



## Ciencia en acción en la investigación de los **cuerpos académicos**

**COORDINADORES:**

Elizabeth González Valenzuela

Laura Elisa Gassós Ortega

Sergio de los Santos Villalobos



**Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos**

Mtra. Elizabeth González Valenzuela

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Dr. Sergio de los Santos Villalobos

Coordinadores



Instituto Tecnológico de Sonora.  
5 de Febrero, 818 sur, Colonia Centro,  
Ciudad Obregón, Sonora, México; 85000  
www.itson.mx  
rectoria@itson.mx  
Teléfono: (644) 410-90-00

Primera edición 2023

ISBN ebook: **978-607-609-241-5**

*Todos los derechos reservados*

El contenido de esta obra es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista del Instituto Tecnológico de Sonora. Se autoriza cualquier reproducción parcial o total de los contenidos de la publicación, siempre y cuando sea sin fines de lucro o para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente sin alteración del contenido y dando los créditos autorales. Para otro tipo de reproducción comunicarse a [publicaciones@itson.edu.mx](mailto:publicaciones@itson.edu.mx)

**Cómo citar un capítulo de este libro** (se muestra ejemplo de capítulo I):

Pérez, J., Terán, R., Beristáin, J., y Hernández, J. (2023). *Formador de red como carga inteligente en microrredes eléctricas aisladas*. En E. González, L. Gassós y S. Santos (Eds.) *Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos* (pp. 9-22). ITSON.

## **DIRECTORIO**

**Dr. Jesús Héctor Hernández López**

Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

**Dr. Ernesto Uriel Cantú Soto**

Secretaría de la Rectoría

**Dr. Jaime Garatuza Payán**

Vicerrectoría Académica

**Dr. Rodolfo Valenzuela Reynaga**

Vicerrectoría Administrativa

**Dra. María Elvira López Parra**

Dirección Académica de Ciencias Económico-Administrativas

**Dr. Armando Ambrosio López**

Dirección Académica de Ingeniería y Tecnología

**Dr. Pablo Gortares Moroyoqui**

Dirección Académica de Recursos Naturales

**Dra. Sonia Verónica Mortis Lozoya**

Dirección Académica de Ciencias Sociales y Humanidades

**Mtro. Mauricio López Acosta**

Dirección Unidad Navojoa

**Dr. Humberto Aceves Gutiérrez**

Dirección Unidad Guaymas

## **COLABORADORES**

### **Edición literaria**

María de Jesús Cabrera Gracia

Yadira Cristina Chairez Flores

### **Tecnología y diseño**

Martín Escobar Cueva

### **Gestión editorial**

Oficina de Publicaciones ITSON

### **Comité técnico científico**

Mtra. Elizabeth González Valenzuela

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Lic. María de Jesús Cabrera Gracia

## CONSEJO DICTAMINADOR DE PONENCIAS

1. Dra. María Paz Guadalupe Acosta Quintana
2. Dr. Sergio de los Santos Villalobos
3. Dra. Eneida Ochoa Ávila
4. Dr. Alfredo Bueno Solano
5. Dra. Grace Marlene Borboa Rojas
6. Dr. Joel Angulo Armenta
7. Dra. Elba Myriam Navarro Arvizu
8. Dr. Miguel Ángel Bernal Reza
9. Dra. Grace Marlene Borboa Rojas
10. Dr. José Clemente Leyva Corona
11. Dra. Mirsha Alicia Sotelo Castillo
12. Dr. Oswaldo Alberto Madrid Moreno
13. Dra. Dina Ivonne Valdez Pineda
14. Dr. Sergio Ochoa Jiménez
15. Dra. Lorena Márquez Ibarra
16. Dr. Javier Alejandro Santana Martínez
17. Dra. Dora Yolanda Ramos Estrada
18. Dr. René Daniel Fornés Rivera
19. Dra. Celia Yaneth Quiroz Campas
20. Dr. Rafael Alfonso Figueroa Díaz
21. Dra. Diana Mejía Cruz

22. Dr. Gilberto Manuel Córdova Cárdenas

23. Dra. Luz Alicia Galván Parra

24. Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

25. Dra. Beatriz Alicia Leyva Osuna

## CONTENIDO

<b>DIRECTORIO .....</b>	<b>4</b>
<b>COLABORADORES.....</b>	<b>5</b>
<b>CONSEJO DICTAMINADOR DE PONENCIAS.....</b>	<b>6</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>11</b>
<i>Dr. Sergio de los Santos Villalobos</i>	
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>12</b>
<b>Formador de red como carga inteligente en microrredes eléctricas aisladas</b>	
<i>Javier Pérez Ramírez</i>	
<i>Raúl Antonio de Jesús Terán González</i>	
<i>José Antonio Beristáin Jiménez</i>	
<i>Jesús Héctor Hernández López</i>	
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>27</b>
<b>Dimensionamiento del inversor medio puente fotovoltaico con carga resistiva .....</b>	<b>27</b>
<i>José Antonio Beristáin Jiménez</i>	
<i>Javier Pérez Ramírez</i>	
<i>Raúl Antonio de Jesús Terán González</i>	
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>42</b>
<b>Desarrollo de un ensamblador para un procesador CISC con instrucciones específicas</b>	
<i>Eduardo Romero Aguirre</i>	
<i>Darcy Daniela Flores Nieblas</i>	
<i>Natalia Scarlett Félix Rodríguez</i>	
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>57</b>
<b>Dinámica de sistemas: interfaz gráfica con el usuario para la cadena de suministro del bacanora</b>	
<i>Ernesto Alonso Lagarda Leyva</i>	
<i>Ernesto Alonso Vega Telles</i>	
<i>Alfredo Bueno Solano</i>	



**Capítulo 5..... 73**

**Evaluación de desempeño de técnicas de localización basadas en consenso**

*Joaquín Mass Sánchez*

*Erica Cecilia Ruiz Ibarra*

*Adolfo Espinoza Ruiz*

*Rafael Alfonso Figueroa Diaz*

**Capítulo 6..... 88**

**Incentivando las vocaciones: Ingenieras y Matemáticas**

*Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa*

*Diana del Carmen Torres Corrales*

**Capítulo 7**

**Diseño y construcción de una máquina empaquetadora de zanahorias**

*Adolfo Soto Cota*

*José Manuel Campoy Salguero*

*Pablo Alberto Limón Leyva*

*Andrés Othón Pizarro Lerma*

*Juan José Padilla Ybarra*

**Capítulo 8..... 115**

**Experiencias en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum*) bajo agricultura protegida**

*Abel Alberto Verdugo Fuentes*

*Maritza Arellano Gil*

*Catalina Mungarro Ibarra*

*Guadalupe Villa Lerma*

**Capítulo 9..... 129**

**Evaluación de variedades comerciales de coliflor (*Brassica oleracea* var. botritis) en el Valle del Yaqui, Sonora, 2021-2022**

*Maritza Arellano Gil*

*Abel Alberto Verdugo Fuentes*

*Catalina Mungarro Ibarra*

*Roberto Rodríguez Ramírez*

**Capítulo 10..... 143**

**Análisis de personalidad de adolescentes con riesgo de deserción escolar en bachillerato**

*Jesús Manuel Vidaña López*

*Ricardo Ernesto Pérez Ibarra*

**Capítulo 11..... 157**

**Estudio comparativo por género de alimentación emocional en estudiantes universitarios de Psicología**

*Ricardo Sandoval Domínguez*

*Nadia Lourdes Chan Barocio*

*Juan Carlos Manríquez Betanzos*

*Sonia Beatriz Echeverría Castro*

**Capítulo 12..... 172**

**Evaluación de la habitabilidad de viviendas en fraccionamientos de Guaymas Norte**

*Rosa María Curiel Morales*

*Claudia Álvarez Bernal*

*Adriana Guadalupe Núñez García*

*Francisco Javier Soto Valenzuela*

**Acerca de los coordinadores..... 188**

**Mtra. Elizabeth González Valenzuela**

**Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega**

**Dr. Sergio de los Santos Villalobos**

## PRÓLOGO

El quehacer académico-científico en el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) se fundamenta en sus fructíferos Cuerpos Académicos (CA). Éstos son un equipo de investigadoras e investigadores que desarrollan líneas de estudio afines, con el fuerte compromiso de generar y/o aplicar conocimientos de vanguardia para mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad. Por otra parte, el alto nivel de especialización de las y los integrantes de los CA impacta positiva y significativamente en la formación integral de nuestra comunidad estudiantil, entendiéndose como un modelo de enseñanza que se caracteriza por la integración de diversas habilidades, tales como: sociales, intelectuales, profesionales y humanas.

La presente obra intitulada Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos tiene como objetivo difundir trabajos desarrollados en CA de nuestra institución. Estas contribuciones destacan la importancia del conocimiento e investigación en áreas como: electrónica, energías renovables, desarrollo de software, modelos matemáticos, diseño y construcción de maquinarias, sistemas agrícolas, estudios psicológicos, alimentación emocional y estudio sobre habitabilidad de viviendas.

La comunidad ITSON está plenamente convencida que la difusión de los trabajos realizados por sus CA potencia la generación y consolidación de conocimientos de vanguardia, fomenta nuevas colaboraciones transdisciplinarias y fortalecer aquellas existentes. Esta filosofía de trabajo, nos permite comprender de manera holística los fenómenos estudiados, que han resultado del análisis de las necesidades en la región y en México. Estos enfoques, por otra parte, potencian la formación integral de nuestra comunidad de estudiantes, con capacidad crítica, creativa y liderazgo para afrontar los retos que demandan Sonora y México.

*Dr. Sergio de los Santos Villalobos*

Profesor Investigador

Instituto Tecnológico de Sonora

Junio, 2023

## Capítulo 1

### Formador de red como carga inteligente en microrredes eléctricas aisladas

Javier Pérez Ramírez

Raúl Antonio de Jesús Terán González

José Antonio Beristáin Jiménez

Jesús Héctor Hernández López

#### Resumen

Tradicionalmente, la formación y regulación de un voltaje en una microrred aislada se realiza por medio de convertidores de potencia y recursos de energía distribuido, los cuales desde su modelo hasta su operación son visualizados como fuentes de voltaje. Dependiendo de la función principal que desempeñen dentro de la microrred, los convertidores de potencia pueden ser clasificados como: formador de red, alimentador de red y soporte de red. El formador de red utiliza la potencia del recurso de energía distribuido, comúnmente baterías, para establecer el voltaje en el PCA, el alimentador de red se encarga de inyectar potencia en forma de corriente hacia el PCA para energizar la microrred, y el soporte de red se encarga de compensar las desviaciones de frecuencia y voltaje en la microrred. El objetivo de este trabajo es el de mostrar la capacidad de un formador de red para formar y regular voltaje comportándose como una carga inteligente y no como una fuente de voltaje, como tradicionalmente es conceptualizado. La metodología consistió en realizar la simulación de una microrred aislada compuesta por un formador de red con baterías y un alimentador de red con arreglo fotovoltaico; además, se incluyeron variaciones en la demanda de potencia y variaciones en los niveles de irradiación y temperatura incidentes en el arreglo fotovoltaico. Se utilizó una estrategia de control que permite al alimentador de red, suministrar potencia al formador de red, cuando este último no cuenta con baterías. Los resultados mostraron la capacidad del formador de red para establecer el voltaje en el punto de común acoplamiento de la microrred, aun en ausencia de baterías. Esto representa un fuerte cambio de paradigma dentro de los sistemas eléctricos y electrónicos de potencia; dicho paradigma tiene el potencial para ser incluido dentro de los esquemas de las redes eléctricas futuras.

Palabras clave: Formador de red, alimentador de red, microrredes eléctricas

#### Introducción

Actualmente, la mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial es a través del uso de combustibles fósiles, los cuales, no solamente contaminan el medio ambiente, sino que eventualmente terminaran por agotarse. La utilización de fuentes de energía renovables (FER), tales como

la solar fotovoltaica (FV) y la eólica, es una alternativa que permite la generación de electricidad con mínimos daños al medio ambiente; según (Arvydas Lebedys, Dennis Akande, Nazik Elhassan, Gerardo Escamilla, n.d.), las FER contribuyen al 40.2 % de la capacidad eléctrica global, siendo muy atractivas para su uso dentro de redes eléctricas. Sin embargo, la integración de las FER al sistema eléctrico de potencia (SEP) requiere de realizar cambios en la infraestructura, y de implementar estrategias efectivas para la gestión del recurso renovable.

La energía solar FV permite generar electricidad por medio de paneles solares; la corriente eléctrica generada por este medio, puede ser utilizada para cubrir la demanda de potencia de los usuarios de la red eléctrica; en caso contrario, es necesario utilizar un sistema de almacenamiento de energía (SAE), por ejemplo, bancos de baterías, para almacenar la energía eléctrica generada. Con esto, la infraestructura de las redes eléctricas debe contar con bancos de baterías que permitan almacenar electricidad para su posterior uso.

Por otro lado, la generación eléctrica basada en energía solar depende del nivel de irradiación que incide en los paneles solares, así como también, de la temperatura ambiente. A causa de los fenómenos meteorológicos que se suscitan constantemente, los niveles de irradiación y temperatura sufren cambios; en ocasiones estos cambios pueden ser abruptos. Por esto, la energía solar, y en general cualquier FER, da lugar a una generación eléctrica variable; esto hace complicado que las redes eléctricas puedan operar solamente a base de generación renovable. Debido a esto, se requiere de estrategias de control que permitan gestionar la energía eléctrica, ya sea para su consumo o para su almacenamiento.

Para poder controlar los flujos de potencia eléctrica se utilizan convertidores de electrónica de potencia, también conocidos como interfaces de potencia. De esta manera, la generación distribuida (GD) basada en energías renovables requiere de uno o varios convertidores de potencia que permitan gestionar la potencia generada, enviándola ya sea hacia el SAE o hacia el consumidor. Ambos, GD como SAE son tipos de recurso de energía distribuido (RED) (Society & Sponsored, 2018). Estas unidades RED pueden ser interconectadas hacia el SEP, o bien, abastecer un sistema eléctrico aislado.

Las unidades RED, principalmente basadas en FER, es una tecnología ampliamente utilizada en esquemas de microrredes eléctricas (MRE). Una MRE hace uso de las FER para llevar el punto de generación lo más cerca posible al punto de consumo a través de las unidades RED. Aunque el concepto aún se encuentra bajo discusión, la MRE puede definirse como el conjunto de cargas y unidades RED con límites eléctricos definidos que actúan como una única entidad controlable respecto del SEP y puede conectarse y desconectarse de este último para operar en modo interconectado a red (MIR) o modo isla (MI), respectivamente (Society, 2018).

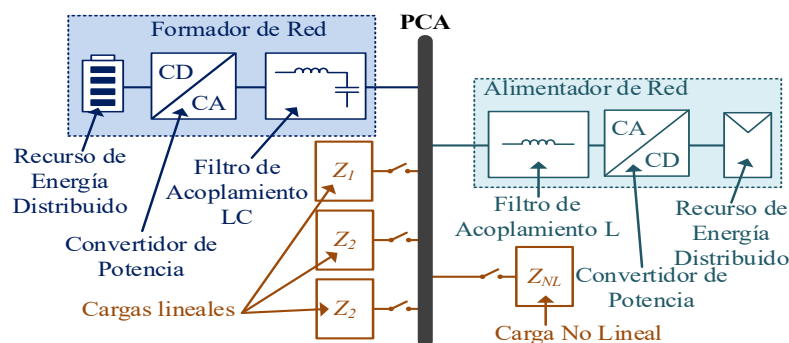
Una MRE puede ser implementada en zonas remotas que no cuentan con infraestructura del SEP; un ejemplo de esto es (Cota, Velázquez, González, & Aguilar-Jimenez, 2016), donde una MRE aislada fue instalada para abastecer la comunidad de “Puertecitos” localizada en el municipio de Ensenada, Baja California, México; esta MRE incluye generación FV, eólica y diésel, así como también, un sistema de almacenamiento por baterías; la instalación de esta MRE permitió abastecer de energía eléctrica a la comunidad y con ello, proporcionar una mejor calidad de vida a las familias que residen en ella. Con esto, una MRE es una buena alternativa para cubrir la demanda en zonas que se encuentran fuera de la infraestructura del SEP, al mismo tiempo que permiten un mejor aprovechamiento de las FER.

Aunque por lo general una MRE es un sistema de potencia a pequeña escala (Ahmed, Meegahapola, Vahidnia, & Datta, 2020) known as ‘microgrids’, are enabling the integration of small-scale renewable energy sources (RESs, respecto del SEP, representa un escenario óptimo para estudiar las problemáticas que pudieran suscitarse en una red eléctrica principalmente abastecida por FER; esta característica es muy importante dentro del concepto de red inteligente (*SmartGrid*, por su denominación en inglés) (Andersson, Dursun, Hauge, Bremdal, & Nourbakhsh, 2013; León Trigo, Reyes Archundia, Gutiérrez Gneccchi, Méndez Patiño, & Chávez Campos, 2019), la cual puede ser vista como la integración de múltiples MREs interconectadas entre sí (Souza & Freitas, 2022) including distributed generation sources and power converters with modern control strategies. In the future smart grids, they will be an essential element in their architecture. Their potential to offer many economic, social and environmental services through advanced electrical techniques has led to a growing interest in the theme. Although the islanding condition is a very important feature of microgrids, only with the implementation of grid connection and seamless transition they will demonstrate their full capacity. However, there are still many questions surrounding these operation modes and this paper tries to answer part of them. To do that, several aspects in the field are approached. The history and late development of microgrids are revisited. The main concepts are presented. The islanded mode is revised, since it is intrinsically linked to the other working states of the microgrid. The requirements for the interconnection of microgrids to an external grid are discussed. The operation elements are also analyzed. A crucial part of the grid-connected microgrids and their seamless transfer conditions, the control methods found in the literature are extensively reviewed. The paper is concentrated in the analysis of control methods for AC microgrids and AC power systems, therefore, it does not enter in detail or investigates profoundly the topologies applied in the power electronics structures nor DC microgrids and DC power systems.”,”author”:[{“dropping-particle”:"",“family”:”Souza”,“given”:”Marcus Evandro Teixeira”,“non-dropping-particle”:"",“parse-names”:false,”suffix”:""}},{“dropping-particle”:"",“family”:”Freitas”,“given”:”Luiz Carlos Gomes”,“non-dropping-particle”:"",“parse-names”:false,”suffix”:""}],“container-title”:”IEEE Access”,“id”:”ITEM-1”,“issued”:{“date-parts”:[["2022"]]},“page”:”97802-97834”,“publi-

sher”.”Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.”,”title”.”Grid-Connected and Seamless Transition Modes for Microgrids: An Overview of Control Methods, Operation Elements, and General Requirements”,”type”.”article-journal”,”volume”.”10”},”uris”:[“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=4c473a5e-fe0f-3765-9637-c05527be69bb”]”},”mendeley”:{“formattedCitation”.”(Souza & Freitas, 2022).

Por un lado, las MREs en MIR pueden recibir soporte del SEP, tanto para alimentar las cargas como para cargar los bancos de baterías; en este modo, el voltaje en el punto de común acoplamiento (PCA) es establecido por el SEP. Por el contrario, la operación en MI requiere de mayor autonomía por parte de la MRE, la cual, en ausencia del SEP, debe establecer su propio voltaje en el PCA; esto lo realiza por medio de la potencia generada por las FER, o en caso contrario, con la potencia de los bancos de baterías.

Dentro de los esquemas de MRE, los convertidores de potencia asociados a las unidades RED son los encargados de gestionar la potencia eléctrica generada, ya sea para el modo interconectado a red o para el modo isla de la MRE. Además, dependiendo de la función principal que desempeñen dentro de la MRE, los convertidores de potencia pueden ser clasificados como: formador de red, alimentador de red y soporte de red. El formador de red utiliza la potencia del RED para establecer el voltaje en el PCA en una MRE aislada, el alimentador de red se encarga de inyectar potencia en forma de corriente hacia el PCA para energizar la MRE, y el soporte de red se encarga de compensar las desviaciones de frecuencia y voltaje en la MRE. Aunque según (IRENA, 2021), un convertidor de potencia pudiera realizar más de una de las tres funciones antes mencionadas, generalmente solo desempeña una de ellas. La Figura 1 muestra un esquema a bloques de una MRE compuesta de un formador de red y un alimentador de red; el RED del formador de red corresponde a un banco de baterías, mientras que el RED del alimentador de red corresponde a un arreglo FV.



**Figura 1.** Esquema a bloques de una MRE de CA.

Generalmente, los esquemas de MREs incluyen por lo menos un formador de red y un alimentador de red, donde ambos están asociados a unidades RED, tal como se observa en la Figura 1. El formador de red pudiera incluir fuentes de energía renovable en sus unidades DER. Siempre que los bancos de baterías se encuentren cargados, o bien, exista generación renovable disponible en su unidad RED, el formador de red podrá establecer el voltaje en el PCA de la MRE; de esta forma, el formador de red puede ser visto como una fuente de voltaje. Simultáneamente, este voltaje en el PCA permite la correcta sincronización y operación de uno o varios alimentadores de red. Sin embargo, para condiciones donde la generación renovable no está disponible y además los bancos de baterías se han descargado, el formador de red ya no puede comportarse como una fuente de voltaje; entonces el establecimiento del voltaje en el PCA se ve comprometido.

En este artículo se realiza una propuesta de control que permite a un convertidor formador de red, establecer el voltaje en el PCA empleando la potencia generada por un alimentador de red, aun cuando los bancos de baterías del formador de red se encuentren descargados o desconectados. La contribución de este artículo es mostrar como un formador de red sin fuente de energía puede comportarse como una carga inteligente que permite establecer un voltaje en el PCA de una MRE aislada; esto siempre y cuando exista potencia disponible en la unidad DER del alimentador de red. Esto representa un cambio de paradigma significativo desde el punto de vista operativo, pues el comportamiento de una carga siempre es asociado con el consumo de potencia y no para la formación de voltaje.

### **Fundamentación Teórica**

Para poder comprender el funcionamiento del sistema propuesto y el impacto que tiene sobre las MREs aisladas, es necesario explicar los siguientes conceptos. Las FER, como los paneles solares FV, generan energía eléctrica en corriente directa (CD), así como también, los bancos de baterías almacenan energía eléctrica de CD. Ahora bien, dado que la mayoría de cargas eléctricas consumen energía eléctrica en corriente alterna (CA), es necesario realizar la conversión de CD a CA. Un convertidor de potencia en una MRE de CA, se encarga de transformar la potencia eléctrica de CD a CA y viceversa; a este convertidor se le conoce como convertidor CD-CA, también llamado inversor. Estos a su vez pueden ser categorizados en tres tipos de convertidores según sean utilizados para propósitos de MREs (Meng, Liu, & Liu, 2019; Rocabert, Luna, Blaabjerg, & Rodríguez, 2012) a generalized droop control (GDC).

Una de las clasificaciones de convertidores para MREs es el alimentador de red, *grid-feeding converter*, también conocido como seguidor de red, *grid-following converter* (Unruh, Nuschke, Strauß, & Welck, 2020) *different control approaches for grid-forming inverters are discussed and compared with the grid-forming properties of synchronous machines. Grid-forming inverters*



are able to operate AC grids with or without rotating machines. In the past, they have been successfully deployed in inverter dominated island grids or in uninterruptible power supply (UPS; este tipo de convertidor utiliza unidades RED para energizar a la MRE por medio de la inyección de corriente; debido a esto, el alimentador de red puede ser visualizado y modelado como una fuente de corriente. Para su correcto funcionamiento, los convertidores alimentadores de red requieren de mantener sincronía con el voltaje en el PCA de la MRE; debido a esta dependencia, los convertidores alimentadores de red no pueden formar el voltaje de CA en el PCA.

Una segunda categoría de convertidores de potencia para MREs, corresponde al convertidor formador de red, *grid-forming converter*, el cual a través de la potencia disponible en la unidad RED puede realizar la formación de un voltaje de CA en el PCA de la MRE (Lin et al., 2020) which we believe is central to meeting some of the challenges to operating the future North American electric power system. This includes the roles and requirements of grid-forming inverter-based resources—including solar photovoltaics, wind generators, and energy storage. For this roadmap, we focus on a specific family of grid-forming inverter control approaches that do not rely on an external voltage source (i.e., no phase-locked loop; debido a esto, el formador de red puede ser visualizado y modelado como una fuente de voltaje. Dada su capacidad para la generación de un voltaje, el formador de red es el responsable de mantener un voltaje de CA estable en el PCA de la MRE, tal que las cargas eléctricas de la MRE puedan ser abastecidas, al mismo tiempo que los alimentadores de red son sincronizados.

Un tercer tipo de convertidor para MREs corresponde al convertidor de soporte de red, *grid-supporting* (Meng et al., 2019) *a generalized droop control (GDC*, el cual puede comportarse ya sea como fuente de corriente o como fuente de voltaje, y es utilizado para compensar las variaciones de frecuencia y potencia que puedan suscitarse. En este trabajo se pone especial atención solamente en los convertidores alimentador de red y formador de red.

En términos de operación, el alimentador de red y el formador de red pueden comportarse como fuente de corriente y fuente de voltaje, respectivamente. Además, debido a que el alimentador de red no puede operar sin sincronía con el voltaje en el PCA impuesto por el formador de red, entonces existe una dependencia del alimentador de red sobre el formador de red. Sin embargo, la estabilidad del voltaje en el PCA, también depende de la disponibilidad de potencia con la que cuenta la unidad RED del formador de red; dicho esto, si las unidades RED del alimentador de red permiten cubrir la demanda de potencia de las cargas de la MRE, entonces la disponibilidad de potencia de la unidad RED del formador de red se prolongará por más tiempo, permitiendo que el voltaje en el PCA se mantenga durante mayor tiempo. Por lo tanto, aunque el formador de red no requiere estrictamente de un alimentador de red para operar correctamente (como si lo es al revés),

si se puede prolongar el sostenimiento del voltaje en el PCA en la MRE (en modo isla) cuando ambos tipos de convertidores operan en conjunto.

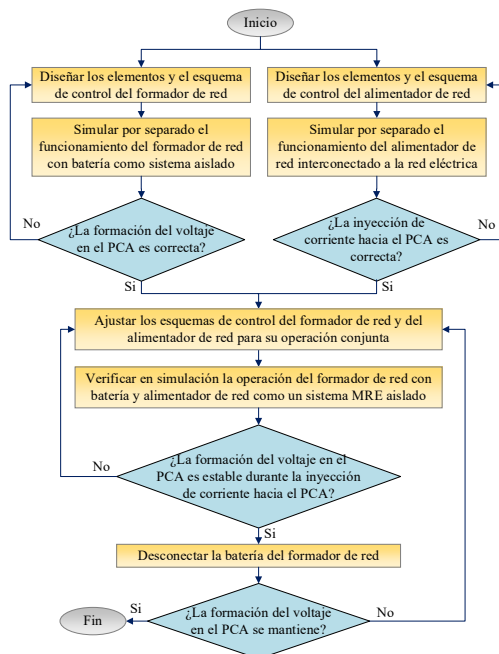
Incluso cuando toda la demanda de las cargas de la MRE es cubierta por el alimentador de red, de acuerdo a la literatura, el formador de red debe contar con su propia fuente de suministro de energía para poder formar el voltaje de CA en el PCA (Souza & Freitas, 2022) including distributed generation sources and power converters with modern control strategies. In the future smart grids, they will be an essential element in their architecture. Their potential to offer many economic, social and environmental services through advanced electrical techniques has led to a growing interest in the theme. Although the islanding condition is a very important feature of microgrids, only with the implementation of grid connection and seamless transition they will demonstrate their full capacity. However, there are still many questions surrounding these operation modes and this paper tries to answer part of them. To do that, several aspects in the field are approached. The history and late development of microgrids are revisited. The main concepts are presented. The islanded mode is revised, since it is intrinsically linked to the other working states of the microgrid. The requirements for the interconnection of microgrids to an external grid are discussed. The operation elements are also analyzed. A crucial part of the grid-connected microgrids and their seamless transfer conditions, the control methods found in the literature are extensively reviewed. The paper is concentrated in the analysis of control methods for AC microgrids and AC power systems, therefore, it does not enter in detail or investigates profoundly the topologies applied in the power electronics structures nor DC microgrids and DC power systems.”,”author”:[{“dropping-particle”:"",“family”:”Souza”,“given”:”Marcus Evandro Teixeira”,“non-dropping-particle”:"",“parse-names”:false,“suffix”:""},{“dropping-particle”:"",“family”:”Freitas”,“given”:”Luiz Carlos Gomes”,“non-dropping-particle”:"",“parse-names”:false,“suffix”:""}],“container-title”:”IEEE Access”,“id”:”ITEM-1”,“issued”:{“date-parts”:[["2022"]]},“page”:”97802-97834”,“publisher”:”Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.”,”title”:”Grid-Connected and Seamless Transition Modes for Microgrids: An Overview of Control Methods, Operation Elements, and General Requirements”,“type”:”article-journal”,“volume”:”10”},“uris”:[“http://www.mendeley.com/documents/?uuiid=4c473a5e-fe0f-3765-9637-c05527be69bb”]],“mendeley”:{“formattedCitation”:(Souza & Freitas, 2022; generalmente, esta fuente de suministro corresponde a bancos de baterías, pues es una fuente de energía con mayor fiabilidad que las FER. Sin embargo, es posible romper este paradigma de operación, desarrollando estrategias para el sostenimiento del voltaje en el PCA, de tal manera que la operación de la MRE no sea interrumpida aun en casos donde el banco de baterías se encuentra desconectado o completamente descargado.

Generalmente, para que el formador de red pueda establecer el voltaje en el PCA, los bancos de baterías deben mantener regulado un voltaje en el bus de CD de dicho convertidor. La regulación

de este voltaje de CD es posible gracias a que el banco de baterías compensa las pérdidas de potencia en el bus de CD del convertidor formador de red. Sin embargo, siempre y cuando se cuente con la potencia disponible de un alimentador de red, este último puede realizar la compensación de las pérdidas de potencia del convertidor formador de red; esto a través de la inyección de corriente en el PCA por parte del alimentador de red. Bajo este escenario, se presenta una codependencia entre convertidores formador de red y alimentador de red; esto es, la formación del voltaje en el PCA, realizada por el formador de red, depende de la inyección de corriente del alimentador de red; simultáneamente, la inyección de corriente del alimentador de red depende de la sincronía con el voltaje impuesto en el PCA por el formador de red.

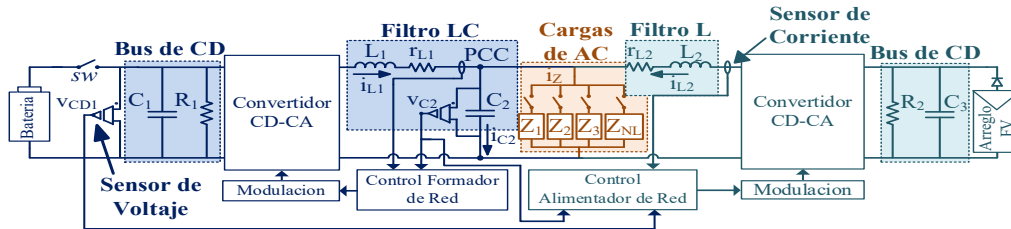
## Método

La Figura 2 presenta un diagrama de flujo, el cual esquematiza de forma resumida el método utilizado para lograr el objetivo de este artículo. El primer paso consiste en diseñar el arreglo de baterías y los módulos FV que forman parte del formador de red y del alimentador de red, respectivamente; así mismo, se requiere de diseñar el esquema de control de cada convertidor. El segundo paso es verificar mediante simulación la operación por separado del formador de red y del alimentador de red; posteriormente, en un tercer paso se ajustan los esquemas de control y en un cuarto paso se verifica la operación conjunta de ambos convertidores. Una vez el formador de red y el alimentador de red se encuentren operando correctamente de forma conjunta, se desconecta la batería del formador y se verifica que el sistema mantenga formación del voltaje en el PCA.



**Figura 2.** Método para diseño de la MRE y obtención de resultados

A continuación, se presenta la versión final del sistema obtenido mediante los pasos del método de la Figura 2. De la misma manera, los resultados que se presentan corresponden a la versión final del sistema. La Figura 3 presenta la circuitería y los bloques de control del sistema MRE de CA propuesto en este trabajo; la MRE cuenta con dos convertidores, un formador de red y un alimentador de red.



**Figura 3.** Topología y bloques de control del sistema MRE propuesto.

El formador de red, visto de lado izquierdo de la Figura 2, incluye un convertidor CD-CA con un banco de baterías en el bus de CD; el banco de baterías corresponde a un arreglo de 25 baterías de 12 V del modelo *L-31T/S-190M* conectadas en serie; este arreglo proporciona 300 V al bus de CD. Se incluye un interruptor denotado como *sw*, el cual permite conectar y desconectar la batería del bus de CD del formador de red. En el bus de CA, el formador de red cuenta con un filtro de salida del tipo inductor-capacitor, también llamado filtro LC, el cual es adecuado para el establecimiento de un voltaje de CA en el PCA. El formador de red cuenta con un bloque de control denotado como Control Formador de Red y está encargado de formar el voltaje de CA en el PCA a partir del voltaje que se encuentra en el bus de CD. Este bloque de control recibe las siguientes señales: el voltaje en el bus de CD denotado como  $V_{CD1}$ , el voltaje de CA en el PCA denotado como  $V_{C2}$  y la corriente en el inductor  $L_1$  denotada como  $i_{L1}$ ; para esto se incluyen los sensores de voltaje y corriente respectivos.

El alimentador de red, visto de lado derecho de la Figura 2, incluye un convertidor CD-CA con arreglo FV en el bus de CD; este arreglo FV consta de 17 módulos de 30 W del modelo *monocrystalline silicon TUV/CE PV solar cells-DBF30* conectados en serie. De lado del bus de CA, el alimentador de red es acoplado al PCA a través de un filtro inductivo, también llamado filtro L, el cual permite suavizar la corriente inyectada hacia la MRE. El alimentador de red utiliza el bloque de control, denotado como Control Alimentador de Red, para poder inyectar la potencia extraída del arreglo FV hacia el PCA; con esto, es posible cubrir la demanda de las cargas; y para los casos en los que la batería no se encuentra conectada, es posible sostener un voltaje en el bus de CD por

medio de la compensación de las pérdidas del convertidor CD-CA del formador de red. Por medio del uso de sensores de voltaje y corriente, el bloque de Control Alimentador de Red obtiene las señales de retroalimentación, las cuales son mencionadas a continuación. Se emplea el voltaje  $V_{CD1}$  para estimar la potencia que necesita el formador de red cuando no cuenta con la batería; así mismo,  $V_{C2}$  no solo se utiliza para fines de sincronía, sino también para que en conjunto con la corriente en el inductor  $L_2$ , denotada como  $i_{L2}$ , sea posible calcular la potencia entregada al PCA y retroalimentarla en el controlador. De esta manera, siempre y cuando el arreglo FV cuente con la suficiente potencia disponible, el alimentador de red extrae de forma natural, desde el arreglo FV, la potencia requerida por las cargas, y en caso de ser necesario, también la potencia requerida por el formador de red. Es importante aclarar que esto lo realiza sin necesidad de complejos algoritmos de extracción de potencia FV.

La MRE incluye también cargas lineales y no lineales; las cargas lineales utilizadas son cargas resistivas, las cuales demandan 80 W cada una; así mismo, la carga no lineal corresponde a un rectificador monofásico que demanda armónicos de corriente. Con el fin de observar el funcionamiento de la MRE bajo diferente demanda, estas cargas serán acopladas y desacopladas durante la operación de la MRE.

Las pruebas se llevaron a cabo en ambiente de simulación. Por un lado, la topología del sistema MRE, presentado en la Figura 2, se implementó utilizando el software PSIM® 64-bit Version 9.0.3.464. Por otro lado, el Control Formador de Red y Control Alimentador de Red, mostrados también en la Figura 2, fueron implementados dentro del entorno de Matlab/Simulink. Debido a que se utilizaron dos entornos de simulación diferentes, fue necesario emplear el módulo de *Sim-Coupler*; con esto, fue posible enviar las señales de los sensores de PSIM hacia Simulink, y enviar las señales y comandos de control de Simulink hacia PSIM.

**Tabla 1**

*Condiciones de simulación para la operación del sistema MRE propuesto.*

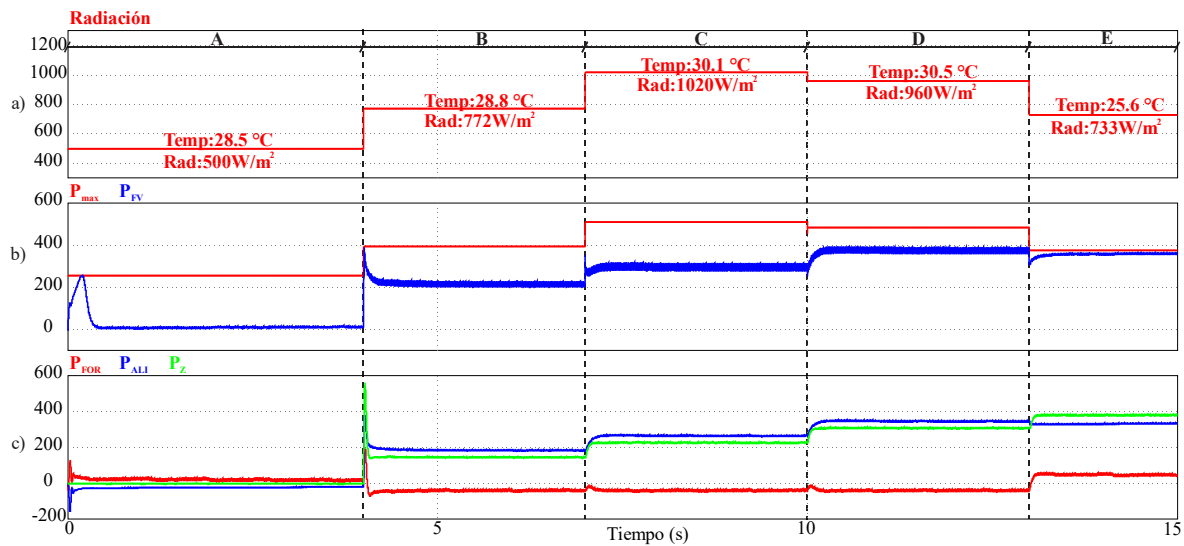
Intervalo de Tiempo (s)	Nombre del Intervalo	Estado de la Batería	Radiación (W/m <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>NL</sub>
0–3.99	A	Conectada	500	28.5	✗	✗	✗	✗
4–6.99	B	Desconectada	772	28.8	✗	✗	✗	✓
7–9.99	C	Desconectada	1020	30.1	✓	✗	✗	✓
10–12.99	D	Desconectada	960	30.5	✓	✓	✗	✓
13–15	E	Conectada	733	25.6	✓	✓	✓	✓

La Tabla 1 muestra las condiciones de simulación para la operación del sistema MRE propuesto. Estas condiciones incluyen variaciones tanto de las cargas lineales y no lineales, como de

los niveles de irradiación y temperatura en el arreglo FV del alimentador de red; estos niveles de temperatura e irradiación fueron obtenidos de la base de datos del sitio web de *CONAGUA/Gobierno de Mexico, Estaciones Meteorologicas Automaticas (EMAS)*, y corresponden a las coordenadas: latitud 27.3722 y longitud -109.9322, donde se localiza el municipio de Cajeme, Sonora, México. Así mismo, la Tabla 1 indica los intervalos de tiempo donde la batería del formador de red se encuentra conectada y desconectada. Para facilitar la discusión de resultados, se asignaron las letras de la A hasta la F a los intervalos de tiempo.

## Resultados y Discusión

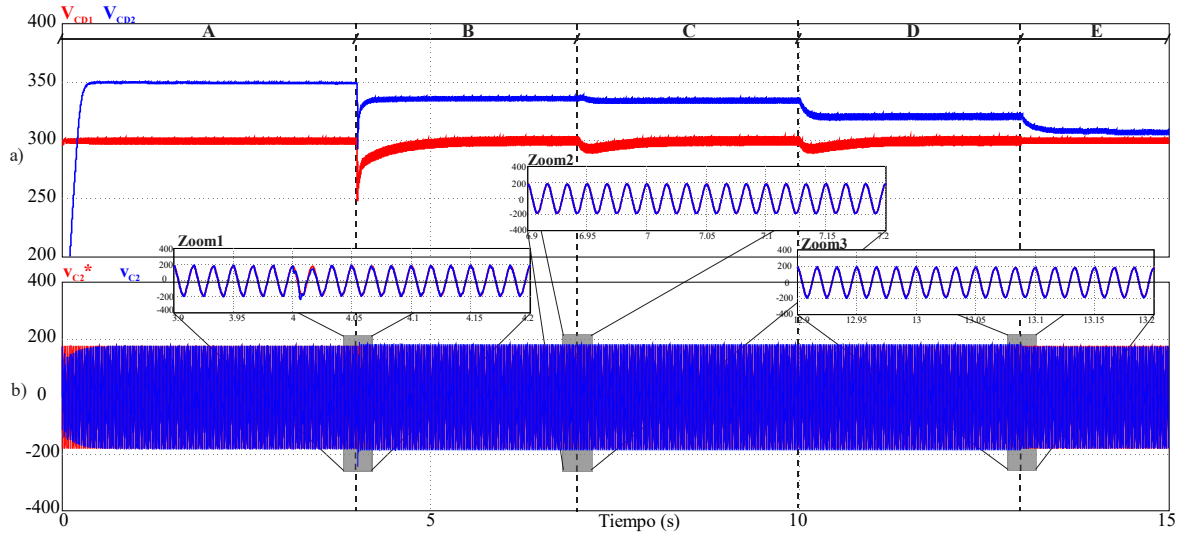
La Figura 4 presenta los resultados del sistema MRE para cada uno de los intervalos definidos en la Tabla 1. El gráfico a) muestra los niveles de irradiación y temperatura en el arreglo FV; la secuencia en la que varían estos niveles corresponde al comportamiento que presentan en el transcurso del día; esto es, inicia con niveles bajos de irradiación y temperatura por la mañana, incrementándose progresivamente hasta alcanzar los niveles máximos a mitad del día, para después ir decreciendo. El gráfico b) muestra la potencia máxima disponible en el arreglo FV, denotada como  $P_{max}$ , y la potencia extraída del arreglo FV, denotada como  $P_{FV}$ . En el intervalo A del gráfico b) se observa que  $P_{max}$  es de 258 W, sin embargo,  $P_{FV}$  es de 0 W; esto se debe a que en este intervalo A la batería se encuentra conectada y es la que proporciona la potencia a las cargas. Por el contrario, durante los intervalos B y C, la batería se encuentra desconectada del bus de CD del formador de red y entonces es el alimentador de red el que debe proporcionar la potencia a la MRE; nótese que, durante los intervalos B, C y D,  $P_{FV}$  siempre es menor que  $P_{max}$ , lo cual resalta la capacidad del Control Alimentador de Red para extraer solo la potencia necesaria para cubrir tanto la demanda de las cargas como las pérdidas de potencia del convertidor del formador de red. Para el caso del intervalo E,  $P_{max}$  y  $P_{FV}$  coinciden, lo que indica que se extrae la máxima potencia del arreglo FV; para el caso del intervalo E, la batería es conectada nuevamente. El gráfico c) presenta los niveles de potencia activa del formador de red y alimentador de red, denotados como  $P_{FOR}$  y  $P_{ALI}$ , respectivamente, así como la potencia activa en la carga, denotada como  $P_Z$ . Nótese que  $P_{FOR}$  es positiva en los intervalos A y E, pues indica que el formador de red entrega potencia de la batería hacia las cargas; por el contrario,  $P_{FOR}$  es negativa en los intervalos B, C y D, lo cual se debe a que la batería se encuentra desconectada, entonces el formador de red se comporta ahora como una carga inteligente, demandando potencia para poder mantener un voltaje en el bus de CD. De esta manera, el alimentador de red proporciona la potencia demandada tanto por las cargas como por el convertidor del formador de red.



**Figura 4.** Resultados del formador de red con batería y sin batería: a) Niveles de radiación solar y temperatura, b) Potencia FV disponible y potencia FV extraída, c) Potencias activas del formador de red, alimentador de red y cargas.

La Figura 5 presenta los resultados de la regulación de los voltajes de CD y de la formación del voltaje de CA en el PCA. La gráfica a) muestra los voltajes  $V_{CD1}$  y  $V_{CD2}$  del formador de red y del alimentador de red, respectivamente. En el intervalo A,  $V_{CD1}$  se encuentra ligeramente por debajo de los 300 V que proporciona el banco de baterías; esto se debe a que el formador de red se encuentra transfiriendo potencia de la batería hacia el PCA, tanto para las cargas como para la compensación de pérdidas del convertidor alimentador de red; cabe aclarar que la regulación de  $V_{CD2}$  depende del banco de baterías del formador de red en el arranque, lo cual se debe a que la potencia del arreglo FV está en estado transitorio al inicio del intervalo A. De igual manera,  $V_{CD2}$  se regula a 350 V, aproximadamente, el cual es un voltaje cercano al voltaje de circuito abierto  $V_{oc}$  del arreglo FV; para el arreglo FV utilizado  $V_{oc}$  es de 365.5 V, y es el voltaje para el cual no hay extracción de potencia del arreglo FV. Una vez la batería es desconectada en el intervalo B,  $V_{CD2}$  es llevado a un valor de aproximadamente 330 V y entonces permite la transferencia de potencia desde el arreglo FV hacia el PCA; nótese que hay transitorios de  $V_{CD2}$  en cada uno de los intervalos, los cuales se deben a las variaciones de carga, radiación y temperatura; para los intervalos B, C y D, donde la batería no se encuentra disponible, los transitorios en  $V_{CD2}$  producen transitorios en  $V_{CD1}$ ; sin embargo, ambas señales  $V_{CD1}$  y  $V_{CD2}$  son estabilizadas correctamente. Así, el alimentador de red regula  $V_{CD1}$  a 300 V, lo cual permite reducir transitorios en  $V_{CD1}$  cuando la batería es reconectada, tal y como se observa al inicio del intervalo E. Ahora bien, es importante verificar que el voltaje  $V_{C2}$  impuesto en el PCA sea estable. El gráfico b) muestra cómo el voltaje  $V_{C2}$  sigue al voltaje de referencia  $V_{C2}^*$ . El Zoom1 muestra el transitorio de  $V_{C2}$  durante la desconexión de la batería; nótese que  $V_{C2}$  es rápidamente estabilizado por el Control Formador de Red; de la misma manera, el

Zoom2 y el Zoom3 muestran como los transitorios de  $V_{C2}$  durante cada intervalo son corregidos adecuadamente. Es importante resaltar que durante los intervalos B, C y D,  $V_{C2}$  es regulado a partir de un formador sin batería, el cual se comporta como una carga inteligente; esta formación de voltaje a partir del comportamiento del formador de red como una carga, representa un fuerte cambio de paradigma dentro de los sistemas eléctricos y electrónicos de potencia.



**Figura 5.** Resultados del formador de red con batería y sin batería: a) Voltajes de CD para el formador de red y alimentador de red, b) Seguimiento del voltaje de CA de referencia.

## Conclusiones

Este trabajo presenta un cambio de paradigma respecto de los convertidores formadores de red utilizados en microrredes eléctricas aisladas. Este cambio de paradigma consiste en hacer operar a un formador de red como una carga inteligente, en lugar de operar como una fuente de voltaje, como usualmente es utilizado. Las ventajas de operar al formador de red como una carga inteligente son: i) conectar y desconectar “en caliente” las baterías en una microrred eléctrica aislada, lo cual significa que se pueden cambiar o reconfigurar los bancos de baterías sin que la operación del sistema sea interrumpida; ii) comúnmente la operación de la microrred aislada se suspende, aun cuando los alimentadores de red cuente con energía disponible, una vez que los bancos de baterías del formador de red hayan agotado la energía almacenada; en el caso de este trabajo, la microrred aislada puede seguir operando aun cuando se haya agotado la energía de las baterías; iii) se puede diseñar una microrred donde el formador de red desde un inicio esté operando sin baterías. Los resultados mostraron la capacidad del formador de red para desempeñar la formación del voltaje de CA en el PCA con batería y sin batería; comportándose como una carga inteligente en este último caso. Además, también se observó la capacidad del alimentador de red para extraer, del arreglo FV, únicamente la potencia necesaria para cubrir la demanda de las cargas y las pérdidas de potencia



del formador de red, cuando este último tenía su batería desconectada. Con este trabajo se amplía el concepto de los formadores de red, para la operación de las microrredes eléctricas aisladas en el área de sistemas eléctricos y electrónicos de potencia, con potencial para ser incluido dentro de la infraestructura de las redes eléctricas futuras.

## Referencias

- Ahmed, M., Meegahapola, L., Vahidnia, A., & Datta, M. (2020). Stability and Control Aspects of Microgrid Architectures-A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 8, 144730–144766. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014977>
- Andersson, G., Dursun, K., Hauge, B. G., Bremdal, B., & Nourbakhsh, G. (2013). Establishing sustainable and reliable smart grids. *2013 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems, AMPS 2013 - Proceedings*, 138–143. <https://doi.org/10.1109/AMPS.2013.6656240>
- Arvydas Lebedys, Dennis Akande, Nazik Elhassan, Gerardo Escamilla, I. A. and A. W. (n.d.). Renewable capacity statistics 2023. Retrieved May 22, 2023, from <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>
- Cota, R., Velázquez, N., González, E., & Aguilar-Jimenez, J. A. (2016). MICRORRED AISLADA PARA UNA COMUNIDAD PESQUERA DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO: CASO DE ESTUDIO. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/309486824\\_MICRORRED\\_AISLADA\\_PARA\\_UNA\\_COMUNIDAD\\_PESQUERA\\_DE\\_BAJA\\_CALIFORNIA\\_MEXICO\\_CASO\\_DE\\_ESTUDIO](https://www.researchgate.net/publication/309486824_MICRORRED_AISLADA_PARA_UNA_COMUNIDAD_PESQUERA_DE_BAJA_CALIFORNIA_MEXICO_CASO_DE_ESTUDIO)
- IRENA. (2021). *Renewable Capacity Statistics*. Retrieved from [www.irena.org](http://www.irena.org)
- León Trigo, L. I., Reyes Archundia, E., Gutiérrez Gnechchi, J. A., Méndez Patiño, A., & Chávez Campos, G. M. (2019). Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(2), 1–12. <https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2019.20n2.015>
- Lin, Y., Eto, J. H., Johnson, B., Flicker, J., Lasseter, R., Pico, H., ... Yuan, G. (2020). Research Roadmap on Grid-Forming Inverters. *Nrel*. <https://doi.org/10.2172/1721727>
- Meng, X., Liu, J., & Liu, Z. (2019). A Generalized Droop Control for Grid-Supporting Inverter Based on Comparison between Traditional Droop Control and Virtual Synchronous Generator Control. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34(6), 5416–5438. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2018.2868722>
- Rocabert, J., Luna, A., Blaabjerg, F., & Rodríguez, P. (2012). Control of Power Converters in AC Microgrids. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27(11), 4734–4749. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2012.2199334>
- Society, I. P. and E. (2018). *IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers*. IEEE.
- Society, I. P. and E., & Sponsored. (2018). IEEE Standard for the Testing of Microgrid Controllers for the Testing of Microgrid Controllers. Retrieved January 18, 2021, from

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8444947>

Souza, M. E. T., & Freitas, L. C. G. (2022). Grid-Connected and Seamless Transition Modes for Microgrids: An Overview of Control Methods, Operation Elements, and General Requirements. *IEEE Access*, *10*, 97802–97834. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206362>

Unruh, P., Nuschke, M., Strauß, P., & Welck, F. (2020). Overview on grid-forming inverter control methods. *Energies*, *13*(10). <https://doi.org/10.3390/en13102589>

## Capítulo 2

### Dimensionamiento del inversor medio puente fotovoltaico con carga resistiva

José Antonio Beristáin Jiménez

Javier Pérez Ramírez

Raúl Antonio de Jesús Terán González

#### Resumen

La energía solar fotovoltaica es considerada la energía renovable con mayor crecimiento en el mercado y sus aplicaciones van desde centrales fotovoltaicas hasta aplicaciones industriales, comerciales y residenciales. El rápido crecimiento de esta tecnología, demanda ingenieros más y mejor preparados tanto para la instalación y mantenimiento como para el desarrollo de tecnología electrónica que son las interfaces entre los módulos fotovoltaicos y las cargas. En este contexto, la carrera de ingeniero en electrónica del ITSON incluye un bloque de sistemas de energías renovables donde se aborda el tema de la aplicación de la electrónica de potencia como interfaz entre los módulos fotovoltaicos y diferentes tipos de cargas. En el tema de convertidores CD-CA se aborda el análisis, diseño, simulación e implementación de convertidores CD-CA los cuales son sistemas con principios de funcionamiento sencillos, pero con cierta complejidad al realizar la implementación en laboratorio. Por tal motivo, se propone el análisis, diseño e implementación de un convertidor CD-CA medio puente con carga resistiva y como fuente de entrada un módulo fotovoltaico de tal forma que se tenga un circuito sencillo de implementar y que permita visualizar el efecto que tiene la corriente de baja frecuencia de la carga en el dimensionamiento de los capacitores del bus de CD. Se presenta el análisis, diseño y simulación del circuito, así como de las ecuaciones que representan el modelo matemático del sistema tal que se valide la teoría presentada. La parte de implementación en laboratorio se realiza por parte de los alumnos en el laboratorio.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, convertidor CD-CA, filtro capacitivo de CD

#### Introducción

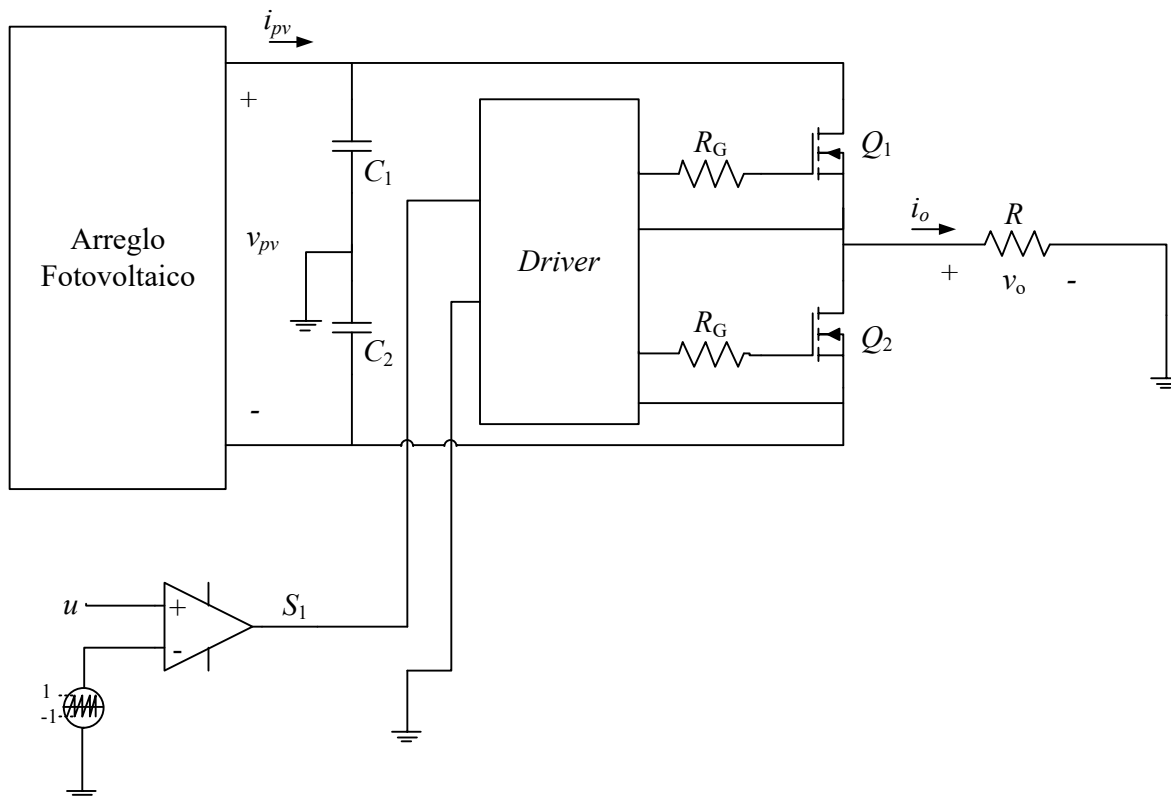
La energía solar fotovoltaica juega un papel muy importante en la transformación del sistema energético a nivel mundial (Agency, 2019). La energía solar fotovoltaica ha tenido un crecimiento exponencial en las últimas décadas y se espera que en los próximos años se continúe con el crecimiento sostenido (Segui, 2018). Según (Reuter, 2021) se están creando millones de empleos en la industria fotovoltaica, dentro de los cuales, el personal cualificado en el desarrollo de proyectos y

generación de tecnología son elementos clave. En México, los planes gubernamentales apuestan por la energía solar fotovoltaica como medio para complementar la energía generada utilizando combustibles fósiles (Carrillo, 2023). En México hay oferta académica para formación de ingenieros para instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos (CPEF, 2023). Sin embargo, para el desarrollo de tecnología electrónica para interfaces entre los módulos fotovoltaicos y las diferentes cargas se dan principalmente a nivel maestría (cenidet, 2023) (UASLP, 2023) y que actualmente se están incluyendo a nivel de licenciatura (CELAYA.TECNM, 2023). En el Instituto Tecnológico de Sonora se tiene la carrera de Ingeniero en electrónica donde una de los bloques del programa corresponde a la línea de Sistemas de Energías Renovables, donde se imparten clases de física de semiconductores, dispositivos electrónicos, electrónica de potencia y sistemas de energías renovables. Mediante estas materias el estudiante aprende a diseñar circuitos electrónicos, que, en la materia de Sistemas de Energías Renovables, se ocupan para desarrollar interfaces de electrónica de potencia para transferir la energía solar fotovoltaica a las diferentes cargas. Los miembros de la academia de Sistemas de Energías Renovables han desarrollado una metodología de análisis de circuitos electrónicos de potencia y que es aplicada en el curso al tema de Sistemas Fotovoltaicos. Dicha metodología se presenta en (Pérez, 2016) y (Beristáin, 2017), incluye: análisis, diseño simulación e implementación en laboratorio de dichos circuitos. En el diseño e implementación de los circuitos en laboratorio, el costo de los circuitos es uno de los principales problemas, por lo que la utilización de circuitos sencillos y a escala permite abordar las problemáticas que se tendrán en circuitos más complejos y a potencia nominal. Una de las problemáticas abordadas en el curso es el efecto que tiene la corriente de baja frecuencia a la salida del inversor en el dimensionamiento de los capacitores del bus de CD de entrada. Para realizar un experimento en laboratorio que muestre este efecto, se utiliza la configuración del inversor medio puente. El objetivo de este trabajo es establecer las ecuaciones de diseño de un convertidor CD-CA medio puente con carga resistiva y con fuente de alimentación fotovoltaica para su implementación en laboratorio por parte de los alumnos de la materia de Sistemas de Energías Renovables de tal forma que sea un experimento sencillo, de bajo costo y fácil de implementar en laboratorio. Se muestra la metodología de análisis y diseño, así como la simulación para validar los resultados teóricos. No se muestra el circuito experimental de laboratorio ya que éste corresponde a los alumnos de la materia el desarrollarlo.

