cómo el peso molecular, el contenido de grupos sulfato y la carga negativa pueden ser responsables de sus múltiples propiedades. Los exopolisacáridos sulfatados sintetizados por distintas microalgas son heterogéneos y muy diferentes estructuralmente, lo que hace que su investigación sea desafiante. A diferencia de las macroalgas, las microalgas tienen la ventaja de poder ser cultivadas en condiciones controladas, lo que puede hacer que la composición química, la estructura y el comportamiento reológico de sus polisacáridos sea más estable, sin importar los periodos de recolección (Raposo y col., 2013). No obstante, a pesar de la reconocida importancia de estos organismos, la estructura de los polisacáridos de las microalgas ha sido prácticamente inexplorada, en contraste con la de las macroalgas. Sólo se han resuelto pocas estructuras de polisacáridos de microalgas debido a las dificultades encontradas en la extracción de muestras puras y a la complejidad de su estructura química. En la Tabla 2 se presentan algunos ejemplos de polisacáridos de microalgas con propiedades biológicas y funcionales de interés para el área de salud humana y el área de la industria alimentaria, cosmética y biotecnológica, principalmente. En esta tabla se hace evidente la falta de información acerca de las características químicas y estructurales de los polisacáridos de microalgas.

Tabla 2. Propiedades bioactivas y funcionales de polisacáridos extraídos de microalgas.

| Microalga | Polisacárido | Propiedad bioactiva | Referencia |
|---|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Conticribra weissflogii</i> | (1→3)-β-D-glucano | Immunomoduladora | Rizzi y col. (2023) |
| <i>Spirulina platensis</i> | PSPC | Antioxidante y antitumoral | Ai y col. (2023) |
| <i>Navicula inserta</i> | PSPC | Antioxidante y antihemolítica | Gonzales-Vega y col. (2022) |
| <i>Chaetoceros muelleri</i> | PSPC | Antioxidante | Miranda-Arizmendi y col. (2022) |
| <i>Navicula</i> sp. | PSPC | Antioxidante | Fimbres-Olivarria y col. (2018) |
| <i>Arthrospira platensis</i> | PPC | Antioxidante | Challouf y col. (2011) |
| <i>Synedra acus</i> | 1→3;1→6-β-D-glucano | Anticancerígena | Kusaikin y col. (2010) |
| <i>Gyrodinium impudicum</i> | PSPC | Antiviral | Yim y col. (2004) |
| <i>Chlorellastigmatophora Phaeodactylum tricornutum</i> | PSPC | Antiinflamatoria e inmunomoduladora | Guzmán y col. (2003) |
| Microalga | Polisacárido | Propiedad funcional | Referencia |
| <i>Chlorella pyrenoidosa</i> | PPC | Fibra dietaria | Guo y col. (2021) |
| <i>Spirulina platensis</i> | PSPC | Espumante y emulsificante | Ben Hlima y col. (2021) |
| <i>Porphyridium cruentum</i> | PSPC | Prebiótico | Barros de Medeiros y col. (2021) |
| <i>Arthrospira platensis</i> | PPC | Formador de películas | Morales-Jiménez (2020) |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | PPC | Aditivo alimentario | Levine y col. (2018) |
| <i>Nostoc</i> sp. | (1→3)-β-D-glucano | Gelificante | Fimbres-Olivarria y col. (2016) |
| <i>Porphyridium purpureum</i> | PSPC | Espesante | Jindal y col. (2013) |
| <i>Euglena gracilis</i> | PPC | Hidratante | Chen y col. (2010) |
| <i>Navicula</i> sp. | PPC | Texturizante | Tannin-Spitz y col. (2005) |

PPC= Polisacárido parcialmente caracterizado

PSPC= Polisacárido sulfatado parcialmente caracterizado

De los pocos estudios reportados sobre polisacáridos de microalgas, destacan los del polisacárido extracelular de la microalga roja *Porphyridium* sp., el polisacárido de la pared celular de *Chlorella* sp. y los polisacáridos de la teca de *Tetraselmis* sp. (Le Costaouëc y col., 2017) (Figura 5). Sin embargo, la información sobre este tipo de macromoléculas es limitada y para evaluar sus aplicaciones potenciales es



necesario conocer su estructura y características como, por ejemplo, el peso molecular y las propiedades viscoelásticas, las cuales pueden ser determinantes para definir su uso (Raposo y col., 2013).

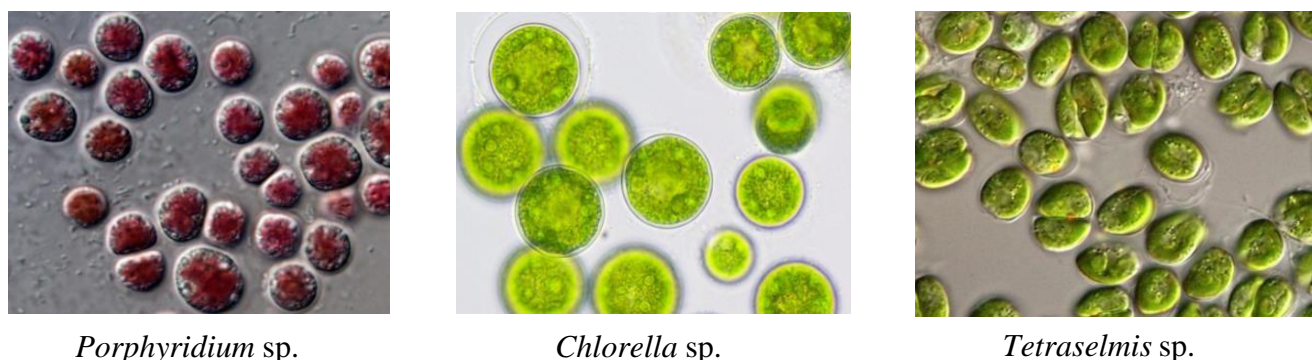


Figura 5. Microcraolgas marinas cuyos polisacáridos han sido más estudiados.

Se han reportado múltiples efectos benéficos de distintos polisacáridos de microalgas en la salud humana. Un ejemplo de ellos es la crisolaminarina de *Thalassiosira pseudonana*, estructuralmente compuesto por un esqueleto de β -glucosa en una proporción de 11:1 de (β -1,3)-glucosa y (β -1,6)-glucosa, respectivamente (Hildebrand y col., 2017), la cual inhibe la proliferación de células tumorales de colon.

Por otro lado, Fimbres-Olivarria y col. (2018) investigaron los polisacáridos sulfatados de la microalga *Navicula* sp. obteniendo un rendimiento de 4.4% (p/p) con un contenido de sulfato de 0.33% (p/p). En otro estudio, Fimbres-Olivarria y col. (2016) evaluaron la capacidad gelificante de los polisacáridos sulfatados extraídos de *Navicula* sp., y lograron obtener un gel con un mecanismo similar al de lambda carragenina, basado en la interacción con Fe (III). Así mismo, estos autores reportaron que los polisacáridos extraídos presentaron capacidad antioxidante, lo cual aumenta el potencial de aplicación de estas macromoléculas (Figura 6).

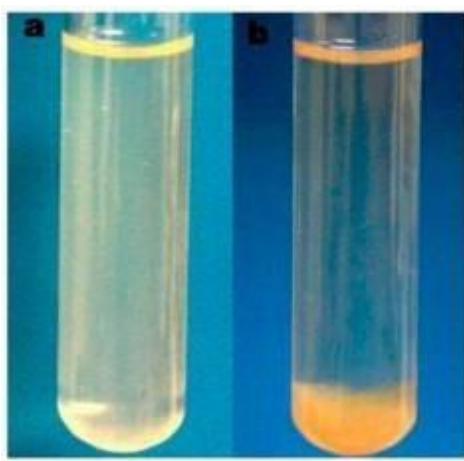


Figura 6. Polisacárido sulfatado de *Navicula* sp. antes (a) y después (b) de la adición de $FeCl_3$. Adaptado de Fimbres-Olivarria y col. (2016).

Polisacáridos de las Microalgas de Cristal: Las Diatomeas

Las diatomeas (Bacillariophytas) son microalgas con una pared celular que asemeja a una cápsula de cristal, debido a su composición de sílice. Son consideradas el grupo más diverso dentro del fitoplancton oceánico con un estimado de entre 10^5 y 10^7 especies. Además, son un grupo de suma importancia dado que contribuyen con aproximadamente el 40% de productividad primaria en los ecosistemas marinos y el 20% de la fijación de carbono global (Norton y col., 1996). Las diatomeas pertenecen a la división heterokontophyta y se dividen en dos grupos taxonómicos basados en la forma de la célula: las diatomeas centrales presentan una simetría radial y las diatomeas penadas presentan una simetría bilateral. Las diatomeas centrales son predominantemente planctónicas, mientras que las penadas pueden encontrarse adheridas a superficies o creciendo y trasladándose por el sedimento (Van den Hoek y col., 1995).

Estos organismos consisten en una célula con un protoplasto incrustado en una frústula, nombre que recibe la pared celular de las diatomeas. Esta estructura se encuentra entre dos valvas o tecas superpuestas, donde la epiteca (parte superior) es más grande que la hipoteca (parte inferior). La estructura de la frústula puede asemejar una varilla, un copo o una estructura tridimensional más compleja (Brzowska y col., 2020) (Figura 7). La frústula se compone de tres capas sucesivas: 1) la capa orgánica más interna, denominada diatopetum y que está en contacto con el plasmalema; 2) una capa mineral silificada que contiene materia orgánica; y 3) una capa orgánica externa que queda atrapada en el mucílago secretado, al cual se le denomina “exopolisacárido” y se encuentra unido a la pared celular. En diversas diatomeas se han investigado los polisacáridos de la pared celular, los de almacenamiento (alimento intracelular) y el mucílago producido. Dichos estudios han revelado que el contenido, composición y características de estos polisacáridos varía con las condiciones ambientales y las técnicas de extracción utilizadas (Underwood y Paterson, 2003; Gügi y col., 2015).

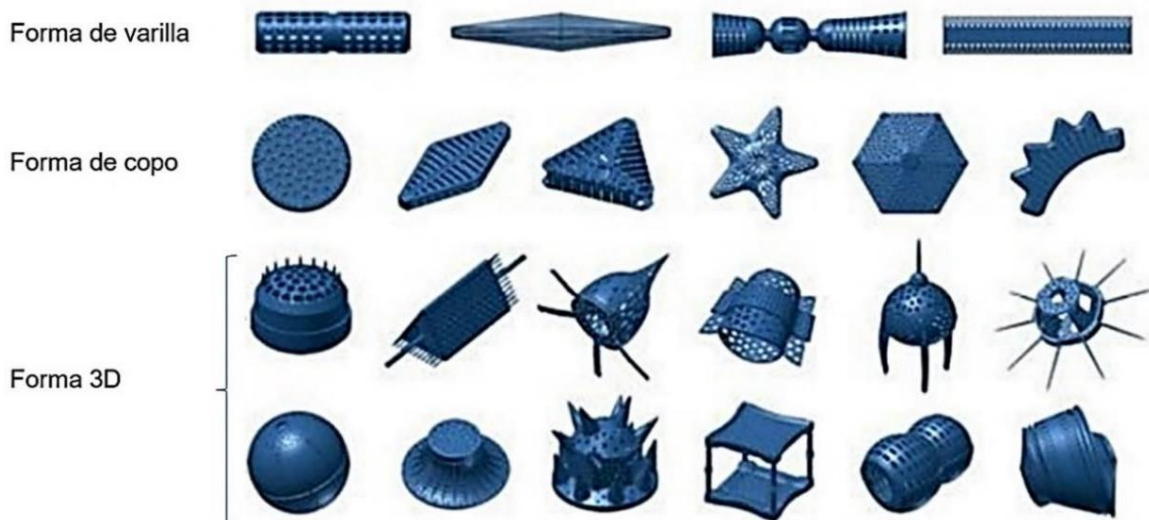


Figura 7. Estructura de la frústula de diatomeas. Adaptado de Brzowska y col. (2020).

Dependiendo de la movilidad de la diatomea (bentónica o planctónica) y de las condiciones ambientales, estos organismos producen diferentes cantidades de sustancias extracelulares poliméricas, siendo estas principalmente carbohidratos. Una de las razones por las cuales las diatomeas bentónicas dominan sobre otras algas es la capacidad de moverse gracias a que secretan una sustancia mucilaginosa que brinda unión al sustrato y les permite deslizarse a través de éste. Dicho movimiento es característico de las que presentan formas penadas con rafe y campos porosos apicales que permiten su asociación con el sustrato; sin embargo, algunas diatomeas céntricas también pueden secretar mucílago a partir de procesos valvares de una manera menos frecuente (Buendía-Flores et al., 2015). Los polisacáridos de diatomeas bentónicas se incorporan a la cadena alimentaria marina como fuente de materia orgánica para animales marinos tanto planctónicos como bentónicos (Decho, 1990; Shniukova y Zolotareva, 2015).