### **Fundamentación teórica**

La figura 1, muestra el diagrama de circuito del convertidor CD-CA de medio puente para transferir energía de un arreglo fotovoltaico a una carga resistiva. El circuito está formado por un módulo fotovoltaico, un divisor de voltaje capacitivo conformado por  $C_1$  y  $C_2$ , un convertidor medio puente con una rama de transistores  $Q_1$  y  $Q_2$  y una carga resistiva  $R$ , la cual está conectada entre el punto medio de la rama del inversor y el punto medio del divisor de voltaje capacitivo. Los transistores

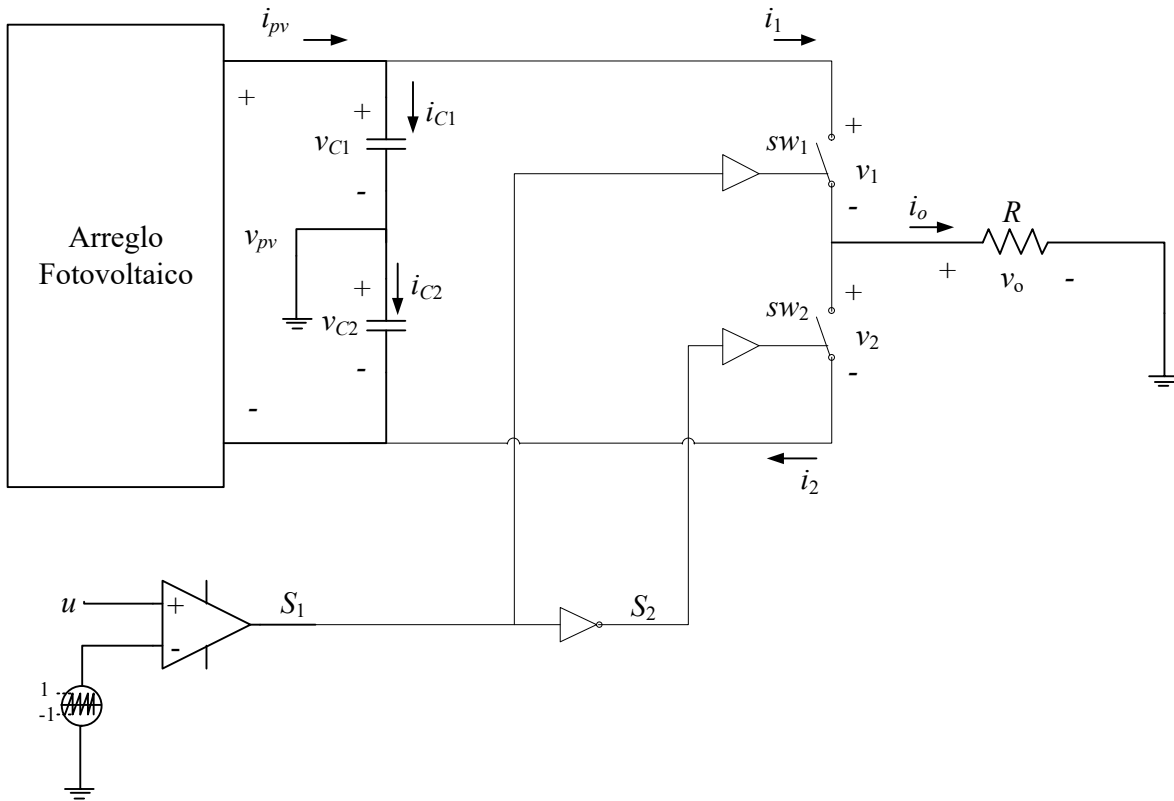
se activan mediante un driver, el cual toma la señal  $S_1$  y la aplica al transistor  $Q_1$  y el valor complementario se aplica al transistor  $Q_2$ . La señal  $S_1$  es una señal modulada en anchura de pulso sinusoidal, donde la señal moduladora es  $u$  y la señal portadora es una señal triangular  $ct$ . El driver deberá aplicar una señal de disparo al transistor  $Q_2$  referida a tierra y una señal de disparo al transistor  $Q_1$  referida a un punto que no está referido a tierra. Asimismo, el driver deberá considerar el tiempo muerto o tiempo de blanqueo que asegure que cuando se realice la transición de conducción entre los transistores no se presente el caso en que los dos transistores estén encendidos al mismo tiempo, evitando así un corto circuito de la fuente de alimentación. El circuito funciona de la siguiente manera: cuando el transistor  $Q_1$  está encendido actúa como un interruptor cerrado y el transistor  $Q_2$  deberá estar apagado actuando como un interruptor abierto; el voltaje aplicado a la carga será el voltaje del capacitor  $C_1$  menos la caída de tensión en el transistor, el cual es un voltaje positivo. Cuando el transistor  $Q_2$  está encendido, el transistor  $Q_1$  está apagado y a la carga se le aplica la tensión del capacitor  $C_2$  el cual es un voltaje negativo.



**Figura 1.** *Inversor medio puente con módulo fotovoltaico como fuente de alimentación*

Con el fin de realizar el modelado matemático del convertidor CD-CA, se dibuja un circuito equivalente utilizando interruptores ideales para modelar el comportamiento de los transistores. Asimismo, se asignan polaridades en los voltajes del circuito y se indican las direcciones de las corrientes para el análisis. La señal  $S_1$  activa al interruptor  $sw_1$ , y la señal  $S_2$ , la cual es obtenida

mediante un inversor lógico aplicado a la señal  $S_1$ , se aplica al interruptor  $sw_2$ .



**Figura 2.** Diagrama de circuito equivalente utilizando interruptores.

Se aplica la ley de corriente de Kirchhoff para las corrientes  $i_{C1}$  e  $i_{C2}$ . Asimismo, se escribe una ecuación para el voltaje de salida, utilizando la ley de voltaje de Kirchhoff.

$$i_{C1} = i_{pv} - i_1 \quad (1)$$

$$i_{C2} = i_{pv} - i_2 \quad (2)$$

$$v_o = v_2 - v_{C2} \quad (3)$$

En las ecuaciones (1) a (3), se observa que es necesario definir las corrientes  $i_1$  e  $i_2$  y el voltaje  $v_2$  los cuales están asociados a los interruptores. La tabla 1 muestra la descripción de dichas variables utilizando las funciones de conmutación.

**Tabla 1.**

Corriente  $i_1$ ,  $i_2$  y el voltaje  $v_2$  en función de  $S_1$  y  $S_2$ .

$S_1$	$S_2$	$i_1$	$i_2$	$v_2$
1	0	$v_{C1}/R$	0	$(v_{C1} + v_{C2})$

0	1		0	$v_{C2}/R$	0
---	---	--	---	------------	---

De la tabla 1, se obtiene la descripción de las corrientes  $i_1$  e  $i_2$  y del voltaje  $v_2$ , las cuales se muestran en las ecuaciones (4) a (6).

$$i_1 = S_1 \frac{v_{C1}}{R} \quad (4)$$

$$i_2 = (1 - S_1) \frac{v_{C2}}{R} \quad (5)$$

$$v_2 = S_1 (v_{C1} + v_{C2}) \quad (6)$$

Sustituyendo (4) a (6) en (1) a (3) respectivamente, se obtienen las ecuaciones del modelo conmutado. Las ecuaciones (7) a (9) corresponden al modelo conmutado.

$$i_{C1} = i_{pv} - S_1 \frac{v_{C1}}{R} \quad (7)$$

$$i_{C2} = i_{pv} - (1 - S_1) \frac{v_{C2}}{R} \quad (8)$$

$$v_o = S_1 (v_{C1} + v_{C2}) - v_{C2} \quad (9)$$

El modelo promediado se obtiene promediando la función de conmutación  $\tilde{S}_1 = \left( \frac{u+1}{2} \right)$ . Las ecuaciones (10) a (12) corresponden al modelo promediado.

$$\tilde{i}_{C1} = \tilde{i}_{pv} - \left( \frac{u+1}{2} \right) \frac{\tilde{v}_{C1}}{R} \quad (10)$$

$$\tilde{i}_{C2} = \tilde{i}_{pv} - (1 - u) \frac{\tilde{v}_{C2}}{2R} \quad (11)$$

$$\tilde{v}_o = \left( \frac{u+1}{2} \right) (\tilde{v}_{C1} + \tilde{v}_{C2}) - \tilde{v}_{C2} \quad (12)$$

Las ecuaciones que corresponden al estado estable se muestran en (13) a (15). Se utiliza el subíndice *ss* para denotar la operación en estado estable.

$$\tilde{i}_{C1ss} = \tilde{i}_{pvss} - \left( \frac{u_{ss}+1}{2} \right) \frac{\tilde{v}_{C1ss}}{R} \quad (13)$$

$$\tilde{i}_{C2ss} = \tilde{i}_{pvss} - (1 - u_{ss}) \frac{\tilde{v}_{C2ss}}{2R} \quad (14)$$

$$\tilde{v}_{oss} = \left( \frac{u_{ss} + 1}{2} \right) (\tilde{v}_{C1ss} + \tilde{v}_{C2ss}) - \tilde{v}_{C2ss} \quad (15)$$

La excitación del sistema establecido en (13) a(15) se realiza utilizando (16).

$$u_{ss} = m \cos(\omega t) \quad (16)$$

donde  $\omega = 2\pi f$  y  $f$  es la frecuencia de la señal moduladora  $u$ .

Despreciando el rizo de voltaje en los capacitores  $C_1$  y  $C_2$  se tiene:

$$\tilde{i}_{C1ss} \approx I_{pv} - \frac{V_{C1}}{2R} - \frac{mV_{C1}}{2R} \cos(\omega t) \quad (17)$$

$$\tilde{i}_{C2ss} \approx I_{pv} - \frac{V_{C2}}{2R} + \frac{mV_{C2}}{2R} \cos(\omega t) \quad (18)$$

$$\tilde{v}_{oss} \approx \frac{mV_{pv}}{2} \cos(\omega t) \quad (19)$$

donde:

$$V_{pv} = V_{C1} + V_{C2}. \quad (20)$$

En las ecuaciones (17) y (18), los términos de CD se igualan a cero. Por lo que se tienen las siguientes igualdades.

$$I_{pv} = \frac{V_{C1}}{2R} \quad (21)$$

$$I_{pv} = \frac{V_{C2}}{2R} \quad (22)$$

Asimismo, la amplitud del voltaje de salida,  $V_m$ , a frecuencia fundamental es:

$$V_m = \frac{mV_{pv}}{2}. \quad (23)$$

La resistencia equivalente que ve el módulo fotovoltaico es:



$$R_{eq} = \frac{V_{pv}}{I_{pv}}. \quad (24)$$

Sustituyendo (21) en (24) y considerando que

$$V_{C1} = V_{C2} = \frac{V_{pv}}{2}, \quad (25)$$

$$R_{eq} = 4R. \quad (26)$$

La ecuación (26) determina que la carga del módulo fotovoltaico, considerando el modelo promediado en estado estable es constante con un valor de 4 veces la resistencia de carga, por tal motivo, para variar la resistencia equivalente del módulo fotovoltaico será necesario variar la resistencia de carga, esto se logra con un reóstato.

### **Dimensionamiento de los capacitores del bus de CD.**

El voltaje del capacitor  $C_1$  se obtiene a partir de (17) considerando únicamente la componente de corriente alterna.

$$v_{C1ss} = \frac{1}{C_1} \int -\frac{mV_{C1}}{2R} \cos(\omega t) + v_{C1}(0) \quad (27)$$

Resolviendo la integral se tiene:

$$v_{C1ss} = -\frac{mV_{C1}}{2\omega RC_1} \text{sen}(\omega t) + v_{C1}(0). \quad (28)$$

Se toma el rizo de voltaje como el doble de la amplitud de la componente de corriente alterna del voltaje del capacitor  $C_1$ .

$$\Delta v_{C1} = \frac{mV_{C1}}{\omega RC_1} \quad (29)$$

Se define el factor de rizo del capacitor  $C_1$  como:

$$k_{C1} = \frac{\Delta v_{C1}/2}{V_{C1}}. \quad (30)$$

Por lo que el rizo de voltaje queda como:

$$\Delta v_{C1} = k_{C1} V_{pv} \quad (31)$$

donde:

$$V_{pv} = 2V_{C1}. \quad (32)$$

Sustituyendo (31) y (32) en (29) y despejando el valor del capacitor, se tiene:

$$C_1 = \frac{2mP_{pv}}{k_{C1}\omega V_{pv}^2}. \quad (33)$$

Como se utiliza un divisor capacitivo con el objetivo de dividir el voltaje  $V_{pv}$  en dos valores de voltaje iguales, se tiene la igualdad  $C_2=C_1$ .

## Método

Este trabajo pretende impactar en la formación de alumnos de licenciatura que, mediante implementación de laboratorio, logran tener un buen entendimiento del efecto de las componentes de baja frecuencia de la corriente de salida de baja frecuencia en el dimensionamiento de los capacitores del bus de CD. Se utiliza un inversor medio puente, el cual es la celda básica de inversores, y una carga resistiva, de tal forma que se pueda implementar de forma sencilla y con un bajo costo. En este trabajo se muestra la parte teórica de modelado del circuito y a partir de éste se obtiene el dimensionamiento de los elementos pasivos del circuito, posteriormente, se diseña el circuito y se prueba mediante simulación para validar el procedimiento desarrollado. Se realiza una comparación entre el resultado de la simulación del circuito y las ecuaciones del modelo. Si las formas de onda obtenidas por el circuito y por el modelo son parecidas tanto en el transitorio como en el estado estable, así como los rizados de voltaje y potencia entregada por la fuente, se considera que queda validada la teoría y que queda listo para la implementación de laboratorio.

## Resultados y discusión

Se considera un módulo fotovoltaico con las siguientes características: voltaje de circuito abierto,  $V_{oc} = 21.5$  V; voltaje en el punto de máxima potencia,  $V_{mp} = 17.5$  V, corriente de corto circuito,  $I_{sc} = 0.64$  A, corriente en el punto de máxima potencia,  $I_{mp} = 0.58$  A. El módulo fotovoltaico utilizado es de 10 W, lo cual permite realizar la implementación del circuito inversor en una tablilla experimental (protoboard) sin que éste se dañe por la circulación de corrientes mayores a las que puede soportar. La frecuencia de conmutación se propone en 9600 Hz.

La resistencia equivalente en el punto de máxima potencia es:

$$R_{eq_{mp}} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}}. \quad (34)$$

Considerando los parámetros del módulo fotovoltaico de 10 W, la resistencia equivalente en el punto de máxima potencia toma un valor de 30.17  $\Omega$ . De (26), la resistencia de carga para operar el inversor en el punto de máxima potencia será de  $R=7.54 \Omega$ . Para el cálculo del capacitor se propone un factor de rizo de  $k_{C_{1,2}}=0.02$  y una amplitud de la señal moduladora de  $m=1$  a una frecuencia de 60 Hz. Con los datos propuestos y los datos del módulo fotovoltaico se tiene un divisor capacitivo de  $C_1=C_2= 8.8$  mF. Es importante señalar que los capacitores  $C_1$  y  $C_2$  se diseñan considerando la frecuencia de 60 Hz lo cual impacta en el valor de la capacitancia obtenida y por consecuencia en el tamaño del bus capacitivo.

Una vez que se tienen calculados los elementos pasivos del circuito se procede a realizar una simulación en el software Psim. La simulación se realiza considerando un paso de tiempo de simulación de 1e-6.

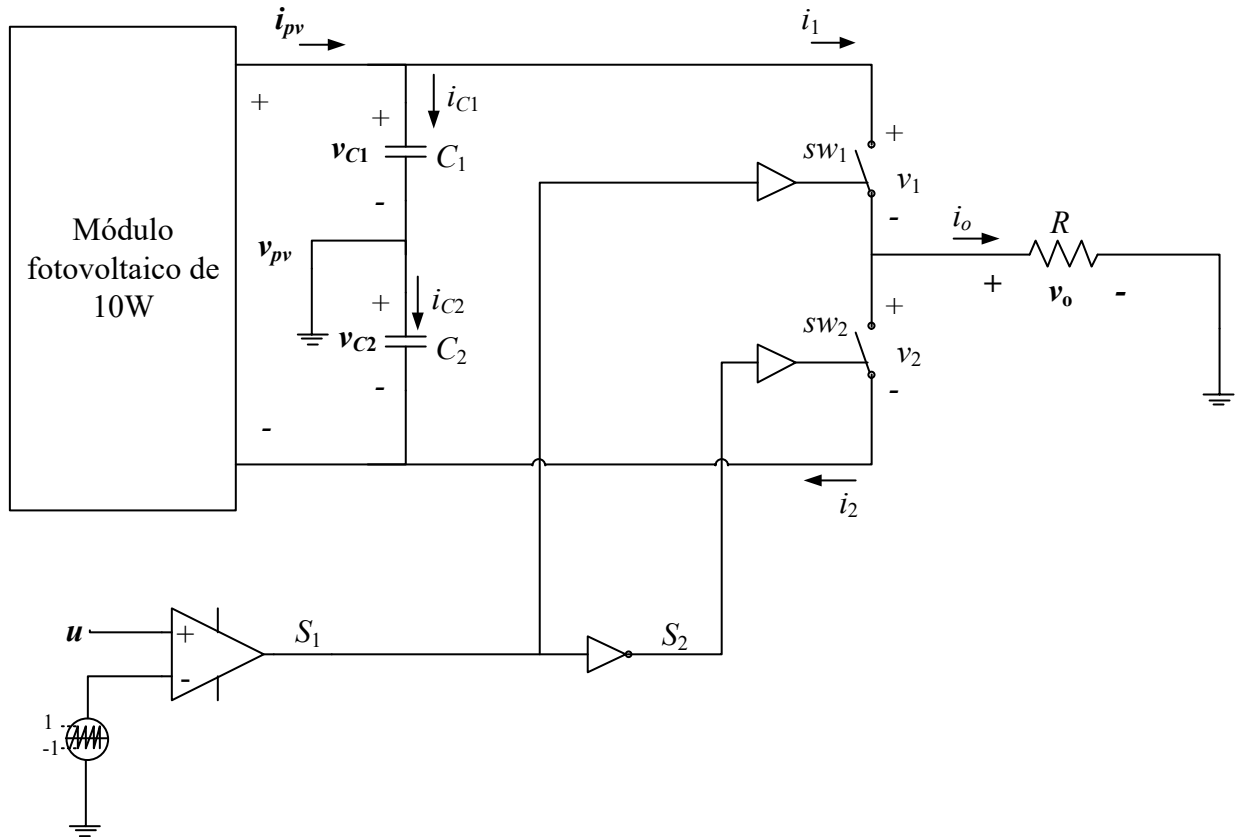
Con el diseño del circuito se procede a realizar la simulación. La tabla 1 resume los datos de simulación.

**Tabla 1.**

*Parámetros utilizados en la simulación*

Parámetro	Descripción	Valor
$V_{oc}$	Voltaje de circuito abierto del módulo fotovoltaico	21.5 V
$V_{mp}$	Voltaje del módulo fotovoltaico en el punto de máxima potencia	17.5 V
$I_{sc}$	Corriente de corto circuito del módulo fotovoltaico	0.64 A
$I_{mp}$	Corriente en el punto de máxima potencia del módulo fotovoltaico	0.58
$R$	Resistencia de carga	7.54 $\Omega$
$C_1, C_2$	Capacitancia del divisor capacitivo	8.8 mF

El circuito simulado se muestra en la figura 3.

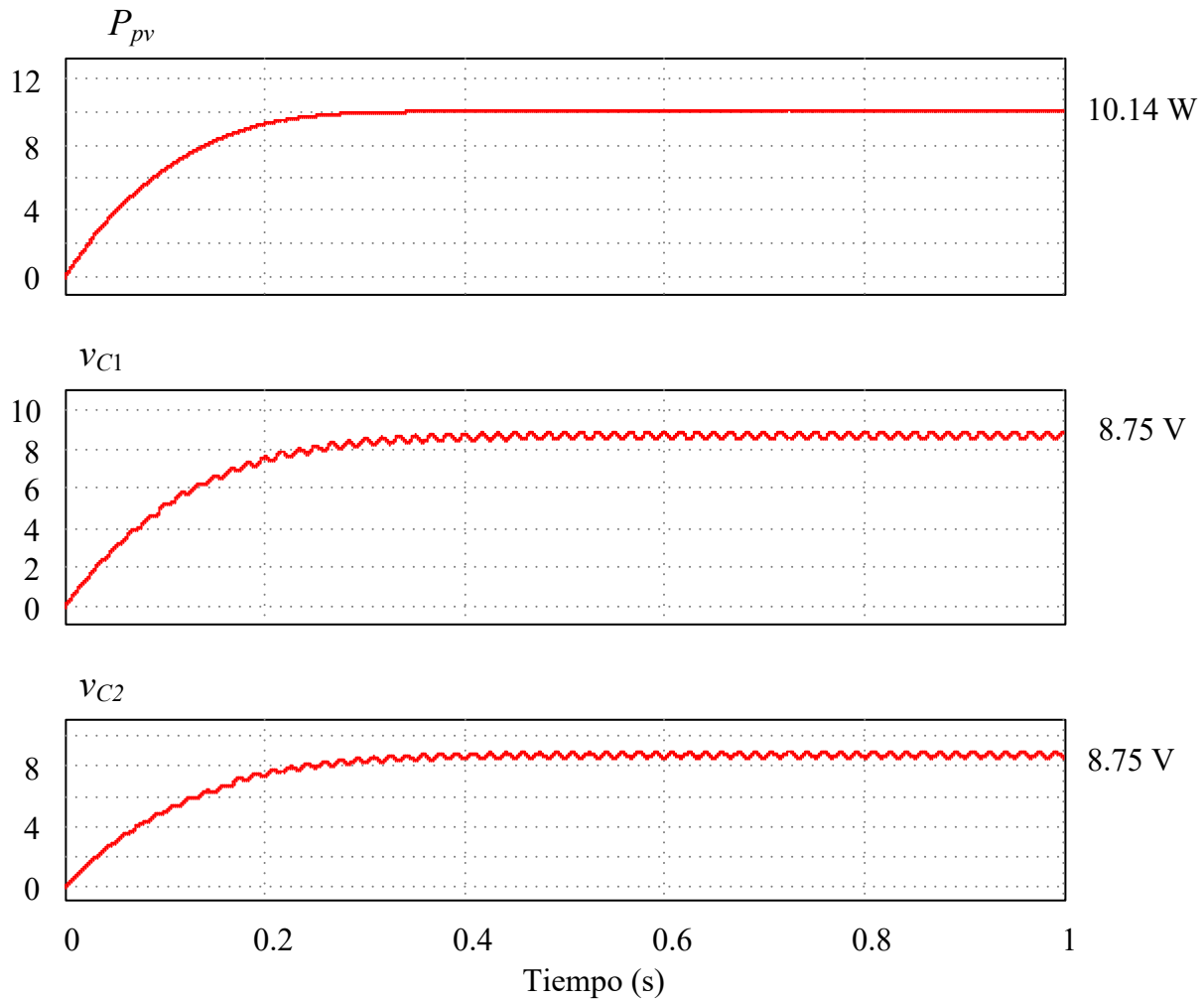


**Figura 3.** Diagrama de circuito para simulación.

En el punto de máxima potencia se espera una potencia del módulo fotovoltaico de  $P_{mp} = 10.15$  W. Asimismo, con el factor de rizo propuesto se espera un rizo de voltaje en cada capacitor del bus de CD de  $\Delta_{v_{C1,2}} = 0.35$  V.

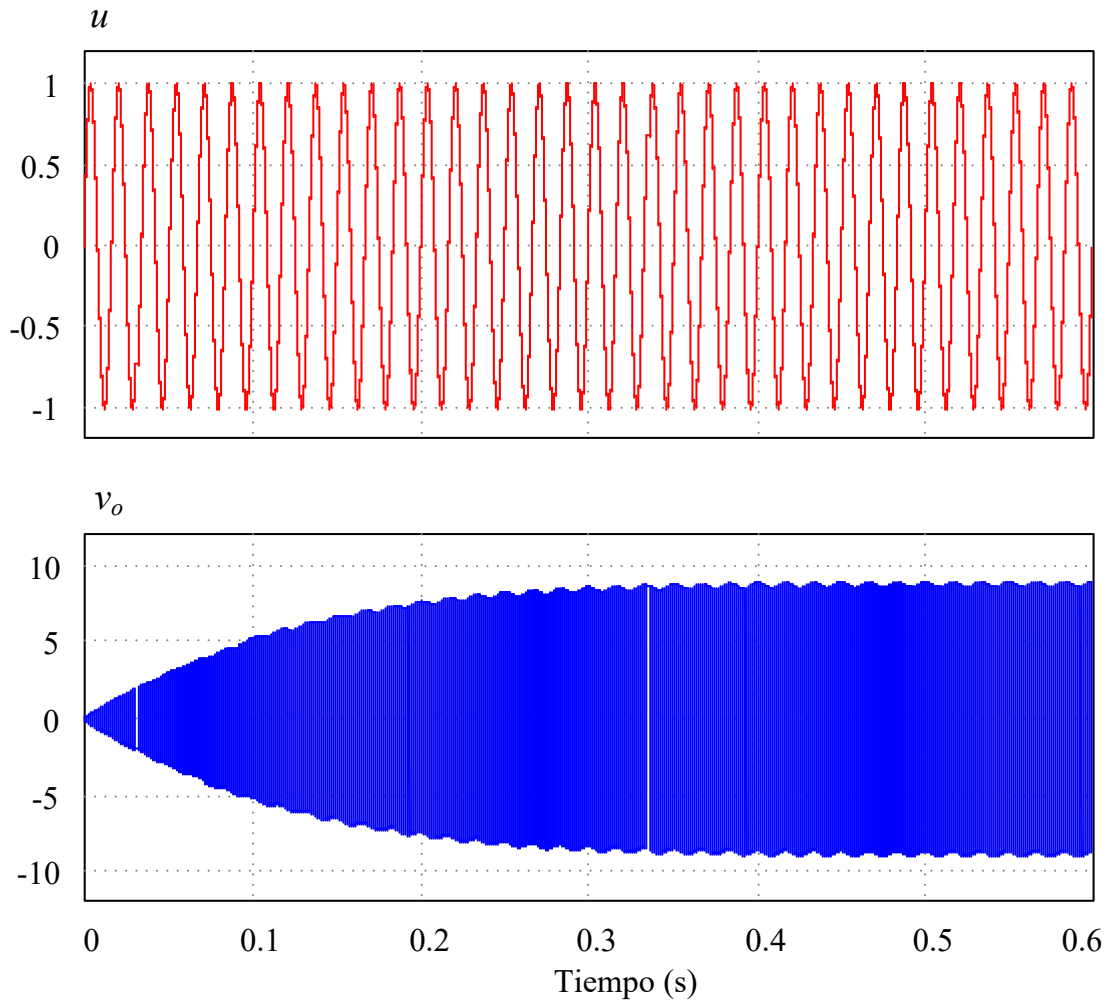
Se realiza la simulación del circuito de la figura 1. Se excita el circuito con la señal moduladora  $u = m \cos(\omega t)$  donde  $m = 1$  y  $\omega = 2\pi f$  con  $f = 60$  Hz.

La figura 4 muestra los resultados de simulación del circuito de la figura 3. Se observa que el módulo fotovoltaico entrega la máxima potencia lo cual se garantiza únicamente con la elección de la resistencia de carga  $R$ . Asimismo, se observan los voltajes en los capacitores  $C_1$  y  $C_2$  donde se obtiene un rizo de voltaje de  $\Delta_{v_{C1,2}} = 0.34$  V, valor muy cercano al propuesto con el factor de rizo.



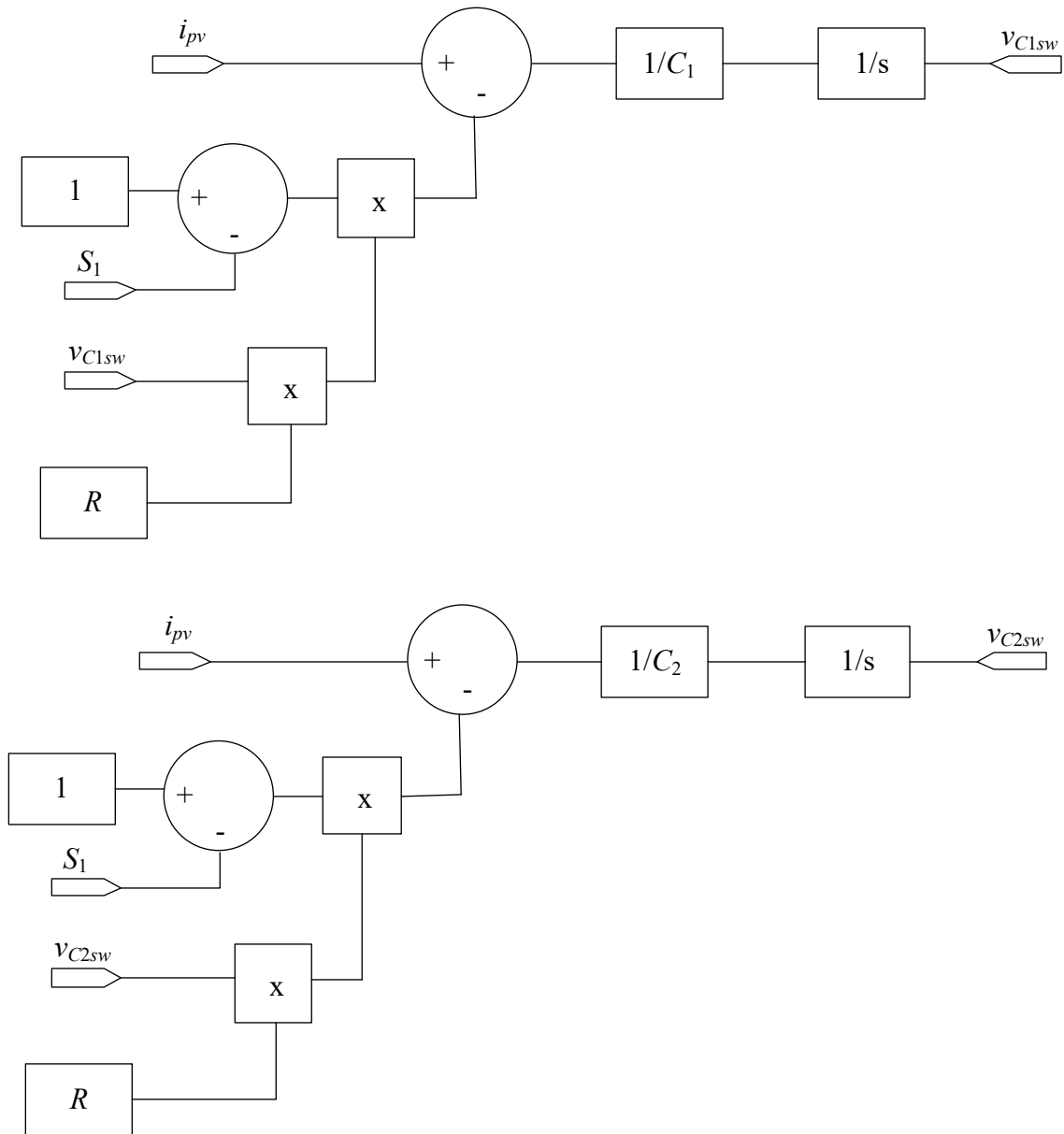
**Figura 4.** Potencia del módulo fotovoltaico y voltajes en el bus de CD.

La figura 5 muestra la señal moduladora  $u$  y el voltaje de salida del inversor medio puente con carga resistiva  $v_o$ . Se observa a la señal moduladora con una frecuencia de 60 Hz y con una amplitud de  $m=1$ . Asimismo, se observa en el voltaje de salida el transitorio de voltaje de la carga de los capacitores  $C_1$  y  $C_2$ .



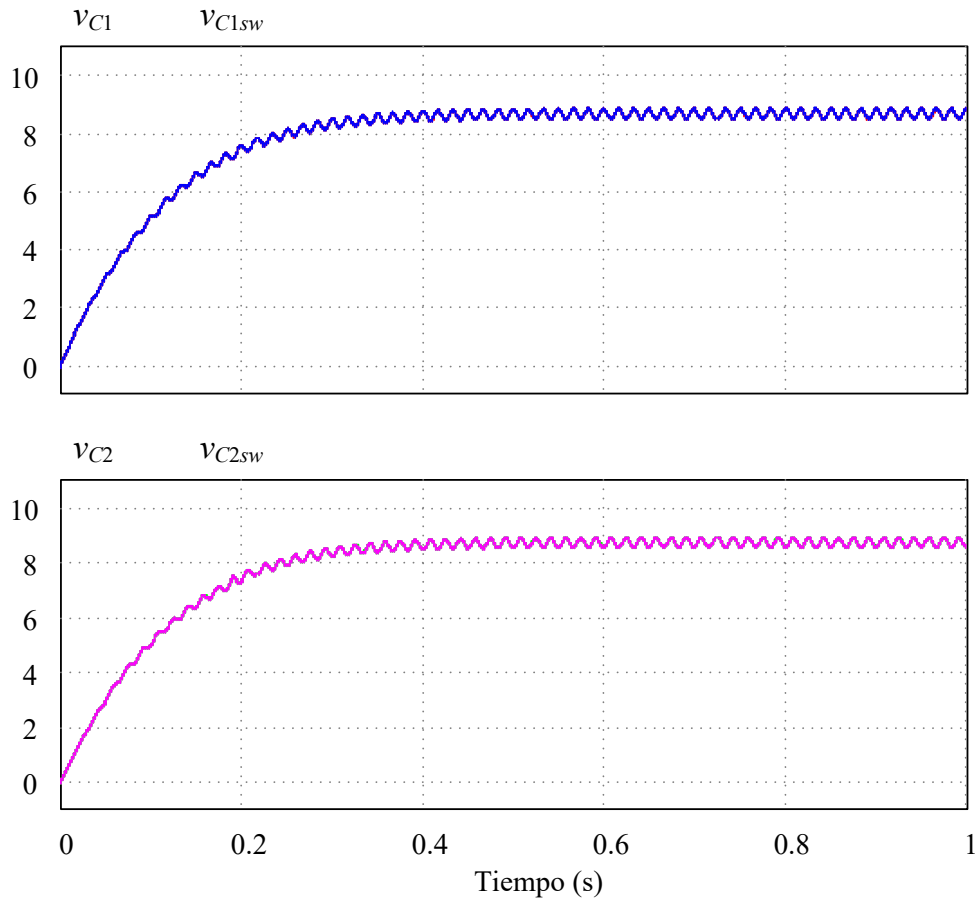
**Figura 5.** Señal moduladora y voltaje de salida del inversor medio puente.

El modelo conmutado se simula utilizando el diagrama a bloques de la figura 6. Donde el bloque  $1/s$  corresponde a la función de transferencia de un integrador lo que permite obtener el voltaje del capacitor a partir de la derivada de la corriente de cada capacitor. La señal  $S_1$  se toma de la salida del circuito comparador de voltaje de la figura 3. Asimismo, la señal  $i_{pv}$  se toma, mediante un sensor de corriente, de la simulación del circuito de la figura 3.



**Figura 6.** Diagrama a bloques de las ecuaciones del modelo conmutado para simulación.

La figura 7 donde se muestra, en una misma gráfica, el resultado de la simulación del circuito y el resultado de simulación de las ecuaciones del modelo conmutado. Los voltajes que da como resultado la simulación del circuito es:  $v_{C1}$  y  $v_{C2}$  y los voltajes que da como resultado la simulación del modelo conmutado es:  $v_{C1sw}$  y  $v_{C2sw}$ . Se observa que las señales coinciden tanto en el transitorio como en el estado estable, de tal forma que, se valida el modelo conmutado presentado en este documento.



**Figura 7.** Comparación entre el resultado de la simulación del circuito y de las ecuaciones del modelo conmutado.

## Conclusiones

En este trabajo se establecieron las ecuaciones de diseño de un convertidor CD-CA medio puente con carga resistiva y con fuente de alimentación fotovoltaica para su implementación en laboratorio por parte de los alumnos de la materia de Sistemas de Energías Renovables de tal forma que sea un experimento sencillo, de bajo costo y fácil de implementar en laboratorio. Se mostró el análisis, diseño y simulación del circuito, así como del modelo conmutado, el cual se utiliza como punto de partida para obtener el modelo promediado y promediado en estado estable. El modelo promediado en estado estable se utilizó para el dimensionamiento de los elementos pasivos del circuito tales como la resistencia de carga y los capacitores del bus de CD. Se observa que la resistencia equivalente que se presenta al módulo fotovoltaico tiene un valor fijo y que el valor de los capacitores del bus de CD se deberá diseñar considerando la componente de baja frecuencia de la corriente fundamental en la carga.



## Referencias

- Agency, I. R. (2019). *El futuro de la energía solar fotovoltaica*. IRENA.
- Beristáin, J. &. (2017). *Electrónica de Potencia: de la teoría a la experimentación*. Cd. Obregón: Pearson.
- Carrillo, P. T. (17 de Febrero de 2023). *Forbers*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/>
- CELAYA.TECNM. (22 de Mayo de 2023). *celaya.tecnm*. Obtenido de <https://celaya.tecnm.mx/ingenieria-electronica/>
- cenidet. (22 de Mayo de 2023). *cenidet*. Obtenido de <https://cenidet.tecnm.mx/>
- CPEF. (22 de Mayo de 2023). Obtenido de <https://cpef.org.mx/>
- Pérez, J. &. (2016). *Electronica de potencia: modelado y control de convertidores cd-cd Cd*. Ciudad Obregón: Pearson .
- Reuter, G. (12 de Julio de 2021). *dw*. Obtenido de <https://www.dw.com>
- Segui, P. (2018). *Gráficas para entender la fotovoltaica en el mundo, Europa y España*. OVACEN.
- UASLP. (22 de Mayo de 2023). *UASLP*. Obtenido de <https://www.uaslp.mx/InvestigacionyPosgrado/Paginas/Posgrados/3404#gsc.tab=0>

## Capítulo 3

### Desarrollo de un ensamblador para un procesador CISC con instrucciones específicas

Eduardo Romero Aguirre

Darcy Daniela Flores Nieblas

Natalia Scarlett Félix Rodríguez

#### Resumen

Uno de los cursos de la carrera de Ingeniería en Electrónica del Instituto Tecnológico de Sonora con más alto índice de reprobación es la materia de Sistemas Digitales II, la cual tiene como proyecto final la implementación de un procesador de arquitectura Von Neuman con un conjunto de instrucciones complejas, la imposibilidad del alumno para realizar exitosamente este proyecto final es motivo de reprobación, en este trabajo se muestra el desarrollo de un programa ensamblador para un procesador con conjunto de instrucciones complejas escrito en lenguaje Python. Mediante la metodología mostrada, se describen los materiales y herramientas requeridas para su diseño e implementación, el procedimiento a seguir y finalmente se entrega funcionando un ensamblador funcional capaz de generar un archivo de texto que contenga el código máquina de cualquier programa escrito en las 16 instrucciones específicas de lenguaje ensamblador soportadas, lo que se espera le permita mitigar el índice de reprobación al disminuir el tiempo invertido y evitar errores de los alumnos al evitar un ensamble manual de código al momento de elaborar su proyecto final.

Palabras clave: Procesador, ensamblador, python

#### Introducción

El lenguaje ensamblador es el lenguaje de programación más antiguo que existe, así como el más cercano al llamado lenguaje máquina; proporciona un acceso directo al hardware del procesador y por ello requiere una gran comprensión de su arquitectura. El lenguaje ensamblador es resultado del trabajo de Kathleen Britten y Andrew Booth, quienes también desarrollaron el código *APEXC* (del inglés “*All Purpose Electronic X-ray calculator*”) para trabajar con la computadora de 32 bits y 15 instrucciones que utilizaron durante sus estudios sobre difracción de rayos X. De esta forma, el lenguaje ensamblador surgió como una manera de expresar operaciones de programa (Irvine, 2011).

El primer ensamblador registrado se atribuye al proyecto *FORTAN*, que tenía como propósito reducir la tarea de preparar problemas científicos para la máquina *IBM 704*, trabajo que constituía más de la mitad de los esfuerzos para resolver complejos problemas de ciencia e ingeniería. Este proyecto tenía dos componentes, el lenguaje *FORTAN* y el traductor que convertía el lenguaje *FORTAN* a programas para la máquina *704*. Para medir el impacto del proyecto, se capacitó a un ingeniero de prueba para elaborar un programa que de forma tradicional tomaría alrededor de tres días. Después de un día de entrenamiento, el ingeniero presentó un primer borrador del programa en 4 horas y usando tan solo 47 instrucciones *FORTAN*, que después de 6 minutos de procesamiento se tradujeron a más de 1000 instrucciones para la máquina *704*. Aunque este primer borrador del programa producía una salida incorrecta, este error hizo notar que *FORTAN* no sólo ayudaba a incrementar la eficiencia en la escritura de programas, sino que también facilitaba enormemente la localización de errores (Backus, Stern et al. 1957).

Una de las materias de la carrera de Ingeniería en Electrónica del Instituto Tecnológico de Sonora con más alto índice de reprobación es el curso de Sistemas Digitales II, en la cual se tiene como proyecto final el diseño e implementación física de un procesador de arquitectura Von Neuman con un conjunto de instrucciones complejas específicas. Durante la elaboración de éste, es necesario escribir programas en lenguaje máquina para verificar su correcto funcionamiento, mismos que, debido a que los ensambladores y compiladores disponibles en el mercado no están adaptados a la arquitectura del procesador mencionado, deben traducirse de manera manual desde lenguajes de programación tradicionales hacia código máquina.

Por lo que se plantea la siguiente hipótesis ¿Se podrá diseñar e implementar un ensamblador que ayude al alumno a reducir errores y tiempo de elaboración del proyecto? A lo cual, el objetivo de este trabajo es desarrollar, en un lenguaje de alto nivel, un software ensamblador para un procesador de arquitectura Von Neuman y con instrucciones específicas de tipo CISC (conjunto de instrucciones complejas), capaz de detectar los errores de sintaxis más comunes y generar el código máquina correspondiente.

### **Fundamentación teórica**

Un circuito digital nos ayuda a procesar señales eléctricas discretas; estos circuitos pueden clasificarse en dos grandes grupos: secuenciales y combinacionales. La salida de los circuitos secuenciales depende tanto del estado actual como del estado previo del sistema, a diferencia de los circuitos combinacionales, que sólo consideran el estado actual de las entradas. (Mano, 2016).

Un multiplexor es un circuito combinacional que selecciona información binaria de una de muchas líneas de entrada y la envía a una sola línea de salida (Mano, 2016).

Los registros son utilizados para almacenar datos temporalmente, sus celdas básicas son los *Flip-Flops* tipo D y su capacidad de almacenamientos está definida por la cantidad de ellos que lo conforman (Floyd, 2015). De esta forma, un registro de 6 bits está conformado por 6 *Flip-Flops*.

Un procesador es un sistema electrónico que se encarga ejecutar una serie de instrucciones llamado programa, mediante el cual controla y coordina muchos de los conceptos que se asocian con la palabra computadora (Floyd, 2015).

La arquitectura Von Neumann se conforma de tres subsistemas: la unidad lógico-aritmética o *ALU* del inglés *Arithmetic Logic Unit*, el sistema mínimo y el procesamiento de instrucciones llevado a cabo entre la unidad de control y un conjunto de registros llamado *datapath*.

La *ALU* es la encargada de ejecutar todas las tareas relacionadas a lógica matemática y toma de decisiones. Existen *ALU* con distintos niveles de complejidad, y el tipo de operaciones que puede manejar está orientado al tipo de aplicación para la que se diseña el procesador. Para la *ALU* que compete a este proyecto son suficientes las siguientes operaciones:

1. Transferencia del operando A hacia la salida.
2. Suma de operandos A y B.
3. Suma de operandos A y B con acarreo de entrada.
4. Operación lógica de negación (*NOT*) con los operandos A y B.
5. Operación lógica de disyunción (*OR*) con los operandos A y B.
6. Operación lógica de conjunción (*AND*) con los operandos A y B.
7. Operación lógica de disyunción exclusiva (*XOR*) con los operandos A y B.
8. Desplazamiento bit a bit hacia la izquierda (*LSB*).

Las memorias son un conjunto de registros o celdas (*m*) capaces de almacenar *n* bits cada una. La capacidad de una memoria se expresa como  $m \times n$  en donde *m* será la cantidad total de direcciones de memoria y *n* la longitud de cada dato que se almacene en ellas.

El sistema mínimo está compuesto por la unidad de memoria (*RAM* y *ROM*) y el decodificador de direcciones, las memorias *ROM* son memorias que sólo pueden escribirse una vez, y conservan sus datos, aunque se suspenda el suministro de energía, es por ello por lo que estas memorias son generalmente usadas para almacenar programas. Mientras tanto, las memorias *RAM* son memorias volátiles, y sus datos son irrecuperables una vez cortada la alimentación.

El mapa de memoria es la forma en la que se estructura la distribución de la unidad de me-

moria del procesador. Este mapa delimita y diferencia las distintas áreas de la memoria disponible. A diferencia de otros tipos de arquitectura, la arquitectura Von Neumann cuenta con un bus bidireccional cuyo sentido de flujo de datos puede decidirse en base al mapa de memoria y a una bandera de escritura/lectura. El decodificador de direcciones es, entonces, un circuito combinacional simple que selecciona la memoria correspondiente y direccionalidad del bus (escritura o lectura) a partir de la dirección solicitada por la unidad de control.

Las funciones de cada registro son las siguientes:

- Unidad de control (UC): se encarga de decodificar cada instrucción hacia señales de control para activar los registros necesarios.
- Registro de dirección de memoria (*MAR*): su nombre viene del *inglés Memory Address Register*, es el encargado de enviar datos al bus de direcciones.
- Registro de arranque principal (*MBR*): del *inglés Memory Buffer Register*, este registro auxiliar puede almacenar datos de direcciones de memoria, datos de memoria o el conteo del acumulador.
- Registro de instrucciones (*IR*): este registro almacena el código de operación de la instrucción actual del programa que se está ejecutando. La señal de control para habilitar la escritura de este registro se activa cuando se ha concluido la instrucción anterior y todo está listo para iniciar la siguiente (Harris y Harris, 2012).
- Contador de programa (PC): sus siglas vienen del *inglés Program counter*, pero otros autores le denominan *instruction pointer (IP)*, es un contador que sirve para almacenar la dirección de memoria en la que se encuentra la ejecución del programa. (Irvine, 2011).
- Registro de pila (*SP*): el registro de pila, o *stack pointer (SP)*, es un contador ascendente/descendente que denota la dirección en donde pueden escribirse el valor de los registros, o donde puede encontrarse el valor anterior de algunos registros (Patterson y Hennessy, 2004).
- Registro de código de condición (CCR): también es conocido como *status register (SR)* o *flag register (FR)*, indica el estatus del contenido del acumulador u otras instrucciones. (Floyd, 2015).
- Acumulador (ACC): este registro almacena el resultado de las operaciones ejecutadas por la ALU (Cragon, 2000).

Las instrucciones de cualquier programa se ejecutan siguiendo un flujo llamado Ciclo Fetch que consta de 3 etapas; búsqueda, decodificación y ejecución. Este ciclo se enlista en la Tabla 1.

**Tabla 1***Microprograma de la etapa de búsqueda (fetch)*

$t_0$	$MAR \leftarrow PC$	
$t_1$	$MBR \leftarrow M[DIR],$	$PC \leftarrow PC+1$
$t_2$	$IR \leftarrow MBR$	

El set de instrucciones de la arquitectura de un procesador (*ISA*, del inglés *Instruction Set Architecture*) es uno de los ejes principales entre la comunicación entre programa y procesador (Shen y Lipasti, 2013). En grandes rasgos, podemos clasificar las ISA en RISC (*Reduced Instruction Set Computer* o *Complex Instruction Set Computer*) o CISC, siendo estas últimas las utilizadas para el presente proyecto. Las instrucciones de tipo CISC tiende a tener instrucciones más complicadas, pero con características variadas que permiten crear programas complejos con un menor número de instrucciones que las de tipo RISC (Šilc, Robic, et al. 1999).

Los modos de direccionamiento son las distintas maneras en las que el procesador puede generar la dirección de memoria para obtener o guardar datos mientras se ejecuta una instrucción, algunos ejemplos de los modos de direccionamiento más comunes son: direccionamiento inherente, inmediato, directo, indexado, relativo, relativo a un registro índice, etc.

Las instrucciones con direccionamiento inherente, o también llamado direccionamiento implícito, son aquellas que no requieren operando, o si lo requieren, éste ya está implícito en el código de operación de la instrucción (Floyd, 2015).

Las instrucciones con modo de direccionamiento inmediato requieren apartados de información; uno para el código de instrucción y otro para el dato que fungirá de operando (Patterson, Hennessy, et al. 1990).

La primera parte de una instrucción con direccionamiento directo es el código de operación, seguido por la dirección del operando. A diferencia del direccionamiento inmediato, este tipo de operaciones requiere extraer el dato de la operación antes de poder utilizarlo (Floyd, 2015).

El lenguaje ensamblador es una forma de expresar el lenguaje máquina (ceros y unos) con términos más similares al lenguaje humano. A un programa escrito en este lenguaje se le llama macrocódigo. Los ceros y unos que representan un conjunto de microinstrucciones para el hardware del procesador son escritos en ensamblador usando instrucciones llamadas mnemónicos (Floyd, 2015).

Un programa escrito en lenguaje ensamblador no puede ser directamente ejecutado por el procesador, antes de esto requiere ser traducido a lenguaje máquina. A este proceso de traducción

se le conoce como ensamblaje y al programa encargado de realizar esta traducción, se le conoce como ensamblador (Irvine, 2011).

Los ensambladores procesan cada instrucción para separarlos en códigos de operación, operandos, y/o direcciones de operando, según lo determine el modo de direccionamiento (Šilc, Robic, et al. 1999). Los códigos de operación indican a la unidad de control las señales de control que deben generarse para completar una instrucción (Salomon, 1992).

Python es un lenguaje de programación orientado a objetos de alto nivel de abstracción, que es utilizado en una gran variedad de aplicaciones. Una de las principales ventajas de Python es su gran legibilidad, característica que facilita la escritura de código y lo hace más fácil de comprender y mantener (Gries, Campbell, et al. 2013). Algunos de los elementos de Python permitientes a este trabajo son las listas, los diccionarios y las expresiones regulares.

Las listas en Python son una estructura de datos que permite almacenar y manipular una colección de elementos ordenados y modificables. Las listas se crean utilizando corchetes “[ ]” y separando cada elemento con una coma “,”. En la Figura 1 se muestra como ejemplo una lista que contiene 3 elementos; un número entero, una cadena de texto y una lista.

```
lista_ejemplo = [1, "ejemplo", [2, 3]]
```

**Figura 1.** *Ejemplo de lista.*

Los diccionarios son una estructura de datos que permiten almacenar información en pares de clave-valor. Cada elemento en un diccionario se compone de una clave única y su correspondiente valor asociado, son mutables y no son ordenados. (Downey, 2015). En la Figura 2 se muestra de ejemplo un diccionario que contiene 2 elementos; el primero tiene la llave “uno” de valor un dato de tipo entero y el segundo tiene la llave “lista” con valor un dato de tipo lista.

```
diccionario_ejemlo = {"uno": 1, "lista": [2, 3]}
```

**Figura 2.** *Ejemplo de diccionario*

Las expresiones regulares son un conjunto de caracteres que permiten identificar patrones en un texto. Estas expresiones son una herramienta resulta de gran utilidad cuando se requiere realizar búsquedas o manipular cadenas de texto. En el código de ejemplo de la Figura 3 se divide a la cadena texto en dos partes: la que coincide con la expresión regular definida en *regex* y la que no. La expresión regular *regex* busca una cadena de texto que empiece (^) con “**MOV**”, seguido de un espacio (\s+), la letra “**A**”, y cero o más espacios (\s\*). Este es solo un ejemplo sencillo del uso de expresiones regulares, la sintaxis y las funcionalidades pueden llegar a ser muy complejas, dependiendo de las necesidades de cada situación.

```

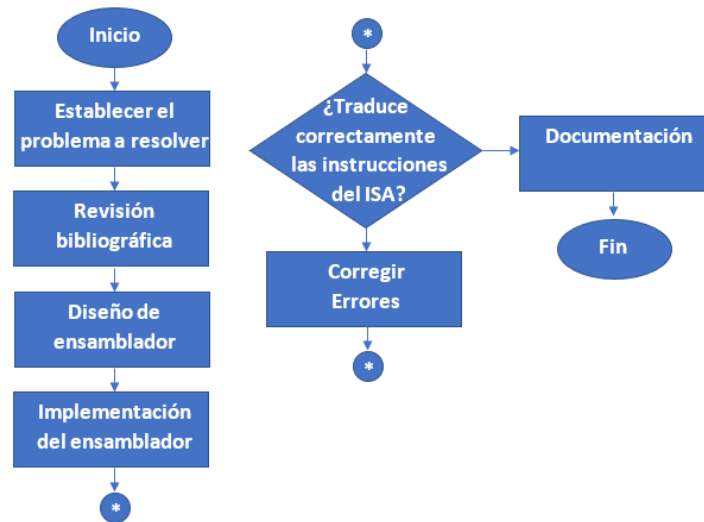
import re
texto = "MOV A Operador"
regex = r'^MOV\s+A\s*'
resultado = re.split(regex, texto)

```

**Figura 3.** Ejemplo de uso de expresiones regulares.

## Metodología

El procedimiento con el que se llevó a cabo el proyecto consta de varias etapas como lo muestra la figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de flujo de la metodología.

**Establecer el problema a resolver:** Antes de abordar la programación o validación del diseño de un procesador, es necesario comprender las características de su arquitectura; el tipo de instrucciones con las que cuenta, sus métodos de direccionamiento, la longitud de sus memorias de datos e instrucciones, etc. En esta sección se limitarán y enlistarán las particularidades del procesador con el que se trabajará más adelante.

En la Figura 5 se observa la arquitectura a nivel registro del procesador del caso de estudio de este trabajo, al que se hará referencia de aquí en adelante como *el procesador*, dando por entendido que algunas de los pasos o particularidades aquí mencionadas podría variar para otros tipos de arquitectura.



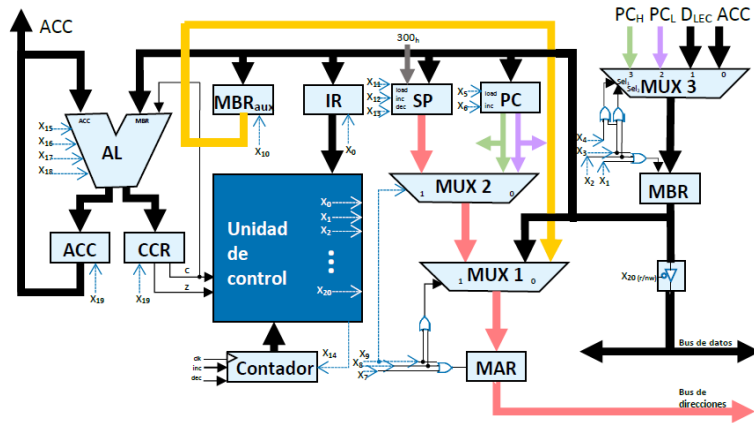


Figura 5. Arquitectura a nivel registro del caso de estudio

**Revisión bibliográfica:** Al dar macha al proyecto es de suma importancia ubicarte en donde estás, que hizo previamente, que se está haciendo actualmente en otras partes o entornos para resolver problemas similares.

**Diseño de un ensamblador:** Una vez definida la lista de instrucciones del procesador y las especificaciones de su mapa de memoria, es posible iniciar el diseño del ensamblador encargado de traducir los programas escritos en lenguaje ensamblador hacia código máquina.

En la Tabla 2 se exponen los tipos de direccionamiento presentes en el set de instrucciones del procesador.

Tabla 2

Instrucciones clasificadas según su método de direccionamiento

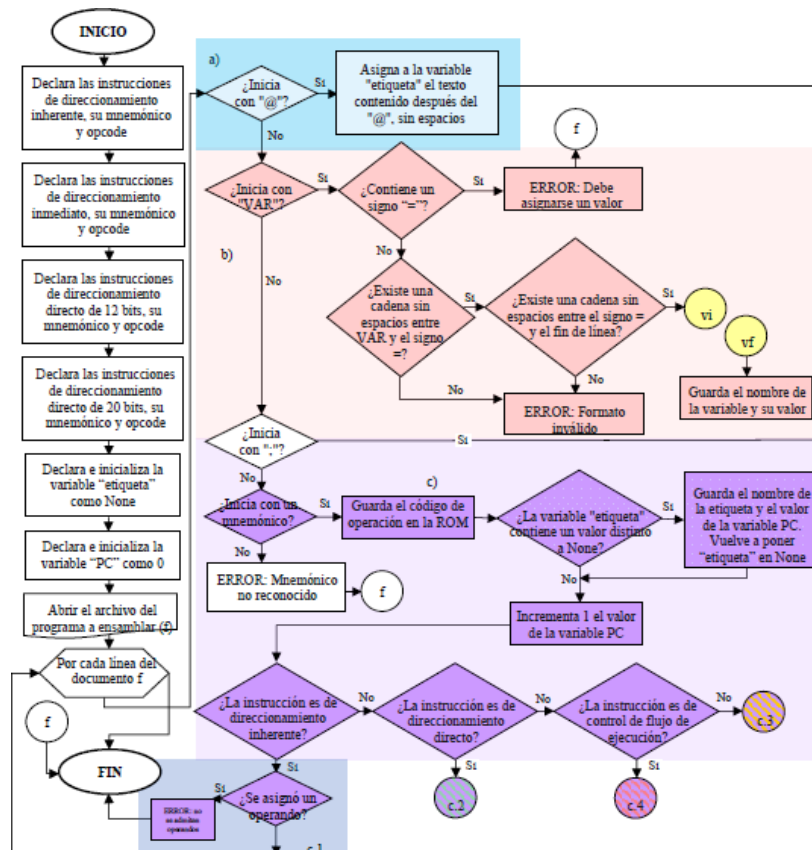
Mnemónico	Código de operación	Método de direccionamiento	Longitud del operando (bits)	Longitud total (bits)
MOV A, N	0h	Inmediato	8	12
MOV A, [DIR]	1h	Directo	10	20
ADD A, [DIR]	2h	Directo	10	20
ADC A, [DIR]	3h	Directo	10	20
XOR A, [DIR]	4h	Directo	10	20
AND A, [DIR]	5h	Directo	10	20
OR A, [DIR]	6h	Directo	10	20
NOT A	7h	Inherente	0	4
LSL A	8h	Inherente	0	4
*RTS	9h	Inherente	0	4
JSR DIR	Ah	Inmediato	10	20
MOV SP, N	Bh	Inmediato	8	12
MOV [DIR], A	Ch	Directo	10	20
JMP DIR	Dh	Inmediato	10	20
JC DIR	Eh	Inmediato	10	20
JZ DIR	Fh	Inmediato	10	20

El siguiente paso es definir el proceso de dicho ensamblaje con fin de automatizarlo. En la siguiente figura se presenta un ejemplo de código escrito en lenguaje ensamblador.

<pre> @INICIO MOV SP, 00h MOV A, F0h MOV [200h], A MOV [201h], A @CICLO JSR @LEE_PE JSR @SUMA_NIBBLES JSR @DESPLIEGA JMP @CICLO @SUMA_NIBBLES MOV A, [200h] ADD A, [201h] MOV [200h], A RTS </pre>	<pre> @INICIO VAR var1 = 200h VAR var2 = 201h MOV SP, 00h MOV A, F0h MOV [var1], A MOV [var2], A @CICLO JSR @LEE_PE JSR @SUMA_NIBBLES JSR @DESPLIEGA JMP @CICLO @SUMA_NIBBLES MOV A, [var1] ADD A, [var2] MOV [var1], A RTS </pre>
--	--

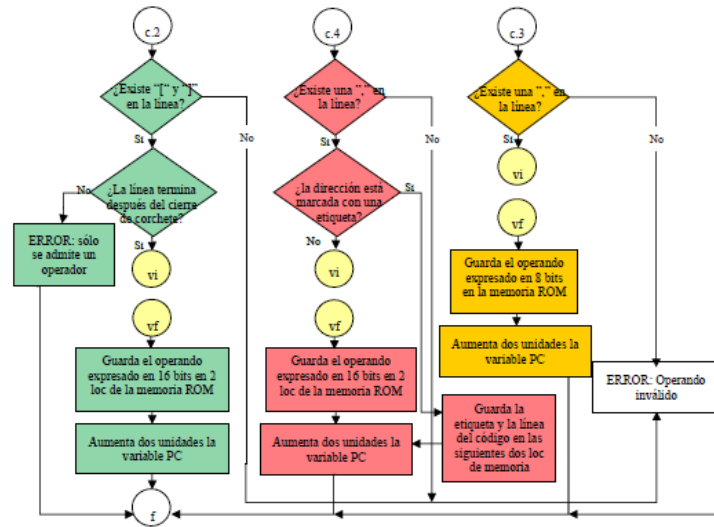
**Figura 6. Código ensamblador: ejemplo 1 con y sin uso de variables**

El proceso de ensamblaje que se muestra en la figura 7, implica examinar línea por línea el código y determinar si la línea es una etiqueta (comienza con el símbolo “@”), una declaración de variable (comienza con la palabra “VAR”) o una instrucción (se debe identificar el mnemónico que contiene la línea y señalar un error de sintaxis si no se encuentra dentro de la ISA del procesador).



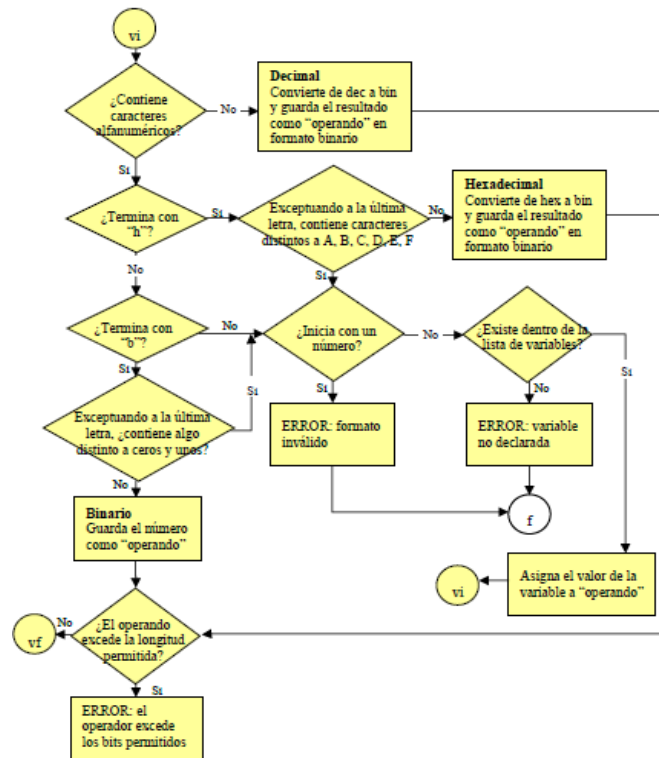
**Figura 7. Diagrama de flujo determinación de etiqueta, variable o instrucción.**

La forma en la que se operan las instrucciones con distintos tipos de direccionamiento se muestra en el siguiente diagrama.



**Figura 8.** Diagrama de flujo con los distintos tipos de direccionamiento.

En el proceso de ensamblaje, los operandos pueden presentarse en formatos binario, hexadecimal, decimal y nombre de variable, la verificación de estos formatos se realiza durante la revisión de sintaxis de cada instrucción, como se observa en la Figura 8 (marcadores vi y vf). El proceso de verificación se observa en la Figura 9.



**Figura 9.** Verificación de formato de operandos.

El sistema seleccionado para guardar el código máquina es el hexadecimal para facilitar la legibilidad de secuencias de datos largas.

**Implementación del ensamblador diseñado:** Al igual que durante la etapa de diseño, el primer paso es declarar la lista de instrucciones, su tipo y su tipo de direccionamiento

```
mnemonicos = {
    "MOV A," : ["01", "directo"], # Carga al acumulador con el contenido de la dirección
    ...
    "NOT A"  : ["07", "inherente"], # Complementa a 1 el dato almacenado en el acc.
    ...
    "MOV A," : ["08", "inmediato_12"], # Carga al acumulador con un número "N"
    ...
    "JMP"    : ["0D", "inmediato_20"], # Salta a la dirección "DIR"
    ...
}
```

**Figura 10.** Declaración de mnemónicos

También se requiere declarar una serie de constantes y variables auxiliares que se muestran en la Figura 11, estas se utilizarán a lo largo del proyecto para almacenar datos de interés.

```
etiqueta = None
pc = 0
num_linea = 0
etiquetas = {}
variables = {}
codigo_maquina = []
archivo_programa = "C:/Users/scar1/Documents/codigo.txt"
```

**Figura 11.** Declaración de constantes y variables auxiliares

En caso de no reconocer un comentario, etiqueta o variable, se utilizan expresiones regulares para determinar si el inicio de la línea es un mnemónico, si no corresponde se notifica por medio de una excepción que la instrucción que se intentó utilizar no se reconoce dentro del ISA.

```
with open(archivo_programa, 'r') as f:
    for linea in f:
        # Ignora comentarios y líneas en blanco
        linea = linea.split(sep = ";", maxsplit = 1)[0].strip()
        if len(linea) == 0:
            continue
        # Inciso a) etiquetas
        if linea[0] == "@":
            ...
            continue
        #Inciso b) variables
        if linea[0:4] == "VAR ":
            ...
            continue
        #Inciso c) instrucciones
        for mnemonico in mnemonicos.keys():
            regex = mnemonicos[mnemonico][REGEX]
            if len(re.split(regex, linea)) > 1:
                operando = re.split(regex, linea, 1)[1].strip()
            ...
        else:
            raise Exception("mnemonico no reconocido".format(num_linea))
    f.close
```

**Figura 12.** Implementación de los incisos a), b) y c)

Al definir la expresión regular para cada mnemónico se deben tener en cuenta 3 consideraciones, el código correspondiente se muestra en la Figura 13:

1. El mnemónico debe ser el primer elemento en la línea, ignorando los espacios en blanco. Por tanto, se agrega el carácter “^” al inicio de la expresión regular.

2. Si hay un espacio dentro del mnemónico, la línea puede contener más de un espacio, pero nunca menos de uno. Por ejemplo, la línea “MOVSP,N” debería generar un error, mientras que las líneas “MOV SP,N” o “MOV SP, N” deben interpretarse como la misma instrucción. Para expresar la coincidencia de uno o más caracteres en blanco, se usa “\s+”.

3. Los espacios en blanco al principio o al final de una línea no afectan la coincidencia. Por lo tanto, se agrega “\s\*” al principio y al final de la expresión regular para indicar que se pueden aceptar cero o más ocurrencias de espacios en blanco

```
def regex_mnemonicos(mnemonicos):
    for mnemonico in mnemonicos.keys():
        regex = "\s*"
        for c in mnemonico:
            if c == " ":
                regex += ("\s+")
            elif c == "[":
                regex += ("\s*\[")
            else:
                regex += (c)
        regex += "\s*"
        mnemonicos[mnemonico].append(regex)
    return mnemonicos
```

**Figura 13.** *Generación de expresiones regulares*

El siguiente paso es leer los operandos de la instrucción según su tipo de direccionamiento.

```
def _verifica(operando, longitud=4):
    #decimal
    if operando.isdigit():
        return hex(int(operando,10))[2:].zfill(longitud).upper()
    #hexadecimal
    elif operando[-1] == "h":
        if re.match(r'^[ABCDEF0-9]+$', operando[:-1]):
            return operando[:-1].zfill(longitud)
    #binario
    elif operando[-1] == "b":
        if re.match(r'^[01]+$', operando[:-1]):
            return hex(int(operando[:-1],2))[2:].zfill(longitud).upper()
    #Formato inválido
    if operando[0].isdigit():
        raise Exception("ERROR en la línea {} del código: formato inválido".format(num_linea))
    #Variable asignada a otra variable
    elif operando in variables.keys():
        return verifica_operando(variables[operando], longitud)
    #Variable no declarada
    else:
        raise Exception("ERROR en la línea {} del código: variable no declarada".format(num_linea))
```

**Figura 14.** *Implementación de la verificación de sintaxis de operandos*

```
def verifica_operando(operando, longitud=4):
    operando = _verifica(operando, longitud)
    if len(operando) > longitud:
        raise Exception("ERROR en la línea {} del código: el operando proporcionado excede los {} bits permitidos".format(num_linea, longitud))
    return operando
```

**Figura 15.** *Implementación de la verificación de longitud del operador*

De no detectarse ningún error a lo largo de la ejecución del ensamblador, el resultado teniendo final es un archivo de texto que contiene el código máquina del programa y se localiza en la dirección desde la que se corre el ensamblador.

```

with open ("ROM.txt", 'w') as f:
    f.truncate(0)
    for i in range(len(codigo_maquina)):
        byte = codigo_maquina[i]
        if isinstance(byte, int):
            e = codigo_maquina[i-1]
            if e in etiquetas.keys():
                direccion = hex(etiquetas[e])[2:].zfill(4).upper()
                codigo_maquina[i-1] = direccion[:2]
                codigo_maquina[i] = direccion[2:]
                f.write(codigo_maquina[i-1] + "\n")
                f.write(codigo_maquina[i] + "\n")
            else:
                raise Exception("ERROR en la línea {} del código: etiqueta {}
no definida".format(byte, e))
        elif not "@" in codigo_maquina[i]:
            f.write(codigo_maquina[i] + "\n")
    f.close

```

**Figura 16.** *Sustitución de etiquetas y generación del archivo final*

**Documentación de resultados:** Una vez concluido el desarrollo del proyecto, se documentarán y comentarán los resultados obtenidos, las características del producto final y sus especificaciones técnicas para su futura replicación y/o mejora.

### *Pruebas y resultados*

El ensamblador diseñado e implementado en el capítulo anterior es capaz de distinguir cuatro tipos de líneas: comentarios, etiquetas, variables e instrucciones, además de separar los comentarios encontrados dentro de los últimos tres tipos de línea. Las limitaciones y alcances de cada tipo son:

- Comentarios: El inicio de un comentario debe marcarse con el símbolo “;”, y pueden colocarse tanto en líneas vacías como en líneas con variables, etiquetas o instrucciones.

- Etiquetas: Deben indicarse con el símbolo “@” para ser identificadas. Los nombres de las etiquetas están limitados a cadenas sin caracteres en blanco; como espacios o fin de línea, pero no existen limitaciones entre los caracteres numéricos o alfabéticos que puedan contener (más allá de las propias limitaciones del editor de texto que se utilice y del lenguaje de programación).

- Variables: Deben indicarse con la cadena “VAR” para ser identificadas. Las variables deben asignarse a un valor forzosamente, no es posible declarar una variable sin inicializar. Los nombres de las variables están limitados a cadenas sin caracteres en blanco, pero no limitan al usuario a asignar valores que puedan ser interpretados como números, por ejemplo: 123, AB3h, 101b. En cuanto a los valores que pueden asignarse a las variables, las bases numéricas permitidas son: decimal, binario y hexadecimal, y no pueden utilizarse valores que excedan 10 bits de longitud.

- Instrucciones: Para reconocer una línea como instrucción, esta debe iniciar con uno de los 16 mnemónicos reconocidos, siendo capaz de aceptar espacios extras entre las palabras que lo

conforman. Es capaz de reconocer la sintaxis correspondiente a tres métodos de direccionamiento distintos.

El ensamblador es capaz de detectar 16 errores de sintaxis distintos, indicando al usuario la razón aparente y la línea del código a ensamblar en la que se suscitó el error, de forma que facilite la escritura de códigos funcionales. Los errores de sintaxis definidos pueden clasificarse en 6 grupos mostrados en la tabla 3 que son: errores de formato de operando, errores de etiqueta, errores de variable, y errores de formato de direccionamiento inherente, directo e inmediato.

**Tabla 3**

*Los errores de sintaxis definidos clasificados en 6 grupos*

Ejemplos de formatos de operandos		Ejemplos de líneas de instrucción de direccionamiento inherente	
Ejemplo	Mensaje de error	Ejemplo	Mensaje de error
0b	Formato válido, interpretado como binario	LSL A	Formato válido
89h	Formato válido, interpretado como hexadecimal	RTS	Formato válido
Abh	Formato válido, interpretado como hexadecimal	RTS A	Formato inválido, no se admiten operandos
abh	Formato válido, interpretado como nombre de variable, es válido si ya ha sido declarado	LSL A [DIR]	Formato inválido, no se admiten operandos
4 5	Formato inválido	RTS [DIR]	Formato inválido, no se admiten operandos
66000	Excede los bits permitidos	LSL [DIR]	Mnemónico no reconocido
1A34Bh	Excede los bits permitidos	Ejemplos de líneas de instrucción de direccionamiento directo	
0G	Formato válido, interpretado como nombre de variable, es válido si ya ha sido declarado	Ejemplo	Mensaje de error
65535	Formato válido, interpretado como decimal	MOV A, [20h]	Formato válido
Variable	Valor de variable inválido	ADD A, [@etiqueta]	Formato válido si existe una variable llamada @etiqueta
Ejemplos de uso de etiquetas		XOR A,[variable]	Formato válido, siempre y cuando la variable haya sido declarada anteriormente
Ejemplo	Mensaje de error	OR A,[101b] 3	Formato inválido, unicamente se admite un operando
@etiqueta	Formato válido	AND A, [101b	Formato inválido, se espera un cierre de corchete
@eti queta	Inválido, las etiquetas no pueden contener espacios	MOV [DIR]	Mnemónico no reconocido, tal vez quisiste decir MOV[DIR],A
etiqueta	Se interpreta como instrucción y no como etiqueta	Ejemplos de líneas de instrucción de direccionamiento inmediato	
Ejemplos de declaraciones de variables		Ejemplo	Mensaje de error
Ejemplo	Mensaje de error	JSR @etiqueta	Formato válido
VAR A=1	Formato válido	JMP @eti queta	Formato inválido, la etiqueta proporcionada como operador no puede contener espacios
VAR A=0b	Formato válido	JC etiqueta	Formato válido si existe una variable llamada etiqueta
VAR A=Fh	Formato válido		
VAR A=	Valor de variable no indicado		
VAR F	Variable no inicializada		
VAR = F	Nombre de variable no indicado		
VAR A B = 4	Nombre de variable inválido		
VAR A = 4 B	Valor de variable inválido		
VARA = 4 B	Mnemónico no reconocido		
A = 1	Mnemónico no reconocido		

## Conclusiones

El presente trabajo cumplió su objetivo al proporcionar un ensamblador funcional capaz de generar un archivo de texto que contenga el código máquina de cualquier programa escrito en las 16 instrucciones de lenguaje ensamblador soportadas, lo que se espera le permita disminuir el tiempo y esfuerzo dedicado al proceso de ensamblaje de programas a los futuros alumnos de Sistemas Digitales II del Instituto Tecnológico de Sonora.

Existen algunas áreas de oportunidad que pueden ser consideradas en futuros trabajos para mejorar el rendimiento y la funcionalidad del ensamblador; una de estas áreas de oportunidad es la restricción de la sintaxis de los nombres de variables reconocidos como válidos. Limitar los nombres de las variables mediante la implementación de un conjunto de reglas específicas que cubran posibles escenarios de errores (como el confundir el nombre de una variable con un operando numérico) puede ayudar a evitar fallas de semántica por parte del usuario.

En general, el trabajo realizado representa una contribución valiosa no sólo para la comunidad estudiantil que curse la materia de Sistemas Digitales II, sino también para cualquier persona interesada en la programación de sistemas digitales y la creación de software para este tipo de arquitecturas.

## Referencias

- Backus, J. W., Stern, H., Ziller, I., Hughes, R. A., Nutt, R., Beeber, R. J., Sheridan, P. B. (1957). The FORTRAN automatic coding system. Western joint computer conference: Techniques for reliability, (pp. 188–198). doi:10.1145/1455567.1455599
- Cragon, H. G. (2000). Computer Architecture and Implementation. Cambridge University Press.
- Floyd, T. L. (2015). Fundamentos de sistemas digitales. Pearson Education Limited.
- Gries, D., Campbell, J., & Montojo, J. (2013). Python Programming: An Introduction to Computer Science. Franklin, Beedle & Associates.
- Harris, S. L., & Harris, D. M. (2012). Digital Design and Computer Architecture. Elsevier Gezondheidszorg.
- Irvine, K. R. (2011). Assembly Language for X86 Processors. Prentice Hall.
- Mano, M. (2016). Digital Logic and Computer Design, India, Pearson.
- Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2004). Computer Organization and Design: The Hardware/Software. Elsevier Gezondheidszorg.
- Patterson, D. A., Hennessy, J. L., & Goldberg, D. (1990). Computer Architecture: A Quantitative Approach. Macmillan Publishers.
- Salomon, D. (1992). Assemblers and Loaders. Ellis Horwood.
- Shen, J. P., & Lipasti, M. H. (2013). Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors. Amsterdam University Press.
- Šilc, J., Robic, B., & Ungerer, T. (1999). Processor Architecture: From Dataflow to Superscalar and Beyond. Springer Publishing.



## Capítulo 4

### Dinámica de sistemas: interfaz gráfica con el usuario para la cadena de suministro del bacanora

Ernesto Alonso Lagarda Leyva

Ernesto Alonso Vega Telles

Alfredo Bueno Solano

#### Resumen

En 2021 se desarrolló el plan estratégico 2021-2026 para los productores de agave y bacanora del municipio de Rosario Tesopaco, derivado de ello surgieron dos objetivos estratégicos relacionados con la propuesta que se presenta en este artículo producto de un proyecto de investigación generado en 2022. Para su desarrollo se empleó la metodología de dinámica de sistemas en seis pasos que consistieron en: 1) Determinar las variables y parámetros del modelo; 2) Construir el diagrama causal; 3) Desarrollar el diagrama de flujos y niveles con las ecuaciones; 4) Simular y validar el modelo actual; 5) Analizar los escenarios; y 6) Construir la interfaz gráfica con el usuario. Los principales resultados muestran el comportamiento de un mes de producción donde se observaron los ingresos obtenidos a partir de la producción, envasado y venta de las tres diferentes presentaciones. Las principales conclusiones son que el uso de la simulación dinámica permite hacer evaluaciones de escenarios de futuro como apoyo para la toma de decisiones basada en las políticas y reglas de operación de las partes interesadas de un negocio de bebidas artesanales y es una herramienta basada en modelos matemáticos que ofrece argumentos basados en datos reales considerando las condiciones representadas en las variables endógenas y exógenas en ambientes complejos.

Palabras claves: Bacanora, interfaz gráfica con el usuario, dinámica de sistemas

#### Introducción

##### Antecedentes

El bacanora es una bebida alcohólica regional del Estado de Sonora, obtenida por destilación y rectificación de mostos, preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de la molienda de las cabezas maduras de *Agave Angustifolia* Haw, hidrolizadas por cocimiento, y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2005).

Este destilado de agave es uno de los tres más importantes de México y toma su nombre del municipio de Bacanora, Sonora. No obstante, la zona tradicional de producción abarca un territorio más amplio en el cual se incluyen a 35 municipios de la región, el decreto ampara la exclusividad de producción bajo la denominación “Bacanora” (DOF, 2000). Estos constituyen el área de denominación de origen del Bacanora, a partir del 6 de noviembre del año 2000, fecha en la que se publica la Ley del Área de Denominación de Origen del Bacanora (DOF,2005).

El Municipio de Rosario, Sonora, es uno de los municipios que cuenta con denominación de origen, este está ubicado en la serranía del Sur de Sonora, actualmente con alrededor de 20 productores de Bacanora, los cuales aportan más de 20 mil litros anuales (Zamora, 2020). En Rosario desde el año 2021, se cuenta con una Asociación de Productores de Agave y Bacanora la cual nació con la necesidad de unir fuerzas entre los productores a fin de potenciar las oportunidades de crecimiento del negocio y a su vez el crecimiento económico de la región. La asociación antes mencionada está constituida por ocho productores de bacanora basada principalmente en continuar con la tradición de producción del bacanora en la región, los integrantes de esta organización son familias que tienen más de cincuenta años de experiencia en el proceso de producción (Cota et al. 2021)

Desde el año 2020, en el municipio de Rosario se ha impulsado un evento llamado “Bacanora Fest” con el cual mediante redes sociales, fotos y videos del tema así como del evento mismo, se ha podido dar reconocimiento a la bebida espirituosa proveniente del Estado de Sonora a fin de impulsar la cultura y la economía de la región. Tan solo en la celebración realizada en el año 2020 incursionaron ocho marcas nuevas al mercado (Bahena, 2020). En el año 2021 se desarrolló un proyecto de planeación estratégica 2021-2026, para los productores de agave y bacanora en donde la empresa bajo estudio formó parte de este ejercicio participativo e incluyente, en este artículo se toma como referencia una empresa que ha sido tomada como piloto para la generación de la solución tecnológica y que por razones de confidencialidad de la marca se omite su nombre.

## Problemática

Actualmente la empresa no cuenta con sus procesos documentados, tampoco ha establecido indicadores. La demanda no está completamente estudiada, sin embargo, cuenta con clientes mayoristas quienes le compran en promedio 120 botellas a la quincena, aunque no hay un contrato de por medio, al igual que con clientes minoristas, siendo estos los clientes más inciertos; las presentaciones de sus productos son tres: 1) Bacanora puro de 1 lt; 2) Bacanora de crema y sabores, de 750 ml; y 3) Bacanoras de crema, sabores y puro de 350 ml.

La materia prima principal es escasa (*Agave Angustifolia Haw*), debido a las características con las que debe de cortar el agave para considerarse apto para la fabricación del bacanora, las características son las siguientes: 1 a 1.5 m de alto, 1.5 a 2 m de diámetro, con hojas de 50 a 120 cm

de largo y aproximadamente de 4 a 8 cm de ancho, contar de 6 a 20 ramas laterales cortas. Para que el agave cuente con las características antes mencionadas este debe de tener de seis a ocho años de edad. Actualmente, la empresa no cuenta con un proveedor fijo, por lo que la organización no ha podido comprometerse a una producción estandarizada y de alta demanda, debido a la fluctuación de la cosecha de agave, generando con ello la subutilización de su capacidad instalada.

El volumen promedio de botellas que se requieren es de 270 botellas para una producción de 200 lt, empleando 2,000 kg de agave ya que se requieren de 8 a 12 kg de agave para fabricar 1 lt de bacanora. En la actualidad cuenta con un horno recubierto de piedra, con una capacidad de 2 ton, así como 2 destiladores de acero inoxidable con una capacidad de 850 lt cada uno, también con 50 recipientes para fermentación de grado alimentación de 200 lt cada uno. Además de las instalaciones para el envasado y oficinas administrativas las cuales se encuentran ubicadas en la cabecera municipal de Rosario.

La producción de Bacanora en la empresa bajo estudio se ha visto afectada debido a la falta de un proveedor estable, como consecuencia no se ha podido establecer una relación fija con clientes potenciales, aún cuando, el municipio cuenta con las condiciones legales y geográficas adecuadas para la producción y distribución de bacanora. Con base en la información anterior se planteó la siguiente **pregunta de investigación**: ¿Qué acciones se deben desarrollar para apoyar la toma de decisiones en la producción y distribución del bacanora artesanal?. El **objetivo** fue desarrollar una interfaz gráfica con el usuario para evaluar diferentes escenarios que impactan en la fabricación y distribución del bacanora en sus tres presentaciones como apoyo para la toma de decisiones. La **relevancia de este estudio** radica en que el proyecto ha sido implementado desde 2021 a la fecha y a partir de ello se han tenido resultados tangibles entre los que destacan: a) Apertura de la primera tienda de bacanora en el Estado de Sonora; b) Incremento sustancial de clientes; c) Ampliación de la capacidad de producción a partir de la extensión de las bodegas y proceso de embotellamiento; y d) Premio internacional-reconocimiento de marca, medalla de plata.

## **Revisión de Literatura**

La metodología de dinámica de sistemas contempla diversas variables y parámetros que son simulados en ambientes complejos a partir de políticas actuales y futuras en un horizonte de tiempo determinado por los tomadores de decisiones (Aracil y Gordillo, 1997), para ello se construyen mapas de procesos y modelos causales basados en el pensamiento sistémico (Sterman, 2000; Forrester, 1981).

Los diagramas causales permiten analizar las relaciones causa-efecto entre las variables y parámetros que conforman el modelo dinámico con comportamientos que se denominan de balance

(B) y de refuerzo (R), estas dinámicas en su conjunto permiten conocer los diferentes bucles interconectados para entender la complejidad y relaciones de las etapas contempladas en el proceso de producción de bacanora (Hayward & Roach, 2017; Ford, 1999). Esto permite construir los diferentes modelos mentales de acuerdo a la propuesta de Kania et. al, 2018 y por otro lado, tener los elementos para desarrollar la simulación con software especializado y tener información cuantitativa para generar las conclusiones a partir de datos y con tomar decisiones apoyados en información cuantitativa (Richardson & Pugh, 1997; Richmond, 2013; Lagarda-Leyva & Ruiz, 2019).

Para la simulación del modelo dinámico de la cadena de suministro del agave-bacanora, se utilizó el software Stella® Architect, es un simulador que emplea un algoritmo de solución de ecuaciones diferenciales empleando los métodos numéricos de Runge Kuta o Euler (Pastor et al. 2002), basadas en las propuesta de Chapra y Canale (2015) y de Negar et al. (2022). Posteriormente se hace la validación del modelo (Kleijnen, 1995; Barlas & Carpenter, 1990).

Como siguiente etapa se emplea el análisis de sensibilidad para generar los diferentes escenarios en situaciones pesimistas y optimistas a partir del escenario actual, el cual es dado por la respuesta que se tiene del modelo que se ejecuta inicialmente (Kleijnen, 1995).

En la selección de los escenarios se emplearon dos técnicas para ordenar las preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS) y Faire Un Choix Adéqu (FUCA), el método TOPSIS es un método multicriterio que busca generar la solución más cercana a la ideal positiva y la más alejada de la solución ideal negativa se considera la solución óptima, empleando para ello una matriz de datos con diferentes criterios de optimización (Wang & Raleigh, 2016; Wang et al. 2022). El método FUCA para cada uno de los objetivos, en el primer rango se asigna al mejor y el orden  $m$  se asigna al peor valor. La solución elegida debe tener el menor valor de clasificación total (Fernando, et al. 2011).

La propuesta considera para los productores la integración de la solución en una serie de elementos de ayuda visual y que les permita interactuar con el sistema de forma más sencilla empleando botones y elementos gráficos para su comprensión apoyados en la teoría de interfaces gráficas con el usuario (Oulasvirta, et al. 2020; Myers, 1994, Lagarda-Leyva, et al. 2023).

A partir de la declaración de dos objetivos estratégicos planteados en el plan estratégico 2021-2026 los cuales son: a) Consolidar el abastecimiento de materia prima a largo plazo y; b) Reestructurar los procesos para la elaboración del bacanora para orientarlos a la norma oficial, se planteó el siguiente procedimiento a partir de la metodología de dinámica de sistemas (Lagarda-Leyva, 2019)

## Método

Objeto de estudio. El objeto de estudio es la cadena de suministro de la producción de bacanora artesanal, el estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo.

### Materiales

En el desarrollo de la solución tecnológica se emplearon los siguientes materiales:

- Vensim PLE<sup>®</sup>, (Versión 8.2.1, Ventana System Inc., Harvard, MA, USA, 2019) Software de versión libre empleado para el desarrollo y análisis de los bucles de balance (B) y reforzadores (R).
- Stella Architect<sup>®</sup>, 2023 (Versión 3.3, Isee Systems Inc., Lebanon, NH, USA, 2019) Software utilizado para la construcción del modelo de flujo y niveles, conveyor, queue y oven para su simulación y construcción de la interfaz gráfica con el usuario.
- Excel<sup>®</sup> (Microsoft, Redmond, WA, EE.UU., 2018) se utilizó para procesar datos e información (macros de TOPSIS y FUCA).

### Procedimiento

El siguiente procedimiento en seis pasos está basado en la propuesta de Lagarda.Leyva et al. (2023) para el desarrollo de una solución tecnológica en la producción y venta de bacanora a partir del agave como el insumo principal y el de mayor restricción.

- 1. Determinar las variables y parámetros del modelo.** Se generó una clasificación de las variables más relevantes de los eslabones de la cadena de suministro y la selección de los principales parámetros.
- 2. Construir el diagrama causal.** Se desarrolló un análisis de los bucles de realimentación que componen al proceso de abastecimiento de agaves, producción del bacanora y su venta en las diferentes presentaciones, clasificados como de refuerzo (R) y de balance (B) para observar los diferentes modos de comportamiento.
- 3. Desarrollar el diagrama de flujos y niveles con las ecuaciones matemáticas.** Se utilizó Stella<sup>®</sup> Architect considerando todas las variables y parámetros del modelo, a partir de las relaciones entre ellos, se construyeron las ecuaciones matemáticas que representan en su totalidad el comportamiento del sistema.
- 4. Simular y validar el modelo actual.** La simulación se hace a partir de la condiciones actuales de la fabricación de bacanora y se emplean técnicas de validación de error medio a partir de la realidad de producción contra la solución que ofrece el modelo.

5. **Analizar los escenarios optimista y pesimista.** Para el análisis de los escenarios se emplean dos métodos multicriterio (FUCA y TOPSIS) para seleccionar las mejores opciones.
6. **Construir la interfaz gráfica con el usuario.** Este es el último paso donde se concentra la solución tecnológica en un ambiente gráfico en el que el tomador de decisiones pueda incorporar al modelo datos de entrada y ejecutarlo para apoyar la toma de decisiones en la cadena de suministro del bacanora.

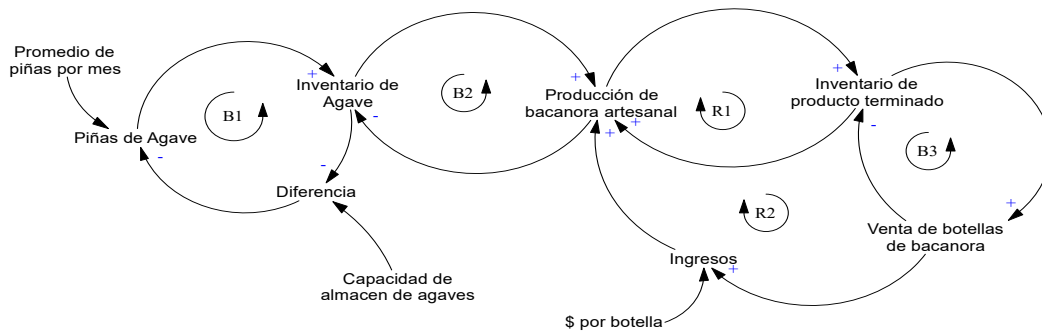
## **Resultados y discusión**

Determinar las variables y parámetros del modelo

En la presente etapa se han considerado diversas variables y parámetros para el desarrollo del modelo dinámico. Las variables de mayor relevancia son: inventario de agave, envío al horno, cocción, piñas molidas, fermentación, destilado, inventario de bacanora, inventario de botellas de 1 lt de bacanora, inventario de botellas de  $\frac{3}{4}$  de lt de bacanora, ingresos totales, entre otras. De igual forma se destacan algunos parámetros empleados en el modelo como lo son: tasa de recepción promedio de agaves, tiempos de envío al horno hasta los tiempos de destilado, la demandas y precios por presentación de botella. En función a la caracterización de las diversas variables y parámetros se tienen en total 10 variables bajo estudio desde el abastecimiento de los insumos requeridos para el proceso de producción (cocción, molido, fermentado, destilado, envasado) hasta su comercialización en diversas presentaciones.

Construir el diagrama causal

Se desarrolló un análisis de los bucles de realimentación que componen al proceso de abastecimiento de agaves, producción del bacanora y su venta en las diferentes presentaciones, clasificados como de refuerzo (R) y de balance (B) con el fin de observar los diferentes modos de comportamiento, el cual se muestra a continuación en la Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama causal del objeto bajo estudio

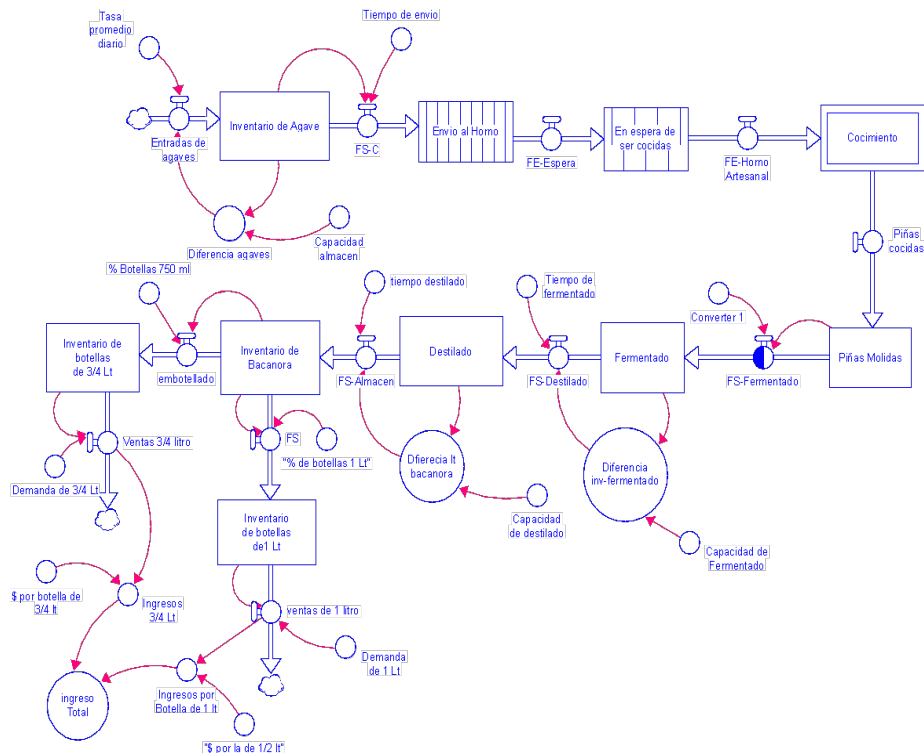
Fuente: elaboración propia, con datos de la organización

Es importante mencionar que los diagramas causales son herramientas que permiten recuperar diversa información del sistema en estudio como lo son los elementos claves del mismo y a su vez la interacción entre estos (García, 2023). Basado en lo establecido por el mismo autor, se observa el comportamiento de los diversos elementos que interactúan entre sí con el fin de explicar el funcionamiento del sistema considerando tanto variables como parámetros pertinentes del contexto externo e interno. Para efectos de la investigación se considerarán tres bucles de refuerzo y dos de balance.

En un primer momento se analiza el comportamiento del inventario de materia prima el cual se asocia con la recepción de piñas de agave, para ello a mayor sea la tasa de recepción de estas se incrementará la disponibilidad de materia prima, repercutiendo en una reducción de la capacidad en el almacén de insumos.

A su vez, incrementa la cantidad de producción de bacanora en sus diversas presentaciones de producto final el cual se deposita en un inventario de producto terminado listo y en espera para su comercialización por parte de ventas, las cuales dependen directamente de las condiciones de demanda por parte de los consumidores, y por consecuencia en incrementos de ingresos para la organización lo que se ve convertido como inversión en diversas situaciones beneficiando con esto en la eficiencia de los sistemas de producción y su capacidad productiva.

Desarrollo del diagrama de flujos y niveles con las ecuaciones matemáticas. El diagrama ha sido desarrollado con el simulador Stella® Architec version 3.3, considerando todas las variables y parámetros del modelo desde el proceso de abastecimiento, producción y venta de bacanora.



**Figura 3.** Diagrama flujos y niveles del proceso bajo estudio

Fuente: elaboración propia, con datos de la organización

En el diagrama se visualiza cada uno de los elementos que se interrelacionan entre sí con el fin de producir y distribuir bacanora, desde el abastecimiento de la materia prima, producción (transformación) y venta (comercialización), representadas por medio de variables de nivel, las cuales según lo establecido por De Leo, et al. (2020) estas variables son las que representan una evolución importante en el desarrollo del estudio, ya que permiten reconocer las acumulaciones de resultados provenientes de acciones que se han implementado a través del tiempo. Y estas a su vez, como su nombre lo indica, sufren cambios en función al tiempo y su relación con el resto de las variables presentes en el modelo.

Para ello, cada una de las variables de nivel se representan bajo condiciones de stocks (inventarios) los cuales hace referencia a la presencia de acumulación de inventario a lo largo del proceso como lo son materia prima, producto en proceso y/o producto terminado; así mismo, se observan variables tipo oven (horno) las cuales su principal labor es la de mantener por un tiempo un proceso de transformación de uno o varios productos; por último, la variables de tipo queue y conveyor las cuales se relacionan con la tarea de espera y transportación presentes como parte del proceso bajo estudio.



Fuentes et al. (2018) mencionan que las variables de flujo se catalogan como de entrada/salida, donde la función de estas se centra en establecer el comportamiento del sistema y sus relaciones entre cada uno de los elementos que intervienen en este, al mismo tiempo que establece el comportamiento en cuanto a la velocidad de flujo de material se refiere, siendo esto posible mediante el desarrollo y establecimiento de un número de ecuaciones, las cuales dependen de la información de carácter interno y externo al sistema. Sin embargo, para hacer posible la generación y aplicación de las ecuaciones que permitirán el correcto funcionamiento del modelo se necesita de la implementación de variables auxiliares las cuales se asocian con los flujos y niveles con el fin de generar simplicidad del proceso y con ello la lógica de su comportamiento y operación (Fuentes, Brugués & González, 2018).

Considerando cada uno de los elementos que contemplan el modelo de flujos y niveles con relación al objeto de estudio compuesto por un total de 10 variables de nivel de las cuales, siete corresponden a la categoría de stocks (inventarios) mientras que las tres restantes se asocian con oven, queue y conveyor; a su vez, se consideran un total de 12 variables de flujo, 15 variables auxiliares y 13 parámetros. Siendo por medio de estos dos últimos elementos que se generan las ecuaciones pertinentes para la operación y simulación del modelo.

El modelo considera las siguientes ecuaciones que son incluidas asociadas a la dinámica de la cadena de suministro del agave como insumo principal, así como al proceso de producción donde se contemplan las fases más relevantes que van desde el cocimiento de las piñas de agave hasta el proceso de destilación y empaque (embotellado de sus presentaciones) para ser colocadas en los clientes. Las ecuaciones y parámetros que representan al modelo son categorizadas por su tipo y se colocan solamente una muestra de ellas.

Simulación y validación del modelo actual. De igual forma la simulación se hace a partir de las condiciones actuales del proceso de fabricación del bacanora para lo cual se empleó la técnica de consistencia de unidades para la validación del modelo. La Figura 4, muestra el comportamiento de los inventarios de piñas de agave en los 15 días que dura la simulación para observar la importancia del desabasto de los agaves y su uso en la producción del bacanora.

#### a) Ecuaciones de nivel

$$\text{Cocimiento (t)} = \text{Cocimiento(t - dt)} + (\text{"FE-Horno_Artesanal"} - \text{Piñas_cocidas}) * dt \quad (1)$$

$$\text{Destilado (t)} = \text{Destilado(t - dt)} + (\text{"FS-Destilado"} - \text{"FS-Almacen"}) * dt \quad (2)$$

$$\text{Linea de espera (t)} = \text{En_espera_de_ser_cocidas(t - dt)} + (\text{"FE-Espera"} - \text{"FE-Horno_Artesanal"}) * dt \quad (3)$$

**b) Ecuaciones de Flujos de entrada (FE) y Flujos de salida (FS)**

$$\text{Embotellada} = \text{Inventario\_de\_Bacanora} * \%\_Botellas\_750\_ml \quad (4)$$

$$\text{Entrada de agaves} = \text{Diferencia\_agaves} / \text{Tasa\_promedio\_diario} \quad (5)$$

$$\text{FS} = \text{Inventario\_de\_Bacanora} * \%\_de\_botellas\_1\_Lt \quad (6)$$

**c) Ecuaciones Auxiliares**

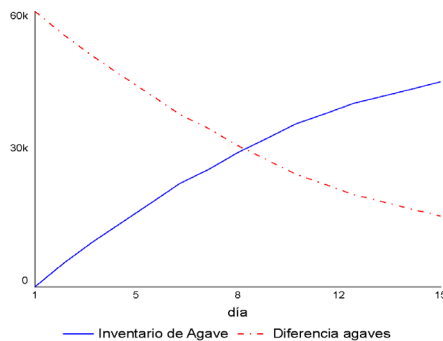
$$\text{Ingresos\_por\_Botella\_de\_1\_Lt} = \text{ventas\_de\_1\_litro} * \$\_por\_la\_de\_1/2\_lt \quad (7)$$

$$\text{Diferencia\_lt\_bacanora} = \text{Capacidad\_de\_destilado} - \text{Destilado} \quad (8)$$

$$\text{Ingreso\_Total} = \text{Ingresos\_3/4\_Lt} + \text{Ingresos\_por\_Botella\_de\_1\_lt} \quad (9)$$

**d) Parámetros del modelo:**

\$_por_la_de_1/2_lt	=	550 \$/lt
% de botellas_1_Lt	=	0.2 /día
\$_por_botella_de_3/4_Lt	=	350 \$/lt
% Botellas_750_ml	=	RANDOM (0.9, 1)/día



**Figura 4.** Dinámica del inventario de piñas de agave para bacanora

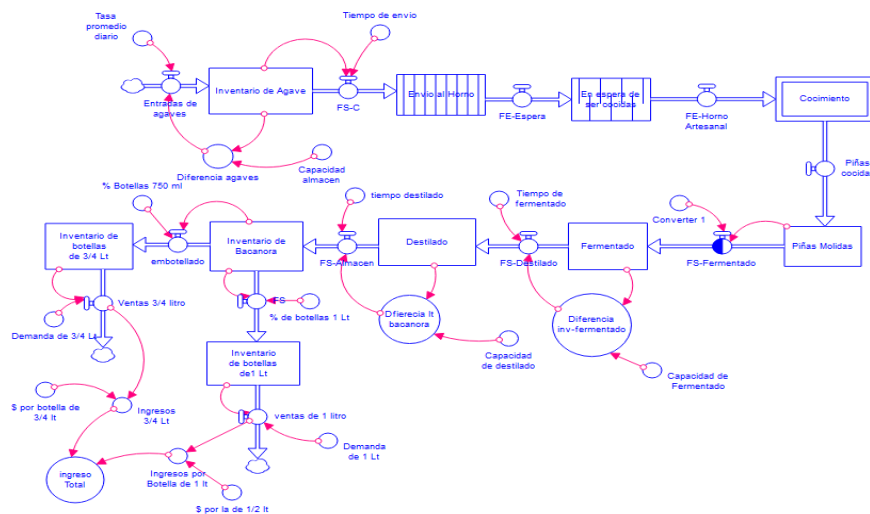
Fuente: elaboración propia, con datos de la organización

La gráfica anterior representa el comportamiento de la variable de nivel asociada con el inventario de agave disponible para el proceso de producción, y a su vez, el comportamiento en la diferencia de agave el cual representa la disponibilidad de espacio en el almacén de materia prima, que como lo menciona Avellaneda et al. (2011), en el estudio de sistemas de inventarios dentro de

la dinámica de sistemas es importante identificar que se presentan acumulaciones y retrasos en los materiales los cuales se ven afectadas por un flujo de entrada la cuál proviene del abastecimiento por parte del proveedor ya sea de carácter externo o interno y a su vez son balanceados por medio de los flujos de salida, que para el caso abordado se analiza como a mayor sea la recepción de piñas de agave, el inventario de materia prima se incrementa considerablemente, generando con ello un decremento en la disponibilidad en la capacidad del almacén.

Posterior a la construcción del modelo y su simulación, se sometió a la fase de validación que de acuerdo con Valencia y Obando (2012), dicho proceso dentro de la metodología de DS es de interés ya que por medio de este es posible aseverar una mayor confiabilidad en los resultados y decisiones tomadas a partir del modelo implementado. Sin embargo dicha validación no puede ser del todo de tipo cuantitativa, objetiva y formal, ya que esta va a depender del principio de los objetivos para el cual fue diseñado el modelo y a su vez de la cantidad de información que se tiene a la mano Barlas y Carpenter (1990).

Para efectos de la validación en el modelo desarrollado, se consideró la técnica de consistencia de unidades o dimensional la cual especifica que las unidades de medida implementada para el total de las variables en estudio no registran vacíos tanto en la comprensión del problema como en su estructura y además existe consistencia (congruencia) entre las mismas (Sterman, 2000). Para efectos de su representación en el modelo, se adjunta la Figura 5. Prueba de validación por consistencia de unidades.



**Figura 5.** Prueba de validación por consistencia de unidades

Fuente: elaboración propia, con datos de la organización

En la figura anterior se presenta un recuadro con borde de color rojo, el cual hace referencia a la manera en que el software implementado informa al tomador de decisiones que no existen incongruencias entre las variables en estudio ya que de lo contrario, en la barra inferior derecha se presentaría una notificación de las inconsistencias encontradas. Apoyado en la validación del modelo, se desarrolló el análisis de escenarios.

Analizar los escenarios. Para el análisis de los escenarios se emplean dos métodos multicriterio (FUCA y TOPSIS) para seleccionar las mejores opciones en los escenarios optimistas, cabe aclarar que se han corrido 18 escenarios entre optimistas, pesimistas y actuales para este artículo se presenta el resumen de los optimistas en la Tabla 1, donde se encuentra la mejor solución a partir de los métodos multicriterio.

**Tabla 1.**

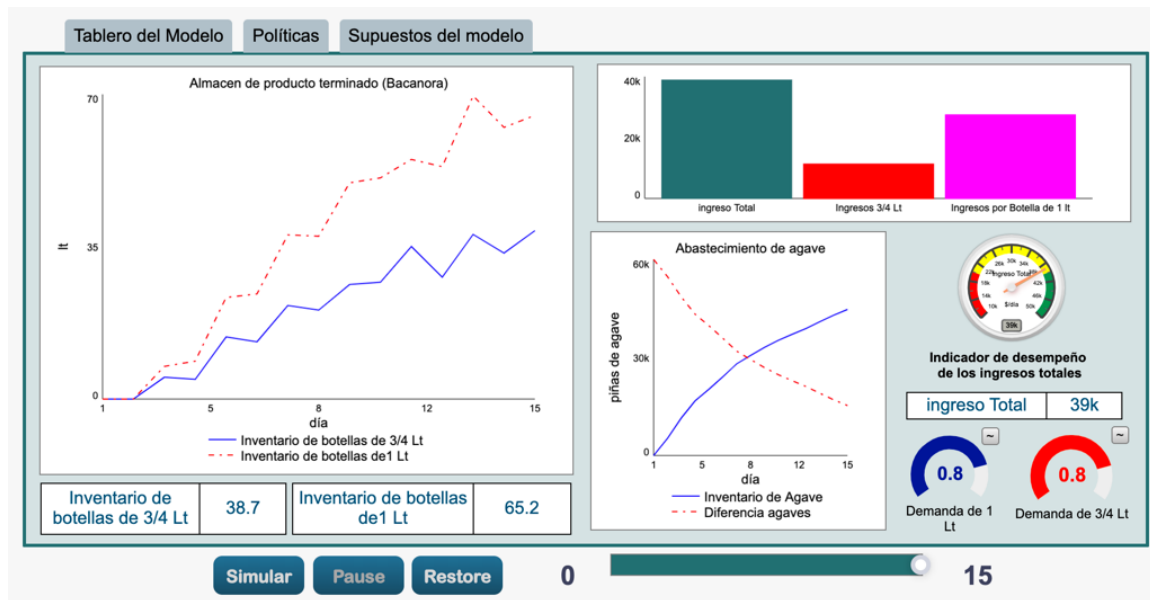
*Análisis comparative entre el método multicriterio de FUCA y TOPSIS*

Escenarios	Ranking TOPSIS	Ranking FUCA	Valor General	
			TOPSIS	FUCA
Optimista 1	5	3	0.5466	7.37
Optimista 2	2	1	0.5699	6.51
Optimista 3	1	3	0.6423	7.7
Optimista 4	7	8	0.4943	8.09
Optimista 5	12	11	0.4516	8.65
Optimista 6	3	2	0.5510	6.6

El escenario con mayor coincidencia en ambos métodos son el optimista 2, donde TOPSIS (ofrece el valor más cercano a 1 es mejor) ofrece como valor general 0.5699 y FUCA (a menor valor es mejor) 6.51, ambos rankeados en el lugar 2 y 1 respectivamente. Por lo tanto, el escenario optimista 2, es el mejor, según los dos métodos multicriterio, teniendo en cuenta los análisis de las variables y parámetros seleccionados en el modelo dinámico. Trabajos como los de Hatami y Kangi, (2017) y el de Ge et al. 2020 permiten hacer la comparativa del uso de los dos métodos para la toma de decisiones basado en la similitud de predicción de los mejores escenarios con base en los métodos de FUCA y TOPSIS.