Los polisacáridos sulfatados se encuentran en la pared celular de estas microalgas. El mucílago extracelular que producen las diatomeas está conformado por un alto contenido de carbohidratos y tal matriz puede incluir otro tipo de biopolímeros. Debido a las miles de especies con las que cuenta el grupo de las diatomeas y a la gran variedad de formas y simetrías disponibles, tanto la composición de monosacáridos como la de sus glico-conjugados suele ser altamente específica. Los exopolisacáridos de estas microalgas se producen como resultado de la fijación fotosintética del carbón inorgánico (Decho, 1990). Estos polímeros realizan varias funciones, entre ellas se pueden encontrar formando envolturas de mucílago y coberturas que forman un microambiente alrededor de las células y las protege de cambios ambientales repentinos y adversos. La presencia de grupos carboxilo y sulfato en estos exopolisacáridos aseguran la desintoxicación causada por metales pesados y la inmovilización de sustancias tóxicas, además de evitar que las células se sequen durante marea baja. Los polisacáridos en diatomeas están relacionados principalmente con el almacenamiento intracelular, seguido por los encontrados en la matriz extracelular, denominados exopolisacáridos, y finalmente los asociados a la frústula o pared celular, principalmente polisacáridos sulfatados (Gügi y col., 2015). Los polisacáridos de estos organismos poseen alto valor agregado y un gran potencial de aplicación en diversas aplicaciones industriales debido a sus propiedades bioactivas. Estas macromoléculas han sido evaluadas en distintas aplicaciones terapéuticas y se les han atribuido propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Beaumont y col., 2021).

Conclusiones

El contenido y diversidad de compuestos bioactivos y funcionales en las algas marinas ha aumentado el interés por estos organismos. En particular, los polisacáridos de microalgas marinas presentan una gran variedad de funciones y posibles aplicaciones en el área de la medicina, la farmacéutica y la alimentación, entre otras. Sin embargo, son necesarios estudios adicionales enfocados a la extracción, caracterización y evaluación del potencial de aplicación de estas macromoléculas. La generación de nuevo conocimiento en estas áreas es esencial para el desarrollo de estrategias efectivas en el uso de las microalgas marinas de las cuales todavía hay una gran parte sin explorar. Las perspectivas de aplicación biotecnológica de los polisacáridos sulfatados recuperados de las microalgas son prometedoras. No obstante, para lograr utilizar estos biopolímeros a nivel industrial es necesaria su extracción a mayor escala a partir de una alta producción de biomasa de microalgas.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto No. 319684 “Estudio de las características macromoleculares y las propiedades gelificantes y bioactivas de los polisacáridos sulfatados de algas

marinas” (responsable: Dra. Elizabeth Carvajal Millán). Este proyecto fue aprobado por CONAHCYT en la Convocatoria de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera Modalidad: Paradigmas y Controversias de la Ciencia 2022.

Referencias

1. Ai X, Yu P, Li X, Lai X, Yang m, Liu F, Luan F, Meng X. 2023. Polysaccharides from *Spirulina platensis*: Extraction methods, structural features and bioactivities diversity. *Int. J. Biol. Macromol.* 231, 123211, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123211>
2. Barros de Medeiros VP, Leite de Souza E, Rodrigues de Albuquerque TM, da Costa Sassi CF, dos Santos Lima M, Sivieri K, Colombo Pimentel T, Magnani M. 2021. Freshwater microalgae biomasses exert a prebiotic effect on human colonic microbiota. *Algal Res.* 60, 102547, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102547>
3. Beaumont M, Tran R, Vera G, Niedrist D, Rousset A, Pierre R, Shastri P, Forget A. 2021. Hydrogel-forming algae polysaccharides: From seaweed to biomedical applications. *Biomacromolecules* 22(3):1027-1052. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c01406>
4. Ben Hlima H, Smaoui S, Barkallah M, Elhadef K, Tounsi L, Michaud P, Fendri I, Abdelkafi S. 2021. Sulfated exopolysaccharides from *Porphyridium cruentum*: A useful strategy to extend the shelf life of minced beef meat. *Int. J. Biol. Macromol.* 193 (Part B): 1215-1225, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.10.161>.
5. Brasil BD, de Siqueira FG, Salum TFC, Zanette CM, Spier MR. 2017. Microalgae and cyanobacteria as enzyme biofactories. *Algal Res.* 25: 76-89. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.04.035>
6. Brzozowska W, Sprynskyy M, Wojtczak I, Dąbek P, Witkowski A, Buszewski B. 2020. “Outsourcing” diatoms in fabrication of metal-doped 3D biosilica. *Materials* 13(11): 2576. <https://doi.org/10.3390/ma13112576>
7. Buendía-Flores M, Tavera R, Novelo E. 2015. Florística y ecología de diatomeas bentónicas de la zona lacustre de Xochimilco-Tláhuac, México. *Bot. Sci.* 93(3): 531-558. <https://doi.org/10.17129/botsci.148>
8. Cardozo KH, Guaratini T, Barros MP, Falcão VR, Tonon AP, Lopes NP, Campos S, Torres MA, Souza AO, Colepicolo P, Pinto E. 2007. Metabolites from algae with economical impact. *Comp. Biochem. Physiol.* 146 (1-2): 60-78. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.05.007>
9. Challouf R, Trabelsi L, Ben Dhieb R, El Abed O, Yahia A, Ghazzi K, Ben Amar J, Omran H, Ben Ouada H. 2011. Evaluation of cytotoxicity and biological activities in extracellular polysaccharides released by cyanobacterium *Arthrospira platensis*. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 54(4):831-838. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000400024>
10. Chen B, You W, Huang J, Yu Y, Chen W. 2010. Isolation and antioxidant property of the extracellular polysaccharide from *Rhodella reticulata*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 26, 833-840. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0240-y>
11. Cunha L, Grenha A. 2016. Sulfated seaweed polysaccharides as multifunctional materials in drug delivery applications. *Mar. Drugs* 14(3), 42. <https://doi.org/10.3390/md14030042>
12. Decho AW. 1990. Microbial exopolymer secretions in ocean environments: Their roles in food webs and marine processes. *Oceanogr. Mar. Biol: An Ann. Rev.* 28(7): 73-153.
13. Delattre C, Pierre G, Laroche C, Michaud P. 2016. Production, extraction and characterization of microalgal and cyanobacterial exopolysaccharides. *Biotechnol. Adv.* 34(7): 1159-1179. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.08.001>
14. FAO. 2012 Fishery Statistical Collections. Global Aquaculture Production. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>. Accesado el 3 de diciembre de 2021.
15. Fimbres-Olivarria D, López-Elías JA, Carvajal-Millan E, Márquez-Escalante JA, Martínez-Córdova LR, Miranda-Baeza A, Enríquez-Ocaña F, Valdéz-Holguín JE, Brown-Bojórquez F. 2016. *Navicula* sp. sulfated polysaccharide gels induced by Fe(III): Rheology and microstructure. *Int. J. Mol. Sci.* 17(8): 1238. <https://doi.org/10.3390/ijms17081238>



16. Fimbres-Olivarria D, Carvajal-Millan E, Lopez-Elias JA, Martinez-Robinson KG, Miranda-Baeza A, Martinez-Cordova LR, Enriquez-Ocaña F, Valdez-Holguin JE. 2018. Chemical characterization and antioxidant activity of sulfated polysaccharides from *Navicula* sp. *Food Hydrocoll.* 75: 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.002>
17. Geresh S, Mamontov A, Weinstein J. 2002. Sulfation of extracellular polysaccharides of red microalgae: preparation, characterization and properties. *J. Biochem. Biophys. Methods.* 50(2-3): 179-187. [https://doi.org/10.1016/S0165-022X\(01\)00185-3](https://doi.org/10.1016/S0165-022X(01)00185-3)
18. Glicksman M. 1987. Utilization of seaweed hydrocolloids in the food industry. *Hydrobiologia* 151: 31-47. <https://doi.org/10.1007/BF00046103>
19. Gügi B, Le Costaouec T, Burel C, Lerouge P, Helbert W, Bardor, M. 2015. Diatom-specific oligosaccharide and polysaccharide structures help to unravel biosynthetic capabilities in diatoms. *Mar. Drugs* 13(9): 5993-6018. <https://doi.org/10.3390/md13095993>
20. Guo W, Zhu S, Li S, Feng Y, Wu H, Zeng M. 2021. Microalgae polysaccharides ameliorates obesity in association with modulation of lipid metabolism and gut microbiota in high-fat-diet fed C57BL/6 mice. *Int. J. Biol. Macromol.* 182:1371–1383. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.05.067.
21. Guzmán S, Gato A, Lamela M, Freire-Garabal M, Calleja JM. 2003. Anti-inflammatory and immunomodulatory activities of polysaccharide from *Chlorella stigmatophora* and *Phaeodactylum tricornutum*. *Phytother. Res.* 17: 665-670, <https://doi.org/10.1002/ptr.1227>
22. Hamed I, Özogul F, Özogul Y, Regenstein JM. 2015. Marine bioactive compounds and their health benefits: a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 14(4): 446-465. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12136>
23. Hildebrand M, Manandhar-Shrestha K, Abbriano R. 2017. Effects of chrysolaminarin synthase knockdown in the diatom *Thalassiosira pseudonana*: Implications of reduced carbohydrate storage relative to green algae. *Algal Res.* 23: 66-77. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.01.010>
24. Jiang J-L, Zhang W-Z, Ni W-X, Shao J-W. 2021. Insight on structure-property relationships of carrageenan from marine red algal: A review. *Carbohydr. Polym.* 257, 117642. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117642>
25. Jindal N, Singh DP, Khattar JS. 2013. Optimization, characterization, and flow properties of exopolysaccharides produced by the cyanobacterium *Lyngbya stagnina*. *J. Basic Microbiol.* 53: 902-912. <https://doi.org/10.1002/jobm.201200201>
26. John BDM. 1994. Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biol. Rev.* 69(3): 275-291. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1994.tb01272.x>
27. Khan T, Date A, Chawda H, Patel K. 2019. Polysaccharides as potential anticancer agents—A review of their progress. *Carbohydr. Polym.* 210: 412-428. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.064>
28. Kraan S. 2012. Algal polysaccharides, novel applications, and outlook. Ch 22 in *Carbohydrates Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*. C. F. Chang (Ed.), p.489-53.2 InTechOpen, Londres. doi: 10.5772/51572
29. Lahaye M, Robic A. 2007. Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. *Biomacromolecules* 8, 1765-1774. <https://doi.org/10.1021/bm061185q>
30. Le Costaouëc T, Unamunzaga C, Mantecon L, Helbert W. 2017. New structural insights into the cell-wall polysaccharide of the diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Algal Res.* 26: 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.07.021>
31. Li H, Zhao H, Gao Z, Song X, Wang W, Yuan F, Feng Y, Zhang Y, Zhang J, Zhang S, Jia L. 2019. The antioxidant and anti-aging effects of acetylated mycelia polysaccharides from *Pleurotus djamor*. *Molecules* 24(15):2698. <https://doi.org/10.3390/molecules24152698>
32. Lordan S, Ross RP, Stanton C. 2011. Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases. *Mar. Drugs.* 9(6): 1056-1100. <https://doi.org/10.3390/md9061056>
33. Miranda-Arizmendi V, Fimbres-Olivarria D, Miranda-Baeza A, Martínez-Robinson K, Rascón-Chu A, De Anda-Flores Y, Lizardi-Mendoza J, Mendez-Encinas MA, Brown-Bojorquez F, Canett-Romero R, Carvajal-Millan E. 2022. Sulfated polysaccharides from *Chaetoceros muelleri*: Macromolecular characteristics and bioactive properties. *Biology* 11 (10):1476. <https://doi.org/10.3390/biology11101476>

34. Morales-Jiménez M, Gouveia L, Yáñez-Fernández J, Castro-Muñoz R, Barragán-Huerta BE. 2020. Production, preparation and characterization of microalgae-based biopolymer as a potential bioactive film. *Coatings* 10(2), 120. <https://doi.org/10.3390/coatings10020120>
35. Norton TA, Melkonian M, Andersen RA. 1996. Algal biodiversity. *Phycologia* 35(4): 308-326. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-35-4-308.1>
36. Ntie-Kang F, Svozil D. 2020. An enumeration of natural products from microbial, marine and terrestrial sources. *Phys. Sci. Rev.* 5(8): 20180121. <https://doi.org/10.1515/psr-2018-0121>
37. O'Sullivan L, Murphy B, McLoughlin P, Duggan P, Lawlor PG, Hughes H, Gardiner, GE. 2010. Prebiotics from marine macroalgae for human and animal health applications. *Mar. Drugs* 8(7): 2038-2064. <https://doi.org/10.3390/md8072038>
38. Pangestuti R, Kim SK. 2014. Biological activities of carrageenan. *Adv. Food Nutr. Res.* 72: 113-124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800269-8.00007-5>
39. Prybylski N, Toucheteau C, Alaoui HE, Bridiau N, Maugard T, Abdelkafi S, Fendri I, Delattre C, Dubessay P, Pierre G, Michaud P. 2020. Bioactive polysaccharides from microalgae. Ch. 20 in *Handbook of Microalgae-Based Processes and Products*. E Jacob-Lopes, M Manzoni Maroneze, MI Queiroz, L Queiroz Zepka (Eds.), p. 533-571. Academic Press, Inc., New York. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818536-0.00020-8>
40. Raposo M, De Morais R, Bernardo de Morais A. 2013. Bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. *Mar. Drugs* 11(1): 233-252. <https://doi.org/10.3390/md11010233>
41. Raposo MF, De Morais AMB, De Morais RMSC. 2015. Marine polysaccharides from algae with potential biomedical applications. *Mar. Drugs*. 13(5): 2967-3028. <https://doi.org/10.3390/md13052967>
42. Rengasamy K R, Kulkarni MG, Stirk WA, Van Staden J. 2014. Advances in algal drug research with emphasis on enzyme inhibitors. *Biotechnol. Adv.* 32(8): 1364-1381. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.08.005>
43. Rengasamy KR, Mahomoodally MF, Aumeeruddy MZ, Zengin G, Xiao J, Kim DH. 2020. Bioactive compounds in seaweeds: An overview of their biological properties and safety. *Food Chem. Toxicol.* 135: 111013. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.111013>
44. Running CA, Falshaw R, Janaswamy S. 2012. Trivalent iron induced gelation in lambda-carrageenan. *Carbohydr. Polym.* 87(4):2735-2739. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.018>
45. Shniukova EI, Zolotareva EK. 2015. Diatom Exopolysaccharides: a Review. *Int. J. Algae* 17(1): 50-67. DOI: 10.1615/InterJAlgae.v17.i1.50
46. Singh J, Saxena RC. 2015. An introduction to microalgae: Diversity and significance. In: *Handbook of Marine Microalgae: Biotechnology Advances*. SK Kim (Ed.). Academic Press. Amsterdam. 11-24 pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00002-9>
47. Sun T, Tao H, Xie J, Zhang S, Xu X. 2010. Degradation and antioxidant activity of k-carrageenans. *J App. Polym. Sci.* 117: 194-199. <https://doi.org/10.1002/app.31955>
48. Tang DYY, Khoo KS, Chew KW, Tao Y, Ho SH, Show PL. 2020. Potential utilization of bioproducts from microalgae for the quality enhancement of natural products. *Bioresour. Technol.* 304: 122997. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122997>
49. Tanna, B., Mishra, A. 2019. Nutraceutical potential of seaweed polysaccharides: Structure, bioactivity, safety, and toxicity. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18(3): 817-831. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12441>
50. Tannin-Spitz T, Bergman M, van-Moppes D, Grossman S, Arad S. 2005. Antioxidant activity of the polysaccharide of the red microalga *Porphyridium* sp. *J. Appl. Phycol.* 17, 215-222 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10811-005-0679-7>
51. Torabi P, Hamdami N, Keramat J. 2021. Microwave-assisted extraction of sodium alginate from brown macroalgae *Nizimuddinia zanardini*, optimization and physicochemical properties. *Sep. Sci. Technol.* 57(6): 872-885. <https://doi.org/10.1080/01496395.2021.1954020>
52. Tseng CK. 2001. Algal biotechnology industries and research activities in China. *J. App. Phycol.* 13(4): 375-380. <https://doi.org/10.1023/A:1017972812576>
53. Underwood GJ, Paterson DM. 2003. The importance of extracellular carbohydrate production by marine epipellic diatoms. *Adv. Bot. Res.* 40: 183-240. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(05\)40005-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(05)40005-1)