Construir la interfaz gráfica con el usuario. Este es el último paso donde se concentra la solución tecnológica en un ambiente gráfico en el que el tomador de decisiones pueda incorporar al modelo

datos de entrada y simular el modelo para apoyarse en la toma de decisiones relacionada con la cadena de suministro del bacanora. (Ver Figura 6)



**Figura 6.** *Interfaz gráfica con el usuario*

Fuente: elaboración propia, con datos de la organización

La interfaz gráfica con el usuario permite observar que bajo condiciones iniciales de demanda de botellas de bacanora de 1 y 0.750 lts y considerando una producción de 15 días, así como el comportamiento de la demanda se obtienen ingresos del orden de cerca de 40 mil pesos al finalizar la quicena a partir de la venta acumulada que alcanza un máximo de 70 botellas de 1 lt y 35 de 0.750 lt. Por otro lado la interfaz gráfica, permite observar los modos de comportamiento de los inventarios por tipos de botellas, así como las cantidades de piñas de maguey que se están empleando en los 15 días que dura la simulación. Se observan indicadores de desempeño que miden la demanda de ambas presentaciones y el monitoreo de los ingresos totales.

## Conclusiones

El trabajo que aquí se expone permite al productor observar los diferentes escenarios para la toma de decisiones cuantitativas y ver con ello la factibilidad del negocio. El objetivo del proyecto se cumplió al generar una solución tecnológica basada en una interfaz gráfica con el usuario como apoyo para la toma de decisiones. Considerando la aportación del proyecto permitió observar escenarios en los que se debería aperturar un punto de venta formal y basado en ello promover la marca ante instancias nacionales e internacionales, esto permitió a la marca obtener un premio

internacional al lograr la medalla de plata que se otorga en el concurso internacional de Bruselas, también han logrado ampliar su capacidad de producción para atender el mercado local y regional principalmente. Finalmente, el uso de metodologías como la de dinámica de sistemas para construir modelos y apoyar la toma de decisiones basado en escenarios donde se destacan las variables de mayor relevancia es un elemento de apoyo para la mejora de las organizaciones basada en datos.

## Referencias

- Aracil, J.; Gordillo, F. *Dinámica de Sistemas*; Alianza: Madrid, Spain, 1997.
- Avellaneda, F. G., Rozo, F. A., & Ayala, M. J. (2011). “Sobre La Dinámica de un Sistema de Gestión de Inventarios”. Colombia .
- Bahena, R. (10 de 03 de 2020). El sol de Hermosillo. Obtenido de Realizarán la segunda edición del Bacanora Fest en Rosario Tesopaco: <https://www.elsoldehermosillo.com.mx/local/realizaran-la-segunda-edicion-del-bacanora-fest-en-rosario-tesopaco-4951539.html>
- Barlas, Y., & Carpenter, S. (1990). Philosophical roots of model validation: Two paradigms. *System Dynamics Review*, 6(2), 148–166. doi:10.1002/sdr.4260060203
- Cota Beltrán, J. M., Bernal Barbosa, L. B., Padilla López, A. P., Rojo Carbón, J., & Gómez Álvarez (2021). Alianza de Productores de Bacanora de Rosario Tesopaco, Plan Estratégico 2021-2026 P. D. (2021). Plan estratégico 2021-2026. Ciudad Obregón, Sonora. <https://drive.google.com/file/d/1hdhmghzBV-ukVIcUOZVQTfIThdKAIw6/view?usp=sharing>
- Chapra, S. & R. Canale; *Numerical Methods for Engineers*, 7th ed.; Mc Graw Hill Education: New York, NY, USA, 2015.
- De Leo, E., Aranda, D., & Addati, G. A. (Julio de 2020). UCEMA. Obtenido de <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/739.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-168-SCFI-2004, Bebidas alcohólicas-Bacanora-Especificaciones de elaboración, envasado y etiquetado.: (14 de 12 de 2005). Recuperado el (13-mayo-2023). [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4917328&fecha=14/12/2005#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D168,%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Econom%C3%ADa](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4917328&fecha=14/12/2005#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D168,%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Econom%C3%ADa)
- Diario Oficial de la Federación. (06 de 11 de 2000). Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Bacanora. Recuperado el (13-mayo-2023). [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2063368&fecha=31/12/1969&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063368&fecha=31/12/1969&print=true)
- Fernando, M.M.L.; Escobedo, J.L.P.; Azzaro-Pantel, C.; Pibouleau, L.; Domenech, S.; Aguilar-Lasserre, A. Selecting the best portfolio alternative from a hybrid multi objective GA-MCDM approach for New Product Development in the pharmaceutical industry. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence in Multicriteria Decision-Making (MDCM)*, Paris, France, 11–15 April 2011; pp. 159–166.
- Ford, D.N. (1999), A behavioral approach to feedback loop dominance analysis. *Syst. Dyn. Rev.*, 15: 3-36. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199921\)15:1<3::AID-SDR159>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1727(199921)15:1<3::AID-SDR159>3.0.CO;2-P)
- Forrester, J. *Dinámica Industrial (Segunda Edición)*; El Ateneo: Buenos Aires, Argentina, 1981.
- Fuentes, N. A., Brugués, A., & González, G. (2018). Simulación de un modelo insumo producto dinámico: multiplicadores de producción para Coahuila . *SciElo*.
- García, J. M. (2023). *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*.

- Ge, X.; Yang, J.; Wang, H.; Shao, W. A fuzzy-TOPSIS approach to enhance emergency logistics supply chain resilience. *J. Intell. Fuzzy Syst.* 2020, 38, 6991–6999.
- Hatami-Marbini, A.; Kangi, F. An extension of fuzzy TOPSIS for a group decision making with an application to Tehran stock exchange. *Appl. Soft Comput.* 2017, 52, 1084–1097.
- Hayward, J. and Roach, P.A. (2017), Newton’s laws as an interpretive framework in system dynamics. *Syst. Dyn. Rev.*, 33: 183-218. <https://doi.org/10.1002/sdr.1586>
- Kania, J.,Kramer, M., and Senge, P. (2018). The Water of System Change, Senge Retrieved in: <http://efc.issuelab.org/resources/30855/30855.pdf>
- Kleijnen, J. Verification and validation of simulation models. *Eur. J. Oper. Res.* 1995, 82, 145–162.
- Kleijnen, J.P.C. (1995), Sensitivity analysis and optimization of system dynamics models: Regression analysis and statistical design of experiments. *Syst. Dyn. Rev.*, 11: 275-288. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260110403>
- Lagarda-Leyva, E.A.; Ruiz, A. A Systems Thinking Model to Support Long-Term Bearability of the Healthcare System: The Case of the Province of Quebec. *Sustainability* 2019, 11, 7028. <https://doi.org/10.3390/su11247028>
- Lagarda-Leyva, E.A., Morales-Mendoza, L.F., Segura-Campos, M.R. *et al.* Coupling reverse logistics and dynamic modeling for waste management: a food service provider case study. *Clean Techn Environ Policy* (2023). <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02474-7>
- Myers, B. (1994) “Challenges of HCI Design and Implementation,” *ACM Interactions*. *ACM Interactions*. 1(1). pp. 73-83., <https://doi.org/10.1145/174800.174808>
- Negar Ghahramani, H. Joanna Chen, Daley Clohan, Shielan Liu, Marcelo Llano-Serna, Nahyan M. Rana, Scott McDougall, Stephen G. Evans, W. Andy Take, A benchmarking study of four numerical runout models for the simulation of tailings flows, *Science of The Total Environment*, Volume 827, 2022, 154245, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154245>.
- Oulasvirta, N. R. Dayama, M. Shiripour, M. John and A. Karrenbauer, “Combinatorial Optimization of Graphical User Interface Designs,” in *Proceedings of the IEEE*, vol. 108, no. 3, pp. 434-464, March 2020, doi: 10.1109/JPROC.2020.2969687.
- Pastor, M. Quecedo, J.A.F. Merodo, M.I. Herrores, E. Gonzalez, P. Mira, Modelling tailings dams and mine waste dumps failures, *Geotechnique*, 52 (2002), pp. 579-591, 10.1680/geot.2002.52.8.579
- Richardson, G.; Pugh, A., III. Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo. *J. Oper. Res. Soc.* 1997, 48, 1146.
- Richmond, B. (2013). Introduction to System Thinking, STELLA®, Isse Systems, ISBN-10: 0970492111 USA, <https://iseesystems.com/store/books/intro-systems-thinking/>
- Senge, P. *La Quinta Disciplina. Segunda Edición*); Granica: Buenos Aires, Argentina, 2005.
- Sterman, J. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*; McGraw Hill: New York, NY, USA, 2000.
- Valencia , A., & Obando, L. (2012). Aproximaciones a la validación en dinámica de sistemas. *Universidad Nacional de Colombia*, 61-68.
- Wang, Z.; Rangaiah, G.P. Application and Analysis of Methods for Selecting an Optimal Solution from the Pareto-Optimal Front obtained by Multi-objective Optimization. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2016, 56, 560–574.

Wang, M.; Ye, C.; Zhang, D. Evaluation of Green Manufacturing Level in China's Provincial Administrative Regions Based on Combination Weighting Method and TOPSIS. *Sustainability* 2022, *14*, 13690. <https://doi.org/10.3390/su142013690>

Zamora, G. (14 de 03 de 2020). Síntesis noticias. Obtenido de Llevan Bacanora Fest a Rosario Tesopaco: <https://www.sintesisnoticias.com/local/2020/03/14/llevan-bacanora-fest-a-rosario-tesopaco/>



## Capítulo 5

### Evaluación de desempeño de técnicas de localización basadas en consenso

Joaquín Mass Sánchez

Erica Cecilia Ruiz Ibarra

Adolfo Espinoza Ruiz

Rafael Alfonso Figueroa Diaz

#### Resumen

La localización es uno de los principales problemas en redes de sensores inalámbricos, ya que proporciona la información de la ubicación de un evento. En este trabajo, se analizan las técnicas de localización: mínimos cuadrados, Gauss-Newton, Gauss-Newton ponderado y Gauss-Newton con consenso ponderado en un escenario en 2D considerando el tiempo de arribo para estimar la distancia de separación entre dos nodos. Las técnicas de localización analizadas en este trabajo, ya fueron evaluadas en un escenario en 2D considerando la potencia de la señal recibida y midiendo el desempeño de las técnicas mencionadas a través del error cuadrático medio, por lo que es importante resaltar que en este trabajo se evalúan dichas técnicas considerando el tiempo de arribo. El desempeño de las técnicas de localización analizadas se evalúa en términos de la exactitud y precisión, variando el número de nodos ancla y la proporción de ruido. La exactitud se mide en términos del error de localización promedio, mientras que la precisión se obtiene a través de la función de distribución de probabilidad acumulada. Los resultados de desempeño de las técnicas de localización analizadas en términos de la exactitud y precisión se obtienen en el paquete computacional MATLAB, considerando el escenario a un simple salto. Los resultados obtenidos muestran que el algoritmo Gauss-Newton ponderado presenta mejor desempeño en términos de la exactitud y precisión que las demás técnicas analizadas.

Palabras clave: Consenso, WSN, ToA

#### Introducción

Actualmente, las redes de sensores inalámbricos (WSN: Wireless Sensor Networks) han ganado relevancia en muchos aspectos de la vida cotidiana, ya que esta tecnología es capaz de innovar el entorno, incluyendo casas inteligentes, redes vehiculares, automatización, logística, seguridad, agricultura, entre otros (Diaz, 2021). Una WSN es una red con numerosos sensores distribuidos sobre un área de interés, los cuales miden diversas variables físicas como temperatura, humedad

relativa, presión, movimiento, etc., e intercambian información con otros nodos sensores (Verde, 2021). Los nodos sensores son unidades autónomas que constan de un microcontrolador, una batería, un radio transceptor y un elemento sensor (Alhumud, 2018). Estos dispositivos son de poca capacidad de procesamiento, poco uso de memoria y bajo consumo de potencia (Laaouafy, 2019).

Algunas aplicaciones de WSN son el monitoreo ambiental, rastreo de objetos, la automatización de procesos industriales, calidad de la energía, Internet de las Cosas (IoT – Internet of the Things), Ciudades Inteligentes (Smart Cities), redes vehiculares (V2V, V2X, V2I), Industria 4.0, entre otras (Landaluce, 2020). Otras aplicaciones importantes de WSN son asuntos del ejército, cuestiones ambientales, servicio de la salud, pacificación del tráfico vehicular y seguridad nacional (Kumar, 2018). Todas estas aplicaciones requieren conocer la localización del evento, ya que la información sensada sólo es útil cuando se conoce la posición geográfica donde ocurre el evento. Por lo tanto, la localización es uno de los problemas fundamentales en WSN, ya que ésta proporciona información útil acerca de la detección de algún evento (Mass, 2017). La localización en WSN consiste en estimar la posición geográfica de un nodo con posición desconocida o nodo de interés (NOI – Node Of Interest), a través de los nodos ancla (RNs – Reference Nodes) cuya posición es conocida y de la información de la distancia de separación entre el NOI y sus respectivos nodos ancla. Existen una gran variedad de técnicas de localización, las cuales permiten el desarrollo de protocolos más eficientes en la red que optimizan el ahorro de energía y proporcionan un tiempo de respuesta más rápido, es decir, menor latencia. Por lo tanto, la localización de los nodos en una WSN resulta de gran importancia ya que permite determinar la ocurrencia de un evento dentro de la red. Con lo anterior se plantea la siguiente cuestión. ¿Cuáles técnicas se pueden implementar para localizar de manera precisa y exacta un nodo en la red a partir de otros nodos con posición conocida?

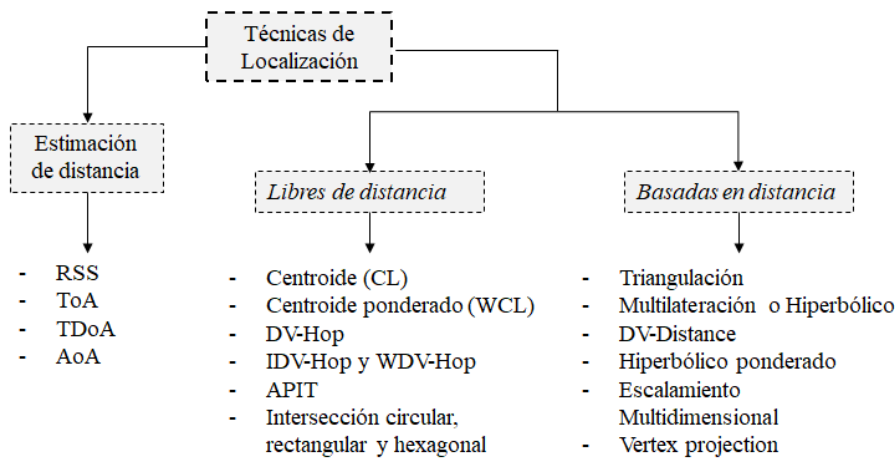
El objetivo de este trabajo consiste en analizar las técnicas de localización: mínimos cuadrados, Gauss-Newton, Gauss-Newton ponderado y Gauss-Newton con consenso ponderado en un escenario en 2D, con la finalidad de obtener el desempeño de las técnicas de localización en términos de la exactitud y precisión, variando el número de nodos ancla y la proporción de ruido.

### **Fundamentación Teórica**

Actualmente existe una gran variedad de técnicas para determinar la distancia entre los nodos sensores desplegados en una WSN. El sistema GPS (Global Positioning System), es el sistema más simple para localizar un nodo en la red; este sistema es de gran utilidad en ambientes exteriores que proporciona posicionamiento, navegación, y cronometría, más no en ambientes interiores (indoors) ya que las señales de radio son interferidas por las construcciones. Además, el GPS aumenta el costo de la red y el consumo de energía (Jiang, 2016). Dentro de los principales retos en la localización

en WSN aún sin resolver se tiene la localización en 3D, consumo de energía, seguridad, movilidad, etc., (Zheng, 2016).

En un escenario en 2D, las técnicas de localización se clasifican en dos grupos: basadas en distancia, y libres de distancia o basadas en proximidad (Sharma, 2018). Las técnicas de localización libres de distancia son aquellas que estiman la posición del nodo de interés (NOI – Node of Interest), mediante la fuerza de la señal recibida (RSS – Received Signal Strength), por lo que no se necesita estimar la distancia entre un par de nodos (Mass, 2020). Por su parte, las técnicas basadas en distancia, necesitan calcular la distancia entre un par de nodos, para estimar la posición del NOI. En la Figura 1 se muestra la clasificación de las técnicas de localización.



**Figura 1.** Clasificación de las Técnicas de Localización.

La distancia entre los nodos ancla y el NOI, se obtiene a través de diferentes técnicas de estimación de distancia tales como tiempo de llegada (ToA – Time of Arrival), diferencia de tiempos de llegada (TDoA – Time Difference of Arrival), ángulo de llegada (AoA – Angle of Arrival) y fuerza de la señal recibida (RSS – Received Signal Strength) (Javed, 2021). En la Tabla I se muestran las limitaciones de los métodos de estimación de distancia.

**Tabla I.**

*Métodos de estimación de distancia.*

Método	Distancia máxima	Hardware extra	Retos
RSS	Alcance de la comunicación	Ninguno	Variación e interferencias.
ToA	Alcance de la comunicación	Ninguno	Sincronización de nodos.
TDoA	Pocos metros	Transmisor de ultrasonidos	Máxima distancia de trabajo
AoA	Alcance de la comunicación	Conjuntode receptores	Nodos de pequeñas dimensiones.

En la localización cooperativa basada en el consenso, cada sensor conoce su propia ubicación y estima la posición del NOI utilizando técnicas de estimación de distancia (Javed, 2021). Después, todos los nodos cooperan con sus vecinos y comparten su información para llegar a un consenso sobre la ubicación del NOI. Algunos algoritmos basados en consenso, ponderan la información recibida de los nodos vecinos según su distancia estimada hacia el NOI. Al realizar esta ponderación, el algoritmo de localización cooperativa basada en consenso es menos sensible a la ubicación del NOI y mejora la precisión de la localización (Gazestani, 2017).

El problema de localización de objetos se aplica tanto para algoritmos centralizados como descentralizados. En los algoritmos centralizados, la información recopilada por los nodos pasa al centro de fusión, donde se procesa la información. Cuando la dimensión de la red es alta, la complejidad computacional aumenta exponencialmente por el número de sensores, y los problemas de seguridad para llevar información al centro de fusión son un desafío (Sayed, 2014). Además, los sistemas centralizados son costosos y el flujo de datos dentro de la red introduce latencia, consume energía y ancho de banda de la red (Alhmiedat, 2007). Recientemente, los algoritmos descentralizados son propuestos para la localización de objetos (Chen, 2014), (Kantas, 2012) y (Addesso, 2010). En estos algoritmos, todos los nodos sensores cooperan con sus nodos vecinos y comparten la información recibida para estimar las coordenadas del NOI. Uno de los mayores desafíos de estos algoritmos de toma de decisiones distribuidas, es el consenso. La mayoría de estas investigaciones tratan de llegar a un consenso sobre la estimación de las coordenadas del NOI (Chen, 2014), (Kantas, 2012) y (Addesso, 2010). (Chen, 2014) utiliza estrategias de difusión para desarrollar algoritmos distribuidos que aborden problemas multitarea minimizando un criterio de error cuadrático medio (MSE). En (Chen, 2014) no se utiliza ninguna ponderación para distinguir la información de los nodos y todos ellos desempeñan el mismo papel en la decisión final. En (Addesso, 2010) se despliega una red completamente descentralizada sin centro de fusión, para estimar la posición del NOI utilizando RSS, pero no se considera el shadowing. El algoritmo propuesto en (Bejar, 2010) se basa en consenso y es una versión descentralizada y robusta del método de Gauss-Newton. En (Bejar, 2010) todos los nodos desempeñan el mismo papel en la decisión final y si algunos nodos tienen errores en la estimación de la ubicación del NOI o una medición falsa del RSS, el rendimiento de la localización se degrada considerablemente.

En (Gazestani, 2017), se propone una nueva técnica de localización iterativa basada en el algoritmo de consenso ponderado que utiliza una función de costo para ponderar la información recibida de los nodos vecino. En el algoritmo propuesto, los nodos con información más confiable desempeñan un papel más fuerte en el proceso de localización. Por lo tanto, el efecto de la información ruidosa en la decisión de la localización se degrada. También se mejora el área de localización del NOI. En otras técnicas de localización, cuando el NOI está ubicado en las esquinas del área,

el error de localización es alto y como resultado el rendimiento de las técnicas de localización de objetos es deficiente. Este método propuesto es no es sensible a la topología de la red y el nodo de destino está localizado incluso en las esquinas del área con error de estimación aceptable.

En este trabajo se evalúan técnicas de localización en ToA, para estimar la posición del NOI, ya que los otros métodos de estimación de distancia, involucran hardware más costoso como en el caso de AoA y, además, requiere un arreglo de antenas. Por otro lado, el método TDoA está limitado en cuanto a cobertura, por lo general de pocos metros (Javed, 2021). Sin embargo, el RSS es el método de estimación de distancia con menor costo computacional, pero, su desventaja principal es que a medida que aumenta la distancia de transmisión, tiende a ser impreciso en la estimación de la distancia entre el NOI y sus respectivos nodos ancla (Mass, 2020). En la Tabla II, se muestra una descripción breve de las técnicas de localización analizadas en una red a un simple salto.

**Tabla II.**

*Técnicas de localización analizadas.*

Técnica de localización	Ecuaciones	Descripción
Mínimos Cuadrados (LS)		Utiliza la técnica ordinaria de mínimos cuadrados (LS) para estimar la posición del nodo de interés (NOI) reorganizando la ecuación (25) en un sistema de ecuaciones lineales.
Gauss Newton Distribuido (DGN)		Genera un algoritmo que minimiza la función de costo utilizando un algoritmo de optimización que puede ser resuelto mediante algoritmos distribuidos como Gauss-Newton. Este método es robusto contra el shadowing, la incertidumbre en la posición de los nodos de sensores y topología de red.
Gauss Newton Distribuido con Consenso Ponderado (DGN-WC)		El algoritmo propuesto considera problemas típicos en los enfoques prácticos para mejorar el desempeño de localización de objetos, tales como errores de medición del RSS y posición inexacta de los nodos ancla. Este algoritmo reduce errores considerables en la localización del NOI mediante un algoritmo de ponderación. Este algoritmo considera que los nodos con información más fiable sobre el objeto, ganan mayor nivel de peso y viceversa.

Gauss Newton  
Distribuido Pon-  
derado (DWGN)

Este método minimiza la función de costo mediante un algoritmo de optimización basado en el método de Gauss-Newton. Se considera que es una función de costo afectada por la matriz diagonal de ponderación. Las ponderaciones elegidas son inversamente proporcionales a la distancia estimada entre el NOI y los RNs.

## Metodología

En esta sección se aborda la metodología utilizada, donde se describen los sujetos, se puntualiza el procedimiento y las herramientas utilizadas. En este trabajo se resuelve el problema de la localización de objetos en una WSN en un escenario en 2D. El trabajo de investigación llevado a cabo forma parte de un proyecto de investigación del cuerpo académico de Redes y Telecomunicaciones y además el diseño de técnicas de localización en WSN es una de sus líneas de investigación. Los principales actores involucrados en el proyecto son los miembros de dicho cuerpo académico.

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron las siguientes herramientas: (a) computadora de escritorio o Laptop, (b) paquete computacional MATLAB 2017b, (c) biblioteca virtual ITSON, (d) internet y (e) base de datos de ITSON como Elsevier, etc. Para resolver el problema de la localización de objetos, se utilizaron las técnicas de localización basadas en consenso, donde se requiere como parámetros de entrada, la posición de los nodos ancla y su respectiva distancia de separación al NOI. La distancia entre el NOI y sus respectivos nodos ancla se determina a través del ToA. En la Figura 2 se describe la metodología empleada en este trabajo.

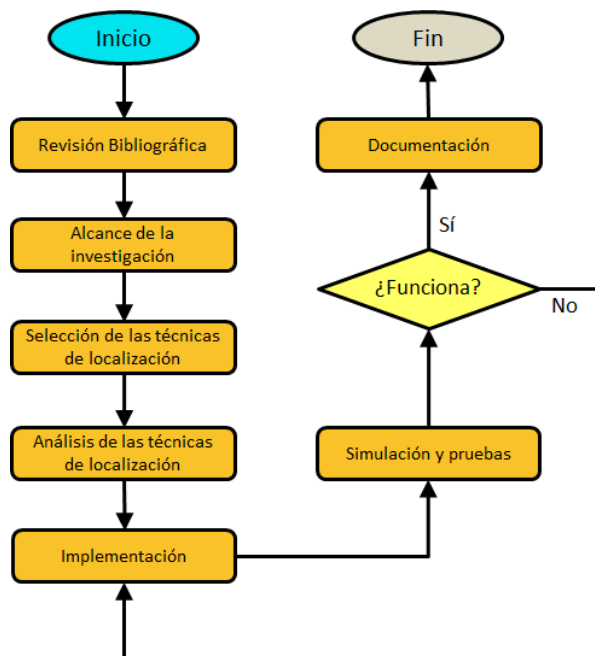


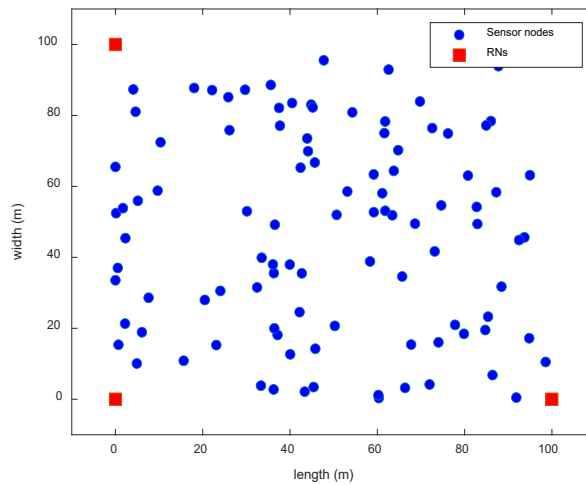
Figura 2. Diagrama de flujo del método.

A continuación, se describe el procedimiento utilizado para evaluar el desempeño de las técnicas de localización basadas en consenso en términos de la exactitud y precisión. El primer paso del método consiste en llevar a cabo una investigación bibliográfica de las técnicas de localización en WSN en escenarios 2D a través de la consulta de diferentes artículos, páginas de internet, libros y/o revistas. En el paso dos y tres, se definen y seleccionan las técnicas de localización a evaluar, con el fin de resolver el problema de localización de un nodo desconocido en la red. Por su parte, en la cuarta etapa, se realiza un análisis matemático a profundidad de las técnicas de localización definidas, con el fin de obtener las ecuaciones matemáticas que representan la posición desconocida de un nodo en la red. En la Implementación, se realiza la simulación de las técnicas de localización basadas en consenso en el paquete computacional MATLAB, con el fin de validar su funcionamiento. Posteriormente, se realiza la verificación de los algoritmos con el fin de corregir los errores en la programación de dichos algoritmos, es decir, en esta sección se corrigen los errores omitidos en el código original de las técnicas de localización analizadas. Finalmente, en la simulación y pruebas se establecen los parámetros necesarios tales como el número de nodos ancla, el número de nodos sensores en la red, el área de sensado, la posición de los nodos ancla que permanecen fijos y el nivel de ruido; para evaluar el desempeño de las técnicas de localización en términos de la exactitud y precisión.

## **Resultados**

En esta sección se abordan los principales resultados obtenidos de las técnicas de localización analizadas: mínimos cuadrados (LS), Gauss-Newton (DGN), Gauss-Newton ponderado (DWGN) y Gauss-Newton con consenso ponderado (DGN-WC) en una red a un simple salto. Una red a un simple salto, implica que todo nodo dentro del área de sensado puede establecer comunicación con todos los demás nodos de la red, a través de un enlace directo. Los resultados de las técnicas de localización analizadas se obtienen en términos de la exactitud y precisión. La exactitud se determina mediante el error de localización promedio (ALE – Average Localization Error). El ALE se define como  $\frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_{real})^2 + (y_i - y_{real})^2}}{n}$  donde  $n$  es el número de iteraciones, las coordenadas  $(x_{real}, y_{real})$  representa posición real del NOI, y las coordenadas  $(x_i, y_i)$  es la posición estimada del NOI en la iteración  $i$ . En este escenario de evaluación de desempeño de las técnicas de localización analizadas, se asume que el área de sensado es de 100 m x 100 m, como se muestra en la Figura 3. El desempeño de las técnicas de localización analizadas fue evaluado a través de 5,000 iteraciones, donde en cada iteración se genera una red de 200 nodos sensores distribuidos aleatoriamente sobre el área de sensado, cuya posición es desconocida y, por lo tanto, representan los nodos a localizar. La posición de los nodos sensores es estimada con la información de la posición de los nodos ancla y el ToA que proporcionan dichos nodos ancla a los nodos sensores. Los resultados de desempeño en términos del ALE de las técnicas de localización analizadas fueron obtenidos variando la proporción de ruido y el número de nodos ancla. En la

Tabla III, se muestran los parámetros de simulación de las técnicas de localización analizadas en el escenario a un salto.



**Figura 3.** Despliegue de nodos en un área 100 m x 100 m.

**Tabla III.**

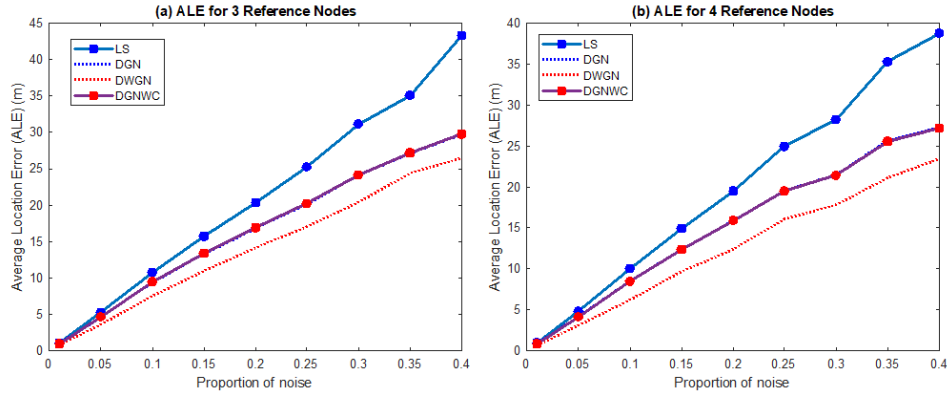
*Parámetros de simulación en el escenario a un salto.*

Parámetro de desempeño	Valor
Área de sensado	100 m x 100 m
Número de nodos ancla	3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 nodos
Número de nodos en la red	200 nodos
Proporción de ruido	1 40%
Iteraciones	5,000

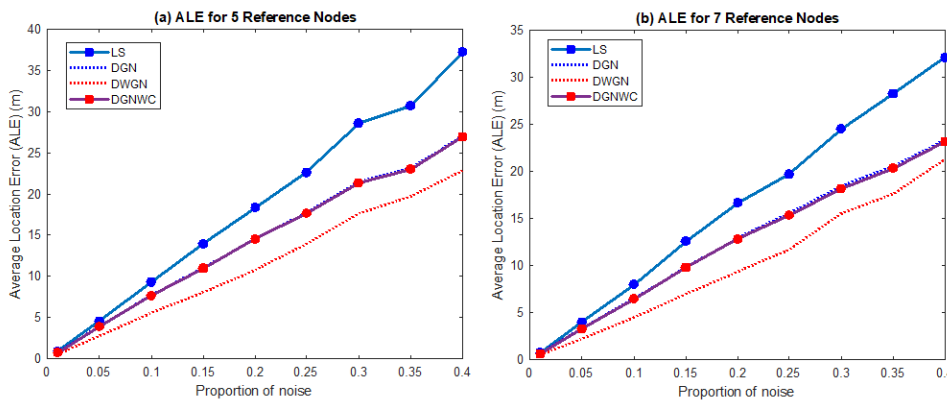
#### ALE vs. proporción de ruido

A continuación, se presentan resultados de las técnicas de localización analizadas en términos del error de localización promedio (ALE) en metros, variando la proporción de ruido desde 1% 40%. Se observa que, al aumentar la proporción de ruido, aumenta el ALE de las técnicas de localización analizadas. La Figura 4, muestra el ALE para (a) 3 RNs y (b) 4 RNs. En el caso (b) se observa que disminuye el ALE, ya que se consideran 4 RNs que determinan la posición del NOI. Además, también se observa que el algoritmo DWGN presenta mejor desempeño en términos del ALE que los demás algoritmos analizados. Sin embargo, en la Figura 5, se observa una reducción del ALE al aumentar el número de RNS a (a) 5 RNs y (b) 7 RNs. En el caso de 5 RNs para una proporción de ruido del 40%, los algoritmos DGN y DGN-WC obtienen una curva de ALE muy similar. Por otro lado, considerando 7 RNs para una proporción de ruido del 40%, el algoritmo DWGN obtiene el menor ALE en comparación con los demás algoritmos analizados.





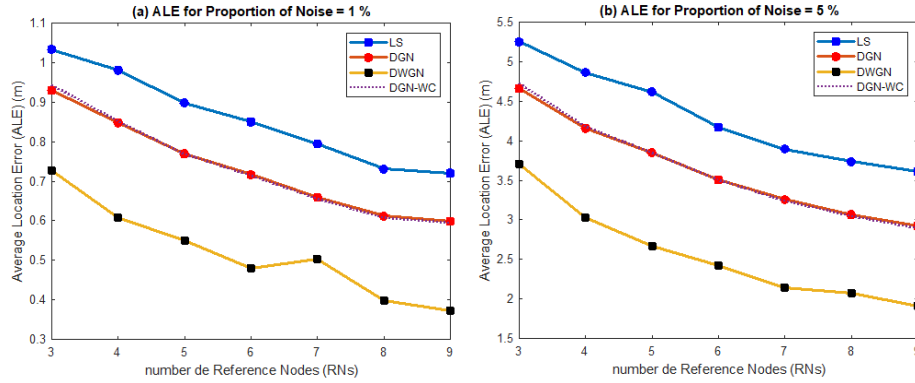
**Figura 4.** ALE vs. proporción de ruido para (a) 3 RNs y (b) 4 RNs.



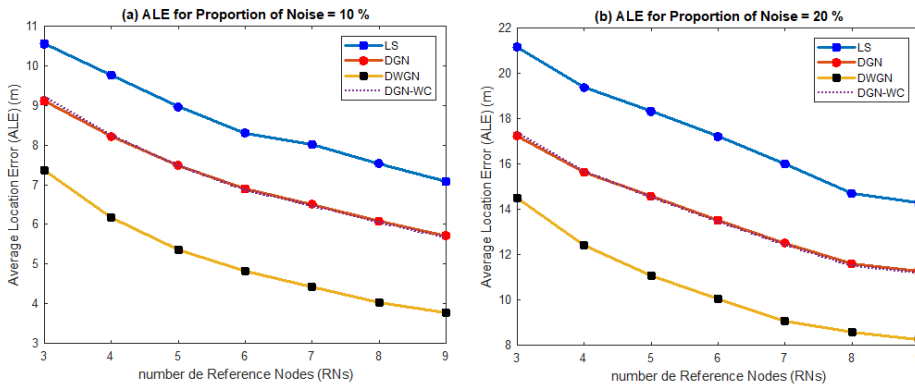
**Figura 5.** ALE vs. proporción de ruido para (a) 5 RNs y (b) 7 RNs.

### ALE vs. número de nodos ancla

En esta sección, se presentan resultados de las técnicas de localización analizadas en términos del ALE en metros, variando el número de RNs desde tres nodos hasta obtener una red con 9 RNs. Se observa que al aumentar la cantidad de RNs, disminuye el ALE de las técnicas de localización analizadas. En la Figura 6 se muestra el ALE de las técnicas de localización analizadas para proporciones de ruido del 1% y 5%, donde al aumentar la proporción de ruido se observa un aumento del ALE de las técnicas de localización, lo cual se muestra en la Figura 6(b). En la Figura 7 se muestra la gráfica del ALE para proporciones de ruido del 10% y 20%. Comparando este resultado con el obtenido en la Figura 6, se muestra un aumento significativo del ALE, por lo que, al aumentar la proporción de ruido, aumentará el error de localización de las técnicas de localización analizadas.

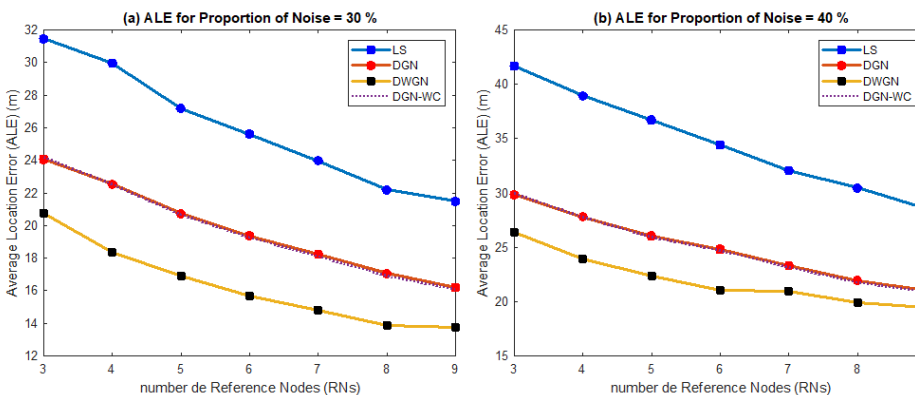


**Figura 6.** ALE vs. número de RNs para una proporción de ruido de (a) 1% y (b) 5%.



**Figura 7.** ALE vs. número de RNs para una proporción de ruido de (a) 10% y (b) 20%.

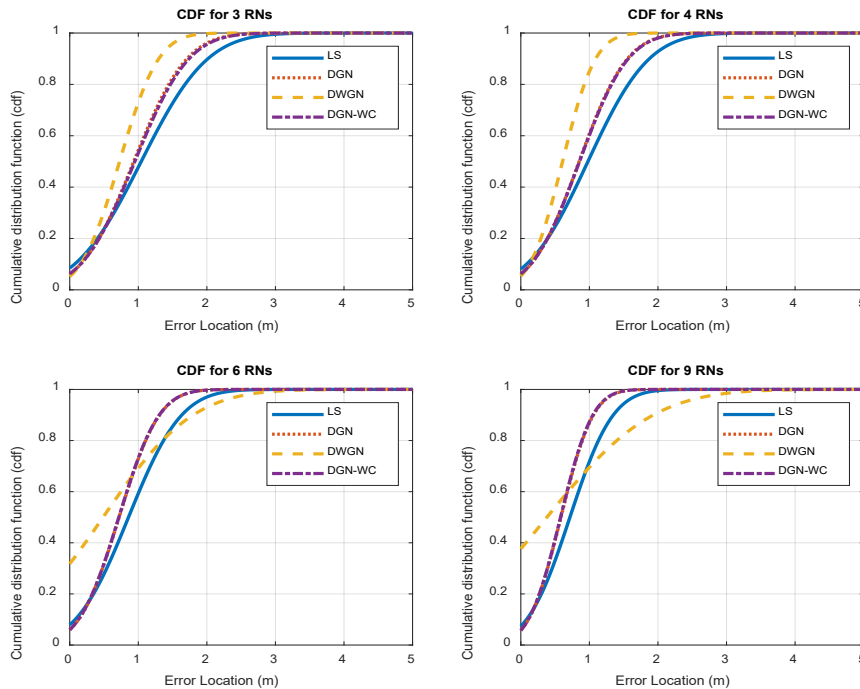
En la Figura 8 se muestra el ALE de las técnicas de localización analizadas para proporciones de ruido del 30% y 40%, donde al aumentar la proporción de ruido se observa un aumento del ALE de las técnicas de localización. Además, se observa con que este aumento de la proporción de ruido, las técnicas de localización presentan menor robustez, por lo que las gráficas de la curva del ALE se observan con variaciones menos lineales.



**Figura 8.** ALE vs. número de RNs para una proporción de ruido de (a) 30% y (b) 40%.

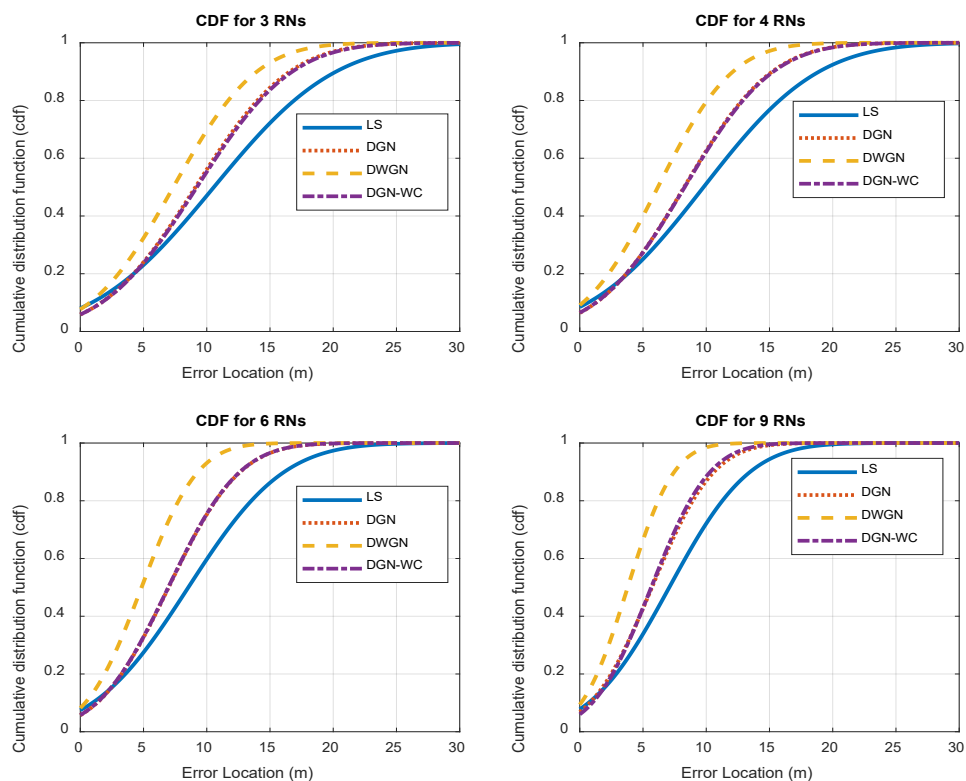
## CDF de las técnicas de localización

En esta sección, se presentan resultados de las técnicas de localización analizadas en términos de la precisión. La precisión se presenta mediante la función de distribución de probabilidad acumulada (cdf – cumulative distribution function). La precisión representa la probabilidad de que un nodo en la red sea localizado debajo de cierto error de localización. Por ejemplo, en la Figura 9 para el caso de una red con cuatro RNs, se obtiene que la precisión del algoritmo DWGN para un error de localización de 1 m es del 70% aproximadamente, es decir, existe un 70% de probabilidad de que algoritmo WLS determine la posición del NOI con un error de localización menor a 1 m. Sin embargo, el algoritmo LS presenta una precisión del 70% con un error de localización de 1 m considerando una red con nueve RNs, es decir, el algoritmo LS requiere de nueve RNs para alcanzar la misma precisión que el algoritmo DWGN alcanza con una red de tres RNs, considerando en ambos casos un error de localización de 1 m. También, se observa que el algoritmo DWGN no presenta una buena precisión en la localización del NOI para una red con seis y nueve RNs, ya que la curva de cdf de este algoritmo presenta mucha varianza en la estimación de la posición del NOI. Además, se puede observar en la Figura 9, que a medida que aumenta el número de RNs, las técnicas de localización presentan mayor precisión, por ejemplo, para el caso de una red con nueve RNs, los algoritmos DGN y DGN-WC presentan una precisión del 100% para un error de localización de 1.5 m.

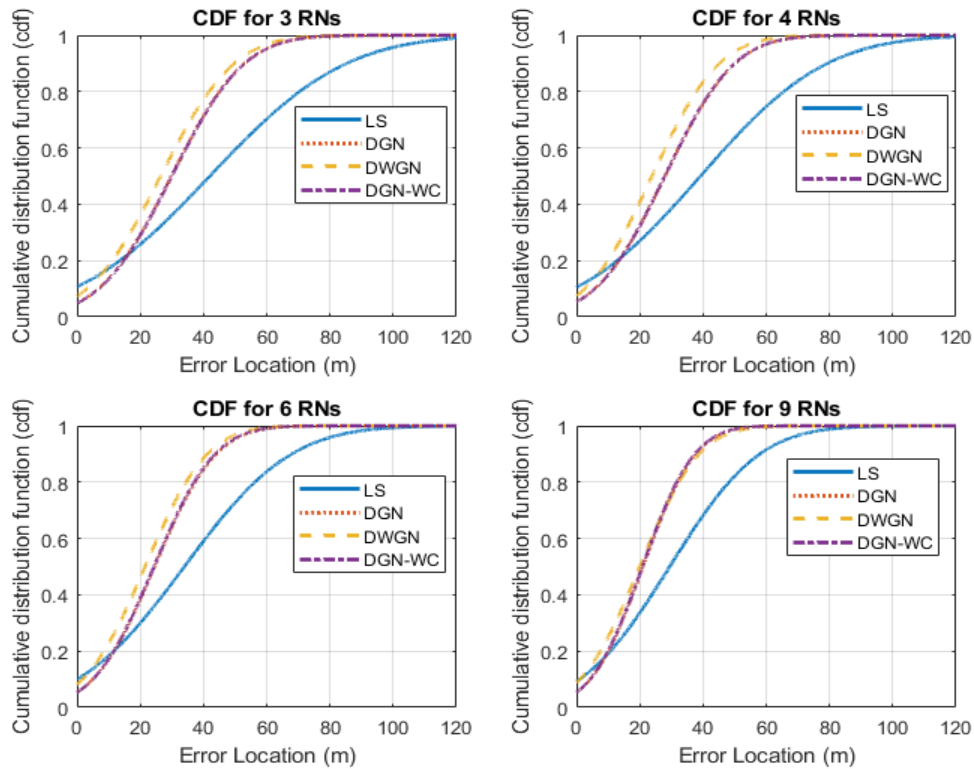


**Figura 9.** CDF de las técnicas de localización para una proporción de ruido del 1%.

En la Figura 10, se muestra la precisión de las técnicas de localización, para una proporción de ruido del 10%. Se observa que el algoritmo DWGN presenta mayor precisión que los algoritmos LS, DGN y DGN-WC. En el caso de la Figura 11, se muestra la precisión de las técnicas de localización para una proporción de ruido del 40%. En este escenario todas las técnicas de localización analizadas, presentan menor precisión que en los resultados presentados en las Figuras 9 y 10 donde las proporciones de ruido son del 1% y 10% respectivamente. Analizando la Figura 11, se observa que para el caso de una red con 9 RNs, el algoritmo DWGN alcanza una precisión del 90% aproximadamente para determinar la posición del NOI con un error de localización de 40 m. Sin embargo, este algoritmo DWGN presenta una precisión del 50% para determinar la posición del NOI con un error de localización de 20 m. En el caso de una red con 6 RNs, el algoritmo DWGN presenta una precisión del 45% para obtener la posición del NOI con el mismo error de localización de 20 m.



**Figura 10.** CDF de las técnicas de localización para una proporción de ruido del 10%.



**Figura 11.** CDF de las técnicas de localización para una proporción de ruido del 40%.

Analizando los resultados obtenidos, se obtiene que el algoritmo DWGN presenta mayor exactitud y precisión que los algoritmos LS, DGN y DGN-WC en las pruebas realizadas, esto es, al variar la proporción de ruido y la cantidad de RNs. Por lo tanto, en una WSN es conveniente utilizar el algoritmo DWGN para estimar la posición de un nodo, ya que presenta mejor exactitud y precisión y, además, la complejidad computacional es similar a la del algoritmo DGN, solo añadiendo una matriz de ponderación cuyos pesos dependen de la distancia de separación entre el NOI y los RNs.

### Conclusiones

En la realización de este trabajo, cabe destacar que las técnicas de localización analizadas, fueron evaluadas en el escenario a un solo salto, donde se determinó la exactitud y precisión de éstas, variando la proporción de ruido y el número de nodos de referencia. Se obtuvo que el algoritmo DWGN presentó el mejor desempeño en términos de la exactitud y precisión que los demás algoritmos analizados en los escenarios de evaluación propuestos. Se realizó un análisis comparativo de las métricas de desempeño de las técnicas de localización basadas en distancia con ToA, donde se obtuvo que las técnicas de localización con ToA presentan mayor precisión en la localización

del nodo de interés que las técnicas de localización con RSS de acuerdo a los resultados obtenidos. Sin embargo, la estimación del ToA en un ambiente real requiere que los nodos de referencia estén sincronizados. Como trabajo futuro, se debe evaluar las métricas de desempeño de exactitud y precisión de las técnicas de localización analizadas en un escenario multisalto. Además, se debe estudiar el desempeño de técnicas de localización basadas en TDoA o AoA en los escenarios a un simple salto y multisalto con el fin de determinar su impacto en una red WSN, respecto a las técnicas basadas en ToA. Finalmente, se debe realizar una propuesta de una técnica de localización que proporcione mayor exactitud y precisión en la localización de un nodo en la red que las técnicas evaluadas en este trabajo.

## Referencias

- Addesso, P., Marano, S., and Matta, V., (2010). Estimation of target location via likelihood approximation in sensor networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, no. 58, pp. 1358-1368.
- Alhmiedat, T. A., and Yang, S. H., (2007). A survey: Localization and tracking mobile targets through wireless sensors network. In 8th annual network symposium.
- Alhumud H., and Zohdy M., (2018). "Managing Energy Consumption of Wireless Sensors Networks in Multiple Greenhouses," *Wireless Engineering and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 11-19.
- Bejar, B., Belanovic, P., and Zazo, S., (2010). "Distributed Gauss-Newton method for localization in Ad-Hoc networks," *In Proceedings of 44th Asilomar conference on signals, systems and computers*.
- Chen, J., Richard, C., and Sayed, A. H., (2014). Multitask diffusion adaptation over networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 62, 4129–4144.
- Diaz R. J., Mederos B., Sifuentes E., Gonzalez L. R., and Cota R. J., (2021). "A Weighted and Distributed Algorithm for Range-Based Multi-Hop Localization Using a Newton Method," *Sensors*, vol. 21, no. 7, pp. 2324.
- Gazestani A. H., Shahbazian R., and Ghorashi S. Y., (2017). "Decentralized Consensus Based Target Localization in Wireless Sensor Networks," *Wireless Personal Communications*, vol. 2017, no. 97, pp. 3587-3599.
- Grishin I., Pham V. D., Okuneva D., Kirichek R., and Myrova L., (2020). "Applying Multidimensional Scaling Method to Determine Spatial Coordinates of WSN Nodes," *ICFNDS '20: Proceedings of the 4th International Conference on Future Networks and Distributed Systems*, vol. 2020, no. 39, pp. 1-5.
- Javed I., Tang X., Shaukat K., Sarwar M. U., Alam T. M., Hameed I. A., and Saleem M. A., (2021). "V2X-Based Mobile Localization in 3D Wireless Sensor Network," *Security and Communication Networks*, vol. 2021, pp. 13.
- Jiang M., Li Y., Ge Y., Gao W., Lou K., Wang S., and Jiang J., (2016). "Improved dv-hop localization algorithm based on anchor weight and distance compensation in wireless sensor network," *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 9, no. 12, pp. 167–176.
- Kantas, N., Singh, S. S., and Doucet, A., (2012). "Distributed maximum likelihood for simultaneous self-localization and tracking in sensor networks," *IEEE Transactions on Signal Processing*, pp. 5038-5047.

- Kumar G., Rai M. K., Saha R., and Kim H.-j., (2018) “An improved dv-hop localization with minimum connected dominating set for mobile nodes in wireless sensor networks,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 14, no. 1.
- Laaouafy, M., Lakrami, F., Labouidya, O., Elkamoun, N., and Iqdour, R., (2019). “Comparative study of localization methods in WSN using Cooja simulator,” *In Proceedings of the 7th Mediterranean Congress of Telecommunications (CMT)*, pp. 1–5.
- Landaluce H., et al., (2020). “A review of IoT sensing applications and challenges using RFID and wireless sensor networks,” *Sensors*, vol. 20, no. 9, pp. 2495.
- Mass S. J., Ruiz I. E., Cortez G. J., Espinoza R. A., and Castro L. A., (2017). “Weighted Hyperbolic DV-Hop Positioning Node Localization Algorithm in WSNs,” *Wireless Personal Communications*, vol. 96, pp. 5011-5033.
- Mass S. J., Vargas R. C., Ruiz I. E., Garcia B. A., and Espinoza R. A., (2020). “Localization based on probabilistic multilateration approach for mobile wireless sensor networks,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 54994-55011.
- Sayed, A. H. (2014). *Adaptation, learning, and optimization over networks. Foundations and Trends in Machine Learning*, 7, 311–801.
- Sharma G., and Kumar A., (2018). “Improved range-free localization for three-dimensional wireless sensor networks using genetic algorithm,” *Computers & Electrical Engineering*, vol. 72, pp. 808-827.
- Verde P., Díez G. J., Ferrero G. R., Martínez G. A., and Perez H., (2021). “Memetic chains for improving the local wireless sensor networks localization in urban scenarios,” *Sensors*, vol. 21, no. 7, pp. 2458.
- Zheng K., Li H., Lei L., Xiang W., Qiao J., and Shen X., (2016). “Energy-Efficient Localization and Tracking of Mobile Devices in Wireless Sensor Networks,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, no. 3, pp. 2714-2726.

## Capítulo 6

### Incentivando las vocaciones: Ingenieras y Matemáticas

Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa

Diana del Carmen Torres Corrales

#### Introducción

La universidad tiene el rol de incentivar las vocaciones científicas y tecnológicas para responder de manera pertinente y actualizada a los constantes cambios de la sociedad, tanto del avance del conocimiento como del bienestar de las personas. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) menciona en su agenda 2030 que se requiere de una nueva visión para abordar las condiciones ambientales, sociales y económicas que el mundo enfrenta; una visión donde se cuente con personas competentes y empoderadas, que cultiven un pensamiento y habilidades transformadoras, creativas e innovadoras para realizar cambios en la educación que permitan alcanzar este potencial (UNESCO, 2019).

En este sentido, la educación en la ciencia, tecnología, la ingeniería y las matemáticas (es el acrónimo de STEM) juega un papel importante en la transformación ya que los avances en estas disciplinas han permitido el progreso en diversos aspectos de la sociedad. Por ello se considera que la educación en STEM los prepara para el mundo laboral y posteriormente les permite el ingreso a carreras universitarias relacionadas (Bokova, 2019).