54. Van den Hoek C, Mann DG, Jahns HM. 1995. *Algae: An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge.
55. Venugopal V. 2008. Seaweed: Nutritional Value, Bioactive Properties, and Uses. Ch 10 in *Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean*. G. Mazza (Ed.), p. 261-296. CRC Press and Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida. <https://doi.org/10.1201/9781420052640>
56. Vuppaladadiyam AK, Prinsen P, Raheem A, Luque R, Zhao M. 2018. Microalgae cultivation and metabolites production: a comprehensive review. *Biofuel Bioprod. Biorefin.* 12(2): 304-324. <https://doi.org/10.1002/bbb.1864>
57. Wijesekara I, Pangestuti R, Kim SK. 2011. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydr. Polym.* 84:14-21. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.062>
58. Yi T, Shan Y, Huang B, Tang T, Wei W, Quinn NW. 2020. An efficient *Chlorella* sp.-*Cupriavidus necator* microcosm for phenol degradation and its cooperation mechanism. *Sci. Total Environ.* 743, 140775. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140775>
59. Yim JH, Kim SJ, Ahn SH, Lee CK, Rhee KT, Lee HK. 2004. Antiviral effects of sulfated exopolysaccharide from the marine microalga *Gyrodinium impudicum* strain KG03. *Mar. Biotechnol.* 6, 17-25. <https://doi.org/10.1007/s10126-003-0002-z>
60. Zaporozhets TS, Besednova NN, Kuznetsova TA, Zvyagintseva TN, Makarenkova ID, Kryzhanovsky SP, Melnikov VG. 2014. The prebiotic potential of polysaccharides and extracts of seaweeds. *Russ. J. Mar. Biol.* 40(1): 1-9. <https://doi.org/10.1134/S1063074014010106>

La Eco-innovación e Innovación Abierta, Factor Para Elevar la Reputación en las PYMES de Sonora

Eco-innovation and Open Innovation, a Factor to Raise the Reputation of SMEs in Sonora

Ruiz-Zamora José Alonso*, Valdez-Juárez Luis Enrique*, Mexía-Ballesteros Ricardo, Acuña-Mayoral Francisco Javier, Camacho-Ramírez Laura Esmeralda

Departamento de Ciencias Económico – Administrativas y Cuerpo Académico Gestión y Desarrollo Empresarial (CA 037) del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Guaymas, Sonora, México.

Autores para la correspondencia: Ruiz-Zamora, José Alonso (jose.ruiz@itson.edu.mx) & Valdez-Juárez, Luis Enrique (levaldez@itson.edu.mx).

Resumen

El presente trabajo consiste en examinar los efectos de la eco-innovación e innovación abierta como elemento determinante para elevar la reputación empresarial que se ostenta en las Pequeñas y Medianas Empresas. El trabajo de investigación se encuentra sustentada por una muestra de 101 entidades económicas ubicadas en el municipio de Guaymas, Sonora, al Noroeste de la república mexicana. La obtención de los datos corresponde entre septiembre y noviembre del año 2019, apoyado de un instrumento estructurado (encuesta) dirigida a los responsables de las organizaciones. Para los resultados se utilizó el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) por medio del paquete estadístico PLS (Partial Least Square), para su análisis y validación. Los resultados indican que la eco-innovación y la innovación abierta tienen influencia significativa sobre la reputación empresarial de las Pymes, y que además el implementar procesos enfocados al cuidado al medio ambiente mediante la combinación de la tecnología y el conocimiento es una práctica empresarial que permite elevar la imagen antes los grupos de interés internos y externos en el entorno empresarial. La investigación aporta a la literatura y teoría de la sostenibilidad, innovación como de las capacidades di-námicas para la competitividad empresarial en la PyMe.

Palabras clave: Eco-Innovación (EI), Innovación Abierta (IA), Reputación Empresarial (RE), Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs).

Abstract

The present work consists of examining the effects of eco-innovation and open innovation as a determining element to raise the business reputation that is held in Small and Medium Enterprises. The research work is supported by a sample of 101 economic entities located in the municipality of Guaymas, Sonora, in the Northwest of the Mexican Republic. The data collection corresponds between September and November of the year 2019, supported by a structured instrument (survey) addressed to the heads of the organizations. For the results, the structural equation model (SEM) was used through the statistical package PLS (Partial Least Square), for its analysis and validation. The results indicate that eco-innovation and open innovation have a significant influence on the business reputation of SMEs, and that also implementing processes focused on caring for the environment through the combination of technology and knowledge is a business practice that allows raise the image before internal and external interest groups in the business environment. The research contributes to the literature and theory of sustainability, innovation as well as dynamic capabilities for business competitiveness in SMEs.

Key words: Eco-Innovation (EI), Open Innovation (AI), Corporate Reputation (ER), Small and Medium Enterprises (SMEs).

DOI: 10.46588/invurnus.v18i1.92

Recibido 16/11/2022

Aceptado 10/12/2022

Publicado 26/06/2023

Introducción

A lo largo de los años, las entidades económicas han incrementado cada vez más su interés por tratar de ser cada vez más competitivos dentro del entorno empresarial. Esto con la finalidad de permanecer activamente dentro de los mercados tanto internacional, como nacional y local, lo que ha provocado una lucha constante entre las organizaciones. De acuerdo a lo anterior, resulta de suma importancia la incorporación de estrategias que ayuden a los directivos y organizaciones a lograr tales objetivos, lo cual requiere de recursos tanto económicos, capital humano e infraestructura (física y tecnológica), así como de la capacidad de ejecución por parte de los directivos. Una de las estrategias más utilizada hoy en día consiste en la capacidad de incorporar la parte de la innovación en los productos, servicios y en los procesos internos dentro de la organización de forma interna, ya que en los últimos años ha venido evolucionando hacia nuevos enfoques de sostenibilidad y cuidado del medio ambiente determinada como Eco-Innovación. Así como el agregar conocimientos tanto inter-nos como externos dentro de la empresa (Innovación Abierta) para el desarrollo de nuevas alternativas de negocios con alto nivel de impacto en beneficio de los interesados, apoyando de manera positiva la reputación en las organizaciones.

De acuerdo a la bibliografía literaria, preexiste una multiplicidad en asimilación y ejecución en cuando a innovación, en el panorama corporativo encauzado a la distinción en procesos, métodos y productos para la administración empresarial que ayuden a la creación de una ventaja competitiva por medio de la innovación tecnológica y organizacional, de acuerdo con Abrahamson, 1991; y retomado por van Oorschot, Hofman, & Halman, en 2018. Crossan & Apaydin (2010), visualiza el contexto de innovación como la aceptación, absorción y ejecución de un descubrimiento que agrega un valor añadido por medio de la creación de nuevos productos, desarrollo de nuevos métodos de producción y sistemas de gestión, incidiendo de manera positiva en la renovación y aplicación de productos, servicios y mercado, así como en la economía de una sociedad. En los últimos años, la innovación ha estado en una constante transformación debido a la incorporación de nuevas corrientes teóricas, de las cuales una de ellas se encuentra encaminada al cuidado de los procesos y acciones en beneficio del medio ambiente, así como pasar de una dirección cerrada por un enfoque interactivo y abierto.

La Eco-Innovación se encuentra asociado con el nivel de compromiso de las organizaciones para adoptar prácticas que reduzca el impacto negativo al medio ambiente (O'Brien et al., 2011). Expertos en el tema explican a través de sus investigaciones que los directivos de las organizaciones deben desarrollar competencias a un nivel superior con el objetivo de alcanzar ventajas y rentabilidad sostenida, ya que de acuerdo al tamaño y giro de la entidad económica es el tipo de eco-innovación a implementar, los cuales pueden ser enfocados a procesos, productos, servicios, organizacional, marketing y social (Hahn & Kühnen, 2013; O'Brien et al., 2013). Trabajos realizados por diversos autores afirman que la innovación abierta es un concepto que es percibido como aquellos conocimientos tanto internos y externos que brindan soporte a las nuevas tecnologías para que las organizaciones las implementen en la producción ya sea de sus bienes, servicios y/o procesos (Bocquet, Le Bas, Mothe, & Poussing, 2019).

Otro punto clave para que las organizaciones sobresalgan es la Reputación Empresarial (RE) que cuentan las organizaciones para causar un alto grado de confianza ante los ciudadanos con la finalidad de atraer mayores clientes que le permitan permanecer vigente dentro del mercado. Sin embargo, lograr este

aspecto cuenta con un alto grado de complejidad ya que actualmente no es suficiente contar con los recursos necesarios, capacidad de operación o de un buen producto o servicio para su logro y sostenimiento como ventaja competitiva. Sino el apoyo de otros elementos con grado de innovación que resalten atributos de las organizaciones en beneficio de su reconocimiento y permanencia. Es por ello que resulta un aliado clave el desarrollo de la Eco-Innovación (EI) y la Innovación Abierta (IA) dentro de las entidades económicas (Martín-de Castro & López, 2006).

Existen modelos desarrollados y enfocados en la competitividad sostenida para las organizaciones dirigidas principalmente en las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) bajo el enfoque de la teoría de las capacidades dinámicas. Desarrollado por Teece (2007), reforzada por Andreeva & Ritala (2016) y abordado por Garzón Castrillón (2017), estipulando estrategias en beneficios de las organizaciones para lograr ser cada vez más competitivas y rentables con el paso de los años. La innovación abierta es una de las estrategias la cual consiste, en la generación del conocimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías de las empresas. Si las organizaciones desean obtener resultados positivos y constantes, es indispensable utilizar todos los elementos con los que cuentan las organizaciones ya sea internas y externas para poder enfrentar de manera adecuada el entorno empresarial que actualmente es muy cambiante (Aagaard, 2016).

Si bien existen beneficios gracias a la implementación de nuevos modelos de negocios enfocados en la eco-innovación e innovación abierta que puedan ayudar en la reputación de las organizaciones, las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), siguen enfrentando diversos obstáculos que no les han permitido permanecer y sobresalir dentro del mercado. Dentro de las barreras a las que se enfrentan constantemente se encuentran: 1) nula atención social para el involucramiento de las entidades económicas en acciones enfocadas a la eco-innovación, 2) no contar con las condiciones internas dentro de las organizaciones para la implementación de eco-innovación, 3) bajo interés por parte de las organizaciones para implementar eco-innovación, 4) recurso insuficiente para implementar procesos de eco-innovación (del Río, Carrillo-Hermosilla, & Könnölä, 2010), 5) escasa visión de los directivos e inversionistas (Teece, 2010), 6) nulo aprovechamiento en creatividad y capital humano (Çakar & Ertürk, 2010), 7) nulo presupuesto para la implementación en Investigación y Desarrollo de la Investigación y Desarrollo (I+D) (Çakar & Ertürk, 2010; Tucci, Chesbrough, Piller, & West, 2016), y 8) nulo compromiso ambiental por parte de los empleados de las organizaciones (Hatala, 2005; Nonaka & Toyama, 2003).

De acuerdo a la revisión teórica y empírica, se ha encontrado la existencia de una gran cantidad de estudios focalizados al análisis de la eco-innovación e innovación abierta como elemento clave para elevar la reputación de las organizaciones (Horbach, Rammer, & Rennings, 2012; Teece, 2010; Valdez-Juárez, Ramos-Escobar, Gúzman, & Ruiz-Zamora, 2020). Sin embargo, son muy pocos los enfocados hacia las PyMEs. La presente investigación cuenta con el objetivo de: 1. Analizar los efectos que tiene la Innovación Abierta sobre la Eco-Innovación en la PyMe, 2. Verificar la influencia de la Eco-Innovación sobre la Reputación Empresarial de la PyMe, y 3. Examinar el efecto que tiene la Innovación Abierta con el nivel de la Reputación Empresarial de las PyMEs de comercio y servicio del municipio de Guaymas, Sonora, México.



Revisión de la Literatura y Desarrollo de la Hipótesis

De acuerdo a la contextualización tanto teórica y empírica, podemos decir que la innovación abierta es considerada una generación estratégica de competitividad en las organizaciones (Álvarez-Aros & Bernal-Torres, 2017). El estudio entre la innovación abierta y la eco-innovación, ha determinado la existencia de una conexión entre ambas (Pinzón, Gonzalo, & Pérez, 2020), sin embargo, algunos investigadores en el tema explican que estas dos actividades se encuentran relacionadas de forma recíproca (Chiang & Hung, 2010; Wikhamn & Styhre, 2017). Investigaciones realizadas han demostrado que tanto los productos y servicios que se han desarrollado con innovación abierta, han generado múltiples beneficios para las personas involucradas dentro de las organizaciones, entre los que se encuentra la realización de productos ecológicos como incorporar procedimientos más amigables con el medio ambiente, así, como infraestructura, maquinaria o equipo que reduzca el impacto negativo al medio ambiente (Triguero, Moreno-Mondéjar, & Davia, 2013). De acuerdo a lo expuesto con anterioridad, se presenta el cuestionamiento hipotético:

H1. A mayores prácticas de innovación abierta se incrementan las acciones ecológicas en los procesos de innovación de las PyMEs.

La correcta ejecución en la operatividad dentro de las organizaciones las ha ayudado tradicionalmente en la obtención de beneficios para su permanencia con el paso de los años, pero obteniendo resultados aún más favorables y sobresalientes como sostenibles con la implementación de la innovación abierta para obtención de una mayor rentabilidad (Pavón Hernández, Hernández Vega, Suárez Hernández, Jiménez Valero, & Sánchez Rodríguez, 2015). Investigaciones realizadas en los últimos años, revelan que utilizar los conocimientos internos y externos en apoyo al crecimiento de las organizaciones, están llevándolas a mejores resultados para la obtención de una mayor rentabilidad (Carrizo, 2017; Cruz González et al., 2009). Dichos ajustes han sido beneficiados en el capital humano, logrando obtener productos con alto valor agregado, con apoyo de acciones en beneficios del medio ambiente lo cual permita ser cada vez más competitivos y que a su vez ayudar a la generación de una imagen positiva en el mercado (Avellaneda Rivera, 2017; Escobar, 2017; Martín-de Castro & López, 2006).

La Eco-Innovación y la Innovación Abierta, su Relación en la Reputación de la Pyme.

La Eco-Innovación es considerada como una alternativa para las organizaciones independientemente de su tamaño, sector o actividad productiva, como diferenciador empresarial debido a los múltiples beneficios que puede conllevar para las empresas desde la operatividad, sostenibilidad y diferenciador competitivo que se puede traducir ante el entorno externo como parte de la reputación empresarial. Además, con el desarrollo de los avances tecnológicos y la llegada de la economía del conocimiento, en su conjunto ayuda a lograr resultados sobresalientes (Carvalho Proença, 2019; Segarra-Oña, Peiró-Signes, Miret-Pastor, & Albors-Garrigós, 2011). Algunos de los beneficios para las organizaciones como diferenciador es el valor agregado para los involucrados adoptando nuevas alternativas encaminadas hacia el cuidado del medio ambiente que permita a las organizaciones perdurar dentro del mercado y reconocidas por ofrecer productos o servicios de calidad y a la vez, cuidando al medio ambiente y de esta manera generar una imagen positiva para las organizaciones (Gutman, Torcuato, Tella, Lopez, & Ryan, 2017). Estudios realizados exponen que las organizaciones cuentan con un rendimiento más elevado para los colaboradores involucrados, llamadas empresas verdes, (Mebratu, 1998; Rajeev, Pati, Padhi, & Govindan, 2017; Spence, 2016).

Para las pequeñas y medianas empresas, estudios realizados afirman que este tipo de entidades económicas comienzan aplicar cada vez más este tipo de prácticas sustentables de acuerdo al tipo de empresa y que estas pueden ir en relación a sus procesos, productos, servicios, organizaciones, marketing o social (Hahn & Kühnen, 2013), así como en el elección de sus proveedores, con la finalidad de satisfacer en su totalidad a sus clientes por ofrecer productos competitivos y a la vez cuidando al medio ambiente tomándolo como diferenciador en la imagen de la organización (Cifuentes & León, 2011). Además, este tipo de acciones está ayudando a las Pymes al abrir nuevos mercados logrando llegar a mayores consumidores (Zhao, Meng, He, & Gu, 2019). Las prácticas enfocadas a la sustentabilidad bajo el enfoque ecología en los negocios, logran alcanzar una gran cantidad de beneficios organizacionales y financieros (Portillo-Tarragona, Scarpellini, & Marín-Vinuesa, 2017).

Algunos autores en sus investigaciones han determinado a la eco-innovación como una ventaja competitiva para las organizaciones y en especial en las Pymes (Torres Rivera, García Ocampo, & Jiménez Vázquez, 2011), en conjunto con la economía abierta han permitido la implementación de una manera inteligente en la adaptación de mejoras que permita una sostenibilidad en las entidades económicas tanto en mejorar los productos, calidad de servicios y procesos para que el cliente perciba un servicio de calidad, disminuyendo de igual forma los desechos, uso responsable de la electricidad y agua, reduciendo de esta manera los costos e incrementando la rentabilidad económica como elevar la reputación de la empresa ante los diferentes grupos de interés en el mercado (Galvis Ardila & Silva Agudelo, 2016; Torres Rivera et al., 2011; Vence & Pereira, 2019). Por lo cual, a partir de la presente fundamentación tanto teórica como empírica, emitimos la siguiente hipótesis:

H2. A mayores prácticas ecológicas en la innovación se incrementa el nivel de reputación en la Pyme.

H3. A mayor estrategia y práctica de la innovación abierta en la Pyme se logra incrementar el nivel de reputación en la PyMe.

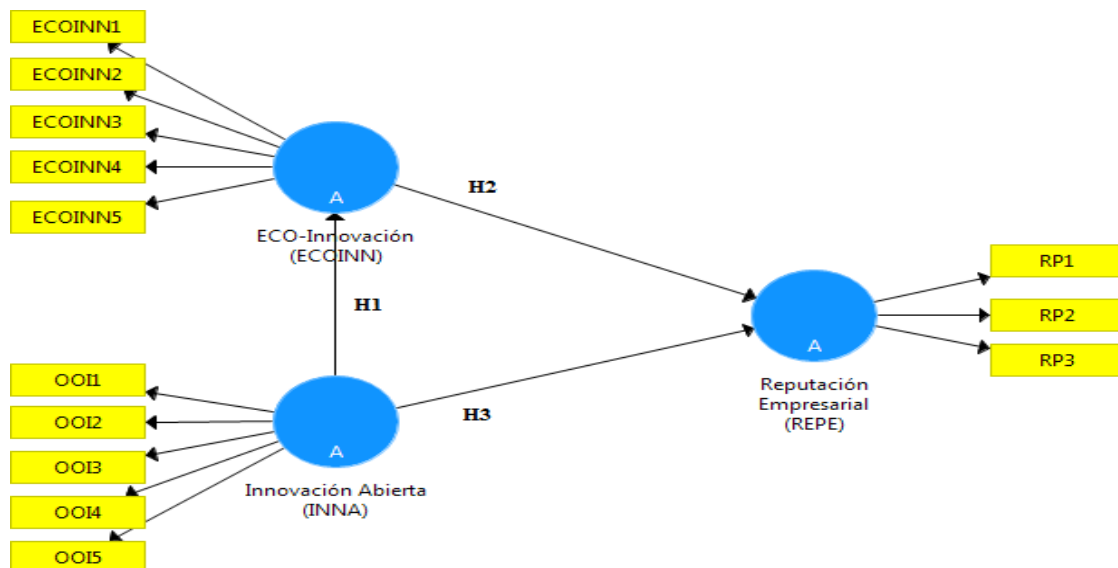


Figura 1. Modelo teórico



Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación cuenta con un corte del tipo cuantitativo predictivo con fundamento en el principio de muestreo estratificado para población finitas. La población se encuentra estructurada por Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), ubicadas en el municipio de Guaymas, Sonora, México, las cuales han sido segmentadas de acuerdo a su actividad productiva (Comercio – Servicio). De acuerdo, al número de entidades económicas en la región del centro y sur del estado de Sonora, corresponde a un total de 1087 entidades del giro comercio y 890 entidades del giro de servicios. Dichos datos, han sido recabados de acuerdo a la información del censo económico que proporciona el Director Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), correspondiente al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del año 2018. El tamaño de la muestra fue establecido para obtener un margen de error máximo para su estimación proporcional (frecuencia relativa de respuesta en un ítem específico de una cuestión) pudiera ser menor a 0.03 puntos de un nivel de confianza del 95%. El procedimiento utilizado para la obtención de la información consistió por medio de una entrevista (cuestionario) de manera física y personal enfocada a los encargados y/o personal de altos mandos de las PyMEs. La aplicación del instrumento corresponde a los meses de septiembre a noviembre del año 2019, obteniendo una muestra total de 101 empresas encuestadas.

Tabla 1. Características de la muestra

| Ciudad | Giro empresarial: Comercio | Giro empresarial: Servicios | Total |
|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| Guaymas | 53 | 48 | 101 |
| % | 52.5% | 47.5% | 100% |

Medida de las variables

Eco-Innovación (ECOINN). Para la medición del presente constructo se implementó el método unidimensional de tipo formativo en modalidad A. De acuerdo a la literatura analizada en relación a la sostenibilidad, esta variable se encuentra sustentada de acuerdo a los estudios realizados por Mebratu (1998) y abordados por Maldonado-Guzmán, Garza-Reyes, & Pinzón-Castro (2020), como por Vence & Pereira (2019). La variable ha sido medida por medio de la elaboración de 5 Ítems en un instrumento estructurado (cuestionario), enfocado a gerentes de las PyMEs, brindaran su opinión en relación con actividades relacionadas con el cuidado al medio ambiente que se llevan a cabo dentro y fuera de la organización dentro de los dos últimos años. De acuerdo a lo anterior, se ha utilizado una escala del tipo Likert de 5 puntos para determinar el nivel de desacuerdo o de acuerdo (1=total desacuerdo y 5=total desacuerdo) del constructo. Cada uno de los Items del constructo, cumplen con los indicadores de consistencia interna y de validez (ver tabla 2). Las cargas factoriales de este constructo van desde 0.675 hasta 886, mostrando con ello parámetros aceptables.

Innovación Abierta (INNA). Para el análisis y validación estadística del constructo fue medido de manera unidimensional de tipo formativo en modalidad A. Su medición tanto teórica como empírica fue considerado la implementación y relación con las actividades de sostenibilidad dentro de las organizaciones. Las investigaciones realizadas por Ram, Titular, & Titular (2018) y Maldonado Guzmán, García Ramírez (2021), fueron tomados como antecedentes para la escala de medición del constructo. Para lo cual, se han desarrollado 5 Ítems en el instrumento estructurado (cuestionario), siendo mostradas a los gerentes de las PyMEs, para la emisión de su punto de vista en relación a la importancia que tiene para la organización las

prácticas de innovación abierta dentro de los últimos dos años. El tipo de opciones para las respuestas del presente constructo, se encuentran bajo una escala de Likert de 5 puntos, donde 1=Poco importante a 5= Muy importante. Siendo que el total de los Ítems cumplen con los indicadores de consistencia interna y de validez, (ver tabla 2). Las cargas factoriales de este constructo van desde 0.728 hasta 0.824, mostrando con ello parámetros aceptables.

Tabla 2. Consistencia interna de los constructos

| Constructo | Alfa de Cronbach | Fiabilidad compuesta | Varianza extraída media (AVE) |
|------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|
| Eco-Innovación | 0.850 | 0.892 | 0.627 |
| Innovación Abierta | 0.828 | 0.877 | 0.588 |
| Reputación Empresarial | 0.651 | 0.811 | 0.590 |

Reputación Empresarial (REPE). El último constructo cuenta con una medición unidimensional de tipo formativo en modalidad A. Para el desarrollo de la escala de medición se consideró las investigaciones elaboradas por Quinn & Rohrbaugh (2011) y por Singh, Olugu, Musa, & Mahat (2018). La variable tuvo una medición de 3 Ítems por medio de una encuesta autodirigida a los gerentes de las PyMEs, para conocer su opinión sobre el comportamiento en los 2 últimos años. Su medición fue por medio de una escala de Likert de 5 puntos (1=Total desacuerdo a 5=Completamente de acuerdo). Los 3 Ítems, cumplen con los indicadores de consistencia interna y de validez (ver tabla 2). Las cargas factoriales de este constructo van desde 0.696 hasta 0.806, mostrando con ello parámetros aceptables.