Para lograr la visión requerida por la UNESCO es necesario realizar actividades puntuales que permitan incentivar las vocaciones científicas porque la decisión de elegir una carrera STEM se ve afectada por la percepción social sobre la ciencia y la tecnología. En México según datos de la encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología (ENPECYT), el 84.5% de las personas dicen que la investigación científica y tecnológica juega un papel fundamental en el desarrollo tecnológico, sin embargo, las profesiones relacionadas a estas disciplinas como ingeniero, inventor e investigador cuentan con el 8% de ocupación (INEGI, 2017).

Además, hay un factor que interviene en el bajo porcentaje de ocupación: el género. Históricamente el sector de la ciencia y la tecnología ha estado representado predominante por hombres, bajo la creencia de ser carreras “masculinas”. La ausencia de mujeres en disciplinas STEM ha sido influencia de diversos factores, entre ellos los relacionados con la carencia de oportunidades, los apoyos dentro y fuera de sus núcleos familiares y los paradigmas culturales (Ramírez, 2022).



Por su parte el Instituto mexicano para la competitividad (IMCO), menciona que existen carreras universitarias predilectas de la población mexicana que atraen al 48% de mujeres y 40% de hombres: administración de empresas, derecho, contabilidad, enfermería, psicología, ingeniería industrial y formación docente para educación básica. También, hay carreras que se consideran femeninas como trabajo social, educación, diseño curricular, nutrición, entre otras asociadas a los cuidados; y carreras que se consideran masculinas, como ingeniería mecánica e ingeniería civil. En las carreras universitarias consideradas femeninas, tres de cada cuatro personas que las estudian son mujeres, mientras que las carreras universitarias consideradas masculinas nueve de cada diez son hombres en carreras (Clark y Torres-Tirado, 2022).

Otros informes también señalan esta distribución de carreras universitarias. Por ejemplo, el informe del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) menciona que únicamente el 9% de las mujeres que eligen una carrera universitaria ingresan a disciplinas de ciencia e ingeniería (PISA, 2016); y el informe del Centro de Investigación de la Mujer en la Alta Dirección (CIMAD) indica que el 38% de las mujeres estudian carreras STEM y el resto eligen carreras relacionadas con el cuidado como la salud y las humanidades (CIMAD, 2020).

Si bien la participación de la mujer va en aumento en el acceso a la universidad, en lo referente a disciplinas STEM se mantiene una baja participación. La matrícula de estudiantes mujeres en nivel superior está lejos de la equidad de género. Adicionalmente existe otros problemas, por ejemplo, en el ámbito laboral las mujeres siguen teniendo menos oportunidades, privilegios y recursos en comparación con sus pares hombres (Palomar, 2017).

Por otro lado, en el ámbito cultural los factores son más complejos. Por ejemplo, en lo personal algunas mujeres tienen la percepción de no tener la capacidad para desarrollarse en disciplinas STEM; y los estereotipos en la educación indican que se tiene la actitud de algunos profesores que alejan a las niñas de las disciplinas STEM (Sáinz, 2022).

En atención a la problemática descrita en materia de equidad de género y de poca participación de mujeres, las académicas del Departamento de Matemáticas del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) ha iniciado el proyecto Ingenieras y Matemáticas como una respuesta a los desafíos que enfrentan las mujeres para elegir carreras relacionadas con las disciplinas STEM, en particular a la falta de modelos a seguir, los estereotipos de género, y la falta de apoyo y oportunidades.

En este ensayo se reportan dos actividades del proyecto Ingenieras y Matemáticas: la revisión de literatura que sienta las bases de un estado de la investigación referente al género y la creación de material didáctico como parte del quehacer de este grupo.

## **Desarrollo**

La revisión de literatura referente a género se hizo mediante una búsqueda en base de datos de acceso abierto con la combinación de los términos: género, matemáticas, ingeniería, STEM, mujeres y universidad. Por los intereses particulares del proyecto, la selección de documentos se organiza en cuatro apartados: la diferencia entre sexo y género, cifras numéricas del estado de participación de las mujeres en disciplinas STEM (a nivel general y en el contexto local), estudios de género en disciplinas STEM, y estudios sobre vocaciones científicas.

### ***Sexo y género***

Es común que los términos sexo y género se utilicen como sinónimo en el lenguaje cotidiano y académico, sin embargo, tienen un significado diferente. El sexo es un hecho natural con el cual se nace hombre o mujer, y refleja características biológicas. Mientras que el género es un hecho social que se aprende, femenino o masculino, y refleja características culturales que se atribuyen a cada sexo (Benavente et al., 2016).

### ***Participación de mujeres en disciplinas STEM***

La literatura sobre género especifica que la menor participación de mujeres respecto a hombres en el ámbito educativo y ocupacional relacionado con la ciencia se consideró una situación derivada de la hipótesis de inferioridad biológica: “las mujeres por naturaleza no tienen capacidad para la ciencia” (p. 191), la cual ha sido refutada por la investigación, pero que aún persiste como una creencia en la actualidad (Nuño, 2000). Muestra de ello es que en el transcurso del tiempo la brecha de participación de mujeres en disciplinas STEM poco ha cambiado.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2019), informa que: (1) el premio nobel de Física, Química o Medicina lo han ganado diecisiete mujeres desde que Marie Curie lo obtuvo en 1903; (2) el 28% de los investigadores en el mundo son mujeres; (3) para el nivel superior en promedios mundiales la matrícula de mujeres que eligen estudiar disciplinas STEM es alrededor del 30%; y es baja en Tecnología, Información y Comunicaciones (3%), Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadísticas (5%) e Ingeniería, Manufactura y Construcción (8%).

En México existen diferencias de género similares al promedio observado en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). El 28% de los hombres pretenden seguir una carrera como un profesional de ciencias e ingeniería, comparado con el 9% de las mujeres. Mientras que el 26% de las mujeres y el 13% de los hombres tienen expectativas de seguir una carrera como un profesional de la salud (PISA, 2016).

En el contexto particular del ITSON, Ochoa-Ávila y Valdez-Pineda (2015) realizaron un diagnóstico de la igualdad de género que realiza la universidad referente a la identificación de las desventajas que por motivos de género puedan encontrarse en mujeres u hombres al interior de sus campus con la finalidad de resolverlas, para posteriormente, crear condiciones para el cuestionamiento de las realidades sociales. Distribuyeron el diagnóstico de género de su comunidad por sexo en: personal académico, personal administrativo, población estudiantil y otra (la de la comunidad donde se encuentran inmersas). Las autoras concluyen sobre la necesidad de atender cuatro aspectos: (1) que se reconozcan las desventajas y obstáculos que enfrentan las mujeres; (2) institucionalizar los estudios de género que permitan producir conocimiento crítico en atención a las diversas problemáticas sociales; (3) transversalizar la perspectiva de género en el currículo para formar a las y los jóvenes, con un perfil más integral para su futura práctica profesional; y (4) impulsar estrategias que permitan crear condiciones y oportunidad para que las mujeres elijan carreras conocidas como masculinas.

### ***Estudios de género en disciplinas STEM***

Entre los estudios referentes a disciplinas STEM se identifican: revisiones bibliográficas, los desafíos del trayecto formativo que enfrentan las mujeres y los que reportan habilidades que son predictores para elegir estas disciplinas.

Por ejemplo, Kim et al (2018) hicieron una revisión sistemática de la investigación empírica de experiencias de mujeres que eligen disciplinas STEM durante la escuela secundaria (12 a 15 años) y media superior (15 a 18 años) con el objetivo de explorar cómo los aspectos del entorno social influyen en el desarrollo de la identidad STEM. Desde la teoría de la identidad social las autoras revisaron factores psicológicos e identificaron algunos desafíos que enfrentan las mujeres en cuanto a su participación e inclusión en estas disciplinas y que las percepciones relacionadas con quién es parte del grupo pueden cambiar a través de programas educativos y de intervención.

Por su parte García-Villa y González (2014) realizaron un estudio cualitativo (exploratorio y descriptivo) de estudiantes mujeres de Ingeniería en México acerca de los desafíos que enfrentan en su trayecto universitario y las formas de superarlos para tener éxito académico. Con una muestra intencional de veinte mujeres que cursan el tercer año de universidad (10 de instituciones públicas y 10 de instituciones privadas) las autoras recopilaron datos mediante entrevistas semiestructuradas y los analizaron desde la teoría de la estratificación social.

Entre los desafíos que identificaron sobresalen los estereotipos de inferioridad femenina (menos habilidad para las matemáticas), lo poco femenino (imagen de aspecto físico poco atractiva y la forma de vestir restringida) y la discriminación por parte de los profesores (el trato diferenciado). Mientras que en las formas de superar los desafíos para tener éxito académico las autoras reco-

nocieron el establecimiento de buenas relaciones con los compañeros hombres para ser aceptadas y demostrar mediante su trabajo la capacidad de ser ingenieras para sí mismas, a sus compañeros hombres y profesores.

Respecto a la matemática, Simón y Farfán (2018) identifican con el método biográfico que en los adolescentes (13 a 15 años) adscritos al Programa “Niñ@s Talento”, los aspectos socioculturales relacionados al género influyen en el desarrollo del potencial en matemáticas. Estos aspectos refieren a usos y costumbres donde se estipulan determinados comportamientos relacionados con los roles de género; por ejemplo, actividades privadas y relacionadas con el cuidado de otros para lo femenino, mientras que señalan actividades públicas y relacionadas con las ciencias para lo masculino. Además, los cambios de la adolescencia acentúan dichos aspectos socioculturales, en especial el entorno familiar (principalmente padres y hermanos) y educativo (principalmente el profesor) que pueden obstaculizar o favorecer el desarrollo del potencial de las mujeres en su gusto y elección en áreas STEM.

### *Vocaciones científicas*

En CIMAD (2020) se menciona que existen diversos factores que influyen en las vocaciones científicas, entre los que destacan los ligados a la autopercepción que tienen las niñas sobre su propia capacidad intelectual y desempeño en las ciencias, esto influenciado por los estereotipos de género que se dan durante su socialización en la infancia. Otro factor que influye es la motivación por parte de la familia y maestros a que las niñas no se incluyan en materias STEM, además el entorno escolar tiene otros factores como los materiales educativos diseñados con orientación de género; falta de experiencias de aprendizaje que les permita aplicar su conocimiento en la práctica y lograr generar interés, entre otros.

Guevara y Flores (2018) realizaron un estudio cualitativo de casos entre estudiantes de Psicología y Biología, para conocer cómo influyen la socialización de género en la escuela y cómo la familia puede impulsar u obstaculizar la educación científica en la infancia de estudiantes universitarias. De acuerdo con los resultados, se tiene que las alumnas que están estudiando ciencias tuvieron una infancia con buena educación científica que les permitió disfrutar las Ciencias Naturales y Matemáticas; algunas comentan que la educación científica fue inculcada por parte de sus padres.

Por el contrario, las estudiantes de Psicología tienen un contexto diferente, mencionan que sus clases eran impartidas de una forma tradicional donde la ciencia no estaba presente como una actividad importante, las clases se impartían de manera rutinaria y de esta forma no lograron despertar su interés. Es por ello, que resulta evidente que la educación científica y la socialización de género en la infancia, tanto en la escuela como en la familia, es algo que influye tanto para estimular como para limitar las capacidades relacionadas con la ciencia entre las niñas y niños.

## *Creación de material didáctico*

La falta de modelos mujeres en cargos jerárquicos de decisión y en la investigación es un factor que provoca que las niñas no se motiven a estudiar en disciplinas STEM (García-Holguín et al., 2019). Por ello se considera pertinente la creación de material didáctico, en particular infografías, sobre aspectos históricos de la participación de mujeres en la ingeniería y matemáticas.

El diseño de las infografías tuvo la participación de profesoras del Departamento de Matemáticas y estudiantes del programa de Alto Rendimiento Académico (ARA) de ITSON. Para ello los estudiantes realizaron una investigación supervisada y plasmaron la información haciendo uso de su creatividad. Mientras que las profesoras verificaron la información y contenido de los diseños. Hasta el momento se han generado seis infografías y se han difundido en las redes sociales de ITSON (ver Anexo 1).

La elección de las mujeres propuestas para realizar estas primeras infografías fue tomando en cuenta las áreas de trabajo de las profesoras participantes del grupo, ya que desde su visión podría proponer a alguna mujer que sobresaliera en su área. Debido a que los logros de las mujeres en la antigüedad no se registraban si no estaban avalados por los hombres, la búsqueda de información fue complicada, puesto que en algunas de ellas no se tenía información accesible de cómo llegó a realizar sus estudios o los retos que tuvo para llegar hasta donde llegó en un tiempo en el que las mujeres no tenían ni voz ni voto.

La estructura de la infografía toma en cuenta el objetivo del grupo, visibilizar la participación de la mujer en las áreas de ingeniería y matemáticas, es por ello que para la búsqueda se tuvieron en cuenta puntos que se creen importantes al momento de querer formar un referente en las niñas y jóvenes. Se cree que la información sobre su vida es importante, ya que esto les permite ver que eran personas como cualquiera, no eran personas superdotadas en la mayoría de los casos, simplemente desarrollaban sus habilidades. También para tener un referente en cuestión de si eran apoyadas en su núcleo familiar, la parte económica, escolaridad, entre otras.

Asimismo, los retos u obstáculos, pensando que esto les permita ver a las niñas y jóvenes que no fue fácil llegar a donde llegaron estas mujeres, en una época donde no eran tomadas en cuenta; esperando que esto las motive a afrontar retos que se les presenten. Por otro lado, se menciona los logros, esto con el objetivo de mostrar que al afrontar los retos se puede cumplir los sueños que se propongan. Por último, agregamos una frase de la mujer descrita que motivan a las mujeres a participar en las áreas.

En la Figura 1 se muestra la infografía de Margaret Hamilton quien en la actualidad tiene 86 años, estudió una licenciatura en matemáticas y aplicó sus conocimientos para desarrollarse

en ingeniería de software trabajo en la NASA donde tuvo que afrontar discriminación y falta de reconocimiento, pero su lucha constante la llevó a obtener grandes premios. Es defensora de la diversidad en la ciencia y la tecnología. Trata de motivar a niñas y jóvenes con palabras inspiradoras:

Uno no debería tener miedo a decir “no lo sé” o “no lo entiendo”, o incluso de hacer “preguntas tontas”. Ninguna pregunta es tonta. Aunque las cosas puedan parecer imposibles, aunque los expertos digan que algo es imposible, aunque haya que seguir el camino sola, no hay que tener miedo a estar equivocada, a admitir errores; aquellos que sepan fallar de forma estrepitosa son los que pueden conseguir cosas grandiosas (Stadler, 2017, 7 junio).

La infografía presenta a Margaret Hamilton, una ingeniera de software estadounidense nacida el 17 de agosto de 1937 en Paoli, Indiana. Se licenció en Matemáticas en 1958. Trabajó para el MIT en 1960 y fue contratada por la NASA para la misión Apolo. Incluye una cita inspiradora: "Uno no debería tener miedo a decir 'no lo sé' o 'no lo entiendo', o incluso de hacer 'preguntas tontas'." Se detallan sus logros, como fundar su propia empresa y desarrollar el software de navegación para la misión Apolo, así como los retos que enfrentó, como la discriminación y la falta de reconocimiento. Incluye logos de ITSON, INGENIERAS Y MATEMÁTICAS y NASA, una imagen de Margaret Hamilton, un código QR y los nombres del autor y supervisor.

**ITSON**

**MARGARET HAMILTON**

Margaret Hamilton es una ingeniera de software estadounidense nacida el 17 de agosto de 1937 en Paoli, Indiana, Estados Unidos y actualmente cuenta con la edad de 86 años.

Se licenció en Matemáticas en 1958. Incansable, su deseo era seguir estudiando pero, desgraciadamente, tuvo que dejar sus estudios para trabajar como profesora de matemáticas y francés en un instituto para que su marido pudiera acabar su carrera en Harvard.

Trabajó para el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1960 década durante la cual aprendió varios lenguajes de software por su cuenta.

Mientras trabajaba para el MIT fue contratada por la NASA para la misión Apolo, gracias a su gran habilidad para encontrar y corregir errores en el código.

"Uno no debería tener miedo a decir "no lo sé" o "no lo entiendo", o incluso de hacer "preguntas tontas". Ninguna pregunta es tonta. Aunque las cosas puedan parecer imposibles, aunque los expertos digan que algo es imposible, aunque haya que seguir el camino sola, no hay que tener miedo a estar equivocada, a admitir errores."

**\* Aquellos que sepan fallar de forma estrepitosa son los que pueden conseguir cosas grandiosas.\***

**Logros**

- Fundo su propia empresa Hamilton Technologies
- Creo el concepto de "Sistemas tolerantes a fallos"
- Desarrollo del software de navegación y control de la misión Apolo
- Ser defensora de la diversidad en la ciencia y la tecnología siendo, directora de la fundación Hamilton

**Retos**

- Discriminación en el lugar de trabajo por estereotipos y prejuicios de género
- Falta de modelos a seguir en la industria de la tecnología en la década de 1960
- Pocas oportunidades ya que, a las mujeres se les negaba trabajar en campos técnicos o científicos
- Falta de reconocimiento en sus logros y aportaciones

Autor: Jarol Francisco Tellez Castro  
Supervisión: M.C. Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa

Para más información favor de escanear el código QR.

Figura 1. Infografía de Margaret Hamilton realizada por un estudiante.

Otro punto importante que se ha tomado en cuenta es la creación de material didáctico para promover desde la educación básica el interés en la niñez por la educación STEM (Silvestro, 2021). En ese sentido, el grupo apoyados por estudiantes ARA ha recopilado un compendio de actividades lúdicas cuya finalidad es promover el interés por el estudio de las matemáticas y esto a su vez para mejorar el conocimiento, las habilidades y las actitudes hacia las disciplinas STEM (ver Anexo 2).

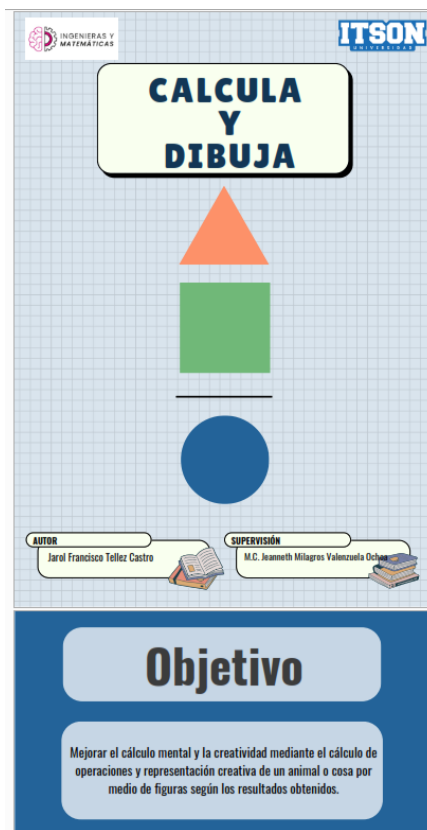


Figura 2. Material didáctico: Calcula y dibuja realizado por un estudiante

Para la creación de este material se solicitó el apoyo de estudiantes del programa de ARA, la estructura de este se dejó a libre creatividad de cada estudiante, solo se les dio la instrucción de realizar actividades didácticas que pudieran motivar a trabajar con matemáticas de manera divertida. En la Figura 2 se muestra la portada de uno de los trabajos realizados. Este material consiste en efectuar cálculos mentales y utilizar figuras geométricas para construir un dibujo haciendo uso solo de estas, con ello además de desarrollar la habilidad mental en los estudiantes también se desarrolla el pensamiento creativo, esta actividad está dirigida para estudiantes desde nivel básico hasta superior.

Otra propuesta interesante de los jóvenes fue “El reloj matemático” (ver Figura 3), con esta actividad se busca enfatizar la importancia del trabajo en equipo y la comunicación efectiva para resolver el juego con éxito y con ello fomentar la colaboración mientras se desarrollan habilidades matemáticas y de resolución de problemas. El juego consiste en reunirse en equipos y entregar una serie de problemas los cuales a través de su respuesta permitirá a los equipos formar el reloj encontrando los números, está estructurado por niveles, esto permite utilizarlo desde nivel básico hasta superior.



Figura 3. Material didáctico: Reloj matemático realizado por una estudiante

Hasta el momento se han elaborado seis actividades y cada una tiene diferentes objetivos pero un mismo denominador: buscar que los alumnos desarrollen su pensamiento matemático y con ello puedan desarrollar una forma de pensar que facilita la resolución de problemas. De igual forma, el material es pensado de tal manera que los alumnos trabajen de forma divertida.

### Conclusión

La participación de las mujeres en disciplinas STEM es fundamental para disminuir la brecha de género en los estudios universitarios y de ocupación laboral. Al aumentar la cantidad de mujeres que estudien estas carreras y formen parte de las ocupaciones laborales se pueden mejorar las condiciones de trabajo y de esta manera se tendrían más habilidades científicas y tecnológicas que solicita el mercado actual (IMCO, 2019).

La actitud hacia un área o disciplina es un factor determinante, por lo que se cree que al mostrar los diferentes trabajos que han hecho las mujeres y su participación en áreas de STEM las niñas y jóvenes podrían visualizarse tal y como lo hacen los niños al querer ser policías y bomberos



por estar presentes como figuras en su vida cotidiana. Además, el incentivar la parte de la ciencia y tecnología desde niñas a través de juegos, motiva a interesarse por seguir aprendiendo en la mayoría de los casos, ya que no lo ven como algo repetitivo y sin sentido.

Informarse sobre aspectos de género para evitar repetir hábitos y costumbres que provocan discriminación es una responsabilidad compartida por parte de profesores universitarios y comunidad académica en general. Los profesores deben formarse en materias de igualdad y en cuanto a los modelos educativos crear materiales didácticos no sexistas y con mujeres como referentes.

Con el proyecto se crea el grupo Ingenieras y Matemáticas de ITSON con la intención de impulsar y promover las vocaciones en ingeniería y matemáticas en niñas y jóvenes, a través de actividades que permitan visibilizar la participación de las mujeres en estas disciplinas, con el objetivo de inspirarlas y que esto les permita cambiar sus percepciones y ampliar sus horizontes.

Como prospectiva del grupo se continuará con el diseño de infografías y se plantea realizar entrevistas a mujeres profesionales desde sus puestos de trabajo. También se planea la realización de visitas a escuelas de los niveles educativos de educación básica y media superior para difundir las actividades realizadas en niñas y jóvenes.

## Referencias

- Benavente, M., Donadio, M. y Villalobos, P. (2016). Manual de formación regional para la implementación de la resolución 1325 (2000) del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas relativa a las mujeres, la paz y la seguridad. Publicación de las Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40337-manual-formacion-regional-la-implementacion-la-resolucion-1325-2000-consejo>
- Bokova, I. (2019). Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Centro de Investigación de la Mujer en la Alta Dirección (CIMAD), IPADE Business School y Movimiento STEM (2020). Reporte de investigación. Mujeres eligiendo carreras STEM. <https://bit.ly/3dL7FIE>
- Clark, P. y Torres-Tirado, F. M. (2022), ¿Dónde están las científicas? Brechas de género en carreras de STEM. Instituto mexicano para la competitividad, A.C., (IMCO).
- García-Holgado, A., Camacho Díaz, A., & García-Peñalvo, F. J. (2019). La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea. Aprendizaje, Innovación y Cooperación como impulsores del cambio metodológico. DOI: [10.26754/CINAIC.2019.0143](https://doi.org/10.26754/CINAIC.2019.0143)
- García-Villa, C. y González, E. (2014). Women students in engineering in Mexico: exploring responses to gender differences. International Journal of Qualitative Studies in Education, 27(8), 1044-1061. <http://dx.doi.org/10.1080/09518398.2014.924636>

- Guevara, E. y Flores, M. (2018). Educación científica de las niñas, vocaciones científicas e identidades femeninas. Experiencias de estudiantes universitarias. Actualidades Investigativas en educación, 18(2), 1-31. <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33136>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología (ENPECYT). México: Inegi.
- Kim, A., Sinatra, G. y Seyranian, V. (2018). Developing a STEM Identity Among Young Women: A Social Identity Perspective. Review of Educational Research, 88(4), 589-625. <https://doi.org/10.3102/0034654318779957>
- Nuño, T. (2000). Género y ciencia. La educación científica. Revista de Psicodidáctica, 9, 183-214. <https://ojs.ehu.es/index.php/psicodidactica/article/view/130>
- Ochoa-Ávila, E. y Valdez-Pineda, D. (2015). Radiografía de Género de ITSON. Instituto Tecnológico de Sonora. <https://cutt.ly/kCirtZC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (UNESCO). (2019). Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico con datos del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA). (2016). Nota país: México. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) PISA 2015 -Resultados. (Vol. 36). Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>
- Palomar, C. (2017). Equidad de género en la educación superior. Revista de Educación Superior, 47 (187), 163-169. <http://www.resu.anui.es>
- Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA). (2016).
- Ramirez, S. (11 de febrero del 2022). Mujeres en la ciencia y la tecnología: Pilares para el desarrollo de la sociedad. Expansión Política. <https://politica.expansion.mx/sociedad/2022/02/11/mujeres-en-la-ciencia-y-la-tecnologia-pilares-para-el-desarrollo-de-la-sociedad>
- Sáinz, M. (2022) How to Address Stereotypes and Practices Limiting Access to STEM- Related Education for Women and Girls, ONU Mujeres. [https://www.unwomen.org/sites/default/files/202212/EP.3\\_Milagros%20Sainz.pdf](https://www.unwomen.org/sites/default/files/202212/EP.3_Milagros%20Sainz.pdf)
- Silvestro, M. (2021). Otres en STEAM. Obtenido de Youtube:<https://www.youtube.com/@maruglobina>
- Simón, G. y Farfán, R. (2018). El Desarrollo del Talento de las Mujeres en Matemáticas desde la Socioepistemología y la Perspectiva de Género: un Estudio de Biografías. Bolema, 62(32), 946-966. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a10>
- Stadler, M. M. (2017, 7 junio). Margaret Hamilton: “La primera ingeniera de software”. Mujeres ciencia.<https://mujeresconciencia.com/2017/06/07/margaret-hamilton-la-primer-ingeniera-ingeniera-software/>

## Anexo 1

**ITSON** INGENIERAS Y MATEMÁTICAS

# KATHERINE JOHNSON

"LA CALCULADORA HUMANA"

### ¿QUIÉN FUE?

Katherine Johnson fue una matemática afroamericana que trabajó en la NASA durante más de tres décadas. Su trabajo fue crucial para el éxito de los primeros vuelos espaciales tripulados de Estados Unidos. Calculó la trayectoria del Apolo 11 que llevaría al hombre a la luna y fue clave para hacer retornar el Apolo 13 en el suelo cuando se abortó su misión por un problema técnico. Murió en 2020, a la edad de 101 años. En su honor las nuevas instalaciones de investigación en informática de la NASA en Langley fueron bautizadas con su nombre: Katherine G. Johnson.

### RETOS

En su época siendo mujer y afroamericana su destino estaba decidido, las leyes de segregación racial no le permitían mucho más que dedicarse a ser maestra. Tuvo que mudarse a otra ciudad para poder asistir a una escuela secundaria para estudiantes afroamericanos. Katherine trabajó en la NASA en una época en la que las mujeres y los afroamericanos eran considerados inferiores y no se les permitía participar en reuniones o trabajar en equipo con sus colegas blancos. Como "computadora humana", Katherine se encargó de realizar cálculos complejos y tediosos a mano. No había computadoras ni tecnología avanzada para ayudarla, por lo que tenía que hacer todo a mano, lo que requería una gran cantidad de tiempo y precisión.

### LOGROS

Katherine fue un símbolo de la lucha por la igualdad de derechos en Estados Unidos. Su trabajo y logros en un campo dominado por hombres y discriminado racialmente ayudaron a romper barreras y a avanzar hacia la igualdad. En su paso por el Comité Asesor Nacional para la Aeronáutica, Johnson escuchó datos de accidentes de avión y llevaba a cabo complejos cálculos aeroespaciales a mano, esto la llevó a ser trasladada a la División de Investigación de Vuelo. En la NASA, poco a poco comenzó a conocer el trabajo que hacían, a hacer preguntas y pedir permiso para asistir a sus reuniones. No pasó mucho tiempo hasta que empezó a pensar y proponer alternativas.

### CURIOSIDADES

Katherine cantaba todo, contaba los pasos hasta la carretera, los que había hasta la iglesia o el número de platos que lavaba. Su inteligencia era enorme y le permitió terminar los estudios de secundaria a los 14 años, y a los 15 ingresó en la Universidad Estatal de Virginia Occidental, graduándose en matemáticas y francés a la edad de 18 años. En 2015, a los 97 años, el presidente Barack Obama le concedió la Medalla Presidencial de la Libertad, el más alto honor civil de Estados Unidos.

### FRASE INSPIRADORA

"La matemática es simplemente otra lengua, y lo importante es aprender a hablarla".

Autora: E. Escobedo Martínez, Pérez Rodríguez. Ilustraciones: P.C. Jaramilla, M. Pérez, Valdeolmillos, Galván.

**INGENIERAS Y MATEMÁTICAS**

# Concepción Mendizábal Mendoza

"La Ingeniera Civil Mexicana"

CDMX, 1893 - 1985

### ¿QUIÉN ES ELLA?

Desde muy pequeña tuvo una gran facilidad para aprender los conocimientos, resalta por lo cual su padre le fue animando para que ingresara a la difícil carrera profesional para mujeres en la Escuela Nacional de Ingenieras.

Después como alumnas disfrutó de igualdad y trato equitativo para abordar cada una de las cursos de matemáticas y física.

Mayor dedicación totalmente a su carrera, desatendiendo su salud más grande al renunciar su tesis y obtener el título de Ingeniera Civil a la edad de su edad.

### FORMACIÓN

- Escuela Normal para Niñas 1910-1917
- Matemáticas Superiores 1919
- Escuela Nacional de Ingenieras 1921
- Ingeniería Civil 1927
- Topografía e Hidrografía 1928

### Tesis que presenta en 1930

Proyecto de una torre elevada de concreto armado para 200 m de agua, de 20 metros de alto con un ático en la parte superior, desarrollando los principales detalles de la construcción.

### Su actitud, constancia y decidida voluntad llevo a Concepción a iniciar, continuar y lograr con éxito su carrera, la cual se creía inaccesible para la mujer.

### LOGROS

- En 1916, presentó su examen profesional y aprobó con unanimidad, obteniendo el título de ingeniera civil.
- Realizó prácticas de materiales en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la escuela y construyó de caminos.
- Trabajó en Petrolera Mexicana.
- En 1924, recibió el premio "Ruth Stevens" para honrar su desempeño laboral.
- Coautora del Índice general por autores y materias de los tomos I al 12 (1927-1931) de las Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate".

### OBSTÁCULOS

- No concluyó sus estudios de bachillerato por lo que se le impidió su registro formal en la Escuela Nacional de Ingenieras, fue irregular.
- Existió un estancamiento académico y social que consideraban a la educación superior solo para hombres.

Para más información: **SCAN ME**

**ITSON**

Autora: E. Escobedo Martínez, Pérez Rodríguez. Ilustraciones: P.C. Jaramilla, M. Pérez, Valdeolmillos, Galván.

# ALICE CATHERINE EVANS

Microbióloga

## ACERCA DE ALICE



Nació el 29 de enero de 1881 en una granja ubicada en Bradford County, Pensilvania.



Desde que Alice era joven, se preocupaba por las enfermedades de los animales y el estudio de las mismas.



Sus padres eran maestros y se dedicaban al cuidado de la granja, disfrutaban la vida del campo.

## FORMACIÓN

1909	1910	1913
<b>Culminación de estudios</b> Agricultura con especialidad en bacteriología	<b>Maestría en Ciencias con especialidad en bacteriología</b> Universidad de Wisconsin	<b>Primera mujer con contrato fijo en el Departamento de Agricultura</b>

## LOGROS

1917

Descubre que las bacterias que provocan la **fiebre de Malta** eran similares.

1918

Obtiene el puesto en el **Servicio de Salud Pública** de EE.UU.

1928

1ra mujer **presidenta** de la Sociedad Americana de Microbiología (SMA).

Demuestra que la **pasteurización** de la leche de vaca elimina las bacterias y **modifica sus propiedades nutricionales**.

Realizó importantes aportaciones al conocimiento de enfermedades infecciosas, como la **gripe española**, la **meningitis** y las **infecciones estreptocócicas**.

## RETOS EN SU VIDA

Sus investigaciones no fueron tomadas en serio por dos motivos principales:

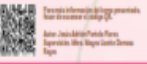
Era mujer y no contaba con un doctorado.

La **pasteurización** es un proceso térmico que intenta reducir la presencia de agentes patógenos en líquidos, convirtiéndolo a otras temperaturas.

Era la primera vez que se señalaba que una misma bacteria podía causar enfermedades distintas en seres humanos y animales.

“Las mujeres han demostrado que su capacidad mental para el logro científico es igual a la de los varones. Sin embargo, las mujeres no reciben el mismo reconocimiento que ellos”

Tardó trece años en convencer a médicos y funcionarios de Salud de que la **pasteurización** era un **método fundamental** para evitar la expansión de la enfermedad.



## Helen Augusta Blanchard



### Nacimiento:

Nació en Portland, Maine en 1840 en una familia rica. Su papá, Nathaniel Blanchard, era un empresario y dueño de barcos, y su mamá se llamaba Phoebe Buxton Blanchard.



### Contribución:

Esta renombrada autodidacta es conocida por haber registrado arriba de 28 patentes, todas relacionadas con mejoras a las máquinas de coser y las agujas.



### Pináculo:

Uno de sus inventos más importantes fue la patente de la primera máquina de coser que podía hacer puntadas en zigzag en 1873. Esta puntada hace que las costuras sean más fuertes y las prendas sean más duraderas.



### Aguja Quirúrgica:

Esta invención de 1894 es una mejora de las agujas quirúrgicas anteriores. La aguja tiene una punta curva que le permite perforar la piel fácilmente con una resistencia mínima y, por lo tanto, menos dolor para el paciente.



### Maquina de coser

#### sombreros:

Esta invención de 1901 es una adaptación a la máquina de coser que le permite coser un punto de cadena común con un hilo para coser bandas para el sudor y tiras de lino en el borde interior del sombrero.



### Todo un ejemplo a seguir

Blanchard fue una inventora muy productiva y sus contribuciones a la industria de la costura y las máquinas de coser fueron fundamentales para desarrollar nuevas técnicas y herramientas. Su legado sigue siendo importante hoy en día, y muchas de sus patentes y diseños son usados en la actualidad.

### Contenido

Haga clic sobre el ícono para acceder al contenido de Ingeniería en Software, Ingeniería en Sistemas del Comercio Exterior, Ciencias, Ingeniería y Matemáticas ITSON.



Para más información seguir de investigación

## HABLEMOS SOBRE

### LILLIAN MOLLER GILBRETH

#### ¿CUÁLES SON SUS ORÍGENES?



- Nació en 1878 en Oakland, fue educada en casa hasta los nueve años. Después estudió en la Universidad de California en Berkeley.
- Su objetivo era rediseñar la maquinaria para adaptarse mejor a los movimientos de los trabajadores, mejorar la eficiencia y reducir la fatiga.
- Obtuvo su doctorado en psicología industrial en la Universidad de Brown.

#### ACTIVIDADES

- Realizó estudios relacionados con los movimientos de las manos en el tipeado en las máquinas de escribir.
- Durante la Gran Depresión, fue incluida por el presidente Hoover en el Comité de Emergencia para el Desempleo.
- Durante la Segunda Guerra Mundial, trabajó como consultora para el gobierno y supervisó la conversión de fábricas en bases militares.



#### BRICKLAYING SYSTEM

#### DATO RELEVANTE #1

Fue conocida como la "Madre de la Gestión Industrial" y la "Primera Dama de los Estados Unidos de América de la ingeniería".

#### OBSTÁCULOS

- Sus padres estaban en contra de que estudiara.
- No fue reconocida como co-autora en muchas de sus investigaciones realizadas con su esposo.
- Después de la muerte de su esposo, tuvo que cuidar de sus 12 hijos ella sola.
- Muchos empresarios rechazaron hacer negocios con una mujer y muchos contratos de asesoría se cancelaron.

#### DATO RELEVANTE #2

Fue la primera mujer admitida en la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos.

- Buscar
- Seleccionar
- Mover
- Alinear
- Colocar en Posición
- Producir en Posición
- Salir
- Usar
- Desmontable
- Inspeccionar
- Dinero Inevitable
- Dinero Estable
- Tomar
- Sostener
- Planear
- Descansar
- Encontrar

#### ¿CUALES FUERON SUS APORTACIONES A LA CIENCIA?

- Innovó al recomendar la consideración del "factor humano" en los métodos de trabajo.
- Desarrolló una clasificación de 17 movimientos y la llamó Therbligs.
- Desarrolló estudios vinculados con tareas domésticas y publicó los libros: "The house maker and her job" y "Living With our children".
- Entrevistó a más de 4,000 mujeres para diseñar la altura adecuada para estufas, fregaderos y otros muebles.

#### SU FRASE:

"Humanizar el trabajo significa que los operarios estén complacidos y la dirección logre una mayor productividad, en un ambiente más placentero".

Autora: Alexandra Iveth Rodríguez Castellanos  
Supervisión: Mtra. Laura Lillán Acuña Michel



Anexo 2

**ITSON**  
UNIVERSIDAD

**Rally Matemático**

INGENIERAS Y MATEMÁTICAS

**Por:**  
**Hugo Eduardo Navarro Ramírez**  
Ingeniería en Software

Supervisión M.C. Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa

El objetivo del juego es proporcionar a los participantes una experiencia divertida y emocionante mientras resuelven problemas matemáticos y trabajan en equipo para encontrar el tesoro matemático. Además de fomentar la diversión, el juego también tiene como objetivo mejorar las habilidades de

**Búsqueda del tesoro**

Manual de juego

Es importante promover el trabajo en equipo y en sus distintas fortalezas para completar el recorrido con éxito

Realizado por:  
Alexandra Iveth Rodríguez Castellanos  
Alumna de ingeniería en software

Supervisado por:  
M.C. Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa

Realizado por:  
Alexandra Iveth Rodríguez Castellanos  
Alumna de ingeniería en software

Supervisado por:  
M.C. Jeanneth Milagros Valenzuela Ochoa

ITSON

INGENIERAS Y MATEMÁTICAS

**Objetivo**

Fomentar el trabajo en equipo y recorrer el campus nainari, mientras se desarrollan las habilidades matemáticas

**Descripción**

Concurso de rapidez de razonamiento matemático

## Capítulo 7

### Diseño y construcción de una máquina empaquetadora de zanahorias

Adolfo Soto Cota

José Manuel Campoy Salguero

Pablo Alberto Limón Leyva

Andrés Othón Pizarro Lerma

Juan José Padilla Ybarra

#### Resumen

Ante las necesidades de empaque que se presentaron en una empresa agroindustrial de la región, se propuso el diseño de una máquina empaquetadora específicamente diseñada para cumplir con los requerimientos fitosanitarios, logísticos y económicos impuestos por los clientes del producto empaquetado y por la empresa empaquetadora. Siguiendo una metodología de diseño en ingeniería, utilizando diseño propio y en lo posible recursos tecnológicos regionales, se llega a la construcción del prototipo final, mostrando excelentes resultados.

Palabras clave: Automatización, diseño, producción de alimentos

#### Antecedentes

La transición de la industria alimentaria hacia la automatización ha sido lenta en comparación de otras industrias como la farmacéutica y automovilística” (Evolución de la automatización en la industria alimentaria, 2022), esto en gran parte a que los productos de estas últimas, suelen ser más uniformes en forma, tamaño y peso; no se degradan tan rápido, al pasar el tiempo, como es el caso de un producto comestible y generalmente se fabrican en ambientes controlados. Lo que facilita su producción y manipulación usando elementos artificiales. Esto no es tan sencillo en la industria alimentaria, donde se depende bastante de situaciones fuera del alcance del productor, como el clima, la demanda, los precios, la distribución y la propia delicadeza que se necesita para manipular un alimento. Sin embargo, a medida que las necesidades de alimentos se incrementan, los productores de alimentos invierten cada vez más en automatización, cada vez más rigurosa en cuanto a su control y específicamente diseñada para sus necesidades.

Con esto en mente, al elevar el volumen de producción lleva así consigo un aumento en la exigencia de los procesos de empaquetado, requiriendo generalmente más espacios y más gente

para el procesamiento del producto, tratando de no sacrificar la calidad, ya sea evitando dañar el producto o evitando demoras en el procesamiento de empaque. Al realizar estos procesos de forma manual, es decir, utilizando trabajadores en el empaque, se tiene que aceptar la posibilidad de errores de fallo humano y demoras. De igual forma si se utiliza algún tipo automatización, no se encuentra exento de errores, ya que la automatización es una disciplina que necesita ser constantemente diseñada y rediseñada de acuerdo a exigencias y consideraciones en situ. Sin embargo, a pesar de lo anterior, la opción del empaquetado automático es una excelente alternativa, ya que permite estandarizar este proceso, observando un aumento en producción, calidad y acortando el tiempo de este proceso. “Ya que esta aplica los mismos parámetros de posición, presión, velocidad, fuerza, etc a todos los paquetes, lo que nos otorga un producto constante y uniforme.”(LiderPack: Embalaje automático: ¿Por qué y cómo apostar por procesos automatizados?, 2023).

#### *Proceso de empaque de Zanahoria: Situación en México, en Sonora y Valle del Yaqui*

El proceso de empaque de un producto alimenticio generalmente empieza con el producto limpio. Se coloca en una mesa o banda transportadora, donde se realiza algún tipo de selección. ya sea por apariencia, peso o tamaño. Posteriormente se empaqueta y pesa. Por último se realiza una inspección final y se almacena.

Las zanahorias es uno de los pocos productos hortícolas que mejor se presta al empaquetado. En el mercado, las zanahorias se presentan confeccionadas en saquitos o en bolsas de polietileno o polipropileno con formatos de medio kilo y superiores, con orificios de ventilación del producto. La variedad de zanahoria a embolsar ha de tener las siguientes características: precoces, color intenso, uniformidad y buen acabado en el campo. El empaquetado debe tener las siguientes características: presencia atractiva, fácil envasado y pesado por parte de la manipuladora, ofrecer buena frescura al producto, permite ver de forma clara la mercancía, larga conservación del producto, fácilmente publicitable. Durante la operación de cerrado de la bolsa, puede ir la colocación de una etiqueta colgante o de otro tipo, que llevará sus indicaciones (infoagro, 2023).

México se ubica entre los primeros veinte productores de zanahoria a nivel mundial, con alrededor de 350 mil toneladas de producto al año. La producción de zanahoria que se comercializa en los principales mercados nacionales provino mayoritariamente de nueve entidades: Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Tlaxcala. (Gob-México, 2023). En Sonora, la producción de zanahoria se ha incrementado tanto en áreas de siembra, como en toneladas producidas. Su producción se distribuye principalmente al estado de Chihuahua, Baja California y en consumo en el estado. Una pequeña parte de la producción del estado, se exporta a Estados Unidos (Tribuna San Luis, 2023). Por estos motivos, cada vez



más productores de zanahoria en nuestra región, piensan en la incorporación de tecnologías en su cadena de producción, empaque, almacenamiento y distribución.

En el caso más específico del Valle del Yaqui, se produce zanahoria de enero a junio. Existen alrededor de cinco empresas agroindustriales de tamaño considerable, que compiten por producir más, de forma más eficiente e incrementar sus ganancias. (Fruver, 2023). Una forma de conseguir las metas anteriores es por medio de la automatización, y más en concreto en la automatización del empaque. En líneas generales, un tren de embolsado debe comprender: selección y limpieza del producto, llenado de bolsas, cerrado de la bolsa, control del peso correcto, con desvío de las bolsas no aptas y envasado en cajas de expedición.

### *Planteamiento del problema y objetivo de este proyecto*

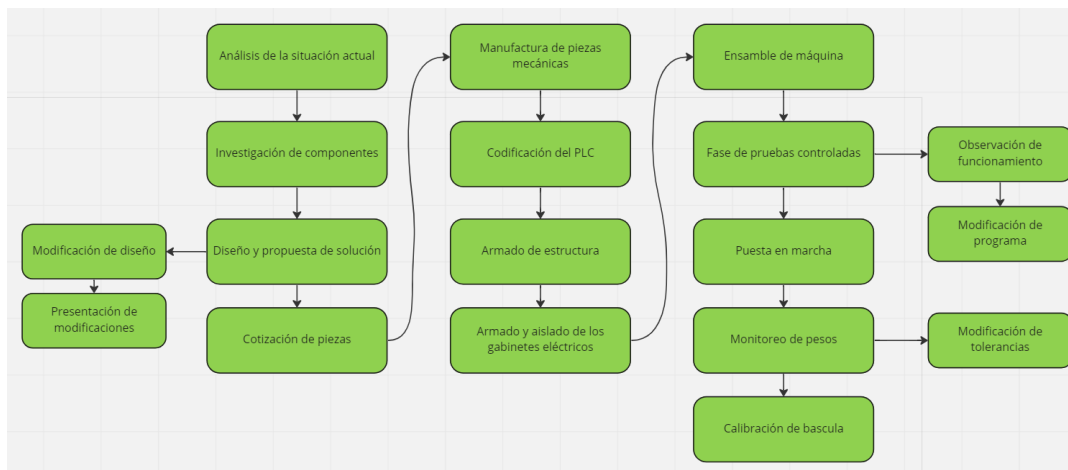
Se desea automatizar el proceso de pesado y embolsado de una línea de empaque de zanahoria, proceso que se lleva a cabo de manera manual. Se tienen bandas transportadoras las cuales acarrear zanahorias, se debe seleccionar la zanahoria bajo las especificaciones del cliente, meter a una bolsa, una vez que se llena hasta un punto a criterio del trabajador, esta pasa al área de pesado, donde se coloca la bolsa en una báscula y se le agrega o retira las zanahorias necesarias para obtener el peso. Los productos más comunes son el empaque 11.34 kg (25 Lb) y 22.7 kg (50 Lb). Ya que se llega al peso del producto se cierra la bolsa y finalmente se coloca en una tarima. Todo este proceso genera un cuello de botella afectando el tiempo de producción, los trabajadores pasan la mitad del turno seleccionando zanahoria por tamaño y especificación del cliente, mientras la otra mitad se utiliza en el embolsando y pesado.

El objetivo es diseñar una máquina embolsadora de zanahoria, la cual se alimentará de zanahoria seleccionada bajo los criterios del cliente, será capaz de modificar su velocidad para garantizar el peso del producto deseado para su posterior embolsado, que se realizará con la ayuda de un operador, se colocará la bolsa alrededor de una tolva diseñada para guiar a la zanahoria hacia la bolsa y se activará un sensor que accionará la apertura de la compuerta de la tolva de pesaje. Una vez que la tolva se vacía y la compuerta está cerrada se reiniciará el proceso de llenado y pesado. La idea es disminuir el tiempo perdido en transportar las bolsas al área de pesaje y garantizar el peso del producto previo a su embolsado.

La implementación de esta máquina permitirá reducir las actividades de los trabajadores, ganando así el tiempo perdido al realizar estas actividades, así como aligerar la carga del trabajador, el cual puede dedicar más tiempo a seleccionar las zanahorias que cumplan con los requisitos que nos exigen los clientes.

## Diseño y metodología del proyecto

Sujeto de estudio, se busca elaborar una máquina empacadora, que sea capaz de tomar zanahoria seleccionada bajo los criterios de calidad del cliente, pesar el producto continuamente y al llegar al peso deseado. Que sea capaz de entregar pesos constantes de zanahoria en cada ciclo. Este proyecto se desarrollará en una empresa agrícola de la región. Las diferentes actividades necesarias para la elaboración del proyecto, se enlistan a continuación (ver diagrama de figura 1):



**Figura 1.** Pasos para realizar el procedimiento del proyecto

- **Análisis de situación actual:** Observar físicamente el área de trabajo, las condiciones, las necesidades y capacidad espacial, mecánica y eléctrica de la nave industrial.
- **Investigación de componentes:** Consta de realizar una búsqueda en el mercado de los diferentes controladores, materia prima y elementos electrónicos de diferentes proveedores, los beneficios de cada uno y el costo.
- **Diseño y propuesta de solución:** Con la información adquirida en el paso anterior, se realiza un diseño en SolidWorks (Gómez,2015) de las diferentes partes necesarias para automatizar este proceso, se hace un ensamble para dar una idea más visual del proyecto y se hace la propuesta formal al jefe de empaque. En caso de ser necesario o solicitado, se realizan modificaciones al diseño y se presenta nuevamente.
- **Cotización de piezas:** Una vez aprobado el proyecto se procede a realizar las compras de materia prima, elementos de control y componentes eléctricos.
- **Manufactura de piezas mecánicas:** En este paso se acotan las diferentes piezas diseñadas y se envían para ser cortadas y dobladas.
- **Codificación de PLC:** Se crea un programa el cual realice la tarea en mano, utilizando TIA

Portal (Tia portal siemens, 2023) y PLCSIM, se realiza la simulación del programa y se busca probar el programa corrigiendo los errores que se pudieran presentar.

- Armado de estructura: Se realizan los cortes y trabajos de soldadura necesarios para crear la estructura diseñada.
- Armado y aislado de los gabinetes eléctricos: En este paso se usa el conocimiento adquirido en el primer paso para armar, cablear y proteger un gabinete contra posibles situaciones de peligro detectadas.
- Ensamble de máquina: En esta etapa se toman las diferentes partes manufacturadas, la estructura, los gabinetes y se fijan en sus posiciones finales.
- Fase de pruebas controladas: Se busca observar el funcionamiento de la máquina y realizar los cambios o modificaciones pertinentes previo a su introducción al área de trabajo.
- Puesta en marcha: Se instala la máquina en su lugar de trabajo, se asegura el funcionamiento de la máquina y se libera para su operación en condiciones reales.
- Monitoreo de pesos: Se realiza un monitoreo periódico de los pesos obtenidos por la máquina para verificar que la variación de peso no salga de la tolerancia aceptable. De ser necesario se realizan correcciones al programa para lograr este paso.
- Calibración de báscula: En esta etapa se contacta a una empresa externa que tenga las certificaciones necesarias para avalar la calibración de pesos de la báscula

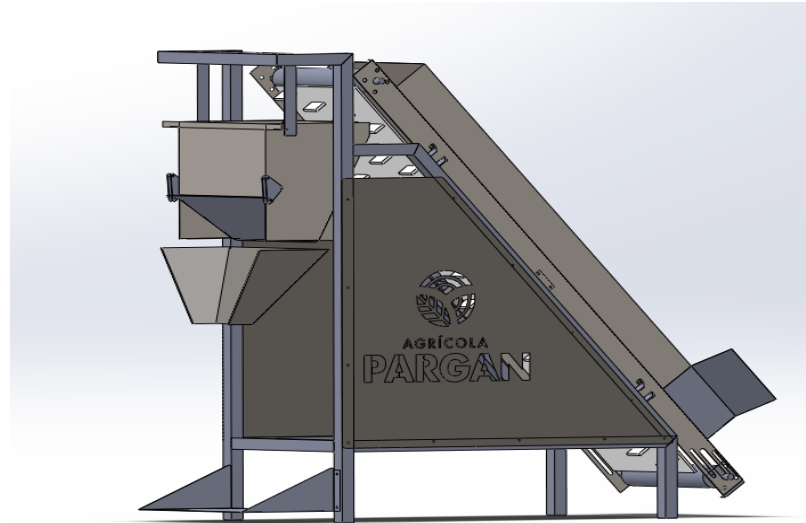
## Resultados

A partir de las condiciones previas del área de empaque (infraestructura), se tomaron medidas de los espacios y las bandas transportaras, ver figura 2



**Figura 2.** *Empaque Agrícola.*

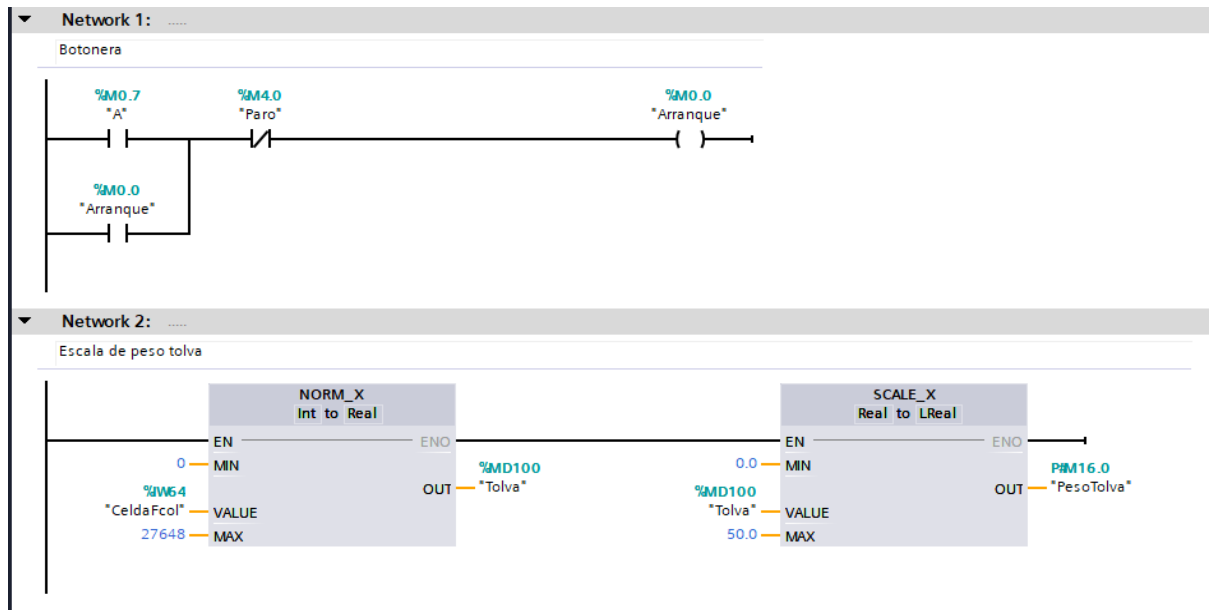
Se realiza y entrega la propuesta de máquina utilizando el software de SolidWorks, como se observa en la figura 4, se utilizó acero inoxidable en esta máquina, para cumplir con las normas de inocuidad. Esta deberá ser capaz de elevar las zanahorias hasta una tolva de pesaje la cual pueda liberar su carga al cumplir con el peso seleccionado por el operador.



**Figura 3.** *Propuesta de diseño*

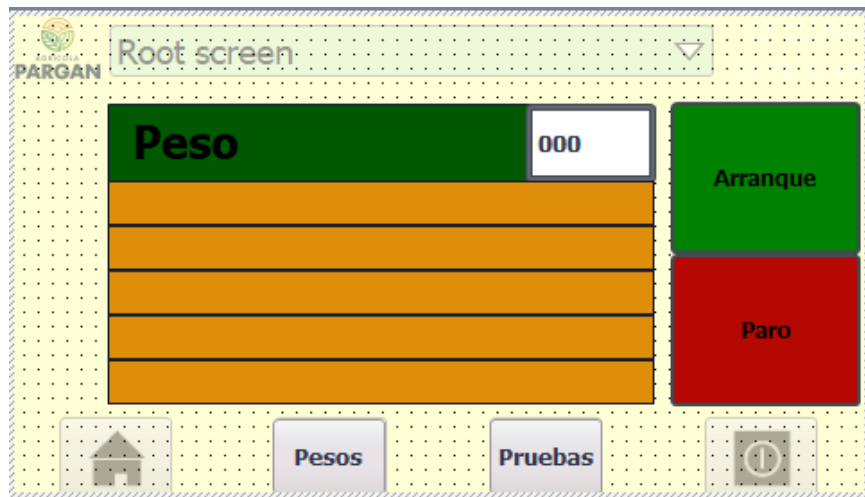
Una vez aprobado el diseño, se realiza la cotización de las láminas de acero inoxidable y PTR necesarios, con proveedores locales. De igual forma, los distintos componentes electrónicos/ eléctricos, comparando los precios y tiempos de entrega de los proveedores tanto locales como nacionales, se verifica que los componentes sean compatibles entre sí. Se diseñan las piezas y se acotan para la manufactura de los componentes de la máquina, se utiliza una cortadora láser y dobladora para realizar las diferentes piezas.