Resultados y Discusión

Modelo de Medida

Para el análisis del modelo de medida se exponen los valores del alfa de Cronbach, la fiabilidad compuesta, la varianza media extraída (AVE) y la validez discriminante (los valores en diagonal muestran un valor superior al valor debajo de cada constructo) a través de la prueba de Fornell y Larcker los valores muestran una buena consistencia interna (ver tabla 2 y 3).

Tabla 3. Validez Discriminante

| Constructo | (ECOINN) | (INNA) | (REPE) |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Eco-Innovación | 0.792 | | |
| Innovación Abierta | 0.245 | 0.767 | |
| Reputación Empresarial | 0.539 | 0.452 | 0.768 |

Modelo Estructural

Para implementar la técnica estadística de ecuaciones estructurales apoyada en la varianza se implementó para validar y/o comprobar las hipótesis diseñadas en el presente trabajo de investigación por medio del programa SmartPLS en su versión 3.2.8 Profesional. La implementación de este procedimiento y la utilización del software resulta sumamente apropiada para la investigación predictiva, exploratoria y confirmatoria (Henseler, Hubona, & Ray, 2016; Martínez Ávila & Fierro Moreno, 2018). En la Tabla 4,



denominada prueba de hipótesis, se observan: 1. los datos del coeficiente β , 2. grado de significancia (p valor), 3. importancia de la distribución de los valores utilizando la t de Student y 4. desviación estándar. Para comprobar la hipótesis, se utilizó el procedimiento de bootstrapping con 5.000 submuestras como lo recomienda Chin (1998) y abordado por Marin-Garcia & Alfalla-Luque (2019).

Tabla 4. Prueba de Hipótesis

| Constructo | Coefficiente Beta | Desviación estándar | Valor t | P Valores | F cuadrado |
|-----------------------|-------------------|---------------------|---------|-----------|------------|
| H1 (INNA) -> (ECOINN) | 0.245*** | 0.105 | 2.338 | 0.010 | 0.064 |
| H2 (ECOINN) -> (REPE) | 0.456*** | 0.071 | 6.405 | 0.000 | 0.326 |
| H3 (INNA) -> (REPE) | 0.341*** | 0.076 | 4.504 | 0.000 | 0.182 |

En la presente tabla se observan los resultados obtenidos de las hipótesis como lo es valor de beta, desviación estándar, valor t y el efecto del modelo a través de la prueba de F^2 . Así mismo, mostrando los niveles de significancia en relación a los valores: *, **, ***, al 10%, 5% y 1% correspondientemente.

En la Tabla número 4, se observan los datos obtenidos de acuerdo a las hipótesis testadas dentro del modelo de análisis por medio del método de ecuaciones estructurales por medio del Partial Least Square (PLS). Así mismo, se determina el soporte empírico para las hipótesis elaboradas en el modelo (H1, H2 y H3). Las hipótesis presentan resultados positivos significativos al 99% y 90%.

Para llevar a cabo el ajuste del modelo se utilizaron las técnicas SEM que se sustentan en la varianza por medio del paquete estadístico PLS considerando 1) valor de los coeficientes de trayectoria, 2) la examinación de (R^2) y 3) los indicadores de (F^2), siendo medidas individuales significativas para expresar la capacidad de predicción del modelo estructural (Chin & Dibbern, 2010; Fassott, 2010). El coeficiente más fuerte del modelo es 0.456*** (ECOINN -> REPE), seguido de 0.341*** (INNA -> REPE) y 0.245*** (INNA -> ECOINN). Para llevar a cabo la revisión de la calidad de predicción del modelo se han estudiado los valores de (R^2) para los constructos dependientes, obteniendo indicadores de 0.050 para la variable Eco-Innovación y 0.338 para la variable de Reputación Empresarial, mostrando valores como recomienda (Hair, J. F. Jr., Sarstedt, & Ringle, 2017). El valor (F^2), es medido de acuerdo a los valores de 0.02, 0.15 y 0.35 indicando un efecto débil, medio o grande (Ringle, Wende, & Becker, 2017; Shiau, Sarstedt, & Hair, 2019). El estudio de F^2 , presenta los indicadores de las relaciones clave del modelo con valores de 0.326, 0.182 y 0.064. El Test estadístico Q^2 (cross-validated redundancy index) es utilizado con el objetivo de evaluar y probar la relevancia predictiva de los constructos endógenos en un modelo.

Para el análisis del modelo consistió mediante la técnica blindfolding (Ringle et al., 2017). Los indicadores cuentan con resultados de 0.212 en la variable de Reputación Empresarial y 0.032 en la variable de Eco-Innovación. Los indicadores o valores mayores a (0) exponen una notable calidad predictiva, poniendo en existencia la calidad explicativa del modelo (Chin, 1998b; Hair, Hult, Ringle, Sarstedt, & Thiele, 2017). Para expresar con exactitud el modelo predictivo se ha agregado la prueba de bondad de ajuste. Cuando hablamos del valor estandarizado de la media cuadrática residual (SRMR) y está se encuentra en un parámetro (<0.08-0.1), se argumenta que cuenta con un ajuste aceptable (Schuberth, Henseler, & Dijkstra, 2018), el valor de Chi-cuadrado es 146.106 y el valor NFI es de 0.743, confirmando que el resultado de 0.084 del modelo propuesto cuenta con una calidad predictiva aceptable, así como la existencia de una congruencia teórica en los resultados empíricos.

Tabla 5. Valor de R Cuadrado Ajustada

| Constructos dependientes | R cuadrado ajustada |
|-------------------------------|---------------------|
| Eco-Innovación_(ECOINN) | 0.050 |
| Reputación Empresarial_(REPE) | 0.388 |

Tabla 6. Ajuste del Modelo

| Indicadores de Ajuste | Modelo estimado |
|-----------------------|-----------------|
| SRMR | 0.084 |
| Chi-cuadrado | 146.106 |
| NFI | 0.743 |

Abordando el panorama de las Pymes, consideradas como una economía en pleno desarrollo, así como con múltiples barreras políticas tanto internas como externas, en la presente sección se muestran los principales hallazgos, como conclusiones y discusiones del estudio en análisis. Nuestros razonamientos se encuentran sostenidos y fundamentados de acuerdo a las teorías de las capacidades dinámicas, innovación enfocada hacia el cuidado del medio ambiente, innovación abierta y en el desarrollo sostenible. En cuanto a los resultados, la hipótesis que cuenta con un mayor indicador se encuentra ubicado en H2 (0.456***), relacionada con la Eco-Innovación y la Reputación Empresarial (Imagen). En esta misma dirección encontramos que la H3 (0.341***) cuenta con un efecto fuerte en relación a la Innovación Abierta y la Reputación Empresarial en las Pymes. Dichos resultados permiten inferir y proponer que las entidades económicas con capacidades de innovación encaminadas al beneficio del medio ambiente con el apoyo de la recolección de datos y conocimiento del interior (mentorías por parte de los directivos, hábitos y costumbres de los colaboradores, así, como el contar con información de los repositorios y adiestramiento) y exterior (capacitación, asesoría, apoyo de instituciones educativas como universidades y centro de investigación), lo están aplicando a niveles superiores y demás, contribuyendo al medio ambiente por la utilización de acciones ecológicas dentro de sus procesos (Andreeva & Ritala, 2016; O'Brien et al., 2011; Teece, 2010, 2018).

La implementación de estas estrategias las convierte en organizaciones con enfoques y modelos de negocios con algún grado de sustentabilidad que les permite obtener un diferenciador en relación a la imagen (Reputación Empresarial) de la empresa utilizadas dentro del mercado como un diferenciador competitivo (Aagaard A. & Lindgren, 2016; Çakar & Ertürk, 2010; Mishra, 2017; Ram et al., 2018). Dichos estudios se encuentran ordenados con la teoría de las capacidades dinámicas y sostenibilidad, así como de las investigaciones del tipo empíricos realizados y desarrollados (Andreeva & Ritala, 2016; Hahn & Kühnen, 2013; Teece, 2018). En este mismo sentido, aunque menos fuerte que la H1 correspondiente a la Innovación Abierta y la Eco-Innovación, cuentan con efecto significativo en relación a la reputación de las Pymes en estudio. Estos resultados corresponden a la relación existente de las acciones innovadoras y sostenibles que se ejecutan dentro de las organizaciones de este tipo, y donde adoptan trabajos enfocados a la ecología, ahorro de consumibles, elección razonable de proveedores, así como de la realización de compras a conciencia dentro de las entidades económicas.

Así mismo, este tipo de organizaciones adoptan cada vez más este tipo de acciones debido a los múltiples beneficios tanto para la organizaciones que conlleva en la reducción de los costos como la energía e insumos que son vitales para el desarrollo de la operatividad y disminuir el impacto negativo para el cuidado del medio ambiente y a su vez se convierte en una ventaja competitiva y diferenciador ante la



competencia, generando un reconocimiento e imagen positiva ante los diferentes grupos de interés. Dichos resultados, han encontrado una conducta igualitaria con la teoría de capacidades dinámicas y sostenimiento (Ahi & Searcy, 2013; Andreeva & Ritala, 2016; Carter & Rogers, 2008; McWilliams, Parhankangas, Coupet, Welch, & Barnum, 2016).

Conclusiones

La presente investigación a formado diversas extensiones las cuales permitan a las Pequeñas y Medianas empresas (Pymes), enfocar el camino con una visión a la competitividad sostenible: 1) adopción por parte de los directivos de modelos de negocios focalizados en beneficios del cuidado del medio ambiente (Tece, 2010, 2018), 2) impulsar la acreditación de los procesos en el área de la sustentabilidad y Responsabilidad Social Corporativa (RSC), como lo es el ISO 14000 y 26000 (Chakroun, Salhi, Ben Amar, & Jarboui, 2019; Moratis & Cochius, 2017; Sethi, Rovenpor, & Demir, 2017), 3) creación de un área por parte de los gerentes de las organizaciones focalizada en la investigación, en temas de desarrollo e innovación (I+D+I), 4) enfocar las acciones en cuestiones de Eco-Innovación e Innovación Abierta de la Pyme, direccionadas a mejorar sus procesos con el fin de obtener mayores dividendos tanto para la organización que permita para satisfacer a los clientes con productos o servicios de calidad, reduciendo el impacto negativo al medio ambiente para contar con mayores ventas e incrementar la imagen y reputación de la Pyme (Escobar, 2017; Usman & Vanhaverbeke, 2017), 5) fomentar el compromiso ambiental de los empleados y 6) invertir en el desarrollo de la creatividad y capital humano. Algunas de las limitantes que se generaron en la investigación corresponden a: 1) las respuestas otorgadas por los directivos y/o gerentes de las organizaciones corresponden a puntos de vistas del tipo subjetivas pudiendo incidir en un sesgo y/o conveniencia, 2) la forma en cómo se midieron las escalas corresponde al tipo unidimensional, que en un futuro se pudiera realizar de manera multidimensional, y 3) la técnica estadística implementada se encuentra basada en la varianza, para el futuro es recomendable hacer uso del análisis estadístico con la técnica de covarianza.

Finalmente, de acuerdo al grado de importancia en relación al tema de la Eco-Innovación e Innovación Abierta como elementos clave para la reputación de las pequeñas y medianas empresas, se recomienda seguir con el estudio del comportamiento de las variables e integrar nuevas que ayuden y otorguen un sustento para futuros trabajos enfocados al análisis de la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa del sector PyMe.

Referencias

1. Aagaard, A. (2016). *Sustainable Business*: River Publishers. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=ExvkDAAAQBAJ>
2. Aagaard, A., & Lindgren, P. (2016). Exploring the Concept and Incentives of Sustainable Business Models. *Journal of Multi Business Model Innovation and Technology*, 4(1), 35–46. <https://doi.org/10.13052/jmbmit2245-456x.412>
3. Abrahamson, E. (1991). Managerial Fads and Fashions: The Diffusion and Rejection of Innovations. *Academy of Management Review*, 16(3), 586–612. <https://doi.org/10.5465/amr.1991.4279484>
4. Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018>
5. Álvarez-Aros, E. L., & Bernal-Torres, C. A. (2017). Modelo de Innovación Abierta: Énfasis en el Potencial Humano. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 65–76. <https://doi.org/10.4067/S0718->

07642017000100007

6. Andreeva, T., & Ritala, P. (2016). What are the sources of capability dynamism? Reconceptualizing dynamic capabilities from the perspective of organizational change. *Baltic Journal of Management*, 11(3), 238–259. <https://doi.org/10.1108/BJM-02-2015-0049>
7. Avellaneda Rivera, L. M. (2017). *Eco-Innovación Abierta En Sectores Tradicionales. Análisis Aplicado Al Sector Turístico Y Agroalimentario En España*. 362. Retrieved from <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/15231>
8. Bocquet, R., Le Bas, C., Mothe, C., & Poussing, N. (2019). Strategic CSR for innovation in SMEs: Does diversity matter? *Long Range Planning*, 52(6). <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2019.101913>
9. Çakar, N. D., & Ertürk, A. (2010). Comparing Innovation Capability of Small and Medium-Sized Enterprises: Examining the Effects of Organizational Culture and Empowerment. *Journal of Small Business Management*, 48(3), 325–359. <https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2010.00297.x>
10. Carrizo, G. C. (2017). Pymes y emprendedores: innovación para salir de la crisis. *Artículo Especial / Rev Esp Cardiol*, 67136(2), 1–56. Retrieved from http://appsww.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pident_articulo=90267575&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=25&ty=95&accion=L&origen=cardio&web=www.revespcardiol.org&lan=es&fichero=25v67n02a90267575pdf001.pdf&anuncioPdf=ERROR_publici_pdf
11. Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 360–387. <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>
12. Carvalho Proença, J. J. (2019). Innovación en modelos de colaboración y emprendimiento collaboration and entrepreneurship innovation models. *Horizontes Empresariales*, 18(2), 21–32. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=fua&AN=140352901&sit e=eds-live&custid=s2430210>
13. Chakroun, S., Salhi, B., Ben Amar, A., & Jarboui, A. (2019). The impact of ISO 26000 social responsibility standard adoption on firm financial performance. *Management Research Review*, 43(5), 545–571. <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2019-0054>
14. Chiang, Y.-H., & Hung, K.-P. (2010). Exploring open search strategies and perceived innovation performance from the perspective of inter-organizational knowledge flows. *R&D Management*, 40(3), 292–299. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00588.x>
15. Chin, W. W. (1998a). Commentary: Issues and Opinion on Structural Equation Modeling. *MIS Quarterly*, 22(1), vii–xvi. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/249674>
16. Chin, W. W. (1998b). Issues and Opinion on Structural Equation Modeling. *MIS Quarterly*, 22(1), 1. <https://doi.org/Editorial>
17. Chin, W. W., & Dibbern, J. (2010). Handbook of Partial Least Squares. In *Handbook of Partial Least Squares*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8>
18. Cifuentes, I. O., & León, I. M. M. (2011). Measure of corporate reputation in service SMEs. *Revista Europea de Dirección y Economía de La Empresa*, 20(3), 77–102.
19. Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
20. Cruz González, J., López, P., Profesor, S., Doctor, C., Martín, G., Castro, D., ... De Castro, M. (2009). La Influencia de las Capacidades Dinámicas sobre los Resultados Financieros de la Empresa The Influence of Dynamic Capabilities on the Company's Financial Performance. *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 19(19), 105–128.