Posteriormente se realiza el programa utilizando el software de TIA Portal, el cual tiene como objetivo pesar la cantidad de zanahoria que se tiene en la tolva, el programa iniciara a velocidad alta, al llegar al 90% del peso deseado, se cambiará a una velocidad baja, para que las últimas zanahorias sean alimentadas de manera más lenta y precisa. Al llegar al peso deseado la banda se detiene y espera a que el operador accione un sensor, el cual activará la apertura de la compuerta para liberar la bolsa en la tolva y una vez que la compuerta se cierra, la banda iniciara nuevamente. En la figura 4 se muestra el segmento del programa.



**Figura 4.** Lectura de celda de carga en TIA Portal

El programa también contará con un HMI el cual permitirá seleccionar el peso del producto deseado, desplegará visualmente el llenado de la tolva y permitirá el arranque y paro de la máquina. En la figura5 se muestra la pantalla principal del HMI.



**Figura 5.** Pantalla principal HMI

Por otra parte, realizaron los cortes y trabajos de soldadura necesarios para crear la estructura principal de la máquina. Se agregaron los lados de la banda transportadora y se inicial el alineado de la banda como se puede ver en las figuras 6 y 7.

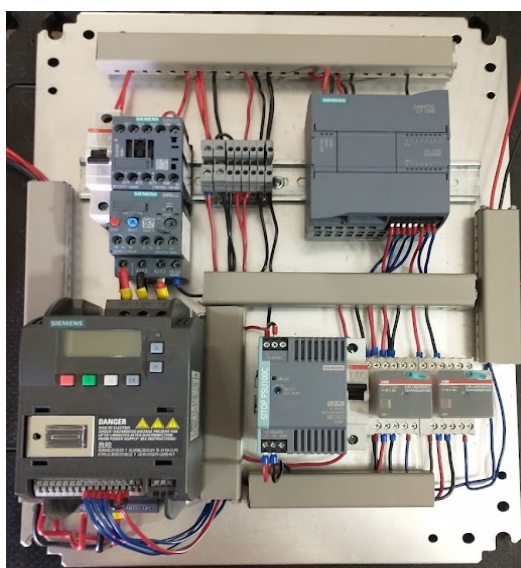


**Figura 6.** Estructura de PTR

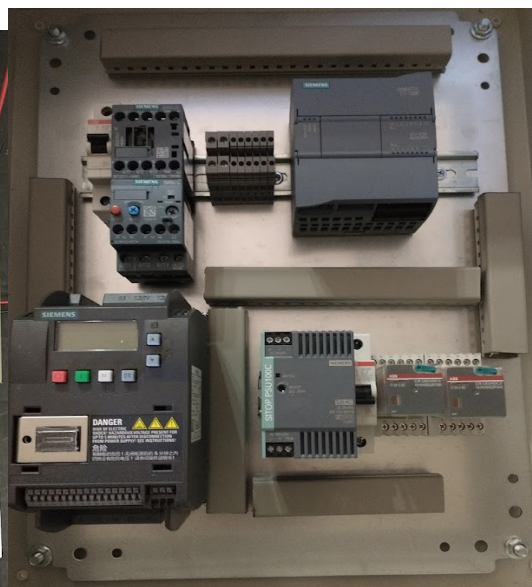


**Figura 7.** Estructura con banda transportadora instalada

Se arma el gabinete eléctrico, se escoge un gabinete con nivel de protección IP66, se hace el acomodo de los componentes en el gabinete, se toman las medidas necesarias para los cables y se procede a cablear el gabinete como se observa en las figuras 8 y 9.



**Figura 8.** Inicio de cableado de gabinete



**Figura 9.** Cableado de gabinete



**Figura 10.** *Instalación de gabinete y HMI.*

Se verifica la continuidad y correcto contacto de todas las terminales y se instala en la máquina como se ve en la figura 10.

Se procede a terminar el armado de la máquina, agregando las conexiones al pistón, sensor y celda de carga, se agregan una capa de neopreno a la compuerta al igual que a la base donde se coloca la bolsa para reducir daño causado por el impacto que produce la caída de la zanahoria, al igual que guías para asegurar que la zanahoria no se contamine en el camino a la tolva, la figura 11 muestra el producto terminado.



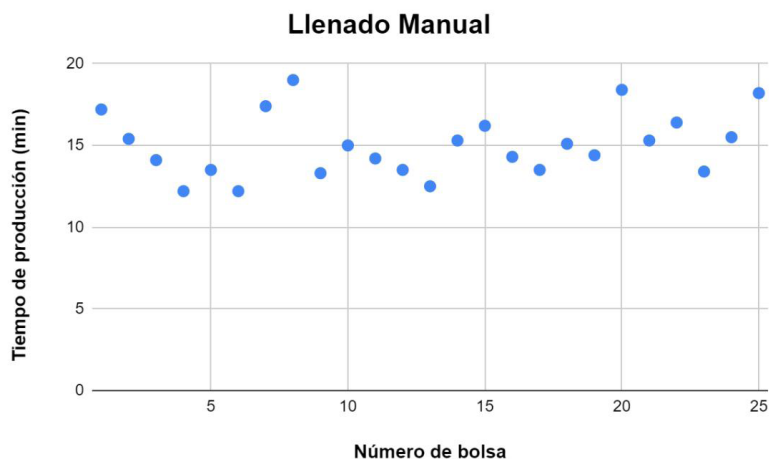
**Figura 11.** *Maquina embolsadora de zanahoria*

Para finalizar, se ajustaron los tiempos de apertura de la compuerta, con la intención de que se descargara la zanahoria completamente antes de que se cerrará nuevamente, y una vez que ésta cerrara el ciclo iniciará nuevamente, se ajustan también las tolerancias de peso permitidas de acorde a las políticas del empaque, y se realiza un monitoreo manual de los pesos otorgados por la máquina, una vez conforme con la tendencia de los pesos, se contacta a un proveedor externo, en el caso de este proyecto, se contacta a básculas del noroeste, para validar la calibración de la báscula y así darle una mayor fiabilidad al producto final.

### Pruebas

Se mostrará una comparativa entre el tiempo de embolsado manual contra la máquina embolsadora de zanahoria. Estas medidas se toman posterior a un nuevo cargamento de zanahoria. Las medidas se realizaron con el llenado de bolsas en la presentación de 50 Lb (22.7 kg), llevando el seguimiento de 4 trabajadores, contabilizando los tiempos desde 10:00 am hasta 1:30 pm, en la figura 13 se puede observar los tiempos que se obtienen del llenado de bolsas.

El tiempo de llenado manual en promedio es de 15 minutos, contado desde que se coloca la bolsa vacía, hasta que esta se retira y se coloca una nueva. Es importante mencionar que esto no es el final del proceso, se continúa colocado la bolsa terminada en un área de espera, posteriormente se recogen y se mueven a un área de pesado, en la cual se cuenta con 4 básculas, los trabajadores deben tomar las bolsas. Colocarlas en las básculas y remover o agregar las zanahorias necesarias para cumplir con el peso adecuado, una vez conforme, la bolsa se cierra y pasa a la tarima de producto terminado.



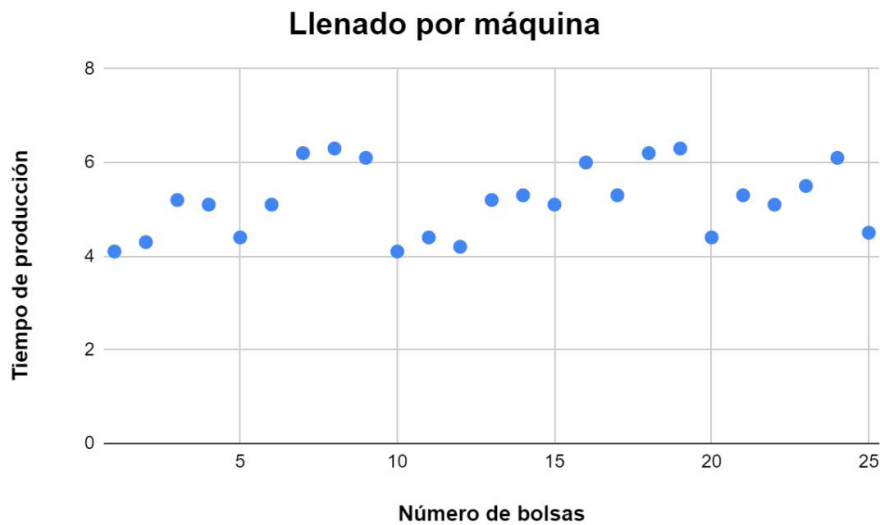
**Figura 13.** *Tabla de llenado manual*

En el caso del llenado por máquina embolsadora, utilizando la presentación de 50 Lb (22.7 kg), las mediciones se realizan de 1:30 pm hasta 3:00 pm, para evitar cambios por flujo de zana-



horia en banda, el tiempo se toma cada vez que cierra la compuerta que libera la zanahoria, en la figura 14 se muestran los tiempos obtenidos por este método.

A diferencia del método de llenado manual, el embolsado por máquina toma en promedio 5.2 minutos, lo cual equivale a 33% del tiempo de llenado manual, sin tomar en cuenta los pasos extras que requieren las bolsas para llegar a la tarima de producto terminado, una vez que la máquina entrega la zanahoria, el operador solo debe cerrarla y colocarla en la tarima.



**Figura 14.** *Tabla de llenado por máquina*

Para realizar el seguimiento de las tendencias de los pesos de la máquina y tener la menor cantidad de pérdida posible, se solicita la verificación manual del peso entregado por la máquina cada 30 minutos, con esto se puede observar la variación de pesos y si estos están dentro de los márgenes permitidos por la empresa.

## Conclusiones

Como conclusión general, se tiene que el uso de tecnología propia para satisfacer necesidades específicas aporta grandes avances y mejoras en la producción. Mejora la eficiencia y la calidad del producto terminado. Permite además, garantizar los requerimientos para incursionar en mercados más exigentes. Por otra parte, este proyecto muestra también, la importancia de la transferencia de tecnología y la visualización de los retos y necesidades de los productores agrícolas de la región. Es importante además mantener lazos de colaboración y comunicación entre productores y profesores investigadores de nuestro Instituto. Ya que al mismo tiempo que se resuelven problemas o se mejora alguna actividad productiva, también se abren oportunidades de desarrollo para nuestros egresados.

## Referencias

- Evolución de la automatización en la industria alimentaria. (2022, 24 marzo). Tecnología para la Industria. Recuperado 1 de marzo de 2023, de <https://tecnologiaparalaindustria.com/evolucion-de-la-automatizacion-en-la-industria-alimentaria>.
- Fruver, (2023). Producción de Zanahoria en Valle del Yaqui. Extraído en junio de 2023 desde: <https://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>.
- Gob,México (2023). Datos estadísticos de la producción de zanahoria en México. Extraído en junio de 2023 desde: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71680/MargenComer\\_Zanahoria\\_Ene2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/71680/MargenComer_Zanahoria_Ene2015.pdf).
- Gómez González Sergio, (2015). El gran libro de Solidworks. Editorial: Alfaomega, isbn:: 9786076222331, primera edición, 768 páginas.
- Infoagro (2023). Cultivo de zanahoria. Extraído en junio 2023 desde: <https://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>
- Liderpac. (2023, 1 marzo). Embalaje automático: ¿por qué invertir en procesos automatizados? Liderpac. <https://liderpac.es/embalaje-automatico-invertir-en-procesos-automatizados/>
- Tia portal siemens (2023). Totally integrated automation portal. Extraído en junio de 2023 desde: <https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>.
- Tribuna San Luis, (2023). Producción en frontera norte,. Extraído en junio de 2023 desde: <https://www.tribunadesanluis.com.mx/local/campo/el-valle-de-san-luis-genera-3500-toneladas-de-zanahoria-10164765.html>

## Capítulo 8

### Experiencias en la producción de tomate saladette (*Solanum lycopersicum*) bajo agricultura protegida

Abel Alberto Verdugo Fuentes

Maritza Arellano Gil

Catalina Mungarro Ibarra

Guadalupe Villa Lerma

#### Resumen

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una planta herbácea perteneciente al género *Solanum* de la familia Solanaceae. El tomate saladette es una planta trepadora con tallos largos, hojas dentadas y flores amarillas agrupadas en racimos laterales. El fruto del tomate suele ser redondo y achatado, aunque algunas variedades, como el saladette, son alargadas. A medida que madura, el tomate adquiere un color rojo característico. El cultivo de tomate muestra una gran capacidad de adaptación a diversos climas y tipos de suelo, preferentemente neutros, sueltos y bien drenados. Los suelos ricos en nutrientes, especialmente aquellos enriquecidos con estiércol descompuesto, favorecen el desarrollo de los frutos. El uso de cubiertas en la práctica agrícola, como invernaderos o estructuras de sombreado, ha demostrado ser beneficioso para el cultivo de tomate, al proporcionar condiciones climáticas controladas y protección contra los efectos adversos del entorno. Sonora se destaca como uno de los principales estados productores de tomate en México, generando un importante ingreso y contribuyendo significativamente al sector agrícola y a la economía del país. En esta investigación, se buscó proponer un sistema de producción más rentable para la variedad 75-12 de tomate saladette, maximizando su rendimiento y calidad. Se compararon los sistemas de conducción de dos, tres y cuatro tallos, y se evaluaron parámetros como el rendimiento, tamaño y peso de los frutos. En la primera etapa de cosecha, se observó un menor rendimiento en comparación con la segunda etapa, debido a un notable incremento en la cantidad de frutos recolectados. Al evaluar y comparar plantas con 2, 3 y 4 tallos, se determinó que aquellas con 3 tallos mostraron un rendimiento superior en peso y tamaño de los frutos. Se recomienda a los productores del sur de Sonora analizar estos resultados y considerar la implementación del cultivo de tomate para aumentar los rendimientos.

Palabras clave: Hortalizas, *Solanum lycopersicum*, agricultura protegida

## Introducción

El tomate, cuyo nombre científico es *Solanum lycopersicum*, es una especie de plantas herbáceas perteneciente al género *Solanum* de la familia Solanaceae. Presenta hojas alternas, simples y sin estípulas. El género *Solanum* abarca aproximadamente 98 géneros y alrededor de 2700 especies, que exhiben una amplia diversidad en términos de hábitat, morfología y ecología (Pacheco *et al.*, 2017). El tomate es originario de las regiones bajas de los Andes y en tiempos prehispánicos fue cultivado por los Aztecas en México. Estos últimos lo denominaban “*xitomatl*” (fruto con ombligo) debido a la palabra azteca “*tomatl*”, y los conquistadores españoles lo denominaron tomate. A principios del siglo XVI, el tomate, junto con el maíz, la patata, el chile y la batata, fue introducido en España. Se cree que llegó primero a Sevilla en 1540, que era uno de los principales centros de comercio internacional junto con Italia.

El tomate de la variedad saladette (*Solanum lycopersicum*) es una planta de hábito trepador y tallos largos. Sus hojas presentan bordes dentados, mientras que las flores amarillas se agrupan en racimos laterales compuestos por cinco piezas. En general, el tomate es un fruto de forma redonda y achatada, si bien algunas variedades, como el saladette, tienen un fruto alargado. Aunque puede presentar diferentes tamaños, suele ser de gran tamaño, y en ocasiones su superficie no es completamente lisa, sino que muestra surcos más o menos pronunciados. A medida que madura, tanto la cáscara como la pulpa adquieren un color rojo característico. La pulpa del tomate es gelatinosa y está dividida en compartimentos llamados lóculos, que contienen semillas. El tomate comienza su desarrollo con un color verde, que luego cambia a rojo a medida que madura, debido a la sustitución de la clorofila por carotenos (Chiquito-Contreras *et al.*, 2018).

Entre las variantes más reconocidas del tomate se encuentran las variedades saladette, cherry y bola. Esta planta muestra una notable capacidad de adaptación a diversos climas y tipos de suelo, siendo especialmente adecuada para el cultivo en suelos arcillosos. Sin embargo, su límite se encuentra en aquellos territorios donde las temperaturas extremadamente bajas pueden resultar letales para la planta, así como en zonas propensas a fuertes y secos vientos, los cuales pueden afectar negativamente su desarrollo (Moreno-Teruel *et al.*, 2022).

El tomate es un cultivo que muestra preferencia por suelos neutros, de textura suelta y bien drenados, evitando aquellos que presenten problemas de encharcamiento. Los terrenos que son ricos en nutrientes, especialmente aquellos en los que se ha incorporado estiércol debidamente descompuesto, brindan importantes beneficios para el desarrollo de los frutos. Estas condiciones favorecen un crecimiento más robusto de los tomates, lo que los vuelve más demandados en el mercado. En virtud de las demandas crecientes de calidad, inocuidad, presentación y certificación de los productos agrícolas en los mercados actuales, así como los avances tecnológicos, se ha ob-

servado un aumento en la utilización de cubiertas en la práctica agrícola. Este fenómeno también se ha extendido al cultivo del tomate, ya que el empleo de esta herramienta posibilita la modificación parcial o completa de las condiciones climáticas y del ciclo de cultivo. Además, proporciona una protección contra los efectos adversos del entorno, tales como precipitaciones, vientos, heladas o plagas, con el fin de contrarrestar sus impactos negativos (Salas-Pérez *et al.*, 2016).

Se ha observado que los rendimientos de los cultivos cultivados bajo cubierta son superiores en comparación con aquellos cultivados al aire libre. Esto se debe a que las plantas funcionan de manera más eficiente en entornos controlados que ofrecen condiciones más favorables. Estos ambientes controlados se caracterizan por tener temperaturas moderadas y estables, una circulación de aire controlada y una menor incidencia de plagas. En consecuencia, estas condiciones óptimas permiten un desarrollo más saludable de las plantas y, en última instancia, resultan en un incremento en la producción de cultivos.

El tomate es una de las hortalizas de mayor relevancia en términos de cultivo bajo condiciones controladas, ocupando el segundo lugar en superficie sembrada después del pepino (*Cucumis sativus*) y el pimiento (*Capsicum annuum*) (Smucker *et al.*, 2018). Se han registrado rendimientos destacados de hasta 111 toneladas por hectárea o incluso superiores en invernaderos y/o estructuras de sombreado. Esta alta productividad contribuye a obtener mayores rendimientos agrícolas y genera una significativa demanda de empleo en el sector agrícola debido a su requerimiento de mano de obra intensiva. De acuerdo con los datos actualizados hasta el año 2021, Sonora se ubica en el noveno puesto en términos de producción de tomate en México. Durante dicho periodo, se registró una producción de 127,478 toneladas de tomate en el estado. A través de la comercialización de estas cosechas, se generó un ingreso total de 6,665 millones de pesos, lo que representa el 21.2 por ciento del valor nacional de la hortaliza. En cuanto al precio medio rural pagado al productor, este se situó en 9,836 pesos por tonelada. Estos datos reflejan la importancia económica y la contribución significativa que la producción de tomate en Sonora tiene en el sector agrícola y en la economía del país.

El propósito de esta investigación consistió en realizar una caracterización del rendimiento y la calidad de la variedad 75-12 de tomate saladette, considerando diferentes sistemas de conducción del cultivo, específicamente empleando dos, tres y cuatro tallos. El objetivo principal es proponer un sistema de producción más rentable, maximizando el potencial de estos nuevos materiales genéticos en términos de rendimiento y calidad. La hipótesis planteada sostiene que el rendimiento y la calidad de la variedad 75-12 de tomate saladette serán superiores cuando se empleen sistemas de conducción de tres y cuatro tallos en comparación con el testigo comercial que utiliza dos tallos.

## Fundamentación teórica

La población mundial enfrenta diversas consecuencias negativas debido a prácticas inadecuadas. El cambio climático, la contaminación ambiental y la escasez de recursos naturales son algunos desafíos importantes. Los agricultores buscan opciones entre variedades comerciales de semillas para encontrar aquellas con características superiores en términos de fenotipo y genotipo. Esto ayudaría a mejorar el manejo de los cultivos al reducir plagas, enfermedades y hongos, lo que a su vez disminuiría la necesidad de utilizar grandes cantidades de fertilizantes, agroquímicos y plaguicidas. (Maja & Ayano, 2021).

La producción de cultivos agrícolas, particularmente en el caso de las hortalizas en invernaderos, implica altos costos de producción. Entre los principales gastos se encuentran la infraestructura, la mano de obra y las semillas. Las semillas representan aproximadamente el 70% del costo total de producción (Forkour *et al.*, 2022). El cultivo de tomate en invernadero, especialmente en la región de Sonora, se presenta como una alternativa viable para los productores que desean incursionar en la producción de hortalizas en lugar de realizarlo en campo abierto. Esta elección ofrece diversas ventajas, como una menor incidencia de plagas, una reducción en el uso de agroquímicos, un control más efectivo de la iluminación y protección contra daños causados por condiciones climáticas adversas. Estos beneficios hacen que el cultivo de tomate en invernadero sea atractivo para los agricultores (Shi *et al.*, 2019).

El cultivo del tomate pasa por diferentes etapas fenológicas, con duraciones específicas en días después de la siembra (dds), como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Etapas fenológicas del cultivo de tomate saladette y días de duración de cada etapa.*

Etapas fenológicas	Días después de siembra (dds)
Germinación	2-4
Emergencia	4-6
Inicio de formación de guías	20 días de plantado
Floración	40-45
Maduración	100-105
Primer corte	105-110

**Referencia:** Acosta-Quezada *et al.*, 2016.

El tomate prospera en suelos bien drenados y profundos, como los suelos franco-limosos, franco-arenosos y limosos. El pH del suelo adecuado debe estar ligeramente ácido, en el rango de 6.2 a 6.8. La formación de guías es una práctica utilizada para mantener la planta erguida, evitar que las hojas y los frutos toquen el suelo, mejorar la aireación general y facilitar las labores cultura-

les. Estas acciones benefician la producción final, la calidad del fruto y el control de enfermedades. La floración de la primera inflorescencia del tomate ocurre entre los 20 y 50 dds. Las flores se presentan en racimos de 8 a 10 tomates, con 3 hojas por racimo, y se recomienda una distancia óptima de 25-30 cm entre racimos. La etapa de maduración del fruto es la fase final antes de la cosecha. Los tomates se cosechan en un estado de madurez intermedia, ya que continúan secretando etileno, el cual completa su maduración durante la etapa de poscosecha (Acosta-Quezada *et al.*, 2016).

El tomate, al igual que otros cultivos, requiere una serie de elementos químicos conocidos como elementos nutritivos, los cuales son esenciales para su desarrollo durante todo su ciclo de vida. En los sistemas hidropónicos, la solución nutritiva juega un papel fundamental, ya que proporciona los nutrientes esenciales que el sustrato, en la mayoría de los casos, no puede suministrar adecuadamente a las plantas. Cuando el cultivo sufre de malnutrición, las plantas presentan síntomas de deterioro en su salud. Tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes pueden ocasionar problemas. Los nutrientes de las plantas se dividen en dos categorías: macronutrientes y micronutrientes (Cole *et al.*, 2016).

Los macronutrientes, como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), desempeñan un papel esencial en el desarrollo de las plantas. El nitrógeno se encuentra en forma de materia orgánica y debe ser mineralizado por microorganismos para que las plantas puedan absorberlo y utilizarlo en sus procesos metabólicos. El fósforo desempeña funciones clave en la fotosíntesis y el transporte de nutrientes, mientras que el potasio es esencial para la fotosíntesis, la respiración y la activación de enzimas. Aunque estos nutrientes están presentes en los suelos, su disponibilidad puede ser limitada, especialmente en el caso del nitrógeno, lo que requiere un suministro adecuado para el crecimiento saludable de las plantas. Los micronutrientes, como el zinc, hierro, cobre, manganeso, molibdeno y boro, son elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, aunque se requieren en cantidades menores en comparación con otros nutrientes. Estos micronutrientes desempeñan funciones vitales en diversos procesos metabólicos de las plantas y su deficiencia puede tener un impacto negativo en la productividad del cultivo (Nadeem *et al.*, 2016).

El tomate es una planta susceptible a diversas enfermedades que pueden afectar su crecimiento y producción. Es importante tomar medidas preventivas, como el uso de variedades resistentes, rotación de cultivos y prácticas de manejo adecuadas, para reducir el riesgo de enfermedades y mantener la salud de las plantas (Vega *et al.*, 2019). Algunas de las principales enfermedades del tomate de origen fúngico incluyen el mildiú veloso (*Phytophthora infestans*), fusariosis (*Fusarium oxysporum*), oídio (*Leveillula taurica*, *Erysiphe* spp.), verticilosis (*Verticillium* spp.) y tizón tardío (*Phytophthora infestans*). Todas afectan diferentes tejidos de la planta, causando su muerte, así como la podredumbre de los frutos (Sanoubar y Barbanti, 2017). Entre las enfermedades de origen bacteriano la más común es la mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.), la cual afecta el sistema

vascular del tomate, causando marchitez, amarillamiento de las hojas y muerte de la planta debido a la obstrucción de los vasos que impide el flujo adecuado de agua y nutrientes (Potnis *et al.*, 2015)

Además de las enfermedades antes mencionadas, el tomate es propenso a sufrir ataques de diversas plagas que pueden afectar su crecimiento y producción. Es importante implementar medidas de control integrado de plagas, como el monitoreo regular, el uso de barreras físicas, la introducción de enemigos naturales y el uso selectivo de insecticidas, para prevenir y controlar las infestaciones de plagas de manera efectiva. Algunas de las principales plagas del tomate incluyen: mosca blanca (*Bemisia tabaci*), ácaros (*Tetranychus* spp.), pulgones (*Aphididae*), orugas (*Helicoverpa armigera*, *Tuta absoluta*), trips (*Frankliniella* spp.), escarabajos (*Epitrix* spp., *Leptinotarsa decemlineata*) (Tortorici *et al.*, 2022).

Algunas de las estrategias de contención de enfermedades y plagas es la implementación de agricultura protegida. Este tipo de producción tiene varias ventajas sobre el cultivo en campo abierto, ya que los cultivos protegidos pueden producir mayores rendimientos y frutos de mejor calidad que los cultivos en campo abierto. Esto se debe a que el entorno está más controlado, lo que puede reducir el riesgo de plagas y enfermedades. Además, se tiene un control en el entorno que proporciona las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas, incluso en condiciones climáticas desfavorables. Gracias a estas ventajas, la agricultura protegida está adquiriendo cada vez más importancia en la producción de tomate (García-Sánchez *et al.*, 2018). De hecho, se espera que el mercado mundial de la producción protegida de tomate crezca a una tasa compuesta de crecimiento anual (TCAC) del 7,4% de 2022 a 2027. En México, la agricultura protegida representa alrededor del 60% de toda la producción de tomate (Pratt *et al.*, 2019).

## **Método**

El experimento se realizó en un sitio específico del Valle del Yaqui, ubicado en el estado de Sonora, México. El sitio seleccionado es el bloque 1105, el cual se encuentra en la región sur del estado de Sonora, situado entre la Sierra Madre Occidental y el Mar de Cortés. Al norte del bloque se encuentra la ciudad de Ciudad Obregón. La ubicación geográfica precisa del lugar evaluado es 27.3340790, -110.0741560. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con 3 tratamientos: a 2, 3 y 4 tallos, respectivamente.

Las variables analizadas fueron el rendimiento (expresado como el número de frutos producidos), el peso y la talla de los frutos. El recuento del número de frutos se realizó individualmente para cada unidad en cada planta, y posteriormente se sumaron los frutos correspondientes al tratamiento. Esta metodología se aplicó de manera consistente en ambos cortes. Después de la recolección de los frutos, se procedió a pesar cada tratamiento por separado utilizando una báscula



digital. Además, se midió la talla de cada tomate utilizando una cinta métrica, tomando el diámetro polar desde el ápice del tomate hasta la quiche, y se registró la medida en centímetros.

Para el manejo de enfermedades causadas por virus, hongos o bacterias, se empleó un producto a base de cobre (Sulfacu) y clorotalonil (Talonil) mediante la técnica de aspersión. Además, se utilizaron fungicidas a través del fertirriego para complementar el control de enfermedades. En cuanto a las plagas mencionadas, como el gusano, ácaros y nemátodos, se aplicaron productos como imidacloprid, abamectinas, bifentrinas y otros insecticidas para su control. También se utilizaron productos a base de jabón y extractos vegetales que contribuyeron al control de estas plagas. Como parte de los manejos culturales, se implementó un adecuado control de la hierba, ya que esto favoreció el control de las plagas al evitar su desarrollo y propagación.

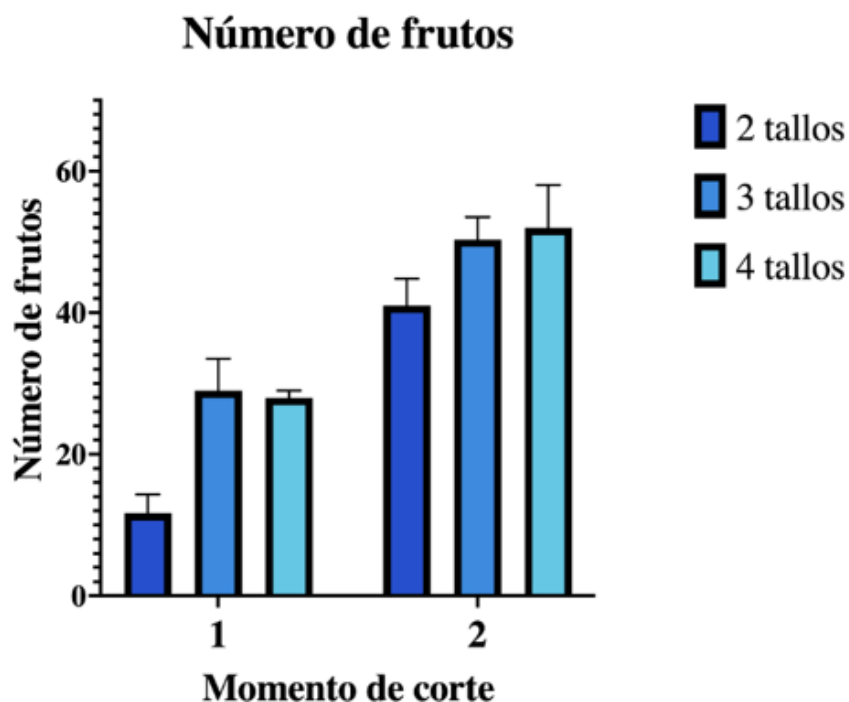
Se emplearon cintas de riego por goteo de la marca Irritec con un caudal de 1 litro por hora. El volumen de agua se incrementó progresivamente a medida que avanzaba la etapa del cultivo. Inicialmente, se proporcionó un riego de 30 m<sup>3</sup> al día por cada unidad de cultivo de 5 m<sup>2</sup>, durante 3 días a la semana, hasta alcanzar un riego diario de 50 m<sup>3</sup>.

Se llevó a cabo la fertilización mediante el método de fertirrigación, empleando fertilizantes solubles a base de nitrato de calcio, nitrato de potasio y fosfonitrato durante la etapa inicial del cultivo (primeros dos meses después del trasplante), y sulfato de potasio durante la etapa de maduración. Además, se aplicaron microelementos a lo largo de todo el proceso, junto con bioestimulantes o reguladores del crecimiento, como hormonas. Asimismo, se utilizaron fertilizantes foliares, como el calcio foliar, a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

Para la establecer la existencia de diferencias entre tratamientos se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con un nivel de significancia al 5% ( $p < 0.05$ ) utilizando el software PRISM 9.

## **Resultados y discusión**

En relación al rendimiento basado en el número de frutos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cortes evaluados (Figura 1). Sin embargo, es importante destacar que en el segundo corte se observó una tendencia donde un mayor número de tallos por planta se asoció con un mayor rendimiento en términos de número de frutos. Es importante tener en cuenta que las plantas estudiadas podrían seguir produciendo frutos en futuros cortes, ya que se ha observado que pueden generar producto hasta en 12 o 14 cortes. Por lo tanto, sería necesario realizar más cortes para determinar si la presencia de más tallos afecta el tamaño de los tomates, es decir, si se vuelven más pequeños, o si requieren un suministro adicional de nutrientes para alcanzar el tamaño deseado. Esta información adicional permitiría comprender mejor la relación entre el número de tallos y las características de los frutos en este contexto específico.



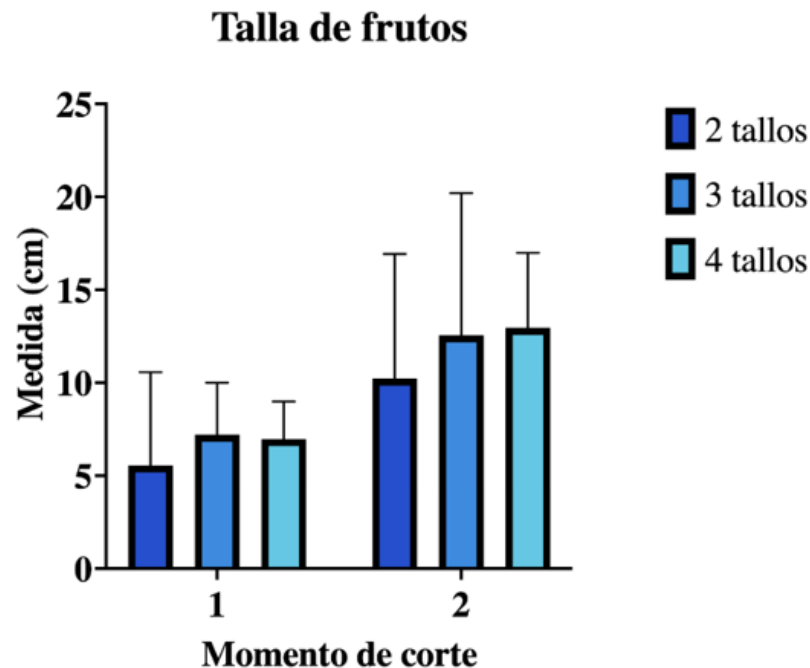
**Figura 1.** Efecto en el rendimiento (número de frutos) en un cultivo de tomate a 2, 3 y 4 tallos.

La elección de utilizar un sistema de cultivo con cuatro tallos en el tomate puede resultar beneficioso para los productores debido a diversos factores. En primer lugar, este sistema permite aumentar la productividad por metro cuadrado al incrementar la densidad de plantación. Al tener cuatro tallos por planta en lugar de dos, se pueden establecer más plantas en el mismo espacio, lo que aumenta la cantidad de plantas productivas y, por lo tanto, la producción total de frutos por unidad de área (Hoza *et al.*, 2018).

Además de incrementar la productividad, el uso de un sistema de cuatro tallos también puede resultar en una reducción en los costos de inversión inicial. Debido a que se utiliza una mayor densidad de plantación, se requiere una cantidad menor de espacio físico para establecer el cultivo (Amare *et al.*, 2020). Esto implica una disminución en los gastos asociados con la adquisición o alquiler de terrenos, así como una menor necesidad de infraestructuras de soporte, como estacas o estructuras de invernadero.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del sistema de cuatro tallos también conlleva consideraciones adicionales. Se requiere un manejo más minucioso, como la poda y el entutorado adecuado de los tallos, para mantener la estructura y el equilibrio de la planta. Además, se deben ajustar con precisión la fertilización y el riego para satisfacer las necesidades nutricionales y hídricas de las plantas con mayor densidad (Nadem *et al.*, 2018).

La producción utilizando un sistema de cuatro tallos en el cultivo de tomate puede ofrecer beneficios significativos para los productores. Aumenta la productividad por metro cuadrado al utilizar una mayor densidad de plantación, lo que a su vez puede reducir los costos de inversión inicial. Sin embargo, es esencial tener en cuenta los requerimientos de manejo adicionales asociados con este sistema para garantizar un óptimo rendimiento del cultivo. Por lo tanto, esta estrategia de producción podría resultar conveniente para el productor al establecer cultivos a 4 tallos con la intención de aumentar los rendimientos de tomate en la región.



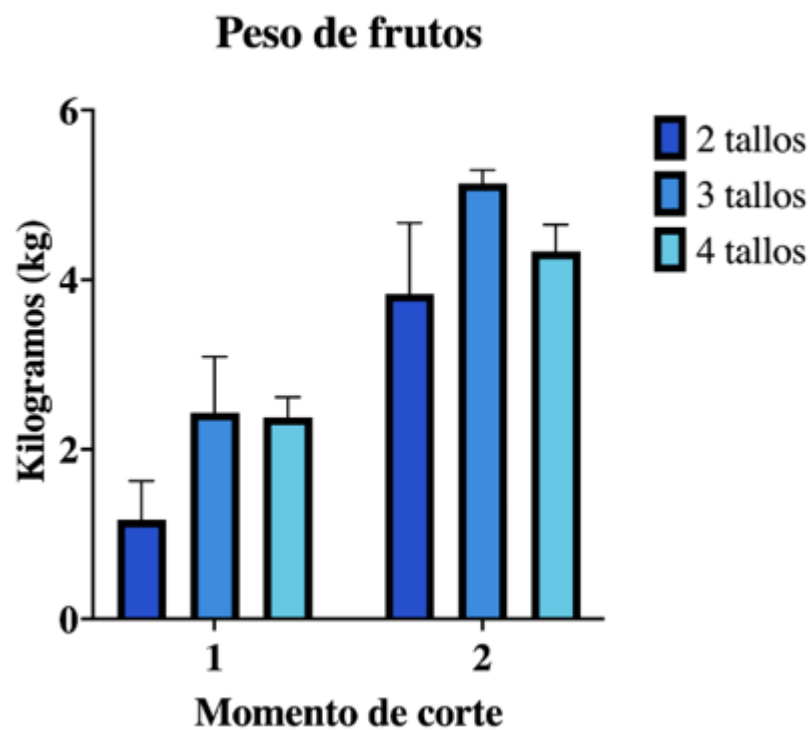
**Figura 2.** Efecto en la talla de los frutos de tomate en un cultivo a 2, 3 y 4 tallos.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al parámetro de tamaño de los frutos entre los diferentes tratamientos evaluados (Figura 2). Sin embargo, se observó una tendencia interesante durante el segundo corte del estudio. Se encontró que a medida que aumentaba el número de tallos por planta, existía una relación directamente proporcional con el tamaño de los frutos. En otras palabras, las plantas con un mayor número de tallos produjeron frutos de mayor tamaño en comparación con aquellas con un menor número de tallos.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para los productores de tomate, especialmente en el contexto de la agricultura protegida. La implementación de un sistema de producción a 4 tallos podría ser una estrategia prometedora para optimizar el tamaño de los frutos y, potencialmente, mejorar la rentabilidad del cultivo. Al aumentar la densidad de plantación y permitir un mayor número de tallos por planta, se podría obtener una mayor producción de frutos de mayor tamaño, lo cual podría satisfacer las demandas y preferencias del mercado (Khoshkam *et al.*, 2014).

Es importante destacar que el uso de agricultura protegida proporciona un entorno controlado que permite un mejor manejo de variables ambientales, como la temperatura, la humedad y la luz. Estas condiciones óptimas pueden contribuir a maximizar el potencial de crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que a su vez puede influir positivamente en el tamaño de los frutos (Ibrahim *et al.*, 2014). Sin embargo, es necesario llevar a cabo más investigaciones y estudios adicionales para confirmar estos resultados preliminares y evaluar la viabilidad económica y agronómica de la producción a 4 tallos bajo agricultura protegida en diferentes condiciones y variedades de tomate.

Los resultados obtenidos indican una relación directa entre el número de tallos por planta y el tamaño de los frutos en el segundo corte del estudio, similar a lo reportado por Khoshkam y colaboradores en 2014. Estos hallazgos pueden ser alentadores para los productores, ya que sugieren que la implementación de un sistema de producción a 4 tallos bajo agricultura protegida podría ser una estrategia efectiva para obtener frutos de mayor tamaño y potencialmente mejorar la rentabilidad del cultivo. Sin embargo, se requiere de más investigación para respaldar y validar estos resultados, así como para explorar su aplicabilidad en diferentes contextos y variedades de tomate.



**Figura 3.** Efecto en el peso de los frutos de tomate en un cultivo a 2, 3 y 4 tallos.

Los resultados obtenidos en relación al peso de los frutos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (Figura 3). Sin embargo, se observó una tendencia interesante que sugiere una posible correlación entre el número de tallos por planta y el

peso de los frutos. Específicamente, se encontró que en los tratamientos con 3 y 4 tallos por planta, se obtuvo un mayor peso promedio de los frutos en comparación con los tratamientos de menor número de tallos. Estos hallazgos tienen implicaciones relevantes para la toma de decisiones en la implementación del cultivo de tomate en la región del sur de Sonora, o cualquier otra región con condiciones similares. El incremento en el peso de los frutos asociado a un mayor número de tallos por planta sugiere la posibilidad de obtener un mayor rendimiento en términos de peso total de la cosecha. Esto podría ser un factor determinante para los productores al considerar la adopción de un sistema de cultivo con mayor número de tallos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que otros factores, como el manejo nutricional, el riego y las prácticas de manejo general, también pueden influir en el peso de los frutos. Estos aspectos deben ser considerados y ajustados adecuadamente para optimizar el potencial de rendimiento del cultivo (Sharma y Chetani, 2017).

En resumen, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al peso de los frutos entre los diferentes tratamientos, se observó una tendencia que indica un mayor peso de los frutos en los tratamientos con 3 y 4 tallos por planta. Estos hallazgos pueden ser útiles para los productores al tomar decisiones sobre la implementación del cultivo de tomate en la región del sur de Sonora, ya que sugieren la posibilidad de obtener un mayor rendimiento en términos de peso de la cosecha. Sin embargo, es necesario considerar otros factores de manejo agronómico para maximizar el potencial de rendimiento del cultivo.

El rendimiento económico en el cultivo del tomate se determina mediante la combinación del número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales (Balcha *et al.*, 2015). El tamaño de los frutos es un factor de calidad de gran importancia y se busca que sea lo más uniforme posible a lo largo de todo el ciclo de producción. Es importante considerar que existen otros factores que también pueden influir en el tamaño de los frutos, como el manejo de la nutrición, el riego y las prácticas de poda (Khoshkam *et al.*, 2014). Estos aspectos deben ser cuidadosamente monitoreados y ajustados para optimizar la producción de frutos de tamaño uniforme. El manejo adecuado del número de frutos en relación con los cambios en la radiación solar puede ser una estrategia para controlar el tamaño de los frutos y lograr una calidad consistente a lo largo del ciclo de producción del tomate. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otros factores agronómicos y llevar a cabo investigaciones adicionales para comprender completamente esta relación y su aplicación práctica en el campo.

## **Conclusiones**

En la primera etapa de cosecha, se observó un rendimiento generalmente inferior en comparación con la segunda etapa, debido a un incremento notable en la cantidad de frutos recolectados. Al rea-

lizar una evaluación y comparación de plantas con 2, 3 y 4 tallos, se determinó que aquellas con 3 tallos exhibieron un rendimiento superior en términos de peso y tamaño de los frutos.

Se recomienda encarecidamente a los productores de la región analizar y considerar los datos obtenidos en esta experiencia al momento de tomar decisiones sobre la implementación del cultivo de tomate. Estos resultados pueden servir como una guía valiosa para optimizar los rendimientos y mejorar la eficiencia del cultivo. Además, se sugiere realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los mecanismos subyacentes que influyen en los rendimientos asociados con diferentes números de tallos y explorar posibles ajustes en las prácticas de manejo para maximizar el potencial productivo.

## Referencias

- Acosta-Quezada, P. G., Riofrío-Cuenca, T., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.), an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, *199*, 216-223.
- Amare, G., & Gebremedhin, H. (2020). Effect of plant spacing on yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Shewarobit, Central Ethiopia. *Scientifica*, *2020*.
- Balcha, K., Belew, D., & Nego, J. (2015). Evaluation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties for seed yield and yield components under Jimma Condition, South Western Ethiopia. *Journal of Agronomy*, *14*(4), 292.
- Bergougnoux, V. (2014). The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology advances*, *32*(1), 170-189.
- Chiquito-Contreras, R. G., Reyes-Pérez, J. J., Troyo-Diéguez, E., Rueda-Puente, E. O., Torres-Rodríguez, J. A., & Murillo-Amador, B. (2018). Crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratadas con humato de vermicompost. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *9*(SPE20), 4187-4197.
- Cole, J. C., Smith, M. W., Penn, C. J., Cheary, B. S., & Conaghan, K. J. (2016). Nitrogen, phosphorus, calcium, and magnesium applied individually or as a slow release or controlled release fertilizer increase growth and yield and affect macronutrient and micronutrient concentration and content of field-grown tomato plants. *Scientia Horticulturae*, *211*, 420-430.
- Forkuor, G., Amponsah, W., Oteng-Darko, P., & Osei, G. (2022). Safeguarding food security through large-scale adoption of agricultural production technologies: The case of greenhouse farming in Ghana. *Cleaner Engineering and Technology*, *6*, 100384.
- García-Sánchez, E. I., Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., & Aguilar-Ávila, J. (2018). Sistema de innovación como marco analítico de la agricultura protegida en la región centro de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, *15*(81), 93-116.

- Hoza, G., Dinu, M., Soare, R., Becherescu, A. D., Apahidean, I. A., & Hoza, D. (2018). Influence of plant management systems on growth and fructification of tomato plants in protected culture. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, 62, 457-462.
- Ibrahim, A., Wahb-Allah, M., Abdel-Razzak, H., & Alsadon, A. (2014). Growth, yield, quality and water use efficiency of grafted tomato plants grown in greenhouse under different irrigation levels. *Life Sci. J*, 11(2), 118-126.
- Khoshkam, S., Seyedi, Z., & Aeen, A. (2014). The impact of different plant training systems on quantitative and qualitative parameters of greenhouse tomato cultivars. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(6), 659-663.
- Kumar, A., Kumar, V., Gull, A., & Nayik, G. A. (2020). Tomato (*Solanum Lycopersicon*). *Antioxidants in vegetables and nuts-Properties and health benefits*, 191-207.
- Maja, M. M., & Ayano, S. F. (2021). The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. *Earth Systems and Environment*, 5, 271-283.
- Moreno-Teruel, M. Á., Molina-Aiz, F. D., López-Martínez, A., Marín-Membrive, P., Peña-Fernández, A., & Valera-Martínez, D. L. (2022). The Influence of different cooling systems on the microclimate, photosynthetic activity and yield of a tomato crops (*Lycopersicum esculentum* Mill.) in Mediterranean greenhouses. *Agronomy*, 12(2), 524.
- Nadeem, F., Hanif, M. A., Majeed, M. I., & Mushtaq, Z. (2018). Role of macronutrients and micronutrients in the growth and development of plants and prevention of deleterious plant diseases-a comprehensive review. *Int. J. Chem. Biochem*, 14, 1-22.
- Pacheco, E., Cruz, C., & Cruz, L. (2017). Agrobiodiversidad: Validación E Identificación De Flora En La Comunidad Piñancay, Parroquia Capsol, Chunchi-Ecuador. *European Scientific Journal*, 13, 24.
- Potnis, N., Timilsina, S., Strayer, A., Shantharaj, D., Barak, J. D., Paret, M. L., ... & Jones, J. B. (2015). Bacterial spot of tomato and pepper: Diverse *Xanthomonas* species with a wide variety of virulence factors posing a worldwide challenge. *Molecular plant pathology*, 16(9), 907-920.
- Pratt, L., Ortega, J. M., Nieto, E., & Braly-Cartillier, I. (2019). Protected Agriculture in Mexico. *Inter-American Development Bank*.
- Salas-Pérez, L., González Fuentes, J. A., García Carrillo, M., Sifuentes-Ibarra, E., Parra-Terrazas, S., & Preciado-Rangel, P. (2016). Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova scientia*, 8(17), 310-325.
- Sanoubar, R., & Barbanti, L. (2017). Fungal diseases on tomato plant under greenhouse condition. *European Journal of Biological Research*, 7(4), 299-308.
- Sharma, A., & Chetani, R. (2017). A review on the effect of organic and chemical fertilizers on plants. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol*, 5, 677-680.

- Shi, X., An, X., Zhao, Q., Liu, H., Xia, L., Sun, X., & Guo, Y. (2019). State-of-the-art internet of things in protected agriculture. *Sensors*, *19*(8), 1833.
- Smucker, A. J., Levene, B. C., & Ngouajio, M. (2018). Increasing vegetable production on transformed sand to retain twice the soil water holding capacity in plant root zone. *Journal of Horticulture*, *5*(246), 2376-0354.
- Tortorici, S., Biondi, A., Pérez-Hedo, M., Larbat, R., & Zappalà, L. (2022). Plant defences for enhanced integrated pest management in tomato. *Annals of Applied Biology*, *180*(3), 328-337.
- Vega, D., Gally, M. E., Romero, A. M., & Poggio, S. L. (2019). Functional groups of plant pathogens in agroecosystems: a review. *European Journal of Plant Pathology*, *153*, 695-713.



## Capítulo 9

### Evaluación de variedades comerciales de coliflor (*Brassica oleracea* var. *botritis*) en el Valle del Yaqui, Sonora, 2021-2022

Maritza Arellano Gil

Abel Alberto Verdugo Fuentes

Catalina Mungarro Ibarra

Roberto Rodríguez Ramírez

#### Resumen

Las variedades o híbridos comerciales que se utilizan en campo derivan de las tendencias de consumo en el mercado de hortalizas, resistencia a enfermedades e insectos (conocidas o emergentes), adaptabilidad a altura, clima, suelo y nivel de protección agrícola. El agricultor innovador necesita estar a la vanguardia de los materiales genéticos que el mercado requiera y validarlos bajo sus condiciones de manejo para asegurar rendimiento, calidad y retorno económico. La coliflor pertenece a la familia de las crucíferas, son cultivos muy demandados por sus cualidades nutritivas y compuestos bioactivos que promueven la salud. Con el objetivo de evaluar 11 variedades de coliflor: Twister, Drakar HF1, Plessi HF1, Kayac HF1, Dubroca HF1, Parmac HF1, Bicoli, Ubac HF1, Balzac HF1, Serac HF1, Vita Verde en comparación con Paxton (Testigo). Se estableció un lote de validación en el Block 811 del Valle del Yaqui, en el ciclo otoño-invierno 2021-2022. Para determinar su adaptabilidad a la región, se monitoreó la altura, número de hojas, diámetro del tallo, diámetro polar y ecuatorial de la pella y su peso. Las variedades Balzac, Serac y Twister de color blanco superaron ( $P < 0.05$ ) en desempeño a la variedad Paxton. Vita verde fue similar al testigo ( $P > 0.05$ ), con lo cual se validan variedades comerciales de coliflor, incluida una de color verde intenso para la producción en el Valle del Yaqui.

Palabras claves: Tendencias de consumo, crucíferas, compuestos bioactivos

#### Introducción

A nivel mundial en 2021 se sembraron alrededor de 1,400,000 hectáreas de brócoli y coliflor, los cuales produjeron casi 26 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 18.8 ton ha<sup>-1</sup>, según la FAOSTAT. El 80% de estos cultivos se siembra en Asia y 9% tanto América como en Europa, de donde es originaria.

México tiene el 5to lugar en producción de coliflor después de China, India, Estados Unidos y España. En 2021 se sembraron 4300 ha con un rendimiento de 23.3 ton ha<sup>-1</sup>, más alto que el rendimiento a nivel mundial. Se exportaron 557 mdd principalmente a Estados Unidos, Canadá y Japón. El principal estado productor es Guanajuato con el 26% de la producción, seguido por Puebla e Hidalgo. Sonora ocupa el 7mo lugar a nivel nacional con el 5% de la producción, en 2021 se sembraron 258ha de las cuales 235 se establecieron en el Valle del Yaqui con un manejo convencional, bajo riego a cielo abierto (SIAP, 2022; FAO, 2023; SIAP, 2023).

La pella, es la parte comestible de la coliflor y se consume cocinada, cruda como ensalada, encurtida y ultimamente como aperitivo frito, junto a hamburguesas y sándwiches (Ashraf *et al.*, 2017). Las variedades usualmente sembradas son de color blanco y las exigencias del mercado obligan al productor a validar nuevas variedades, incluso de colores diferentes o llamativos. En base lo anterior, en la búsqueda de nuevas variedades puede haber al menos un material que se adapte a las condiciones edafoclimáticas del Valle del Yaqui. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento vegetativo y productivo de diferentes materiales genéticos de coliflor bajo las condiciones edafoclimáticas del valle del Yaqui.

### **Fundamentación teórica**

El consumo de vegetales a nivel global ha aumentado gradualmente en las últimas décadas debido a los cambios en las tendencias de consumo, desde los alimentos básicos hasta las dietas más diversas. Diversos factores sociales, demográficos, económicos, urbanos, especialmente las tasas crecientes de obesidad y enfermedades crónicas, obligan a redirigir a un estilo de vida alimentario más saludable (Pem & Jeewon, 2015). La producción de alimentos orgánicos ha surgido como respuesta a la demanda de consumidores con interés en la protección del medio ambiente, el bienestar animal ya que favorece la biodiversidad y la sostenibilidad de las áreas rurales; reflejan motivaciones que surgen del consumismo ético o verde (Tandon *et al.*, 2020).

Las frutas y las hortalizas se han popularizado a través de campañas nacionales y mundiales, derivadas de las necesidades de extender los beneficios de su consumo, que la mayoría de los niños adolescentes y adultos en Estados Unidos no cumplen. La disminución del consumo de productos cárnicos, lácteos y procesados para lograr un adecuado balance de una dieta con mayor porcentaje de frutas y vegetales es sostenible con los requerimientos nutricionales y calóricos de cualquier edad. Algunos de los enfoques de estas campañas se basan en la apariencia, colores, intercalando humor y participación de celebridades para hacer más atractivo su consumo (USDA, 2015; Englund *et al.*, 2021).

La familia de las *Brassicaceae* o crucíferas, es de gran relevancia en el mercado de las hortalizas desde una perspectiva nutritiva, salud y culinaria. Específicamente el género *oleracea* ha sido objeto de gran interés científico debido a que son importante fuente de glucosinolatos, tienen altos contenidos de antioxidantes como los polifenoles, minerales, compuestos bioactivos promotores de la salud como promotores de absorción de hierro y Vitamina C. La variación en los compuestos fitoquímicos y antioxidantes de las *Brassicaceae* es causada por varios factores incluidos en tres grupos principales: factores previos a la cosecha, cosecha y pos cosecha (Aires, 2015).

La especie *Brassica oleracea* es una planta también denominada crucífera e incluye una gran diversidad de variedades botánicas tan diversas como se puede imaginar: plantas de hoja como repollo, brócoli chino, gai laan; vegetales carnosos como coliflor, brócoli, col de Bruselas y raíces como el colinabo (Fahey, 2016).

La parte comestible se denomina cabeza o pella. Botánicamente son brotes no diferenciados muy agrupados sobre tejido carnoso hipertrofiado ramificado. Comúnmente se le considera una masa agrandada de la inflorescencia juvenil terminal, las ramas de esta inflorescencia en desarrollo están muy hinchadas con los primordios florales inmaduros muy juntos.

Como parte de las crucíferas, la coliflor es una excelente fuente de vitaminas y minerales, incluyendo los requerimientos diarios del 58% de vitamina C y el 14% de K y el 15% de folatos una porción de 100 gramos. Al contener hasta el 92% agua y alto en fibra, es un vegetal muy demandado para las dietas saludables ya que es importante para la salud digestiva. Es una buena fuente de colina y sulforafano que puede reducir inflamación y el riesgo de algunas enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades del corazón y diabetes (FDC, 2020; Healthline, 2023).