21. del Río, P., Carrillo-Hermosilla, J., & Könnölä, T. (2010). Policy Strategies to Promote Eco-Innovation. *Journal of Industrial Ecology*, 14(4), 541–557. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00259.x>
22. Drucker, P. (2014). *Innovation and entrepreneurship : practice and principles*.
23. Escobar, T. V. & S. (2017). *DE INNOVACIÓN ABIERTA , TALLERES EMPRESARIALES DE INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD APLICADA (TEICA)*. 8–27.
24. Fassott, G. (2010). Handbook of Partial Least Squares. *Handbook of Partial Least Squares*, 713–714. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32827-8>
25. Galvis Ardila, Y., & Silva Agudelo, M. C. (2016). Communication: reputation and company development. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, NA(41), 194–239. <https://doi.org/10.14482/pege.41.9711>
26. Garzón Castrillón, M. A. (2017). MODELO DE CAPACIDADES DINÁMICAS. *Dimensión Empresarial*, 13(1 SE-), 111–131. <https://doi.org/10.15665/rde.v13i1.341>
27. Gutman, V., Torcuato, F., Tella, D., Lopez, A., & Ryan, R. E. O. (2017). *C O I N N O V a C I Ó N Y P R O D U C C I Ó N V E R D E*. (August 2018).
28. Hahn, R., & Kühnen, M. (2013). Determinants of sustainability reporting: A review of results, trends, theory, and opportunities in an expanding field of research. *Journal of Cleaner Production*, 59(November 2013), 5–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.005>
29. Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Thiele, K. O. (2017). Mirror, mirror on the wall: a comparative evaluation of composite-based structural equation modeling methods. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(5), 616–632. <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0517-x>
30. Hair J. F. Jr. , Marko Sarstedt , Christian M. Ringle, S. P. G. (2017). *Advanced Issues in Partial Least Squares Structural Equation Modeling - Joseph F. Hair, Jr., Marko Sarstedt, Christian M. Ringle, Siegfried P. Gudergan - Google Libros (SAGE, Ed.)*.
31. Hatala, J. P. (2005). Identifying Barriers to Self Employment: The Development and Validation of the Barriers to Entrepreneurship Success Tool. *Performance Improvement*, 18(4), 50–70. <https://doi.org/10.1111/j.1937-8327.2005.tb00350.x>
32. Henseler, J., Hubona, G., & Ray, P. A. (2016). Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, 116(1), 2–20. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2015-0382>
33. Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact — The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, 78, 112–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.005>
34. INEGI. (2018). *Economic Census, summary of the final results*. Mexico.
35. Maldonado-Guzmán, G., Garza-Reyes, J. A., & Pinzón-Castro, Y. (2020). Eco-innovation and the circular economy in the automotive industry. *Benchmarking*, 28(2), 621–635. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2020-0317>
36. Maldonado Guzmán, García Ramírez, M. Z. & C. E. (2021). *10.- INNOVACIÓN ABIERTA, CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN LA PYME DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ DE MÉXICO.pdf*.
37. Marin-Garcia, J. A., & Alfalla-Luque, R. (2019). Protocol: How to deal with Partial Least Squares (PLS) research in Operations Management. A guide for sending papers to academic journals. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 10(1), 29. <https://doi.org/10.4995/wpom.v10i1.10802>
38. Martín-de Castro, G., & López, J. (2006). La importancia de la reputación empresarial en la obtención de ventajas competitivas sostenibles. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La*

- Empresa*, ISSN 1135-2523, Vol. 12, Nº 3, 2006, Pags. 29-38, 12.
39. Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. In *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* (Vol. 8). <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
 40. McWilliams, A., Parhankangas, A., Coupet, J., Welch, E., & Barnum, D. T. (2016). Strategic Decision Making for the Triple Bottom Line. *Business Strategy and the Environment*, 25(3), 193–204. <https://doi.org/10.1002/bse.1867>
 41. Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: Historical and conceptual review. *Environmental Impact Assessment Review*, 18(6), 493–520. [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00019-5)
 42. Mishra, D. R. (2017). Post-innovation CSR Performance and Firm Value. *Journal of Business Ethics*, 140(2), 285–306. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2676-3>
 43. Moratis, L., & Cochius, T. (2017). *ISO 26000: The Business Guide to the New Standard on Social Responsibility*. Taylor & Francis.
 44. Nonaka, I., & Toyama, R. (2003). The knowledge-creating theory revisited: knowledge creation as a synthesizing process. *Knowledge Management Research & Practice*, 1(1), 2–10. <https://doi.org/10.1057/palgrave.kmrp.8500001>
 45. O'Brien, M., Bleischwitz, R., Bringezu, S., Fischer, S., Ritsche, D., Steger, S., ... Saarinen, L. A. (2011). *The eco-innovation challenge: pathways to a resource-efficient Europe; annual report 2010*. Brussels: Eco-Innovation Observatory.
 46. O'Brien, M., Bleischwitz, R., Steger, S., Fischer, S., Miedzinski, M., Campregher, C., ... Karjalainen, A. (2013). *Europe in transition: paving the way to a green economy through eco-innovation; annual report 2012*. Brussels: Eco-Innovation Observatory.
 47. Pavón Hernández, A., Hernández Vega, A., Suárez Hernández, J., Jiménez Valero, B., & Sánchez Rodríguez, J. (2015). Análisis de los modelos de Innovación Abierta. Ventajas de su aplicación. *Avanzada Científica*, 18(3), 32–44.
 48. Pinzón, S., Gonzalo, M., & Pérez, R. (2020). Open Innovation and Eco-Innovation Practices in Mexican Manufacturing Companies. *Scientific E-Journal of Human Sciences*, 34–47.
 49. Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., & Marín-Vinuesa, L. M. (2017). La Eco-innovación en la empresa: características financieras y organización. *Gestión. Revista de Economía*, 65(julio-diciembre 2017), 10–15.
 50. Quinn, R. E., & Rohrbaugh, J. (2011). *A Spatial Model of Effectiveness Criteria: Towards a Competing Values Approach to Organizational Analysis A SPATIAL MODEL OF EFFECTIVENESS CRITERIA: TOWARDS A COMPETING VALUES APPROACH TO ORGANIZATIONAL ANALYSIS* *. 29(3), 363–377.
 51. Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., & Govindan, K. (2017). Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 162, 299–314. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.05.026>
 52. Ram, S., Titular, P., & Titular, P. (2018). *Co-creación e innovación abierta: Revisión sistemática de literatura*. 9–18.
 53. Ringle, C., Wende, S., & Becker, J. (2017). *SmartPLS—Statistical Software For Structural Equation Modeling*.
 54. Schuberth, F., Henseler, J., & Dijkstra, T. K. (2018). Partial least squares path modeling using ordinal categorical indicators. *Quality & Quantity*, 52(1), 9–35. <https://doi.org/10.1007/s11135-016-0401-7>
 55. Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, A., Miret-Pastor, L., & Albors-Garrigós, J. (2011). ¿Eco-innovación,



- una evolución de la innovación? Análisis empírico en la industria cerámica española. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 50(5), 253–260. <https://doi.org/10.3989/cyv.332011>
56. Sethi, S. P., Rovenpor, J. L., & Demir, M. (2017). Enhancing the Quality of Reporting in Corporate Social Responsibility Guidance Documents: The Roles of ISO 26000, Global Reporting Initiative and CSR-Sustainability Monitor. *Business and Society Review*, 122(2), 139–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/basr.12113>
 57. Shiau, W. L., Sarstedt, M., & Hair, J. F. (2019). Internet research using partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *Internet Research*, 29(3), 398–406. <https://doi.org/10.1108/IntR-10-2018-0447>
 58. Singh, S., Olugu, E. U., Musa, S. N., & Mahat, A. B. (2018). Fuzzy-based sustainability evaluation method for manufacturing SMEs using balanced scorecard framework. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1081-1>
 59. Spence, L. J. (2016). Small Business Social Responsibility. *Business & Society*, 55(1), 23–55. <https://doi.org/10.1177/0007650314523256>
 60. Teece, D. J. (2007). Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance. *Strategic Management Journal*, 29(13), 1319–1350.
 61. Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long Range Planning*, 43(2–3), 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
 62. Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.007>
 63. Torres Rivera, A. D., García Ocampo, R. A., & Jiménez Vázquez, C. (2011). Eco-innovación, fuente de ventaja competitiva para las pymes. *XV Congreso Internacional de Investigación En Ciencias Administrativas*, 280–294. Retrieved from http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/15_17_eco_innovacion.pdf
 64. Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., & Davia, M. A. (2013). Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92, 25–33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.009>
 65. Tucci, C. L., Chesbrough, H., Piller, F., & West, J. (2016). When do firms undertake open, collaborative activities? Introduction to the special section on open innovation and open business models. *Industrial and Corporate Change*, 25(2), 283–288. <https://doi.org/10.1093/icc/dtw002>
 66. Usman, M., & Vanhaverbeke, W. (2017). How start-ups successfully organize and manage open innovation with large companies. *European Journal of Innovation Management*, 20(1), 171–186. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2016-0066>
 67. Valdez-Juárez, L. E., Ramos-Escobar, E. A., Gúzman, G. M., & Ruiz-Zamora, J. A. (2020). Open Innovation and CSR, Determinants in Logistics and Performance in Commercial SMES. *International Business Research*, 13(2). Retrieved from <https://econpapers.repec.org/RePEc:ibn:ibrjnl:v:13:y:2020:i:2:p:50>
 68. Van Oorschot, J. A. W. H., Hofman, E., & Halman, J. I. M. (2018). A bibliometric review of the innovation adoption literature. *Technological Forecasting and Social Change*, 134, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.04.032>
 69. Vence, X., & Pereira, Á. (2019). Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy. *Contaduría y Administración*, 64(1), 1–19. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1806>
 70. Wikhamn, B. R., & Styhre, A. (2017). Open Innovation as a Facilitator for Corporate Exploration. *International Journal of Innovation Management*, 21(06), 1750042. <https://doi.org/10.1142/S1363919617500426>

71. Zhao, Z., Meng, F., He, Y., & Gu, Z. (2019). The Influence of Corporate Social Responsibility on Competitive Advantage with Multiple Mediations from Social Capital and Dynamic Capabilities. *Sustainability*, 11(1), 218. <https://doi.org/10.3390/su11010218>

Cómo citar este artículo: Ruiz-Zamora J.A, Valdez-Juárez L.E, Mexía-Ballesteros R, Acuña-Mayoral F.J, Camacho-Ramírez L.E. (2023). La Eco-innovación e Innovación Abierta, Factor Para Elevar la Reputación en las PYMES de Sonora. INVURNUS, 18 (1) 1-15.



Sistema de Monitoreo de Variables Físicoquímicas en el Mar

Monitoring system for physicochemical variables in the Sea

Verde Romero Daniel Alfonso¹, Mora Martínez Anmar Samael¹, Villalvazo Laureano Efraín^{1*}, Jiménez Betancourt Ramón Octavio¹, González López Juan Miguel¹, Pérez González Marco Antonio¹.

1 Universidad de Colima, Km 20 Manzanillo-Cihuatlán, Manzanillo Colima 28860, México

Autor para la correspondencia: Villalvazo Laureano Efraín: villalvazo@ucol.mx

Resumen

En el presente artículo se presenta un prototipo de boya inteligente para identificar variables físicoquímicas que pueden ser utilizadas para determinar la presencia de sustancias oleosas acumuladas en el mar debido a la presencia de desechos plásticos marinos. La boya se coloca en el mar, tiene un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y permite tomar muestras del agua con sensores para ser analizadas. La boya está equipada con 3 sensores para monitorear TEMPERATURA, PH y TURBIDEZ. En una segunda etapa del proyecto, los datos podrán ser enviados, almacenados y etiquetados empleado machine learning para predecir escenarios. La información se utiliza para generar una base de datos de acceso abierto para ser consultada en tiempo real y desarrollar un tablero de resultados.