La raíz de la planta es ramificada y profunda, produce una gran cantidad de hojas que generalmente no se consumen y en regiones del Sur de Sonora se incorporan junto con el tallo y el resto de la planta al suelo inmediatamente después de la cosecha. Es originaria del Mediterráneo Oriental y regiones costeras de Europa, por lo que se cultiva comúnmente en Francia, Italia, Reino Unido y después de su introducción se cultiva en todo el mundo especialmente en Norte América y Asia. Sin embargo, la inflorescencia es escasa en temperaturas mayores a 25°C por lo que continuamente se están desarrollando cultivares con alto rendimiento y calidad en zonas cálidas. Se comercializa en fresco o congelado y forma parte de las tendencias de consumo más orientadas a los vegetales, incluso aquellos con apariencia espectacular, como las formas geométricas del Romanesco y las pellas de color verde, naranja incluso púrpura. El consumo de coliflor a nivel nacional es de 330g per cápita, en comparación con los 1.5 kg en Estados Unidos (Fahey, 2016; SIAP, 2023; USDA, 2023).

La fisiología del crecimiento de la planta de coliflor consta de cuatro secciones. La fase juvenil que en campo inicia con el transplante se considera el establecimiento de sus raíces, desa-

rrollo de hojas y alargamiento del tallo. La inducción floral continúa con la generación de hojas que son la fuente de energía a través de la fotosíntesis e inicia la diferenciación de la inflorescencia en el ápice al acumular las horas frío requeridas según el tipo de planta (tempranas o tardías). La formación de la pella ocurre de forma óptima entre 10 y 25°C; su tamaño y compacidad determinan el momento de cosecha. Si no es cosechada, la pella se alarga perdiendo firmeza y compacidad para dar lugar a floración plena (Sharma *et al.*, 2004).

Las variedades de coliflor normalmente cultivadas son las de pella redondeada de color blanco, pero emergen como tendencias del mercado las pellas de coloraciones verde, morado y naranja, incluso con formas geométricas como la romanesco, lo cual le confiere un atractivo importante para los consumidores (Figura 1).



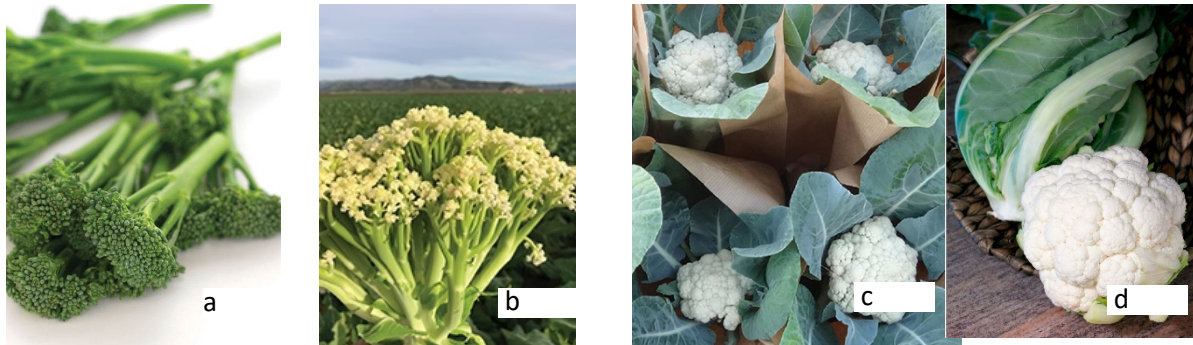
**Figura 1.** Variedades comerciales innovadoras de coliflor en color y forma.

*Fuentes varias\*.*

Constantemente se producen nuevas variedades comerciales entre los taxones ya existentes del género *Brassicae*. Las técnicas de polinización artificial, autoincompatibilidad y cruza híbridas son los métodos de mejoramiento genético más utilizados para coliflor. La calidad de la pella en cuanto a sus dimensiones (diámetro polar y ecuatorial), el color, el sabor, su adaptabilidad a las condiciones ambientales y la resistencia a plagas y enfermedades son los atributos que dirigen los esfuerzos de los fito mejoradores.

Las cruza novedosas entre variedades botánicas de *B. oleraceae*, son populares entre los consumidores que buscan innovación los sabores, texturas y forma de consumo de los vegetales. Broccolini o baby brócoli es una cruza entre brócoli (*Brassica oleracea* var. botrytis) y gai laan (*Brassica oleracea* var. alboglabra); este híbrido tiene tallos tiernos con floretes más pequeños, posee un sutil sabor dulce con un toque picante (Figura 2a). Dolce vita es una coliflor con una apariencia de flores más abiertas y color amarillo claro, se le llama también coliflor de tallo (Figura 2b). Baby coliflor tiene la pella mas pequeña que se ofrece en el mercado con 5 a 7cm de diámetro y sus hojas son comestibles; se puede cultivar en macetas pequeñas dentro de casa (Figura 2c).

Los nuevos materiales también consideran aspectos ornamentales, la coliflor twister tiene hojas retorcidas que se envuelven alrededor de las pellas para protegerlas, favoreciendo un color blanco brillante al evitar su exposición al sol durante su cultivo (Figura 4d).



**Figura 2.** Cruzas híbridas de brócoli y coliflor (a) broccolini, (b) dolce vita, (c) baby coliflor y (d) coliflor twister. Fuentes varias\*

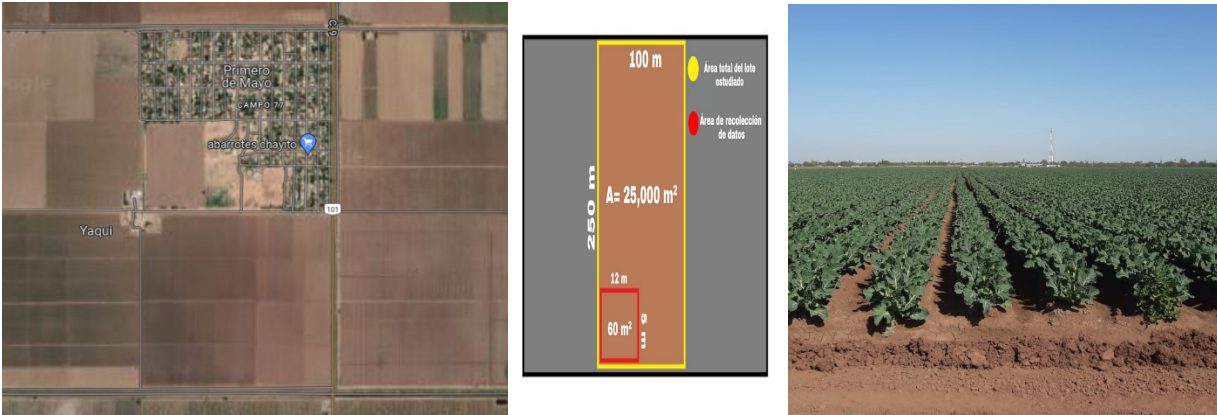
La selección adecuada del cultivar, variedad comercial o híbrido de coliflor es fundamental para obtener rendimiento y calidad aceptables para el mercado y, por lo tanto, económicamente deseables para el productor agrícola. Las variedades tienen diferentes requerimientos que regulan la aparición, tamaño y calidad de la pella; la adaptación a partir del transplante puede llevarse a cabo en 2 semanas o más de un mes. Si la variedad comercial no se adapta al área de cultivo, la pella puede no aparecer o bien exhibir alguna característica no deseable como color, malformación, falta de compacidad o bajo peso (Koike *et al.*, 2009).

En México, específicamente en el noroeste del país, se tiene un reducido abanico de posibilidades para elegir variedades de coliflor debido a que no son mejoradas genéticamente bajo las condiciones específicas de la región. La estrategia a seguir es validar un gran número de materiales genéticos para elegir las que desarrollen la pella en cantidad y calidad adecuadas a las exigencias del mercado. Generalmente para mercado nacional se prefieren los tamaños más grandes y exportación, principalmente a Estados Unidos tamaños medianos. Las principales casas semilleras son: Rijk Zwaan (color blanca, verde, morada; hoja rizada y cerrada), Sakata (color blanco), Gautier semences (color blanco; hoja abierta y cerrada), Syngenta (color blanco, amarillo, morado; hoja abierta y cerrada; baby) y Bejo (color blanco; hoja abierta y cerrada; romanesco).

## Método

**Lugar del estudio.** El cultivo fue establecido en el sur del estado de Sonora, block 811 del Valle del Yaqui, a un costado del Ejido Primero de Mayo (Campo 77) en el municipio de Bácum. Las coordenadas geográficas: Latitud 27.3, Longitud -110.1 (Figura 2). La temperatura media anual es alrededor de 22°C, la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de junio

y julio, la temperatura mínima promedio es de 5°C y se presenta en el mes de enero. Las lluvias se presentan en verano en los meses de julio y agosto con una precipitación media estatal de 450 mm anuales (INEGI, 2022). Las variedades se estudiaron en un lote de 2.5 hectáreas y la parcela útil fue de 60m<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la evaluación de 11 variedades de coliflor en Valle del Yaqui, Sonora, O/I 2021-2022.

**Tratamientos.** Se evaluaron 11 variedades nuevas de coliflor (Figura 3): Twister, Drakar HF1, Plessi HF1, Kayac HF1, Dubroca HF1, Parmac HF1, Bicoli, Ubac HF1, Balzac HF1, Serac HF1, Vita Verde y Paxton como la variedad testigo. La siembra en charolas de germinación se llevó a cabo en invernadero el 4 de noviembre de 2021 y el transplante en campo el 6 enero de 2022. El manejo agronómico del cultivo se llevó realizó de acuerdo a la agenda técnica de Sonora (INIFAP, 2017).



**Figura 3.** 11 Variedades de coliflor evaluadas en ensayo de campo: (1) Twister (Sakata), (2) Drakar HF1, (3) Plessi HF1, (4) Kayac HF1, (5) Dubroca HF1, (6) Parmac HF1, (7) Bicoli, (8) Ubac HF1, (9) Balzac HF1, (10) Serac HF1, (11) Vita Verde y (12) Paxton. Fuentes varias\*.

**VARIABLES DE ESTIMACIÓN.** En 10 plantas de cada variedad se registró la altura en centímetros (cm) con el uso de un flexómetro, midiendo desde la base hasta el ápice de crecimiento. Con un vernier se registró en centímetros (cm) el número de hojas y diámetro del tallo. En pos cosecha con cinta métrica se midió (cm) en la pella el diámetro polar y ecuatorial y peso en gramos utilizando una balanza.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO.** Para analizar estadísticamente las mediciones repetidas de las variables vegetativas y productivas de cada variedad, se utilizó un diseño completo al azar, donde se consideró el efecto fijo de tratamiento. Las medias de tratamiento fueron analizadas con la prueba de Tukey. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados en el paquete estadístico STATGRAPHICS centurión 19.5.01.

## Resultados y discusión

**Altura de planta.** En la última fecha de medición de altura de planta, se observaron diferencias altamente significativas con la variedad Vita verde como la más alta ( $P < 0.01$ ), lo cual se podía observar desde los primeros días después del transplante. Caso contrario, la Kayak como la de menor altura con 40% menos que Vita verde ( $P < 0.01$ ) y la variedad testigo Paxton con 28% menos altura ( $P < 0.01$ ) que Vita verde (Cuadro 1). Considerando la altura final a los 71 días después del transplante (DDT), la tasa relativa crecimiento calculada para la variedad más alta Vita verde fue de  $93 \text{ mm día}^{-1}$  ( $P < 0.01$ ); le sigue Parmac con  $81 \text{ mm día}^{-1}$  y el resto se encuentran entre 60 y  $70 \text{ mm día}^{-1}$ , las cuales coinciden con lo reportadas por Angmo *et al.*, (2020) con las variedades Shenta, WS-909 y Amazing, que crecieron, en el mismo período de tiempo, entre 71, 67 y  $66 \text{ mm día}^{-1}$  respectivamente.

**Número de hojas.** El análisis estadístico del número de hojas no fue significativo ( $P > 0.05$ ), la mayoría de las plantas tuvo entre 16 y 19 hojas (Cuadro 1). Las hojas forman parte de los atributos de desarrollo de la planta y constituyen un reflejo de las condiciones ambientales en que se desarrollan. Las variedades reportadas por Angmo *et al.*, (2021) son cultivadas en invernaderos a una gran altura (3000-6000 msnm), promediaron entre 11 y 13 hojas, a diferencia de las evaluadas en el Valle del Yaqui, que se encontraron en el rango de 16 a 19 hojas, pero coinciden con las 18.3 hojas de las variedades Kathmandu y Snow fall evaluadas en diferentes niveles de nutrición con fósforo por Shrestha *et al.*, (2021) en Nepal.



**Tabla 1.**

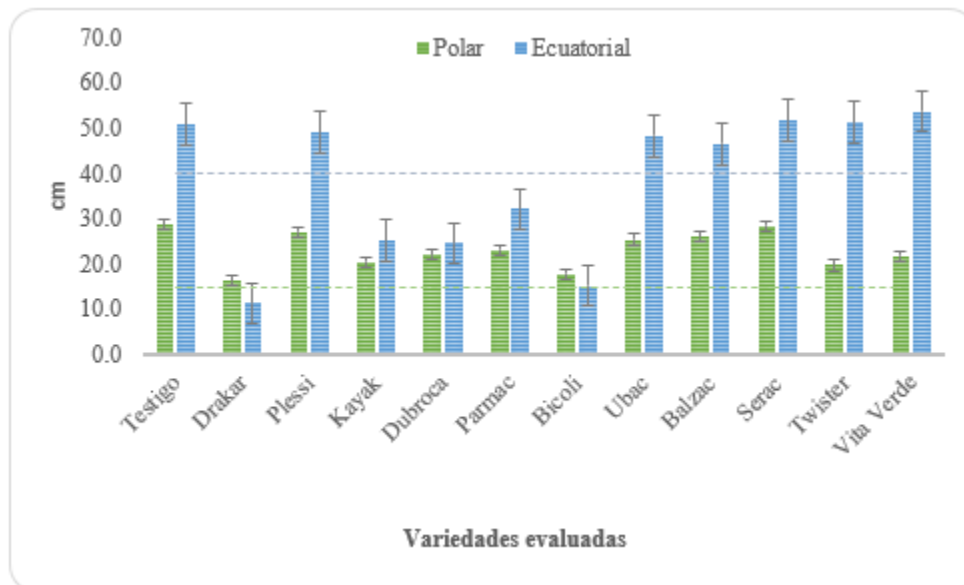
*Altura, hojas y grosor de tallo de las variedades de coliflor (Brassica oleraceae L. var. Botrytis) evaluadas en el Valle del Yaqui, Sonora O/I 2021-2022.*

Variedad	Altura (cm)	Hojas (número)	Grosor tallo (cm)
Testigo	55.7 <sup>e</sup>	19.0	9.4 <sup>ab</sup>
Drakar	57.5 <sup>de</sup>	18.8	6.1 <sup>ab</sup>
Plessi	62.2 <sup>c</sup>	18.9	5.8 <sup>ab</sup>
Kayak	46.6 <sup>f</sup>	18.6	5.6 <sup>abc</sup>
Dubroca	62.2 <sup>c</sup>	19.1	6.6 <sup>a</sup>
Parmac	66.9 <sup>b</sup>	18.9	6.7 <sup>ab</sup>
Bicoli	56.8 <sup>e</sup>	17.0	5.2 <sup>cd</sup>
Ubac	58.6 <sup>cde</sup>	17.4	7.1 <sup>bcd</sup>
Balzac	59.9 <sup>cde</sup>	16.6	6.1 <sup>d</sup>
Serac	61.7 <sup>cd</sup>	17.4	6.9 <sup>bcd</sup>
Twister	58.3 <sup>cde</sup>	16.6	6.8 <sup>d</sup>
Vita Verde	76.7 <sup>a</sup>	19.9	7.1 <sup>a</sup>

a, b, c, d, e, f dentro de columnas indican diferencia estadística entre tratamientos (P<0.01).

**Grosor del tallo.** El grueso del tallo presentó diferencias altamente significativas (P<0.01). La variedad Paxton (identificado como testigo) es la que tiene el tallo más grueso, con casi 10 cm, el resto entre 24 y 45% menos (Cuadro 1). Las variedades comerciales pasan por un proceso de mejora y adaptación en los diversos aspectos bio morfométricos, como el grosor de tallo. Esto se comprueba al comparar el grosor promedio de 6 cm en los datos presentados y la caracterización de diversos genotipos de brócoli, coliflor y ancestros silvestres en Catania, Italia, donde se registran para tallos con grosor entre 2.86 a 3.98 cm, mientras que el grupo de parientes silvestres mostró un grosor promedio de 1.79 cm (Treccarichi *et al.*, 2023).

**Diámetro polar y ecuatorial.** Durante el estudio, el 100% de las variedades evaluadas desarrollaron inflorescencia, lo cual indica que todas se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas del Valle del Yaqui. El diámetro polar que corresponde a lo que percibimos como la altura de la pella de la coliflor, fue un poco más uniforme que el diámetro ecuatorial, aquí solo se destacan negativamente por su pequeñez las variedades Drakar y Bicoli (Figura 4). El diámetro ecuatorial fluctuó entre 40 y 55 cm, excepto Drakar, Kayak, Dubroca, Parmac y Bicoli las cuales no son aceptables según el estándar acordado por el productor regional y el comprador, ya que no llegaron a los 40cm.



**Figura 4.** Diámetro polar y ecuatorial de las variedades de coliflor (*Brassica oleraceae* L. var. *botrytis*) evaluadas en el Valle del Yaqui, Sonora O/I 2021-2022.

Las líneas horizontales punteadas en azul y naranja indican los requerimientos acordados para venta de acuerdo al empaque regional.

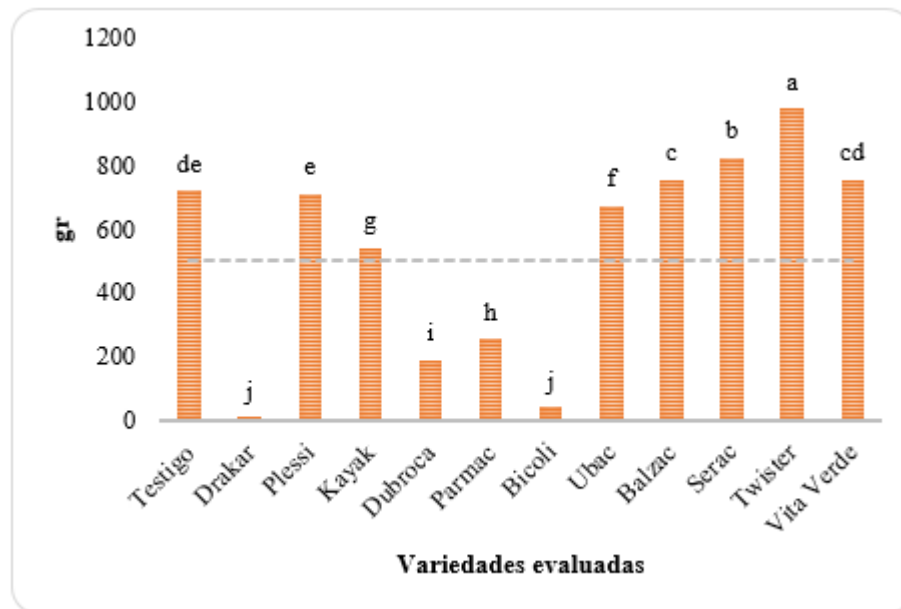
En la referencia oficial de la USDA para inspección de embarques de coliflor, el mínimo diámetro ecuatorial es de 4 pulgadas (10.16 cm), esto debido a las preferencias de consumo y preparación del mercado estadounidense (Pem & Jeewon, 2015) en comparación con los cultivares silvestres o ancestros el diámetro de la inflorescencia se sitúa de 13.6 a 21.1 cm (USDA, 2017; Treccarichi, *et al.*, 2023).

La pella o cabeza de la coliflor es formada cuando la temperatura se encuentra entre 10 y 25°C, la temperatura mínima es crucial para que crecimiento apical cambie de vegetativo a reproductivo. Las temperaturas promedio del mes de marzo en el Valle del Yaqui van de 13-26°C, temporada en la que se desarrolla la inflorescencia lo cual es ideal para su formación, no obstante, se reportan formaciones aceptables de la pella a temperaturas desde 5.9 a 32.5°C en la zona trans-Himalaya (Angmo *et al.*, 2020; Lin, *et al.*, 2023)

La calidad de la coliflor es expresada en términos de diámetro polar y ecuatorial, la apariencia estética de la coliflor es el factor primario para determinar su valor de mercado, depende de las tendencias del consumidor y estilo de preparación, o bien núcleos familiares, consumidores individuales que prefieren pellas pequeñas o procesadas en trozos mezcladas con otros vegetales (Koike *et al.*, 2009).

**Peso en gramos.** El peso de la pella de coliflor es generalmente proporcional a su tamaño, por lo que se repite el mismo patrón del diámetro ecuatorial: Drakar, Dubroca, Parmac y Bicoli no alcanzaron los 300 gr, solo resalta de este grupo Kayak, que, a pesar de no tener una grande superficie, su volumen en altura (diámetro polar) le ayuda para tener un peso favorable (Figura 5). Destaca Twister con el mayor peso, 14% más que el testigo (P<0.01). Sin embargo, cabe resaltar que no es determinante el peso en la ganancia económica del cultivo, ya que la venta es por piezas en la empresa agrícola donde se validó.

La pella debe tener forma semiesférica y pesar alrededor de 400 a 800 g. (Krarup *et al.*, 2008); el peso aceptable para mercado promediaron en general entre 500 y 800 gr cultivadas a cielo abierto en el Valle del Yaqui, Sonora, similarmente con lo reportado por Angmo *et al.*, (2020), Shrestha *et al.*, (2021) y Díaz-Pérez *et al.*, (2023) quienes reportan pesos promedios de 330 a 595gr, 750gr y 300 a 600 gr respectivamente, los primeros en condiciones de gran altitud e invernaderos en la zona trans-Himalaya, con diferentes niveles de fertilización fosforada en Nepal y los últimos con tratamientos de fertilización orgánica a base de compostas y microalgas.



**Figura 5.** Peso en gramos de las variedades de coliflor (*Brassica oleraceae* L. var. *botrytis*) evaluadas en el Valle del Yaqui, Sonora O/I 2021-2022.

Las literales indican diferencia estadística entre tratamientos (P<0.05).

La coliflor es comercializada en fresco como fue el objetivo del presente trabajo y también de manera congelada, después del corte en campo se lava, trocea, desinfecta y congela, bajo estas condiciones, la calidad en tamaño y forma no es importante, pero si lo es el color; el peso toma gran relevancia desde el punto de vista económico (Aires, 2015).

## Conclusiones

El comportamiento vegetativo y productivo de la variedad Vita verde fue similar a Paxton, la variedad testigo, mientras que Balzac, Serac y Twister la superaron en desempeño, bajo las condiciones edafoclimáticas del valle del Yaqui, ciclo otoño-invierno 2021-2022.

## Referencias

- Aires, A. (2015). Chapter 3 - Brassica Composition and Food Processing, Editor(s): Victor Preedy, In: *Processing and Impact on Active Components in Food*, Academic Press, Pages 17-25, ISBN 9780124046993, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00003-2>.
- Angmo, P., Dolma, T., Katiyar, A., Chaurasia, O. P. & Stobdan, T. (2020). Growing Cauliflower in Winter under Passive Solar Greenhouse in Trans-Himalayan Ladakh, India. *Defence Life Science Journal*, 5(3), pp. 192-197, DOI:10.14429/dlsj.5.15701
- Ashraf, M. I., Sajad, S., Hussain, B., Sajjad, M., Saeed, M. S., Sattar, S. & Iqbal, M. A. (2017). Physiological attributes of cauliflower (*Brassica oleracea var. botrytis*) as influenced by the application of different levels of nitrogen and hand weeding. *Int. J. Pure App. Biosci.* 5(6): 9-13 (2017). doi: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6000> <http://www.ijpab.com/form/2017%20Volume%205,%20issue%206/IJPAB-2017-5-6-9-13.pdf>
- Englund, T.R., Hedrick, V.E., Patiño, S.R.G. et al. Awareness and outcomes of the fruits and veggies (FNV) campaign to promote fruit and vegetable consumption among targeted audiences in California and Virginia: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 21, 1100 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11055-6>
- Fahey, J. W. (2016). Brassica: characteristics and properties, Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá, *Encyclopedia of Food and Health*, Academic Press 469-477, ISBN 9780123849533, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00083-0>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472000830>
- FAO. (2023). [CROPS AND LIVESTOCK PRODUCTS]. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Extracted from: [<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>]. Data of Access: [25-05-2023].
- FDC. (2020). Recuperado de: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/fooddetails/1103345/> nutrients;
- Healthline (2023). Recuperado de: <https://www.healthline.com/nutrition/benefits-of-cauliflower>
- Koike, S., Cahn, M, Cantwell, M., Fennimore, S., Lestrangle, M., Natwick, E., Smith, R. & Takele, E. (2009). Cauliflower production in California. Vegetable Production Series. Publication 7219. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7219.pdf>
- Krarp, C., Fernández, S. & Nakashima, K. 2008. Manual electrónico de poscosecha de hortalizas. P. Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría Académica, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. [http://www.puc.cl/sw\\_educ/poscosecha/index.html](http://www.puc.cl/sw_educ/poscosecha/index.html)
- Lin, C., Chen, K., Chen, H., Lee, H., & Hsieh, C. (2019). Curd Initiation and Transformation in Tropical Cauliflower Cultivars under Different Temperature Treatments, *HortScience*

*horts*, 54(8), 1351-1356. Retrieved May 24, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13881-19><https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/54/8/article-p1351.xml>

- Pem, D., & Jeewon, R. (2015). Fruit and Vegetable Intake: Benefits and Progress of Nutrition Education Interventions- Narrative Review Article. *Iranian Journal of Public Health*, 44(10), 1309–1321.
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama agroalimentario 2022. México, DF. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1jVWS4EFKK7HGw-QOBpGeljUyaDT8X8Iyz/view>
- SIAP. (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sharma, S. R., Singh, P. K., Chable, V. & Tripathi, S. K. (2004) A Review of Hybrid Cauliflower Development. *Journal of New Seeds*, 6:2-3, 151-193, [https://doi.org/10.1300/J153v06n02\\_08](https://doi.org/10.1300/J153v06n02_08)
- Shrestha, R. K., Tirtha R. P. & Khana, A. (2021). Performance of varieties of cauliflower (*Brassica Oleracea var. botrytis*) under different levels of phosphorus application in pot culture at Lamjung, Nepal. *Asian J. Plant Sci. Res.*, 11(7):224-228. <https://www.imedpub.com/articles/performance-of-varieties-of-cauliflower-brassica-oleracea-var-botrytis--under-different-levels-of-phosphorus-application-in-pot-cu.pdf>
- Tandon, A., Dhir, A., Kaur, P., Kushwah, S. & Salo, J.(2020). Why do people buy organic food? The moderating role of environmental concerns and trust. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 57, 102247. ISSN 0969-6989, <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102247>.
- Treccarichi, S., Ammar, H. B., Amari, M., Cali, R., Tribulato, A. & Branca, F. (2023). Molecular markers for detecting inflorescence size of *Brassica oleracea* L. crops and *B. oleracea* complex species (n = 9) useful for breeding of broccoli (*B. oleracea var. italica*) and cauliflower (*B. oleracea var. botrytis*). *Plants*, 12(2), 407; <https://doi.org/10.3390/plants12020407> <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/2/407>.
- USDA (2015). 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. Available at <https://health.gov/our-work/food-nutrition/previous-dietary-guidelines/2015>.
- USDA (2017). Cauliflower Shipping Point and Market Inspection Instructions. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CauliflowerShippingPointMarketInspectionInstructions.pdf>
- USDA (2023). [https://www.agmrc.org/commodities-products/vegetables/cauliflower#:~:text=Cauliflower%20belongs%20to%20the%20same,\(USDA%20ERS%2C%202020\)](https://www.agmrc.org/commodities-products/vegetables/cauliflower#:~:text=Cauliflower%20belongs%20to%20the%20same,(USDA%20ERS%2C%202020)).

Fuentes varias \*

Figura 1

<https://www.reneesgarden.com/collections/vegetables/cauliflower/>

<https://www.ufseeds.com/search?q=cauliflower&lang=default>

<https://www.bejo.com.mx/coliflor-2>

<https://www.rareseeds.com/store/vegetables/cauliflower>

Figura 2

(a) <https://www.westcoastseeds.com/products/aspabroc-broccolini>

(b) <https://tomatogrowers.com/products/dolce-vita-hybrid-cauliflower>

(c) <https://www.totallytomato.com/product/T01704/99>

(d) <https://www.burpee.com/cauliflower-twister-hybrid-prod600021.html>

Figura 4

1 [https://www.ruppseeds.com/vegetables/products/cauliflower/twister#:~:text=Twister%20is %20a%20tight%2C%20heavy,seems%20to%20prefer%20heavier%20ground.](https://www.ruppseeds.com/vegetables/products/cauliflower/twister#:~:text=Twister%20is%20a%20tight%2C%20heavy,seems%20to%20prefer%20heavier%20ground.)

2, 3, 5, 8 y 10 [https://www.gautiersemences.com/\\_files/ugd/bd6501\\_f710c002e1e94e04bd18f85e-5c9e05ad.pdf](https://www.gautiersemences.com/_files/ugd/bd6501_f710c002e1e94e04bd18f85e-5c9e05ad.pdf)

4 <https://www.fitoagricola.net/tienda-online/Catalog/show/coliflor-kayac-f1-1000-semillas-465652>

6 [https://www.boutiquegautiersemences.fr/achat/parmac-hf1/ASC05321\\_S1030.htm](https://www.boutiquegautiersemences.fr/achat/parmac-hf1/ASC05321_S1030.htm)

9 <https://www.fitoagricola.net/tienda-online/Catalog/show/coliflor-balzac-f1-1000-semillas-465650>

11 <https://www.rijkzwaan.es/busca-tu-variedad/coliflor/vitaverde-rz>

12 <https://www.rijkzwaan.mx/busca-tu-variedad/coliflor/paxton-rz>

## Capítulo 10

### Análisis de personalidad de adolescentes con riesgo de deserción escolar en bachillerato

Jesús Manuel Vidaña López

Ricardo Ernesto Pérez Ibarra

#### Resumen

El presente trabajo analiza la descripción de personalidad existentes entre los adolescentes de segundo semestre en riesgo de deserción de un centro educativo de nivel media superior de Guaymas, Sonora. El propósito fue detectar cuáles son los tipos de personalidad para la deserción escolar en 112 jóvenes en PRE-PANDEMIA que tienen una alta probabilidad de abandonar los estudios debido a diferentes circunstancias que pueden estar afectando su desarrollo académico. Detectando si dicha descripción de personalidad ayudaba a entender esta falta de vinculación, que terminaba en deserción escolar. Se escogió a la muestra de jóvenes que reunían características muy concretas, como lo eran ser del segundo semestre, haber reprobado tres materias el semestre anterior, y con tres o más materias por reprobar en el semestre en qué se evaluaron. El instrumento utilizado fue el cuestionario 16 FP, que mide de 16 dimensiones independientes y psicológicamente significativas de la personalidad. El estudio mostró que los adolescentes poseen una personalidad en la que les costaba adaptarse al nuevo ambiente escolar, social, con respecto a las normas y costumbres, dificultándose la expresión de emociones, a pesar de tener habilidad para trabajar en conjunto con iguales.

Palabras clave: Adolescencia, media superior, personalidad, deserción, adaptación

#### Introducción

En México, la Educación Media Superior (EMS) comprende el conjunto de modalidades institucionales que ofrecen enseñanza formal al término de la secundaria. En la actualidad casi tres millones de jóvenes están inscritos en este nivel, que ha venido experimentando un crecimiento muy acelerado, así como procesos de reforma, diversificación y especialización igualmente considerables.

La deserción escolar constituye por su magnitud un problema importante del sistema nacional de educación formal. Las altas tasas de abandono de los estudios que se producen en todos los niveles educativos tienen incidencia negativa sobre los procesos políticos, económicos, sociales y culturales del desarrollo nacional (Román, 2013).

Por lo tanto, el término deserción escolar se utilizará para hacer referencia a los alumnos de bachillerato que habiéndose inscrito formalmente en alguna preparatoria y no logran completar sus estudios correspondientes al nivel (Ruiz-Ramírez et al., 2014).

Ramos (2019) menciona que México ocupó el primer lugar en el número de desertores escolares de 15 a 18 años, y que es por lo que, ante los retos para incrementar la tasa de matriculación y permanencia en bachillerato y educación superior, el gobierno federal debe impulsar una reforma hacendaria que garantice una mayor recaudación fiscal (Sistema Educativo Nacional, Distribución de Matrícula, Ciclo Escolar 2007-2008).

En general, los adolescentes y jóvenes de hoy gozan de más opciones que las generaciones previas; son más urbanos; cuentan con niveles de escolaridad superiores a los de sus padres; están más familiarizados con las nuevas tecnologías; tienen acceso a más información sobre diferentes aspectos de la vida, así como sobre la realidad en la que viven. Pero a la vez, enfrentan problemas asociados con la complejidad del mundo moderno, y otros vinculados con la acentuada desigualdad socioeconómica que caracteriza al país, donde las estructuras de oportunidades para los jóvenes son muy diversas, y tienden a producir una mayor marginación y violencia. Además, el contexto de crisis y precariedad actual dificulta el acceso de los jóvenes a instituciones sociales claves para su desarrollo, como la educación y el trabajo, lo cual constituye un proceso de exclusión social que tiene el potencial de reproducir la pobreza y la vulnerabilidad a través de las generaciones (Consejo Nacional de Población [CONAPO ], 2010).

En nivel bachillerato en el ciclo 2015-2016 el abandono fue de 25.9% solo en el primer grado; pero en general, en este nivel, aproximadamente 700 mil estudiantes dejan la escuela cada año. El promedio en México de los estudiantes que terminan el nivel medio superior es de 68%, y los que abandonan 32% (Heredia, 2020). De ahí que surgen demasiadas hipótesis del porque los jóvenes de media superior están abandonando su formación académica.

La falta de vinculación se considera un concepto clave para captar el proceso a través del cual los estudiantes se desconectan de la escuela, y puede ser un indicador para pronosticar el riesgo de abandono escolar. Los autores retoman dicho concepto de vinculación escolar del trabajo de Fredricks et al. (en Tarabini et al., 2015), quien define tres dimensiones clave: la *conductual*, que se refiere al comportamiento de los estudiantes desarrollado a partir de los estándares escolares; la *emocional*, que se refiere al sentido de pertenencia y a la vinculación que establecen los estudiantes con los centros educativos en general, los profesores y sus compañeros, y la *cognitiva*, vinculada con la motivación de los estudiantes para el aprendizaje, el tiempo. Estas tres dimensiones de la vinculación escolar tendrían que estudiarse de manera conjunta para lograr una visión global y holística de la vinculación. Esta visión, como se ha dicho, es un pronosticador clave del rendimiento



escolar; es decir, cuando un estudiante no está vinculado con su proceso educativo y presenta bajos resultados académicos, es probable que su trayectoria escolar derive en abandono (Tarabini et al., 2015).

En comparación internacional, a partir de un estudio realizado entre 20 países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), México presentó un 52% de eficiencia terminal, lo cual lo coloca por debajo del promedio estimado del 62% para estos países. Hay que analizar si parte de los factores de la personalidad del adolescente que llega a la deserción se relaciona con alguno de estos factores de vinculación, sea conductual, emocional o cognitivo lo que lo lleva a la falta de adaptación ante el entorno escolar.

### *Planteamiento del problema*

La deserción escolar, se trata de aquella situación en la que el alumno después de un proceso acumulativo de retiro, finalmente, deja de asistir a la escuela antes de la edad establecida por el sistema educativo sin obtener un certificado (González et al., 2015).

La deserción escolar es un grave problema educativo que afecta al desarrollo de la sociedad. La problemática de reprobación, el embarazo a temprana edad y la falta de orientación vocacional son las principales causas de la deserción escolar en el nivel medio superior (Ruiz-Ramírez et al., 2014).

En esta investigación se busca dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿La personalidad de los adolescentes influye en los factores de vinculación que llevan a la deserción escolar en bachillerato?

### *Objetivo*

Analizar los rasgos de personalidad existentes entre los adolescentes con riesgo de deserción en bachillerato.

### *Hipótesis Investigación:*

Los rasgos de personalidad pueden influir con la falta de vinculación que pone en riesgo de deserción escolar entre los adolescentes en bachillerato

### *Delimitación del estudio*

La presente investigación se realizó en un bachillerato de Guaymas, Sonora, con una población actual de 950 estudiantes, se obtuvo por medio de la verificación de calificaciones a 112 alumnos en riesgo de abandonar sus estudios por diferentes causas, que fueron recuperados por trabajo social para continuar sus estudios. Con la característica que tenían reprobadas tres materias

del semestre anterior, y corrían riesgo hasta el momento del estudio de reprobar otras tres materias o más en el presente semestre.

Tomando una muestra de 112 estudiantes del segundo semestre del turno matutino de las diferentes especialidades, la institución se encuentra ubicada en Guaymas, en la colonia las playitas sobre una isla que no tiene drenaje, ni agua potable, con una planta docente 90 maestros y 30 de cuerpo administrativo, el personal docente con más del 60% con 30 años de servicio o más y el resto entre maestros de 10 años de servicio e interinos que comienzan su actuar docente solamente. El director tiene 8 años al frente del plantel.

El día 14 junio del 2017 se citó a estos 112 estudiantes a la sala audiovisual para aplicarles una batería de tres tests, siendo el 16 PF que mide los rasgos de personalidad. Esta aplicación fue durante una sola aplicación que tomó aproximadamente dos horas y media, durante el periodo de tiempo de su receso a la hora de salida, que abarcan aproximadamente 2 horas.

### **Fundamentación teórica**

La adolescencia es una etapa de separación e individuación. Esto supone la configuración de una identidad propia, la búsqueda del concepto de sí mismo, así como dejar los lazos de dependencia infantil (Alba, 2010).

La identidad es la experiencia interna de mismidad, el self es todo aquello que se sabe, se siente, se vive y se experimenta como parte de un todo. Es todo aquello que conforma y compone a la persona. En esta etapa se produce lo que se ha denominado *crisis de identidad*, que consiste en la necesidad del adolescente de ser él mismo, de tratar de definir su self y sus objetos, y de adquirir algo que lo diferencie del niño y del adulto, para lograr el autoabastecimiento. Es un proceso que comenzó desde el nacimiento del individuo. En esta etapa se reevalúan y se sintetizan todas las identificaciones logradas a lo largo de la historia evolutiva del adolescente. Se reestructuran escalas de valores, ideales, metas y se decide una vocación.

El adolescente intenta progresivamente y en forma oscilante separarse de las figuras parentales, lo cual se expresa en conductas cuestionadoras de los padres, oposicionismo y negativismo. Se pierden la idealización de las figuras de autoridad adultas y el adolescente pareciera que se fija “especialmente” en los defectos, lo que suele ser un proceso difícil de aceptar para los padres (Papalia, 2010). Además, esta rebeldía oposicionista hacia los padres es contradictoria con un verdadero sometimiento a las normas de su grupo de pares a las que el adolescente no se atreve a oponerse. Cabe señalar que no todos los adolescentes desarrollan conductas oposicionistas, muchos logran consolidar una adecuada individuación sin que medien conductas rebeldes o impulsivas, así como también es importante diferenciar estas conductas cuando son propias de un desarrollo normal, de las que corresponden a los trastornos conductuales en la adolescencia.

En el adolescente predomina un fuerte sentimiento de omnipotencia e inmortalidad, lo que, junto a la tendencia a actuar los impulsos, los puede llevar a conductas de riesgo donde no se detienen a evaluar las consecuencias. Esto puede estar muy relacionado como una de las causas de su deserción escolar, pues en un mundo de adultos, y figuras de autoridad a quien desafiar, o incluso a las cuales proyectar un sentimiento de sometimiento, o ira, puede llevar a la falta de vinculación en su actividad académica (Cloninger, 2008).

Se ha dicho que la deserción escolar se ha venido manifestando cada vez más, en la institución del nivel medio superior, existe un alto número de alumnos desertores y los factores son distintos e impactan negativamente en el rendimiento escolar, no obstante esta situación también incide sobre los procesos sociales y culturales del desarrollo nacional; Así mismo esta situación tiene causas internas como son: deficiente utilización de material didáctico, falta de motivación, falta de catedrático; así mismo las de causa externa en las que se encuentran: falta de recursos económicos, problemas familiares entre otros; por lo que es difícil llegar al punto central de este problema, como se puede observar son diversas las situaciones que los jóvenes enfrentan y provocan que interrumpan sus estudios en alguna punto del ciclo escolar.

Un factor importante relacionado con el punto anterior es cuando los jóvenes estudiantes sufren el impacto económico de las bajas esferas socioeconómicas en las aulas, lo que los hace incapaces de satisfacer sus necesidades académicas. Tan desafiante situación económica empuja a las familias al límite, comunidades enteras pueden sufrir de problemas financieros, y estas comunidades impactan en las ventajas de los jóvenes estudiantes, a menudo limitando su capacidad para obtener la educación que otros estudiantes reciben.

La riqueza de la escuela tiene una relación directa con el éxito de los estudiantes, tanto en el acceso a las técnicas avanzadas de aprendizaje y el tamaño de la clase estudiantil. Las escuelas con recursos escuelas, incluyendo las escuelas privadas y las escuelas en los barrios ricos, gozan de clases más pequeñas, lo que aumenta la cantidad de tiempo que cada profesor puede dedicar a cada alumno. Las escuelas más pobres sufren de clases más grandes, permitiendo que los estudiantes sean pasados por alto o inadvertidos por los profesores (Benítez, 2014).

La calidad de la educación tiene fuerte efecto en el logro de los estudiantes. Una buena escuela o secundaria o preparatoria tiene un ambiente ordenado y seguro, recursos materiales adecuados, un personal docente estable y un sentido positivo de comunidad (DOF, 2022). La cultura escolar destaca lo académico y fomenta la creencia de que todos los estudiantes pueden aprender. También ofrece oportunidades para realizar actividades extracurriculares que mantienen ocupados a los alumnos e impiden que se metan en problemas después de las horas de escuela. Los maestros confían, respetan y se preocupan por sus alumnos, depositan grandes expectativas en ellos y confían en su propia capacidad para ayudarlos a triunfar.

Los adolescentes se sienten más satisfechos con la escuela si se les permite la elaboración de reglas, si sienten el apoyo de los maestros y de otros alumnos y si su curricular y la instrucción son significativas, representan un reto apropiado y coinciden sus intereses, nivel de destreza y necesidades según la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2014).

Una razón por la cual puede desatar un grupo pobre o minoritario de los estudiantes puede ser la educación ineficaz: Las bajas expectativas de los maestros o el trato diferencial hacia los estudiantes; menos apoyo del maestro que en la escuela primaria. Un factor importante que distingue a quienes logran concluir sus estudios es la participación: la atención, interés, inversión y esfuerzo que los estudiantes emplean en el trabajo escolar. En la mayor parte del nivel básico, la participación significa llegar a clase a tiempo, estar preparado, escuchar y responder al maestro y obedecer las reglas escolares.

La Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior (ENDEMS, 2012) muestra que entre los jóvenes que abandonaron la escuela el 65% reportó que sus padres sólo alcanzaron estudios inferiores al nivel medio superior y sólo 8% de quienes desertaron reportó que sus padres iniciaron o concluyeron la educación superior y, como se verá más adelante, aquellos jóvenes cuyos padres estudiaron la Educación Superior tienen 18% menos probabilidades de desertar, sería otro factor importante a mencionar.

En pocas palabras, la mayoría de los adolescentes vemos que se repiten constantemente son: Desinterés o desconocimiento de las posibilidades que ofrece la educación. Falta de contención familiar, problemas de aprendizaje, problemas de aprendizaje derivados de su mala alimentación, repetición sucesiva, falta de motivación, el retraso en la escolaridad, la sobre edad, crisis de valores sociales: cultura de la inmediatez, auge del consumismo, ingreso temprano al mundo del trabajo, falta de un proyecto de vida a largo plazo, embarazo precoz (Patagónico, 2011).

## **Método**

La presente investigación es de tipo cuantitativa, debido a que se busca analizar por medio de los estudios previos y actuales los tipos de personalidad en adolescentes que corren peligro de deserción escolar, a través del uso de pruebas psicológica estandarizada (16 PF). El enfoque de tipo cuantitativo, consolida las creencias (formuladas de manera lógica en una teoría o un esquema teórico) y establecer con exactitud patrones de comportamiento que muestren en una población específica (Hernández et al., 2017), como el tipo de personalidad que muestran los adolescentes que se encuentran en riesgo o peligro de deserción.

El estudio es de índole no experimental con un alcance descriptivo; podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios

donde no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que realiza dentro de la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

La función de la medición es detectar cuáles son los tipos de personalidad para la deserción escolar en 112 jóvenes que tienen un alto porcentaje de abandonar los estudios debido a diferentes circunstancias que pueden estar afectando su desarrollo; ya sea académico, de personalidad; lo anterior sin manipular ninguna variable, además de que el aplicador del instrumento acude al lugar escolar de los sujetos. Enfocándose específicamente en la personalidad de los sujetos.

Con base a lo anterior, la investigación tiene un giro descriptivo pues busca describir el entorno psicológico de los sujetos de investigación para relacionarlos con posibles factores de riesgo que comparten los jóvenes de la institución escolar con deserción escolar, que cursan segundo semestre. Además, la investigación es de tipo transversal; ya que se aplicó una vez la medición correspondiente a la muestra conformada por jóvenes de segundo semestre de preparatoria, cuya característica fue presentan riesgo de deserción escolar.

### *Participantes*

La muestra fue de tipo no aleatoria, se seleccionaron 112 jóvenes que reunían características muy concretas, ser del segundo semestre (población total 300 alumnos) de una institución de educación media superior pública, además que al momento de la evaluación contaran con tres materias reprobadas del semestre anterior al inscrito actualmente, asimismo, que tuvieran riesgo de reprobación de otras tres materias en el semestre actual (al momento de su evaluación). Su participación fue voluntaria. Los jóvenes pertenecían a diferentes grupos escolares y especialidades.

### *Instrumentos de medición*

El cuestionario de 16 Factores de la Personalidad (16 FP), es un instrumento diseñado para la investigación de la personalidad en un corto tiempo. El cuestionario se basa en la medición de 16 dimensiones funcionalmente independientes y psicológicamente significativas. Además, mide aspectos importantes del desarrollo psicosocial de la personalidad del adolescente, tanto en sus emociones, como en su percepción e inteligencia.

Esas 16 dimensiones o escalas son esencialmente independientes. Además de los 16 factores principales de la personalidad, el instrumento puede usarse para medir cuatro dimensiones secundarias adicionales, las cuales son rasgos amplios, cuya calificación se obtiene de los componentes de los rasgos primarios (Amador, 1995).

La primordial característica del 16 FP, y que lo distingue de la mayoría de los cuestionarios para adultos, es que está basado firmemente en el concepto de la esfera de la personalidad, un

diseño para asegurar la cobertura de reactivos iniciales para todas las conductas que comúnmente entran en la clasificación y en las descripciones de personalidad.

Así, se ha construido el instrumento no solamente con material factorial, sino que también es parte de la investigación general estructurada sobre personalidad en los datos de clasificación de la vida diaria, pruebas objetivas.

El tiempo de aplicación es aproximadamente de 45 minutos y consta de 187 reactivos de opción A, B y C, con respecto al reactivo. El promedio de confiabilidad de intervalo corto para las Formas A y B es de .80; el de intervalo largo es de .78. La Forma A en particular tiene confiabilidad de .80 en intervalo corto y de .52 en el largo.

Los factores que se evalúan en el cuestionario son: sociabilidad solución de problemas, estabilidad emocional, dominancia, impetuosidad, responsabilidad, empuje, sensibilidad, suspicacia, imaginación, diplomacia, seguridad, rebeldía, individualismo, cumplimiento, tensión.

La calificación del instrumento para la puntuación obtenida del 16 PF se calcula a partir de plantillas, en las cuales se tiene en cuenta el valor de cada uno de los ítems en la predicción del factor que les corresponde, habiendo alrededor de entre diez y catorce por factor, y pasándose dicha puntuación directa a decatipos baremados.

A la hora de analizar los resultados, los pasos generales son observar en primer lugar los estilos de respuesta para observar si los resultados del test son fiables, para posteriormente valorar las dimensiones globales y los decatipos extremos, que sirven como idea general de la situación y perfil del paciente al ser extraídas de las puntuaciones del resto de escalas y, finalmente, analizar e interpretar la puntuación de cada una de las 16 escalas primarias, con la ayuda del propio test y de guías externas.

#### *Procedimiento para la recolección y análisis de los datos*

En primer lugar, se les aplicó el cuestionario 16 PF con una duración de dos horas a los 112 alumnos que se encontraban en riesgo de deserción escolar, en la sala audiovisual de la institución; al analizarse de forma descriptiva, se encontraron los siguientes factores, como ausentismo de clases, reprobación de materias, y bajo rendimiento académico, colocándolos en riesgo de deserción escolar.

Los datos obtenidos en la presente investigación fueron analizados a través del paquete estadístico SPSS versión 26 para Windows a fin de encontrar la estadística descriptiva de los resultados obtenidos.

## Resultados

En la figura 1, se muestran los resultados del factor A, mostraron que el 64% de los alumnos encuestados presentan ser susceptibles a lo que otra persona dicen de ellos, lo cual expresa que son más sensibles a lo que los rodea y sería más frecuente que los cambios bruscos para ellos representen una problemática y los lleve a un límite personal.

En el factor B arrojó que el 42.5 de los alumnos presentan un pensamiento abierto referente al cambio, piensan que de tener posibilidades de mejorar al mundo no lo pensarían, tiene de cierta forma los pies sobre la tierra. Con apertura a resolver los cambios con cabeza fría.

Factor C llamado estabilidad, este factor arrojó como dato significativo al 67.5% de los alumnos les resulta fácil el relacionarse con otros en el caso de una reunión social, también se les facilita trabajar en conjunto.

Factor E dominancia como dato significativo el 54% de los alumnos nos habla sobre que les resulta difícil hablar de sus sentimientos y de la misma forma expresarlos abiertamente, prefieren no tener que hablar sobre ellos. De acuerdo con esto, las habilidades sociales (HS) facilitan las relaciones interpersonales, están íntimamente relacionadas con las emociones, la empatía y la escucha activa (Oliveros, 2018), son conductas útiles para interactuar con los iguales de forma efectiva y satisfactoria

Factor F animación, el 70 % de los alumnos percibe que las dificultades que se puedan presentar en su trabajo buscan reorganizar su tiempo para hacerlos más productivos y reducir los impactos negativos, también como dato relevante se presentan con un carácter muy susceptible.

Factor G atención de normas, el 66 % de los alumnos arrojó que se presentan a sí mismos como personas correctas, buscan realizar sus actos como dicta la sociedad y se consideran personas atrevidas en cuestiones que sean necesarias.

Factor H atrevimiento, el 74.8 % de los alumnos, se muestra como adolescentes seguros de sí mismos, con un razonamiento que con esfuerzo todo se puede lograr, capaces y decididos a lograr lo que deseen por medio razonables, con grandes convicciones.

Factor I sensibilidad, el 64% de los alumnos en este factor presenta a individuos abiertos capaces de reconocer sus errores y de igual manera reconocer los de otros sin importar si generan alguna molestia por eso.

Factor L vigilancia, el 64% de los alumnos en sus contestaciones mencionan que prefieren ser cautos y mantenerse alerta a pensar que todo sucederá de forma positiva siempre.

Factor M abstracción, el 52% de los alumnos consideran que siempre deben de ser justos, tener una repartición equitativa y también, por otro lado, prefieren mantenerse con sus sentimientos guardados, pero otros también consideran que deben expresarlos. Esto coincide con Lozano (2018), quien encontró que los desertores de bajo nivel de rendimiento presentan un nivel de compromiso bajo, el nivel de inadaptación escolar es mediano y el rendimiento escolar es muy bajo.

Factor N privacidad consideran que no deben de tratar que las personas sean como ellos y consideran que las costumbres deben ser reconsideradas.

Factor O aprensión, el 55 % de los alumnos se consideran en su mayoría personas que a pesar de exaltarse o molestar se suelen calmar pronto.

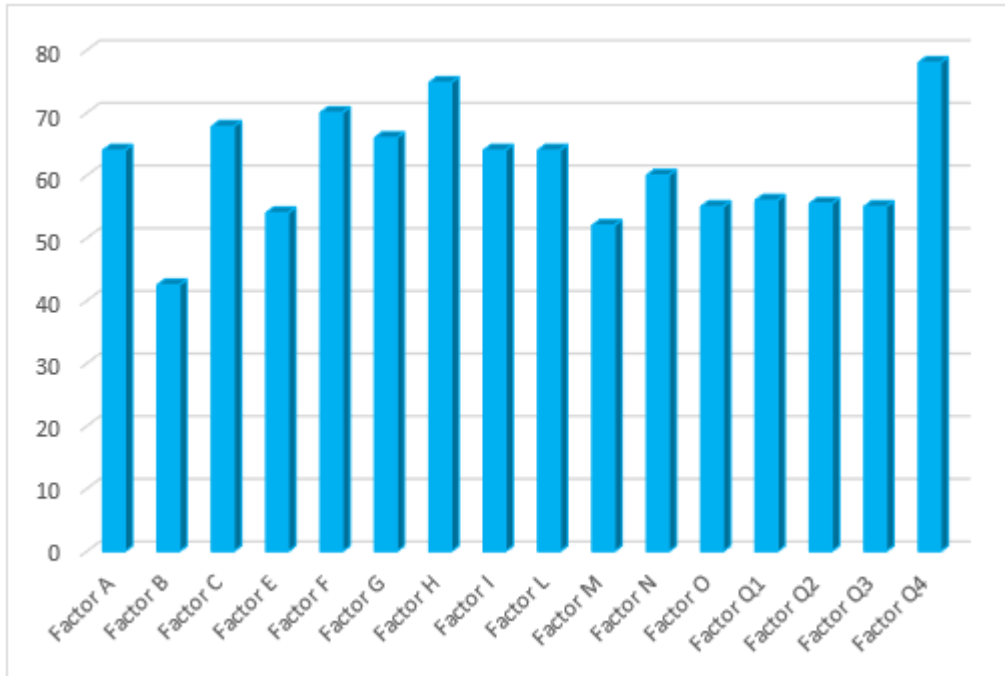
Factor Q1 apertura de cambio, el 56% de los alumnos reconocen que cuando sea posible piensan muy bien lo que dirán y se consideran que pueden molestar por cosas triviales.

Factor Q2 autosuficiencia, el 55.5% de los alumnos se consideran abatidos si a alguien quien les importa los trata mal y prefieren pensar las cosas antes de decirlas para no arrepentirse.

Factor Q3 perfeccionismo, El 55% de los alumnos consideran que su vida no debe ser perfecta mientras ellos sean felices y consideran un éxito medio, ante todo.

Factor Q4 tensión, el 78 % de los alumnos cree que es normal que traten de calmar a otros si se molestan y buscan el bien de todos. En concordancia con Stossel (2014), quien mencionó que el cambio de secundaria al nivel medio superior suele ser uno de los más conflictivos para la persona ya que éste va de la mano con cambios físicos y emocionales característicos de la adolescencia y eso los confunde, el proceso de adaptación suele ser muy fácil para la mayoría pero para otros es muy difícil aceptar que dejen de ser niños para convertirse en jóvenes, por lo que existe inconformidad y miedo a tener más responsabilidades y ser más independientes de los padres y maestros, esto provoca un estado de ansiedad con síntomas de inseguridad, inquietud, miedos, irritabilidad y a veces hasta una baja en las defensas de su organismo, enfermándose con mayor frecuencia, afectándose así las relaciones personales con su familia, compañeros, maestros y las personas que le rodean, lo que causa inestabilidad emocional que les dificulta la adaptación, y las respuestas positivas ante las nuevas demandas, la aceptación de los cambios propios de su edad así como incide en el bajo rendimiento académico.