Palabras clave: Sensores, contaminación, Base de Datos, sigfox.

Abstract

In this article, an intelligent buoy prototype is presented to identify physicochemical variables that can be used to determine the presence of oily substances accumulated in the sea due to marine plastic debris. The buoy is placed in the sea, has a Global Positioning System (GPS), and allows water samples to be taken with sensors to be analyzed. The buoy has three sensors to monitor TEMPERATURE, PH, and TURBIDITY. In the project's second stage, the data could be sent, stored, and labeled using machine learning to predict scenarios. The information is used to generate an open-access database to be consulted in real-time and to develop a results dashboard. Keywords: Sensors, Contamination, Database, Sigfox

Key words: Sensors, Contamination, Database, Sigfox

DOI: 10.46588/invurnus.v18i1.67

Recibido 23/02/2023

Aceptado 23/04/2023

Publicado 23/07/2023

Introducción

Para realizar un proyecto de monitoreo de las aguas en el mar, se deben cumplir las normas ambientales y de calidad del agua de la región o de los tratados internacionales; por eso antes de iniciar, se debe hacer una revisión de los principios de monitoreo de la calidad del agua marina, el diseño y los procedimientos de análisis de datos. También es necesario incluir una revisión de las convenciones internacionales de mares regionales (Karydis, 2013). Para posteriormente extender la aplicación del proyecto al cuidado de cualquier espacio o ecosistema marino.

Los arrecifes de coral proliferan o tienen mayor posibilidad de formarse en las regiones donde la estacionalidad, el afloramiento o las olas internas impulsan la variabilidad de variables fisicoquímicas esenciales como la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y el suministro de nutrientes (Roik, 2016). En algunos países como la India han desarrollado trabajos para comprender las variaciones estacionales y espaciales en las características fisicoquímicas (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes) (Vase, 2018).

Como el medio ambiente marino significa un papel muy importante en el desarrollo socioeconómico de diferentes lugares del mundo. En un trabajo se presentó un estudio para evaluar el impacto del complejo turístico de la bahía de Taghazout en la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas costeras de Taghazout; después de obtener los resultados, los parámetros de contaminación fecal determinaron que se deben monitorear de manera rutinaria las variables para mejorar las condiciones ambientales de las ciudades costeras (Lamine, 2019).

El cambio climático global probablemente cambiará las distribuciones batimétricas y causará la extinción local en las especies de aguas profundas. Los esfuerzos de conservación de aguas profundas deben enfocarse en los ecosistemas marinos frágiles y en las especies que lo forman (Danovaro, 2020). Los esfuerzos de monitoreo de aguas profundas que prioricen estas variables ayudarán a respaldar la implementación de estrategias de gestión efectivas a escala global, en México en la región de las costas de Colima es muy importante poner atención a estos puntos; porque, es una zona portuaria-industrial- turística.

Los sistemas de monitoreo dependen en gran parte de la alimentación constante del sistema y su principal fuente de energía depende de celdas solares y baterías para alimentarse durante los periodos sin sol. Un trabajo de investigación se enfocó en desarrollar un modelo de predicción para predecir la vida útil de la batería con mucha anticipación y alertar a los tecnólogos para que el monitoreo no se interrumpa utilizando el Análisis de Componentes Principales (ACP) y la Red Neural Profunda (RNP) [6]. Debido a la importancia que tienen las Variables Esenciales de Biodiversidad (VEB) desarrollaron un sistema de nueve satélites tipo H4 que brindarían una cobertura semanal de las zonas costeras globales para el monitoreo de esas variables (Muller-Karger, 2018).

Desde hace un poco más de una década se ha escuchado demasiado sobre el cambio climático y su impacto en el cambio del nivel de mar; así como, los problemas socioeconómicos que podría traer en consecuencia. En un trabajo se determinó que es necesario un estudio más a fondo para establecer relaciones con variables fisicoquímicas; ya que, estas pueden ser indicadores útiles para monitorear las respuestas al cambio del nivel del mar y otros cambios ambientales (Veldkornet, 2016).

Con el deterioro de los ecosistemas en todas partes del mundo, has sido necesario hacer estudios para poder tomar las acciones apropiadas para mejorarlos. Un artículo muestra una investigación de la estructura



de la comunidad de fitoplancton en la zona de manglares de las costas del sur de China y evaluó la relación entre las variables físicoquímicas contra la diversidad de especies de fitoplancton; el cual, demostró diferentes niveles de contaminación orgánica en la zona de manglares (nyang, 2020). Sabiendo que los ríos en su mayor parte llegan a los océanos y debido a su importancia socioeconómica y ecológica, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados. Por eso es necesario tener sistemas de monitoreo confiables y asequibles para su manejo y conservación (Ochieng, 2020).

Basado en que varios estudios y prototipos de monitoreo de variables en las aguas de los océanos; además en los ríos, se ve la importancia de contar con diversos sistemas de monitoreo de las variables. El propósito de estos sistemas de monitoreo en su manera más simple se debe enfocar a la recolección y almacenamiento de la información, para posteriormente tomar decisiones o desarrollar sistemas de alarmas o predictivos de los cambios importantes en las variables críticas. Por ello tiene gran importancia el prototipo propuesto para el monitoreo de las físicoquímicas en el mar, implementado con tecnología moderna al alcance de muchos y con ellos poder estudiar los ecosistemas para su conservación o mejoramiento.

Materiales y métodos

En el módulo de sensores se utilizaron 3, que son; TEMPERATURA, TUBIDEZ, PH y el GPS. La calibración se hizo con la tarjeta de Sigfox que viene integrada en un Arduino Uno, esto facilita la programación ya que se puede programar con el ID de Arduino. Para la protección de las tarjetas electrónicas se utilizó una caja especial llamada NEMA. Esta caja brinda certificación IP65 protección contra salpicaduras, todo se acomodó como se muestra en la Figura 1:



Figura 1 Caja Nema con tarjetas electrónicas. (fuente: elaboración propia)

En el sensor de temperatura se utilizó el Ds18b20 a prueba de agua, a este sensor se le implementó una resistencia entre el pin de 5v y el de señal; esto sirve para la profundidad del sensor, en este caso se le incorporó una resistencia de 10k Ω como se muestra en la figura 2:

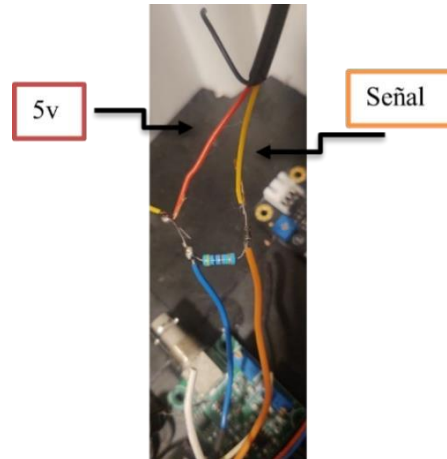


Figura 2 Sensor de temperatura con resistencia. (fuente: elaboración propia)

Para la programación de dicho sensor se utilizaron dos librerías que reducen la programación después se declaró el pin de entrada de la señal y se usó una variable u objeto para nuestro sensor.

```
OneWire      ourWire      (9);
```

```
DallasTemperature sensors(&ourWire);
```

En el `void function()` se envió el comando para leer la temperatura (3), se introduce la conversión a grados °C (4), al final se manda la señal al puerto serial para su visualización (5), previamente se activa el serial.

```
sensors.requestTemperatures();      (3)
```

```
float temp= sensors.getTempCByIndex(0); (4)
```

```
Serial.print(temp);      (5)
```

El sensor de turbidez analógico tiene la ventaja de que no son necesarias librerías o códigos muy extensos. Dentro de `void function ()` se realiza la declaración del pin analógico del sensor (6)

```
int sensorValue = analogRead(A1);      (6)
```

Después, se efectúa la conversión de la señal que se recibe del sensor (7)

```
float turbidez = sensorValue * (5.0 / 1024.0); (7)
```



La señal que arroja el sensor es de 0 a 1024, lo que se puede llevar a una conversión de 0 a 5v. La turbidez es medida con NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) por ello hay que cambiar de tensión a NTU (8) al final se envía la señal al serial para su visualización (9)

```
NTU = calc_NTU (turbidez);           (8)
```

```
Serial.print(turbidez);             (9)
```

Para el sensor de PH-4502C se instaló la librería `#include <Wire.h>`

Después dentro del `void function ()` se introduce una calibración con ciclos FOR y el pin de entrada analógico del sensor como se muestra en el código (10)

```
for (int i = 0; i < 10; i++)
buffer_arr[i] = analogRead(A0);
delay(30);
}
for (int i = 0; i < 9; i++)
{
for (int j = i + 1; j < 10; j++)
{
if (buffer_arr[i] > buffer_arr[j])
{
tempe = buffer_arr[i];
buffer_arr[i] = buffer_arr[j];
buffer_arr[j] = tempe;
}
}
}
```

Igual que en los otros sensores se realiza la conversión para poder observarlos en voltaje (11) y lo mandamos al serial para su visualización.

```
float volt = (float)avgval * 5.0 / 1024 / 6;   (11)
```

Para el sensor de GPS venia incorporado en la compra de la tarjeta Arduino Uno de sigfox, lo que facilitó su programación. Es necesario declarar los pines para enviar y recibir datos que son TX y RX (13) y activar la librería de TinyGPSPlus (14).

```
SoftwareSerial myserial(4, 5);           (13)
```

```
TinyGPSPlus gps;                        (14)
```

Después dentro del `void function ()` va la programación para poder encender la librería y decir cuál

es latitud y longitud, se mandan al serial las dos variables.

```
while(ss.available()>0)
{
  gps.encode(ss.read());
  if(gps.location.isUpdated())
  {
    //Serial.print("Longitud:");
    Serial.print(gps.location.lng(),10);
    //Serial.print("Latitud");
    Serial.println(gps.location.lat(),10);
    delay(500);
  }
}
```

En este apartado finaliza la programación de los sensores. Para la parte de la energía se utilizará una celda solar que se encargará de energía la batería de 12v que alimentará directamente a la tarjeta sigfox.

2.1 Modulo de Comunicación

En el módulo de comunicación se utilizará la plataforma de Sigfox, que nos permite hacer una comunicación sin necesidad de internet y tiene una cobertura de 5km sobre el mar.

En este caso se utilizó la tarjeta de Sigfox que facilita la comunicación con la misma y la programación ya que viene montada en una tarjeta ARDUINO UNO como se muestra en la Figura 3:



Figura 3 Tarjeta Sigfox para la comunicación. (zh.iotshop.mx)

La desventaja que se podría tomar de sigfox es del envío de mensajes por día que son de 140 mensajes; esto quiere decir que, se mandará un mensaje cada 6 minutos. También la desventaja a tomar en cuenta, son los límites de bytes que caben en un mensaje que se limita a 12 bytes y esto debe de ser contratado para tener acceso a las antenas de sigfox. Aunque por otro lado las variables monitoreadas no cambian de manera instantánea y es una aplicación excelente para etapas de prueba.

Los datos los recibirá la tarjeta sigfox y se mandará a la plataforma de sigfox como se muestra en la Figura 4:

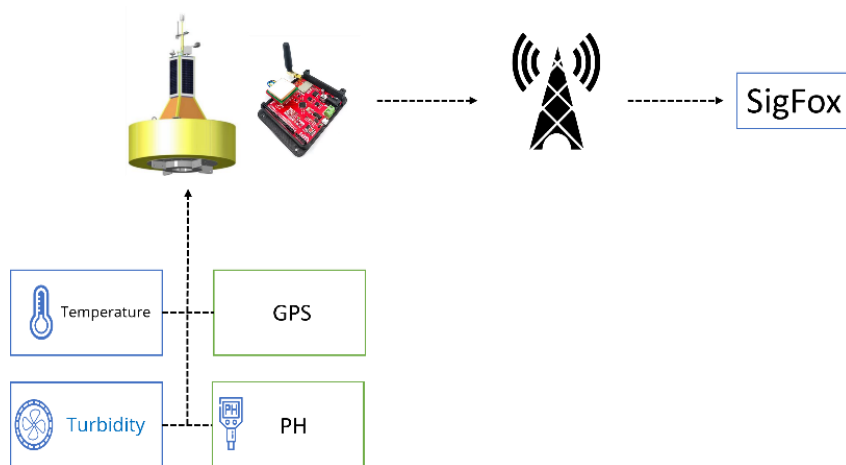


Figura 4 Diagrama de comunicación. (fuente: elaboración propia)

Para poder hacer la comunicación se tuvo que hacer la programación en la tarjeta Arduino; en este prototipo se utilizó un botón para poder mandar los datos, ya que primero eran pruebas para no sobrepasar la cantidad de mensajes por día como se muestra en el siguiente Código (15)

```
//Al presionar el botón se envía un mensaje
const int boton=2;                                     (15)
```

Fue necesario crear una variable para el **payload** y se agregó un salto de línea para una mejor visualización (16).

```
//*****
String bufer;                                         (16)
String bufer2="\n";
//*****
```

Se realizó un **void function ()** donde ira el Código de los sensores y en el **void loop ()** se ingresó el código para con el botón activar el **void function ()** (17)

```
if (digitalRead(boton)==LOW)
```



```
{
  function();
  delay(1000);
}
```

De igual manera dentro del `void function ()` se inicializa el payload cargando el comando para enviar y agregamos la variable al payload para enviar (18).

```
void function() (18)
{
//AT$SF= comando para mandar la información por sigfox máximo 12 bytes*/

  bufer="AT$SF=";

  /**/
  //add_int(variable_int); //un entero ocupa 1 byte
  //add_float(variable_float); //un flotante ocupa 4 bytes

  //enviamos nuestro dato por Sigfox
  send_message(bufer);
}
/**/
```

Después se agrega el Código para poder mandar flotantes y enteros a sigfox

```
/**/
void add_float(float var1) //función para agregar flotantes al payload en formato little-endian
{
  byte* a1 = (byte*) &var1; //convertimos el dato a bytes
  String str1;
  //agregamos al comando AT$SF= nuestra información a enviar
  for(int i=0;i<4;i++)
  {
    str1=String(a1[i], HEX); //convertimos el valor hex a string
    if(str1.length()<2)
    {
      bufer+=0+str1; //si no, se agrega un cero
    }
    else
    {
      bufer+=str1; //si está completo, se copia tal cual
    }
  }
}
/**/
```



Por último, fue conveniente realizar la habilitación del módulo sigfox que tiene la tarjeta Arduino.

```

/*****
void send_message(String payload)
{
  //agregamos el salto de linea "\n"
  bufer+=bufer2;
  /*******
  //Habilitamos el módulo Sigfox
  digitalWrite(enable, HIGH);
  delay(1000);
  //Reset del canal para asegurar que manda en la frecuencia correcta
  Serial.print("AT$RC\n");
  /*******
  //Enviamos la información por sigfox
  Serial.print(bufer);
  delay(3000);
  //deshabilitamos el módulo Sigfox
  digitalWrite(enable, LOW);

```

Una vez que el dato sea enviado, se recibe en la página de SigFox, previamente con la compra de la tarjeta Sigfox la misma compañía hace la vinculación de la tarjeta con la página, recibes un usuario y contraseña. En la compra de la tarjeta te dan un año gratis del servicio de las antenas de Sigfox. Dentro de la página se va al apartado DEVICE

Como se muestra en la Figura 5 y después al apartado que dice mensajes como se muestra en la Figura 6:



Device 459899 - Messages

Figura 5 Página SigFox para Observar los Datos.

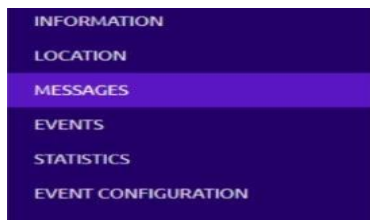


Figura 6 Página SigFox para Observar los Datos.

Una vez dentro de los mensajes es posible ver todos los datos que se enviaron a Sigfox, para corroborar que los mensajes están llegando, debe salir una fecha color verde con su fecha y hora de recibido como se muestra en la Figura 7:



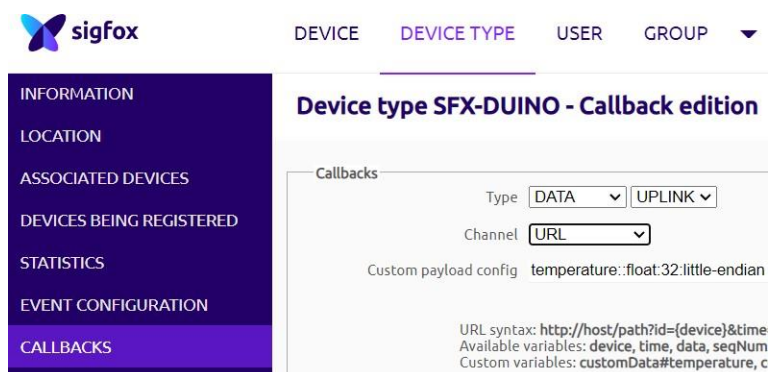
| Time | Delay (s) | Seq Num | Data/Decoding | Station | RSSI (dBm) | SNR (dB) | Freq (MHz) | Callbacks | Location |
|---------------------|-----------|---------|---|---------|------------|----------|------------|---|---|
| 2021-04-07 20:17:10 | <1 | 407 | 00940e422629cd temp: 35.64453 oxigen: 38 turbidez: 41 diario: 205 | 80F9 | -101.00 | 16.00 | 902.1971 | | |
| | | | | 7889 | -100.00 | 26.00 | 902.1399 |  |  |
| | | | | 822B | -116.00 | 21.00 | 902.1399 | | |

Figura 7 Visualización de los Datos en SigFox.

2.2 Aplicación

Para el apartado de la visualización de los datos se comentó que los datos tomados por los sensores y enviados a sigfox se iban a tomar para así trabajar con MICROSOFT AZURE donde se pretendía utilizar el machine learning para predecir escenarios lo más rápido posible, por cuestiones de tiempo y que AZURE es de paga solo se monitorearon con UBIDOTS, que es una plataforma de IoT que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. Permite mandar los datos de las variables a la nube, configurar tableros y alertas; además se puede conectarse con otras plataformas en tiempo **real**. Pero se pueden enviar a AZURE sin ningún problema.

Para poder mandarlo a ubidots se tuvo que enviar primero desde sigfox, posteriormente se empleó el callbacks de sigfox para indicarle a la página a donde y que variables se van a enviar. Lo anterior se muestra en la Figura 8:



URL syntax: `http://host/path?id={device}&time`
 Available variables: `device, time, data, seqNum`
 Custom variables: `customData#temperature, c`

Figura 8 Callbacks SigFox.



Para eso en el apartado de canal se usó la URL para introducir a la página de ubidots y también el tiempo del dato que se manda Figura 9:

En el apartado Custom payload config van las variables que se remiten a ubidots con su tipo de variable; ya sea flotante o entero.

Device type SFX-DUINO - Callback edition

Callbacks

Type

Channel

Custom payload config `temperature::float:32:little-endian turbidez::float:32:little-endian PH::float:32:little-endi` ?

URL syntax: `http://host/path?id={device}&time={time}&key1={var1}&key2={var2}...`
 Available variables: `device, time, data, seqNumber, deviceTypeid`
 Custom variables: `customData#temperature, customData#turbidez, customData#PH`

Url pattern `https://industrial.api.ubidots.com/api/v1.6/devices/{device}/`

Use HTTP Method

Figura 9 Configuración de los Datos.

Una vez que los datos se configuraron y se enviaron a ubidots se entra a la página ubidots y en el apartado de Dispositivos se pueden ver los datos que se están recibiendo de sigfox con el simple ID de sigfox, porque se usa el mismo ID, como se observa en la Figura 10:

SigFox:

| Communication status | Device type | Group | Id | Last seen |
|----------------------|-------------|------------|--------|---------------------|
| ○ | SFX-DUINO | ANMAR MORA | 4443B8 | 2022-02-28 09:17:11 |

Ubidots:

ubidots
Dispositivos ▾ Datos ▾

Dispositivos
+

Dispositivos de búsqueda

Dispositivos

| | NOMBRE | | ÚLTIMA ACTIVIDAD |
|--|--------|---|------------------|
| | 4443b8 | ● | hace 6 meses |

Figura 10 Datos en Ubidots.

Para obtener los datos de sigfox simplemente se adhiere un widget y se asigna a la variable que se quiere visualizar como se muestra en la Figura 11; así es posible observar los datos en cualquier parte del mundo.

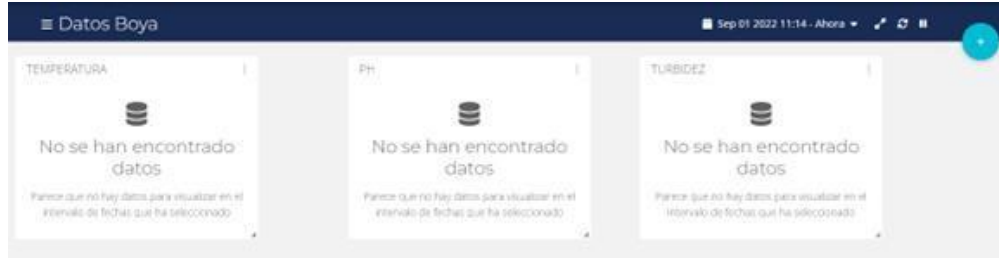


Figura 11 Visualización de los Datos en Ubidots.

En la figura 12 se presenta la cobertura que tiene Sigfox en el puerto de Manzanillo, como se puede ver es muy amplia para la aplicación.



Figura 12 Cobertura de Sigfox en Manzanillo.

La figura 13 muestra las coordenadas de la boya en tiempo real con la fecha y hora cuando se probó el prototipo.

| | | id_mensaje | fecha | latitud | longitud |
|--------------------------|----------------------|------------|---------------------|----------|------------|
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 1 | 2021-06-17 10:23:32 | 19.12605 | -104.34431 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 2 | 2021-06-17 10:23:45 | 19.12605 | -104.34429 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 3 | 2021-06-17 10:23:58 | 19.12605 | -104.34431 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 4 | 2021-06-17 10:24:19 | 19.12609 | -104.34446 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 5 | 2021-06-17 10:24:41 | 19.12618 | -104.34472 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 6 | 2021-06-17 10:25:14 | 19.12629 | -104.34499 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 7 | 2021-06-17 10:25:27 | 19.12625 | -104.34489 |
| <input type="checkbox"/> | Editar Copiar Borrar | 8 | 2021-06-17 10:25:40 | 19.12627 | -104.34494 |

Figura 13 Coordenadas



En la figura 14 se visualizan las mediciones de las variables en tiempo real con la fecha y hora del mensaje. Las mediciones tienen fecha del año pasado debido a que se terminó el número de datos libres del proveedor y hasta el momento se está buscando un patrocinador para continuar con el proyecto.

| ID mensaje | Fecha del mensaje | O ₂ | °C | m | CO ₂ |
|------------|---------------------|-------------------|--------|-------|--------------------|
| 184 | 17/06/2021 10:28 AM | 1 O ₂ | 222 °C | 153 m | 65 CO ₂ |
| 183 | 17/06/2021 10:27 AM | 11 O ₂ | 35 °C | 17 m | 3 CO ₂ |
| 182 | 17/06/2021 10:27 AM | 1 O ₂ | 225 °C | 153 m | 65 CO ₂ |
| 181 | 17/06/2021 10:27 AM | 12 O ₂ | 37 °C | 18 m | 3 CO ₂ |
| 180 | 17/06/2021 10:27 AM | 1 O ₂ | 231 °C | 153 m | 65 CO ₂ |
| 179 | 17/06/2021 10:27 AM | 11 O ₂ | 34 °C | 17 m | 3 CO ₂ |
| 178 | 17/06/2021 10:27 AM | 2 O ₂ | 145 °C | 153 m | 65 CO ₂ |
| 177 | 17/06/2021 10:27 AM | 12 O ₂ | 38 °C | 19 m | 3 CO ₂ |
| 176 | 17/06/2021 10:27 AM | 2 O ₂ | 237 °C | 153 m | 65 CO ₂ |
| 175 | 17/06/2021 10:27 AM | 11 O ₂ | 35 °C | 17 m | 3 CO ₂ |

Mostrando registros del 1 al 10 de un total de 89 registros

Anterior 1 2 3 4 5 ... 9 Siguiente

Figura 14 Variables en tiempo real

Conclusiones

- El trabajo ayuda para la recolección de los datos de las variables físicoquímicas en el mar y proporciona información importante para estudios de las aguas de la zona.
- Es posible duplicar el prototipo implementando una red de dispositivos en forma distribuida.
- Es una ventaja contar con este desarrollo en el Puerto de Manzanillo Colima México; debido a la zona que es turística, industrial y de pesca.

Agradecimientos

A la Universidad de Colima por el apoyo en los espacios para la realización de este proyecto y CONACYT por el apoyo a los investigadores del SNI, a los estudiantes de Ingeniería en Tecnologías Electrónicas Ángel Josué Guevara Hernández, Salvador González Figueroa y Luis Alvarado Barajas por su colaboración en algunas pruebas.

Referencias

1. Danovaro, R. F. (2020). Ecological variables for developing a global deep-ocean monitoring and conservation strategy. *Nature Ecology & Evolution*, 4(2), 181-192.
2. Karydis, M. &. (2013). Marine water quality monitoring: A review. *Marine pollution bulletin*, 77(1-2), 23-36.

3. Lamine, I. A. (2019). Monitoring of Physicochemical and Microbiological Quality of Taghazout Seawater (Southwest of Morocco): Impact of the New Tourist Resort" Taghazout Bay". *Journal of Ecological Engineering*, 20(7), 11.
4. Muller-Karger, F. E. (2018). Satellite sensor requirements for monitoring essential biodiversity variables of coastal ecosystems. . *Ecological applications*,, 28(3), 749-760.
5. nyang, A. I. (2020). Phytoplankton diversity and community responses to physicochemical variables in mangrove zones of Guangzhou Province, China. *Ecotoxicology*,, 29(6), 650-668.
6. Ochieng, H. O.-O. (2020). Comparison of temperate and tropical versions of Biological Monitoring Working Party (BMWP) index for assessing water quality of River Aturukuku in Eastern Uganda. *Global Ecology and Conservation*, 23(1), 1183.
7. Roik, A. R. (2016). Year-long monitoring of physico-chemical and biological variables provide a comparative baseline of coral reef functioning in the central Red Sea. *PLoS One*, 11(11), 15.
8. Vase, V. K. (2018). Spatio-temporal variability of physico-chemical variables, chlorophyll a, and primary productivity in the northern Arabian Sea along India coast. *Environmental monitoring and assessment*, 190(3), 1-14.
9. Veldkornet, D. A. (2016). The distribution of salt marsh macrophyte species in relation to physicochemical variables. *South African Journal of Botany*,, 107(1), 84-90.