**Figura 1.** *Porcentajes de los 16 factores primarios del cuestionario de Cattell*

## Conclusiones

Los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento 16 Factores de la personalidad por medio del programa estadístico SPSS versión 26, se encontraron como destacados los datos que a continuación se exponen.

Se encontró que a los adolescentes en bachillerato se les dificulta expresar sus sentimientos/emociones, aunque traten de controlarse pese a ser muy sociables, y directos, se les sigue presentando como un reto el adaptarse a su entorno sociocultural presentado por la comunidad educativa. De igual forma se debe resaltar que presentan una apertura a responder que los cambios se deben esforzar con la cabeza fría. La adaptabilidad a entornos nuevos aparentemente parece no ser un obstáculo, sin embargo, las encuestas revelan que el ambiente escolar les resulta difícil, sobre todo al hablar de sus sentimientos/emociones y de la misma forma expresarlos abiertamente, prefieren no tener que hablar sobre ellos. Dichas habilidades socioemocionales pueden ser aparentemente un obstáculo, también como dato relevante se presentan con un carácter muy susceptible a las críticas.

El 65% de los estudiantes a los que se les aplicó el instrumento les fascinaría trabajar en equipo, resultando contradictorio con encontrar la dificultad de expresar sentimientos y emociones. Situación que es necesaria para un trabajo en equipo, tal como es ser asertivo, convivir, interactuar y laborar con personas de diferentes culturas, necesidades y percepciones. El análisis mostró que al

salir de su ideal se frustran. Y tienden a buscar el aislamiento, por miedo al rechazo o a la crítica, sea real o imaginaria.

Aunque se presentan cautelosos en el momento de expresar sus ideas, lo que habla de un autocontrol ya definido, se sigue manifestando la inestabilidad emocional para manejar sus frustraciones. Ocasionando la imposibilidad de adaptarse tan fácilmente a la etapa de adolescencia. Esto a su vez puede ocasionar que su percepción plasme el resultado de sentir que tiene menos amigos que los demás compañeros. Esto desestabiliza a los adolescentes, teniendo como consecuencia debilidad en sus factores de vinculación, como lo emocional, repercutiendo en lo conductual y lo cognitivo.

El instrumento 16 PF, no está diseñado para detectar específicamente la depresión o la ansiedad, pero si describe factores de la personalidad que pudiera influir o asociarse a estos, tales como no querer ver a nadie, o carecer de interés para relacionarse con alguien, miedo a ser criticados. Las críticas los afectan en diversos modos, aún más cuando viene de sus compañeros adolescentes.

Los resultados mostraron precisamente ser más sensibles a lo que los rodea (homólogos) y sería más frecuente que los cambios bruscos para ellos representen una problemática y los lleve a un límite personal. Quizá este límite es la clave que marca el inicio de un abandono escolar paulatino como la ausencia a clases, no entregar actividades, pérdida de interés en su actividad académica. Esta realidad los agobia.

Asimismo, se identifica que los jóvenes desean comprometerse para lograr un cambio en su sociedad y se consideran personas atrevidas para lograrlo, pero se perciben sin las herramientas necesarias para lograrlo, fruto de la misma idealización de la que hablamos. Se ha hablado que el principal factor de vinculación que puede ser determinante para que se lleve a un punto de deserción es la emocional, más que la conductual o cognitiva. Siendo la principal causa, una autoimagen idealizada, que el enfrentarse con limitaciones y áreas por mejorar, fruto de la medición o comparación con iguales, el adolescente en bachillerato tiende a frustrarse con una realidad que aparentemente lo supera, agobiándolo al punto de aislarse por miedo a las críticas. Este aislamiento los separa del crecimiento progresivo del grupo escolar al que pertenecen aparentemente. Tomando dichas decisiones que lo llevan a un progresivo abandono escolar, que termina en deserción escolar.

## Referencias

Alba, L. (2010). *Salud de la Adolescencia en Colombia: Base para una Medicina de Prevención*. Colombia.

Amador, J. (1995). *Cuestionarios de personalidad de Cattell. 16PF. 5ª Edición*. Manual Moderno. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/21206/1/16PF5.pdf>

- Benítez, L. T. (2014). *La importancia de los espacios escolares en la enseñanza- aprendizaje de los alumnos*. Uma.es. [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/9069/TrujilloBenitez\\_TFG\\_Primeria.pdf](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/9069/TrujilloBenitez_TFG_Primeria.pdf)
- Cloninger, S. (2008). *Teorías de la personalidad*. Pearson educación.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población (2013). *Índice absoluto de marginación 2000-2010*. [http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/IAM\\_00-04.pdf](http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/IAM_00-04.pdf)
- Consejo para la Evaluación de la Educación del Tipo Medio Superior A. C. (COPEEMS). (2012). Reporte de la Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior. México. 2012. [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo\\_6\\_Reporte\\_de\\_la\\_ENDEMS.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo_6_Reporte_de_la_ENDEMS.pdf)
- Córdoba, V. & Martínez, E. (2012). *Reporte de la encuesta nacional de deserción en la educación media superior. de Secretaría de Educación Pública*. [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo\\_6\\_Reporte\\_de\\_la\\_ENDEMS.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10787/1/images/Anexo_6_Reporte_de_la_ENDEMS.pdf)
- Deval, J. (2001). *El desarrollo humano*. Siglo XXI.
- DOF - *Diario Oficial de la Federación*. (2022). Gob.mx. Recuperado el 9 de junio de 2023, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5663344&fecha=02/09/2022](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5663344&fecha=02/09/2022)
- Dzay, N. (2012). *La deserción escolar desde la perspectiva estudiantil*. La editorial manda.
- Escolar, P. C. C. (2008). *Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos*. Gob.mx. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/731/principales\\_cifras\\_2007\\_2008.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/731/principales_cifras_2007_2008.pdf)
- Feldman, R. (2007). *Desarrollo Psicológico*. (1ª ed.). Pearson Educación.
- González, J. D. T., Correa, D. A., & García, L. A. G. (2015). Causas y consecuencias de la deserción y repitencia escolar: una visión general en el contexto latinoamericano. *Cultura, educación y sociedad*, 6(2), 157-187.
- González, M. (2014). *Deserción Escolar en la Educación Media Superior en México*.
- Guzmán, R. (1998). *Carpeta de orientación Educativa*. (2ª ed.). Edére.
- Heredia, V. (2020). *Deserción escolar en México: Un reto a vencer*. <https://www.ual.edu.mx/blog/desercion-escolar-en-mexico-un-reto-a-vencer>
- Hernández, S., Fernández, C. & Baptista, L. (2003). *Metodología de la Investigación*. (3ª ed.). McGraw-Hill Interamericana
- Lozano, I (2018) *Desigualdad y abandono escolar en el nivel medio superior*. UAMCEH. 3er congreso internacional sobre Desigualdad Social, Educativa y Precarización en el Siglo XXI. <https://www.eumed.net/actas/18/desigualdad/28-desigualdad-y-abandono-escolar-en-el-nivel-medio-superior.pdf>
- Oliveros, V (2018) La inteligencia emocional desde la perspectiva de Rafael Bisquerra. *Revista de investigación*, 42(93). <https://www.redalyc.org/journal/3761/376157736006/html/>

- Papalia, E (2010). *Desarrollo humano*. México. McGraw Interamericana, Ed. 8. Pág
- Patagónico, D. P. P. (2011). Deserción escolar en la argentina. <https://www.copa.qc.ca/eng/committees/Education-Culture/documents/PRES-Munoz-Abandon-Scolaire-e.pdf>
- Reporte de la Encuesta Nacional de Deserción en la Educación Media Superior (2012). Gob.mx. <http://www.decidetusestudios.sep.gob.mx/recursos/docs/ReporteEncuestaNacionalDesercionEMS.pdf>
- Rodríguez, H. (2014). Ambientes de aprendizaje. Universidad Autónoma del Estado <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/huejutla/n4/e1.html>
- Roman, C. M. (2013). *El alumno ante la escuela y su propio aprendizaje*. REICE. Revista Iberoamericana sobre. Redalyc.org. Recuperado el 10 de junio de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/551/55127024002.pdf>
- Rosalva, R.-R., Luis, G.-C. J. *La Deserción Escolar En El Bachillerato: Caso, P.-O. M. A. C. Y. C.* (2014). Ra Ximhai. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46132134004.pdf>
- Ruiz-Ramírez, R, Pérez-Olvera, M. *Causas y consecuencias de la deserción escolar en el bachillerato: caso Universidad Autónoma de Sinaloa* Ra Ximhai, vol. 10, núm. 5, julio-diciembre, pp. 51-74 Universidad Autónoma Indígena de México.
- Stossel, S. (2014). *Ansiedad Miedo, esperanza y la búsqueda de la paz interior*. Planeta.
- Tarabini, A., Curran, M., Montes, A., & Parcerisa, L. (2015). *La vinculación escolar como antídoto del abandono escolar prematuro: Explorando el papel del habitus institucional*. Profesorado (Granada), 39897. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/39897>

## Capítulo 11

### Estudio comparativo por género de alimentación emocional en estudiantes universitarios de Psicología

Ricardo Sandoval Domínguez

Nadia Lourdes Chan Barocio

Juan Carlos Manríquez Betanzos

Sonia Beatriz Echeverría Castro

#### Resumen

Es importante el papel que juegan los estados de ánimo con concordancia a la manera en que se nutren los individuos y que, en el área de las ciencias sociales, característicamente en psicología, ha sido distinguida como la conjetura de la ingesta emocional, la cual sustenta que los estados emocionales y de ánimo consiguen mediar el comportamiento alimentario, y a su vez la alimentación logra cambiar las emociones y estados de ánimo de los individuos (Hun, et al., 2019). Las emociones tienen un fuerte impacto sobre la selección de alimentos y sobre los hábitos alimentarios. En realidad, lo que afecta a las personas no son las emociones en sí mismas, sino la forma de afrontarlas. Y cuando la persona está impedida de llevar a cabo estrategias de afrontamiento adecuadas surgen problemas que afectan, entre otros, a los hábitos alimentarios (Báez, 2022). El objetivo de esta investigación fue describir aspectos de la alimentación emocional de los estudiantes universitarios de psicología. Este estudio fue de tipo cuantitativo descriptivo comparativo y trasversal (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). Los sujetos encuestados fueron seleccionados de manera no probabilística por conveniencia (Pérez, 2008) los cuales radican en Ciudad Obregón, Sonora y participaron de manera voluntaria siendo en total 300 estudiantes universitarios de la carrera de Psicología. Los datos muestran que algunos de los estudiantes si presentan dificultades al momento de consumir más alimentos cuando se les presenta algún problema, También algunos mencionan que cuando van a fiestas tienden a aumentar las cantidades de comidas que consumen descuidando su alimentación y se preocupan poco por su alimentación. En cuanto a las diferencias por género no se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres solo en el reactivo cuando voy a fiestas es común que coma más de lo normal siendo los hombres con la puntuación más alta.

Palabras clave: Alimentación emocional, estudiantes, *género*

#### Introducción

En los últimos años se ha observado un incremento en la preocupación derivada de los problemas

de alimentación en los jóvenes y adolescentes, sobre todo en como esto se relaciona con los altos índices de sobrepeso, obesidad y enfermedades relacionadas, así como también las consecuencias dañinas en las áreas físicas, psicológicas y sociales de las personas. La etapa universitaria suele ser el tiempo en el que los alumnos tienen por primera vez la responsabilidad de su alimentación, por lo que es una etapa crítica en los hábitos de alimentación que tendrán en edades posteriores (Schnettler, et al., 2013).

La alimentación de la población estudiantil de universidad ha cambiado desde los últimos 30 años hasta la actualidad. Estudios anteriores elaborados han puesto en convencimiento la coexistencia de costumbres alimenticias incorrectas, representados por exceptuar comidas, punzar entre horas, acudir frecuentemente a la comida rápida, comer en la calle alimentos muy procesados con alto contenido de grosura atiborradas, dulces y/o sodio y seguir una alimentación poco diversificada. A todo esto, socorre la inexperiencia de las recomendaciones dietéticas existentes para mantener una dieta alimentaria saludable y variada (Del Piero et al., 2015).

Las universidades no obligatoriamente componen un establecimiento iniciador de la salud donde se beneficie un esquema de alimentación sana y balanceada. Por lo contradictorio, han sido reportadas como lugares donde la dieta de calidad insuficiente domina un rol predominante. Esto significa que pertenecer a un contexto universitario ha sido congruente con pautas de nutrición no saludables, donde, por ejemplo, la inestabilidad horaria establece un acrecentamiento de las comidas fuera del hogar, alcanzando un 46,9% de la ingesta total y caracterizada por un consumo predominante de dulces, refrescos y alimentos cárnicos, con un consumo considerablemente bajo de frutas y verduras y descomunal de grasas saturadas (Salazar, et al., 2015; Lanaj, et al., 2018)

Es común en los estudiantes de universidad saltarse comidas o desarrollar horarios irregulares para consumir sus alimentos, por lo que existe el peligro de sufrir deficiencias en algunos de los nutrientes esenciales, desarrollar algún trastorno de conducta alimentaria o padecer de sobrepeso y obesidad. Los inadecuados hábitos de alimentación que pueden desarrollar los estudiantes en esta etapa en su mayoría son los que se mantienen a lo largo de la edad adulta y son considerados como factores de riesgo para la morbilidad y mortalidad de los adultos jóvenes, intermedios y tardíos (Lapo, et al., 2019).

Durante la adultez temprana, prácticas de una alimentación saludable es una acción que contiene y en ocasiones puede distinguirse eliminada por otras como los tiempos en los que estudian o de trabajo, los viajes, las salidas a comer y la indagación de nuevas relaciones y vínculos comunitarios. Además, el momento nutricional de una persona puede verse convertido durante el transcurso vital por elementos funcionales, generales, culturales y monetarios, que son variables a lo largo de su camino por los años en la escuela: desde la educación básica, superior y su posterior

ingreso a la vida laboral, desplazando la jerarquía de una apropiada nutrición (Becerra-Bulla, et al., 2015).

Es importante mencionar el papel que desempeñan los estados de ánimo con relación a la manera en que se nutren los individuos y que, en el campo de las ciencias sociales, especialmente en psicología, ha sido distinguida como la conjetura de la ingesta emocional, la cual sustenta que los cambios emocionales y de ánimo consiguen ser capaz de afectar el comportamiento alimentario, y a su vez la alimentación puede modificar las emociones y estados de ánimo de los individuos (Hun, et al., 2019).

Por lo que este estudio busca conocer brindar información con datos descriptivos que reflejen un panorama de la alimentación emocional de los jóvenes universitarios, para que estos datos puedan servir como una guía que oriente a las futuras intervenciones que se realizarán en busca de la mejora de la alimentación de esta población. Además, el estudio de la alimentación emocional en México es escaso y son pocos los instrumentos válidos y confiables que pueden medir esta variable (Rojas y García, 2017).

La alimentación emocional se ha definido como comer en respuesta a una serie de emociones negativas, como la ansiedad, la tristeza o la soledad, y se ha asociado con aumento de peso. La relación entre la alimentación y las emociones negativas ha sido ampliamente estudiada y está bien establecida que tienden a aumentar el consumo de alimentos (Lazarevich, et al., 2015). Esta variable será profundizada y descrita en el siguiente apartado con una revisión de los estudios que se han realizado en México y otros países.

Van Strien (2018), dado que la certeza que defiende que en los educandos universitarios coexiste peligro de sufrir diferentes patologías relacionadas con la ingesta de alimentos, y que se ha evidenciado la correlación entre las variaciones del dispendio de alimentos en función de las emociones y otras variables, como obesidad, autoeficacia, depresión, ansiedad y estrés se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo es la alimentación emocional de los estudiantes universitarios de psicología?

## **Objetivo**

Describir aspectos de la alimentación emocional de los estudiantes universitarios de psicología, mediante la aplicación de un cuestionario que identifique las problemáticas que podrían presentarse en los alumnos.

## **Fundamentación teórica**

Alimentarse es un proceso funcional, fundamental y necesario para la persistencia del sujeto en su hábitat, necesario a partir épocas remotas. Esta acción por resultado del perfeccionamiento de

la condición de recapacitar, apreciar y proceder del hombre ha relajado su forma única de mostrar mediante la apetencia orgánica que se da en tres itinerarios (Mañana, tarde y noche), sino que hay componentes como el emocional que es similar de trascendente que la conducta alimentaria e incluso puede incitar variaciones en la misma (Barcia, et al., 2019).

Las emociones tienen un fuerte impacto sobre la selección de suministros y sobre las costumbres alimenticias. En realidad, lo que afecta a las personas no son las emociones en sí mismas, sino la forma de afrontarlas. Y cuando la persona está impedida de realizar estrategias de afrontamiento convenientes brotan dificultades que afectan, entre otros, a los hábitos alimentarios (Báez, 2022).

La alimentación emocional es la acción de comer sin tener hambre fisiológica, esto como contradicción ante acontecimientos que son apreciados como positivos o negativos cuyo propósito es poder revolverse, habitual, impedir o bien mejorar la costumbre emocional que implican. A veces, los alimentos funcionan como la protección o salida de incidentes significativos en la vida de las personas (Rojas y García-Méndez, 2017).

Cecchetto et al. (2021) señalan que la alimentación emocional tuvo un acrecentamiento simultáneamente con los índices de depresión y ansiedad, lo que involucra una decadencia de la calidad de vida. Su investigación destaca que a medida que el estrés creció, también las saciedades y la elección de suministros no sanos, consumando que los datos manifiestan certeza de los efectos negativos que el retraimiento y el encierro causan en el bienestar emocional y, a su vez, en la alimentación.

Los sujetos que presentan predisposición a comer de forma emocional responden con un aumento de la ingesta cuando perciben una emoción intensa y no una disminución o supresión de la sensación de hambre, que sería lo esperado biológicamente. La alimentación emocional también se ha relacionado con la visión del trastorno de empachos, la bulimia y la anorexia nerviosa en etapas futuras (Cebolla, et al., 2014).

El concepto de comer externo describe un acrecentamiento de la ingesta alimentaria, especialmente de suministros aceitosos o dulces, en réplica a las indicaciones externas de dichas provisiones: es decir, la apreciación sensorial (como el olfato o la vista) es lo que intervendría en la ingesta. En la población universitaria se ha demostrado que existe correlación entre el comer externo y el síndrome del comedor nocturno, particularmente en los estudiantes que se levantan a estudiar en las primeras horas del día o en la madrugada o muy noche, donde tienden a ingerir alimentos de tipo “snack” (Sánchez, et al., 2020).

La alimentación emocional se supone como un factor de riesgo para los trastornos alimen-



tarios y un colaborador significativo a la obesidad y los problemas de salud asociados. Se ha mencionado que el aburrimiento puede favorecer de manera significativa a comer en exceso, pero ha recibido relativamente poca atención (Crockett, et al., 2015).

En un estudio se reportó que más de la mitad el 65,14% de los estudiantes son comedores emocionales. Sin embargo, existe poca diferencia en cuanto al género, ya que el 51,6% son de sexo masculino y el 48,4% son de sexo femenino. En este sentido, se podría afirmar que habitualmente en igual medida las mujeres y los varones han sido influenciados por sus emociones y esto pudo haber trascendido en su ingesta alimentaria (Báez, 2022).

Anger y Katz (2015) En una investigación de tipo descriptivo y de corte transversal, se aplicó una encuesta ordenada auto aplicada a 481 pacientes mayores Argentinos que acudieron a consulta por primera vez en una institución privada de alimentación en el que se encontró que quienes ingieren más sus suministros en circunstancias de angustia o disgusto ostentaban valoraciones más altas en su IMC, por lo que se puede afirmar que el dispendio de los comestibles está relacionado con estas emociones.

Los alumnos proyectan que según la dimensión valoración de la alimentación actual, un 45% constaría satisfecho con su nutrición, y el 14% de estudiantes lo cuelga a vivir con los padres, que les consentiría conservar una nutrición balanceada y más completa. Por el contradictorio, el 55% dice no sentirse orgulloso con su alimentación, a lo que ciertos escolares exteriorizan que se debe a la falta de tiempo por salvar con la carga académica y los horarios de sus clases. Respecto a lo que hace feliz al comer a los estudiantes, se equiparan tres subcategorías no excluyentes entre sí. primeramente, señalan que la comida esté rica 50%, continuado con cooperar al instante de la ingesta de alimentos 45% con familia y amistades, y, posteriormente, compensar el apetito 27% (Denegri, et al., 2014).

Los resultados de un trabajo realizado con educandos universitarios de Ecuador indican que los participantes tienen una mayor complacencia a la hora de comer alimentos preparados y concebidos por ellos mismos, también, dichos hallazgos revelan que la edad es un elemento claramente responsable a la hora de fijar el nivel de compromiso alimentario, es decir, mientras más maduro sea el alumno, mayor será su favoritismo por acomodar y planear su nutrición. Pese a que los estudiantes hallan una mayor complacencia al preparar su propio alimento, escogen no hacerlo, esto se debe a que el gusto por la cocina en jóvenes es realmente bajo. Así que, un nivel alto de responsabilidad alimentaria se vuelve a una educada ganancia de costumbres alimenticias a través del tiempo (Lapo, et al., 2019).

Al verificar el instrumento de restricción alimentaria se puede equiparar que esta condición de ingesta concretó en segundo lugar, por detrás del comer externo. Esto conjetura que el hecho de

calcular y reducir el total y el tipo de suministros comidos con el objetivo de mantener o disminuir el peso corporal es una preocupación presente en la muestra estudiada, tanto en hombres como en mujeres. Es trascendente recalcar que las emociones negativas (ánimo bajo, desconfianza, fastidio, síntomas depresivos, etc.) podrían reducir el dispendio de provisiones de forma funcional (Sánchez, et al., 2014).

Gran parte de las mujeres se auto percibe en la categoría de comedor emocional 43%, mientras que la mayoría de los varones lo hizo como poco emocional 50% observándose diferencias significativas entre ambos sexos  $p = .000$ . Existieron pocos casos de comedores muy emocionales y fueron idénticos al revisar las proporciones por sexo. Por lo que se firma que las mujeres son más propensas a que sus emociones las oriente a comer más y así llegar a ser comedoras emocionales (Torresani, et al., 2018).

Los hallazgos de una investigación realizada en México durante la pandemia de COVID-19 al comparar la media de las puntuaciones divididas por género se encontró que los varones fueron los que tenían la puntuación más alta de afecto positivo que las mujeres, para el efecto negativo las mujeres fueron las que presentaron puntuaciones más altas que los hombres (Rojas-Vichique, et al., 2020).

Las emociones tienen una fuerte relación sobre las prácticas alimenticias y la elección de suministros. Se ha identificado que damas sentimentales a la depresión podrían comer más alimentos como comidas rápidas, fritas y azucaradas, para afrontar estados de ánimo negativos (Sánchez y Pontes, 2012; Lazarevich, et al., 2018).

En un estudio se obtuvo que a ascendentes niveles de sensibilidad negativa existe mayor representación de angustia por la comida. De igual forma que a menor representación de sensibilidad positiva coexiste mayor presencia de comportamientos descontrolados hacia la comida. En cuanto a la regulación emocional, se encontró que a mayor rutina de la habilidad de reevaluación cognitiva se corresponde con ascendentes conductas de alimentación deleitable. Finalmente se encontró que la estrategia de alejamiento emocional se relaciona con los comportamientos ansiosos hacia la comida y que las mujeres tienen una mayor predisposición a las conductas ansiosas por la comida (Herrera, 2019).

En otra investigación se encontró que los participantes tienen emociones negativas al momento de ingerir alimentos, siendo el remordimiento, la culpa entre las más destacadas. También mencionaron que cuando se atragantan de comida sienten tristeza y depresión, enojo, un sentimiento de vacío. Por lo que se puede afirmar que las personas que hacen atracones de comida tienen deficiencias para regular sus emociones y presentan vulnerabilidad emocional (Whiteside et al, 2007).

Berrosipi (2020) menciona que existe importancia de los adecuados hábitos alimentarios como un factor que influye positivamente en el aprendizaje y la percepción de bienestar de los alumnos universitarios, y por otro lado se resalta que los trastornos de ansiedad son consecuencia de los inadecuados hábitos alimenticios.

Diferentes estudios realizados confirman que las emociones negativas referidas a la forma o apariencia corporal influyen en el desarrollo de atracones. Si estos estados internos desagradables van acompañados de una actitud constante de autocrítica, entonces aumenta la gravedad de los atracones (Dakanalis et al., 2015; Lucena-Santos, Carvalho, da Silva Oliveira, & Pinto-Gouveia, 2017).

Todos estos estudios revisados sintetizan el panorama actual de la investigación sobre la alimentación emocional en los estudiantes universitarios, resaltando como las emociones tanto positivas y negativas tienen una relación en diferentes áreas de los alumnos como en su rendimiento escolar, imagen corporal, salud, trastornos alimenticios, entre otros, y también como afectan al momento de ingerir más cantidades de comida chatarra o afectan los hábitos alimenticios, los cuales pueden ser saludables o no saludables dependiendo de las emociones que estén experimentando las personas.

## **Método**

Este estudio fue de tipo cuantitativo descriptivo comparativo y transversal (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

### *Participantes*

Los sujetos encuestados fueron seleccionados de manera no probabilística por conveniencia (Pérez, 2008) los cuales radican en Ciudad Obregón, Sonora y participaron de manera voluntaria siendo en total 300 estudiantes universitarios de la carrera de Psicología de los cuales 189 (63%) eran mujeres y 111 (37%) hombres, 156 (52%) mencionaron que trabajan y 144 (48%) no trabajan, el 84% la mayoría de los estudiantes oscilaban entre las edades de 18-28 años y el 14% superaba los 29 o más años y 237 (79%) son solteros y 63 (21%) casados.

### *Instrumento*

El instrumento utilizado fue la escala de alimentación emocional la cual consta de 36 reactivos tipo Likert y cuenta con cinco dimensiones las cuales son emoción, familia, indiferencia, cultura, efecto del alimento, tiene dimensiones como comer ante problemas, ante situaciones agobiantes, para soportar el enojo, comer es un placer en familia, la comida es sagrada, en familia es muy importante, etc. La escala presenta propiedades psicométricas aceptables como una varianza total explicada

de 56.88% y un Alpha de Cronbach de .93, además los índices de bondad de ajuste adecuados: CFI=.901, IFI=.901, NFI=.865 y RMSA=.055 (Rojas y García, 2017).

### *Procedimiento*

Primero se realizó una revisión del estado del arte identificando aquellas investigaciones que abordaron el tema de la alimentación emocional en todo el mundo mediante, artículos y reportes de investigación, libros, ponencias y escritos relacionados con el tema. Se eligió el instrumento de medición, para utilizar, se solicitó el permiso a la escuela participante, los investigadores conversaron con la responsable de programa y ella estuvo de acuerdo con la realización del estudio. A la postre se asistió con los docentes de los diferentes semestres de la institución educativa y posteriormente con los estudiantes quienes estuvieron de acuerdo en participar y así aplicar el cuestionario de forma auto administrado. Una vez obtenidos los datos se elaboró el fichero y se realizaron los análisis en el paquete estadístico SPSS versión 23 y finalmente se hicieron las conclusiones y se cumplieron los objetivos planteados.

### *Análisis de datos*

Con los datos obtenidos se elaborará una base de datos en el Statistical Package Social Sciences SPSS versión 23 para realizar análisis descriptivos (porcentajes, medias, desviación estándar) e inferenciales (pruebas de t de Student).

### **Resultados**

Se presentan los resultados de las respuestas de los participantes, los cuales serán con tablas de frecuencia, porcentajes que reflejan como son algunos aspectos de la alimentación emocional de los estudiantes utilizando la muestra total, y también medias, desviación estándar y prueba t de Student para realizar comparaciones entre los géneros.

El 32.3% de los participantes mencionó estar totalmente en desacuerdo con que cuando tiene problemas ingiere más comida de los normal, mientras que el 28.7% considera estar totalmente de acuerdo y el 16.7 en desacuerdo.

**Tabla 1***Cuando tengo problemas ingiero más comida de lo normal.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo.	97	32.3	32.3	32.3
	En desacuerdo.	50	16.7	16.7	49.0
	Indeciso.	41	13.7	13.7	62.7
	De acuerdo.	26	8.7	8.7	71.3
	Totalmente de acuerdo.	86	28.7	28.7	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

El 33.7% de los estudiantes indicó que presta poca atención al contenido nutricional de lo que se come, mientras que el 36% está totalmente de acuerdo y el 15.7% mencionó estar totalmente en desacuerdo.

**Tabla 2***Pongo poca atención en el contenido nutricional de lo que como.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo.	47	15.7	15.7	15.7
	En desacuerdo.	28	9.3	9.3	25.0
	Indeciso.	101	33.7	33.7	58.7
	De acuerdo.	16	5.3	5.3	64.0
	Totalmente de acuerdo.	108	36.0	36.0	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

Se encontró que el 32% de los alumnos se preocupa poco por su alimentación, el 20% se mostró indeciso con esta cuestión y el 19.3% indicó estar totalmente en desacuerdo.

**Tabla 3***Me preocupo poco por mi alimentación.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo.	58	19.3	19.3	19.3
	En desacuerdo.	46	15.3	15.3	34.7
	Indeciso.	60	20.0	20.0	54.7
	De acuerdo.	40	13.3	13.3	68.0
	Totalmente de acuerdo.	96	32.0	32.0	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

El 31.3% de los participantes respondió que está totalmente de acuerdo con que es común que estando en fiestas coma más de lo normal, el 29% está totalmente en desacuerdo y el 15.3% en desacuerdo.

**Tabla 4**

*Es común que estando en fiestas coma más de lo normal.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo.	87	29.0	29.0	29.0
	En desacuerdo.	46	15.3	15.3	44.3
	Indeciso.	33	11.0	11.0	55.3
	De acuerdo.	40	13.3	13.3	68.7
	Totalmente de acuerdo.	94	31.3	31.3	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

El 40% de los sujetos encuestados contestó que está totalmente en desacuerdo con que utiliza la comida como una forma de consuelo, el 16.7% en desacuerdo y el 13.3% indicó estar totalmente de acuerdo.

**Tabla 5**

*Utilizo la comida como una forma de consuelo.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Totalmente en desacuerdo.	120	40.0	40.0	40.0
	En desacuerdo.	50	16.7	16.7	56.7
	Indeciso.	41	13.7	13.7	70.3
	De acuerdo.	49	16.3	16.3	86.7
	Totalmente de acuerdo.	40	13.3	13.3	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

El 34.3% indicó que ante situaciones agobiantes pasa todo el día comiendo, mientras que el 26.0% está en desacuerdo y el 18.7% está totalmente de acuerdo.

**Tabla 6**

*Ante situaciones agobiantes paso todo el día comiendo.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
--	--	------------	------------	-------------------	----------------------

Válido	Totalmente en desacuerdo.	103	34.3	34.3	34.3
	En desacuerdo.	78	26.0	26.0	60.3
	Indeciso.	25	8.3	8.3	68.7
	De acuerdo.	38	12.7	12.7	81.3
	Totalmente de acuerdo.	56	18.7	18.7	100.0
	Total	300	100.0	100.0	

Se encontró que las puntuaciones medias de los participantes se encuentran entre 2.40 y 3.43 mostrando que los hombres son los que cuando tiene problemas ingieren más comida, es común que coman de más en las fiestas, utilicen la comida como una forma de consuelo y ante situaciones agobiantes pasan todo el día comiendo. Mientras que las mujeres obtuvieron mayores puntuaciones en que ponen poca atención al contenido nutricional de lo que comen, se preocupan poco por su alimentación. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas ya que solo en el reactivo es común que estando en fiestas coma más de lo normal se presentó una diferencia estadísticamente significativa.

**Tabla 7**

*Comparación por género de las puntuaciones medias y t de Student*

	Sexo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Puntuación t	Sig.
Cuando tengo problemas ingiero más comida de lo normal.	Mujer	189	2.79	1.633	.119	-.805	.422
	Hombre	111	2.95	1.645	.156	-.803	.423
Pongo poca atención en el contenido nutricional de lo que como.	Mujer	189	3.40	1.443	.105	.554	.580
	Hombre	111	3.31	1.451	.138	.553	.581
Me preocupo poco por mi alimentación.	Mujer	189	3.34	1.470	.107	1.57	.116
	Hombre	111	3.05	1.577	.150	1.54	.123
Es común que estando en fiestas coma más de lo normal.	Mujer	189	2.87	1.599	.116	-2.12	.035
	Hombre	111	3.29	1.697	.161	-2.09	.038
Utilizo la comida como una forma de consuelo.	Mujer	189	2.43	1.495	.109	-.53	.596
	Hombre	111	2.52	1.451	.138	-.53	.593

Ante situaciones agobiantes paso todo el día comiendo.	Mujer	189	2.52	1.482	.108	-.51	.606
	Hombre	111	2.61	1.591	.151	-.50	.613

## Discusión

Diferentes estudios han demostrado los efectos que presentan las emociones en la conducta alimenticia, modificando de esta forma qué alimentos eligen las personas, la cantidad y la frecuencia de las comidas. Esto puede llegar a ser una manera de afrontar las diferentes emociones, que orienta a adquirir inadecuados hábitos saludables, como atracones, conducta que es característica de las personas que padecen algún trastorno de alimentaciones el cual impacta negativamente en la salud (Dressl, et al., 2019).

El objetivo de este estudio fue describir aspectos de la alimentación emocional de los estudiantes universitarios de psicología, el cual se cumplió con la realización de esta investigación al obtener datos descriptivos que pueden mostrar cómo es la alimentación emocional de los estudiantes identificando que algunos de ellos si presentan dificultades al momento de consumir más alimentos cuando se les presenta algún problema lo cual concuerda con los estudios previamente realizados (Cebolla, et al., 2014; Báez, 2022).

También algunos de ellos mencionan que cuando van a fiestas o convivios tienden a aumentar las cantidades de comidas que consumen descuidando su alimentación y se preocupan poco por su alimentación de igual forma esto concuerda con los estudios que se revisaron previamente por lo que se puede afirmar que durante mucho tiempo y en diferentes generaciones el descuido de la alimentación en los jóvenes es recurrente (Denegri, et al., 2014).

En cuanto a las diferencias por género no se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres solo en el reactivo cuando voy a fiestas es común que coma más de lo normal siendo los hombres con la puntuación media más alta. Los resultados son similares a algunos estudios realizados que confirman las diferencias por género (Sánchez, et al., 2014; Rojas-Vichique, et al., 2020).

Después de realizar este estudio surge la necesidad de identificar en las diferentes carreras y en otras muestras con estudiantes aspectos de su alimentación emocional ya que si bien muchos de los estudiantes reportan no tener problemas con cuidar sus hábitos de alimentación, también otra parte presenta problemas con ingerir alimentos chatarra en los momentos en los que se sienten



estresados, tristes o cansados y se conoce que en la edad universitaria los individuos pasan por momentos de estrés muy altos en donde tienen que entregar trabajos, actividades o proyectos finales y en estos momentos es cuando descuidan su alimentación.

## Conclusión

Otros aspectos que se pudieran comparar en las futuras investigaciones es sobre algunas diferencias que tienen los estudiantes ya que algunos trabajan, otros son foráneos, unos viven con sus padres, tienen hijos, edad, entre otras ya que estas variables tienen a tener una influencia positiva o negativa en la alimentación de los alumnos debido a que muchas veces por la falta de tiempo para preparar los alimentos o por los cambios que están presentando en esta etapa tienen a descuidar la alimentación (Denegri, et al., 2014).

Y por último surge la necesidad de realizar intervenciones orientadas a brindar información sobre los datos que se tienen acerca de la alimentación emocional de los jóvenes y dar a conocer las estrategias que pudieran utilizar en caso de que estén padeciendo un problema de alimentación y así evitar problemas futuros relacionados con los trastornos de alimentación o con el sobrepeso y obesidad.

## Referencias

- Anger, V, Katz, M. (2015). Relación entre IMC, emociones percibidas, estilo de ingesta y preferencias gustativas en una población de adultos. *Actualización en Nutrición*, 16(1), 31-36. [http://www.revistasan.org.ar/pdf\\_files/trabajos/vol\\_16/num\\_1/RSAN\\_16\\_1\\_31.pdf](http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_31.pdf)
- Báez, C. (2022). Hábitos alimentarios e ingesta emocional de estudiantes universitarios, durante la pandemia Covid-19. FP-UNA, 2020. *Revista INTERFAZ*, 1(1), 33-46. <https://doi.org/10.57201/interfaz.2022.1.1.33>
- Barcia, M., Pico, L., Murillo, R., y Vélez, D. (2019): “Las emociones y su impacto en la alimentación”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* [Online]. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/07/emociones-alimentacion.html/hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1907emociones-alimentacion>
- Becerra-Bulla, F., Pinzón-Villate, G., y Vargas-Zárate, M. (2015). Prácticas alimentarias de un grupo de estudiantes universitarios y las dificultades percibidas para realizar una alimentación saludable. 63(3), 457-463. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v63n3.48516>
- Berrosipi, R. (2020). Problemas de concentración como consecuencia de los malos hábitos alimentarios en estudiantes de 18 a 22 años de la carrera Psicología de una universidad particular en Lima. <https://acortar.link/IKZOrk>
- Cebolla, A, Barrada J., van Strien T, Oliver, E, Baños, R. (2014). Validation of the Dutch Eating Behavior Questionnaire (DEBQ) in a sample of Spanish women. *Appetite* 73:58-64. DOI:10.1016/j.appet.2013.10.014

- Cecchetto, C., Aiello, M., Gentili, C., Ionta, S. y Adelaide, S. (2021). Increased emotional eating during COVID-19 associated with lockdown, psychological and social distress. *Appetite*, 160, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105122>
- Dakanalis, A., Carrà, G., Timko, A., Volpato, C., Pla-Sanjuanelo, J., Zanetti, A., Clerici, M., y Riva, G. (2015). Mechanisms of influence of body checking on binge eating- *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 15(2), 93-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijchp.2015.03.003>
- Del Piero, A., Bassett, N., Rossi, A., y Samman, N. (2015). Trends in food consumption of university students. *Nutrición Hospitalaria*, 31(4), <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8361>
- Denegri, M., García, C., González, N., Orellana, L., Sepúlveda, J., y Schnettler, B. (2014). Bienestar Subjetivo y Satisfacción con la Alimentación en estudiantes universitarios Un estudio cualitativo. *Summa Psicológica*, 11(1), 51-63. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4808690>
- Dressl, N., Balzaretto, M., Barrosela, V., Deluchi, D., Rioja, M., y Torresani, M. (2019). Factores influyentes en la alimentación emocional y el riesgo de trastornos de la conducta alimentaria en mujeres adultas. *Revista Nutrición Investiga*, [http://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/19b/ncl/860\\_c.pdf](http://escuelanutricion.fmed.uba.ar/revistani/pdf/19b/ncl/860_c.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. 4ta edición. México: Mc Graw-Hill.
- Herrera, D. (2019). Ansiedad por la comida, regulación emocional y afectividad en universitarios. [Tesis Licenciatura]. Universidad Católica del Perú.
- Hun, N., Urzúa, A., López-Espinoza, A., Escobar, N., y Leyva, J. (2019). Comportamiento alimentario y bienestar psicológico en población universitaria en el norte de Chile. *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 69(4), 202-208. Doi 10.37527.2019.69.4.001
- Lanaj E, Ádány R, Lachat C, D'Haese. Examining food intake and eating out of home patterns among university students. *PLoS ONE* 2018; 13(10): 1-14.
- Lapo, M., Aguirre, R., Garzón, D., Xu, P., y Benítez, B. (2019). Evaluación de los hábitos alimentarios de los jóvenes universitarios de la ciudad de Guayaquil. *Revista Empresarial*, 13(2), 2-20. : <https://doi.org/10.23878/empr.v13i2.161>
- Lazarevich I, Irigoyen-Camacho M., Velázquez-alva M., Flores N., Nájera, O., y Zepeda. M. (2018). Depression and food consumption in Mexican college. Students. *Nutrición Hospitalaria*, 35(1). 620-26. <https://doi.org/10.20960/nh.1500>
- Lazarevich, I., Irigoyen-Camacho, M., Velázquez-Alva, M., y Salinas-Ávila, J. (2015). Psychometric characteristics of the Eating and Appraisal Due to Emotions and Stress Questionnaire and obesity in Mexican university students. *Nutrición Hospitalaria*, 31(6), 3437-2444. DOI:10.3305/nh.2015.31.6.8960

- Lucena-Santos, P., Carvalho, S., Da Silva Oliveira, M., y Pinto-Gouveia, J. (2017). Body-Image Acceptance and Action Questionnaire: Its deleterious influence on binge eating and psychometric validation. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 17(2), 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2017.03.001>
- Pérez, H. (2008). *Estadística para las ciencias sociales del comportamiento y de la salud*. 3ra edición. México: CENGAGE Learning.
- Rojas, A., y García-Méndez, M. (2017). Construcción de una Escala de Alimentación Emocional. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación - e Avaliação Psicológica*, 3(45), 85-95. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=459653862008>
- Rojas, A., y García, M. (2017). Construcción de una Escala de Alimentación Emocional. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación - e Avaliação Psicológica*, 3, (45), 85-95.
- Rojas-Vichique, J., Quintero, S., y Carmona- Figueroa, Y. (2020). Alimentación emocional durante tiempos de COVID-19 en adultos jóvenes de 18 a 29 años. *Revista Mexicana de Medicina Forense*, 5(4), 66-71. <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v5i4%20sup.2906>
- Salazar E, Márquez Y, Vizmanos B, Altamirano M, Salgado A, Salgado L, Muñoz J, Parra I. Association between Food behavior and hypercholesterolemia.LDL in University students. *Nutr Hosp* 2015; 31(6): 2696-2702. 5.
- Sánchez, B., y Pontes, Y. (2012). Influencia de las emociones en la ingesta y control de peso. *Nutrición Hospitalaria*, 27(6), 2148-2150. DOI:10.3305/nh.2012.27.6.6061
- Sanchez, J., Oda-Montecinos, C., Félix, S., Hemmelmann, K., Betancourt, I., y Beyle, C. (2020). Estilos de ingesta de estudiantes universitarios chilenos: ¿qué hay de nuevo? *Nutrición Hospitalaria*, 37(4), 807-813. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02656>
- Schnettler, B. y et al., (2013). Hábitos alimentarios y bienestar subjetivo en estudiantes universitarios del sur de Chile. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2221-2228. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6751>
- Torresani, M., Garrido, M., Mosna, Y., Pedernera, A., y Simonet, L. (2018). estudio comparativo por género sobre las preferencias gustativas y el perfil emocional durante la ingesta de estudiantes universitarios. 19(4), 104-112.
- Van Strien T. (2018). Causes of Emotional Eating and Matched Treatment of Obesity. *Current Diabietes Report*, 18(6). DOI:10.1007/s11892-018-1000-x

## Capítulo 12

### Evaluación de la habitabilidad de viviendas en fraccionamientos de Guaymas Norte

Rosa María Curiel Morales

Claudia Álvarez Bernal

Adriana Guadalupe Núñez García

Francisco Javier Soto Valenzuela

#### Resumen

De acuerdo con la Comisión Nacional de vivienda Conavi (2019) una vivienda adecuada implica contar con un entorno seguro, habitable y saludable, que responda a las aspiraciones y expectativas de las familias y para lograrlo es indispensable que estas participen en la toma de decisiones que atiendan de manera específica sus necesidades. El objetivo de este estudio es medir las condiciones de habitabilidad de las viviendas habitadas en fraccionamientos de Guaymas Norte y determinar si cuentan con características adecuadas, al ser una de las principales determinantes del bienestar y de la calidad de vida para las personas y debido a la creciente expansión que se ha dado en materia de construcción de viviendas similares en esta zona. El procedimiento que se siguió para realizar la evaluación fue a través del instrumento propuesto por Abadi y Martín (2009) y los estudios aplicados por Hidalgo, V. Lozano J. & Silva, E. (2020) para la comparación de variables. Como resultado se logró identificar y comparar los Fraccionamientos Diamante 1, Ocotillo 2, Pradera Dorada y San Gerónimo, los puntajes obtenidos fueron muy similares de 74, 76, 75 y 82, mismos que se encuentran dentro del margen entre 50 y 126 puntos establecidos para evaluar la habitabilidad, siendo este último el máximo puntaje que puede obtener una vivienda, por lo que se demuestra que se encuentran muy alejadas del valor máximo. Se encontraron como áreas de oportunidad las limitaciones de espacios, con una capacidad máxima de cuatro personas, es importante reconocer la necesidad de identificar estas características para estudios relacionados con la calidad de vida y bienestar y las características antropométricas de la vivienda, un adecuado diseño de los espacios y las características individuales de las familias, ya que se presentan dificultades para el aislamiento del ruido o la privacidad.

Palabras clave: Habitabilidad, fraccionamientos, bienestar

#### Introducción

De acuerdo con la Comisión Nacional de Vivienda CONAVI (2019) una vivienda adecuada implica contar con un entorno seguro, habitable y saludable, que responda a las aspiraciones y expectativas

de las familias y para lograrlo es indispensable que estas participen en la toma de decisiones que atiendan de manera específica sus necesidades. La relación entre la familia y una vivienda adecuada se basa en las cualidades de habitabilidad, en la cual se consideran factores como la iluminación, la ventilación, los accesos a la vivienda, la habitabilidad y la sustentabilidad. La seguridad estructural, que consiste en evaluar los sistemas de construcción, la calidad de los materiales, la calidad de mano de obra y la mecánica de suelos y estas dos alineadas a las necesidades de la familia, que deben contemplar un posible crecimiento progresivo el cual estará considerado en el aumento de superficie de construcción, aumento de recamaras, por ejemplo, considerar espacios adecuados al número de integrantes de la familia y disminuir el hacinamiento. Cervantes y Maya (2015), afirman que la habitabilidad es una cualidad compleja, que conjuga elementos físicos, sociales, psicológicos y ambientales. Para estos autores, la habitabilidad es “un proceso sistémico” de interacciones que devienen cualidad habitable “un proceso de adaptación-construcción entre el espacio arquitectónico y el hombre que lo habita”. En México el incremento en la construcción de vivienda mínima de alta densidad es un fenómeno contemporáneo que prevalece y preocupa, de acuerdo con investigaciones como la de Torres Pérez, M. E. (2021) se discute sobre los efectos dañinos en cuestiones de salud pública y de desarrollo que pueden provocar la masificación de este tipo de viviendas. En estudios de Garcia-Luna Romero (2021) se evidencia la necesidad de cuestionar la manera en la que se están abordando el diseño y creación de las ciudades, en este sentido señala que los análisis cualitativos son también necesarios de sistematizar y mostrar, pues las estadísticas no son suficientes para reflejar las vivencias de las personas dentro de la ciudad. La vida útil promedio de las viviendas unifamiliares en México, edificadas de manera masiva, es de menos de 50 años considerados para cualquier construcción de concreto. Este dato se agrava al examinar la escasa calidad de la edificación, así como la nula flexibilidad en el diseño que no permite adecuaciones o ampliaciones posteriores. (Arista et al.,2017)

El mercado inmobiliario es uno de los mercados más esenciales y estables de México, contribuyendo con aproximadamente el seis por ciento del PIB del país. El mercado es predominantemente un mercado de propietarios, con casi el 69 por ciento de las viviendas en el país totalmente pagadas por sus titulares, mientras que solo el 15 por ciento de las viviendas están alquiladas. Hasta principios de 2021, los precios de la vivienda habían aumentado en todo el país. Entre el primer trimestre de 2020 y el primer trimestre de 2021, el país registró un crecimiento del 15 por ciento en los precios de las propiedades residenciales. La Ciudad de México registró el precio más alto de este tipo de inmuebles, con un promedio superior a los tres millones de pesos por unidad residencial durante el primer trimestre de 2022, aproximadamente el doble del promedio nacional de \$1,466,099 pesos. En Sonora el precio de vivienda residencial promedio es de \$1, 346,078 siendo menor al promedio nacional (Statista, 2023). Debido al encarecimiento de los materiales de construcción y uso de suelo resulta imposible construir un inmueble con los mismos costos que en 2020

y muchos desarrolladores venden el mismo valor unitario para evitar el despilfarro de clientes, es decir el mismo precio, pero menos metros cuadrados o mismo precio, pero en otra zona, también se observa un incremento en la demanda de vivienda usada, lo cual puede contribuir a una menor oferta de nuevos proyectos.

En Guaymas como en otras regiones se han identificado incongruencias entre la calidad, la reducción de espacios, ubicación y los altos costos de adquisición de viviendas ubicadas en fraccionamientos semicerrados, muchas de estas zonas se han convertido en polos de inseguridad y se encuentran relegadas sin un plan definido que sea sostenible para las futuras familias.

Este estudio se delimita solo a las medidas antropométricas de la vivienda y distribución de los muebles para lo cual se utilizará un instrumento para medir la habitabilidad de la vivienda en fraccionamientos basada en estudios de referencia. La ubicación ha sido elegida por ser una de las colonias que actualmente presenta un crecimiento en la construcción de este tipo de viviendas y particularmente la zona norte de Guaymas se encuentra en expansión. Algunas de las publicaciones recientes relacionadas con las características de los fraccionamientos cerrados o semicerrados discuten sobre los inconvenientes que han traído a la sociedad realizar este tipo de construcciones denominados por algunos como expresión de “anticiudad” en México (García-Luna Romero, 2021).

El objetivo de este proyecto es medir las condiciones de habitabilidad de las viviendas habitadas en fraccionamientos de Guaymas Norte y determinar si cuentan con características adecuadas, al ser una de las principales determinantes del bienestar y de la calidad de vida para las personas.

### **Fundamentación Teórica**

ONU-Habitat (2019) estima que al menos, 38.4% de la población en México habita en una vivienda no adecuada, es decir en condiciones de hacinamiento, hecha sin materiales duraderos o que carece de servicios mejorados de agua o saneamiento. En 1948 la Organización de las Naciones Unidas (ONU) proclamó la Declaración Universal de Derechos Humanos, documento donde se establece que habitar una vivienda adecuada es un derecho universal. México es miembro de la ONU, por tal motivo desde la Sedatu y la Conavi (2019) se incentiva que la vivienda construida con recursos públicos considere características adecuadas, ya que es una de las principales determinantes del bienestar y de la calidad de vida para las personas.

De acuerdo con el Fondo de Población de las Naciones Unidas, la población mundial en 2022 fue de 7 954 millones de personas. De esta cifra, se calcula que más de la mitad vive en ciudades, y que para el 2050 llegará a 9 800 millones de personas. Aunado a lo anterior, se debe tener en cuenta que el crecimiento demográfico en las próximas décadas se dará en los sectores de bajo

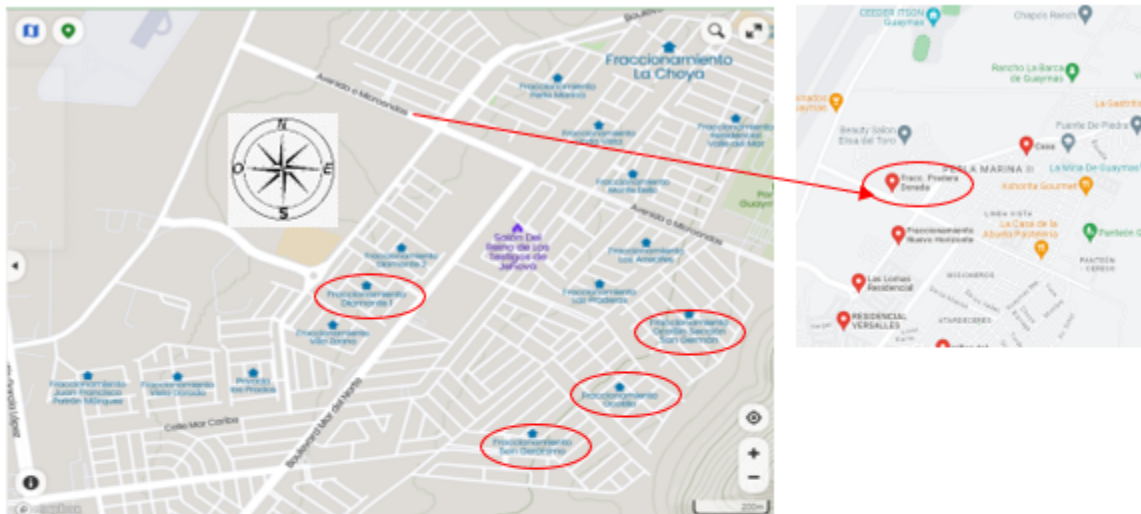
y mediano ingreso. Es decir, el crecimiento poblacional se concentrará en las zonas urbanas periféricas y marginales (Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana, 2022).

La Habitabilidad se refiere a las características del material y los espacios de la vivienda, así como a la infraestructura para acceder a los servicios básicos, definidos por el Coneval. Además, la vivienda cumple con esta cualidad si garantiza la seguridad física y proporciona espacio suficiente, si brinda protección contra peligros estructurales, el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento y otros riesgos para la salud. Los elementos con los que debe contar una vivienda para que sea considerada como adecuada son: seguridad de la tenencia, disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura; que sea asequible; que disponga de buenas condiciones de habitabilidad y accesibilidad; así como que posea una ubicación que no comprometa la calidad de vida de sus habitantes y que su diseño responda a sus necesidades culturales. (PVS, 2023). La antropometría es la ciencia dedicada a estudiar las medidas y dimensiones de las diferentes partes del cuerpo humano ya que estas varían de un individuo para otro según su edad, sexo, raza, nivel socioeconómico, etcétera, Al conocer estas dimensiones los responsables de la forma y dimensión de los espacios arquitectónicos sabrán cuáles son las medidas mínimas necesarias para desenvolverse diariamente, relacionando la antropometría de la vivienda con el bienestar de las personas (Fonseca, 1994). Para cuestiones de estudio se reserva la confidencialidad de la información, no es necesario recabar datos personales de quienes habitan la vivienda, solo se puede hacer referencia a quien responde como: padre, madre, hija o hijo o información de tipo general. Según el tipo de vivienda, se pueden identificar tres tipos: Casa independiente o aislada. Las viviendas unifamiliares independientes o aisladas son aquellos edificios que no tienen contacto directo con ninguna construcción sino con la vía pública. En la mayoría de los casos, la edificación se rodea de un terreno que puede ser de uso agrícola o ajardinado. Normalmente, se encuentra aislada del exterior por elementos de separación como vallas, muros u otro tipo de lindes. Casa unifamiliar pareado, cuando una vivienda unifamiliar está aislada de las demás excepto por una pared, se considera pareada. Las casas pareadas tienen tres fachadas libres y una en contacto con otro edificio. Casa unifamiliar adosada, las viviendas unifamiliares que están en contacto con otros edificios a izquierda y derecha se consideran chalets adosados. En ciertas ocasiones pertenecen a la misma urbanización. La forma de la casa es producto de la evolución social del grupo sumada a las limitaciones del material, así como los aspectos de costumbre y tradición. (Cruz A. & Garnica A., 2001)

## **Metodología**

Se realizó una exploración de los fraccionamientos que se han construido recientemente y los cuales se ubican al norte de la Ciudad de Guaymas, en la colonia Guaymas Norte, En la figura 1 se muestran los fraccionamientos que se encuentran en esta zona y la ubicación de los nuevos fraccionamientos, Nuevo Horizonte, Las Lomas y Pradera Dorada, estos dos últimos aún se encuentran

en desarrollo. El sujeto bajo estudio en esta investigación son los fraccionamientos Diamante 1, Ocotillo 2, Pradera Dorada y San Gerónimo señalados en color rojo.



- |                       |                  |                   |                     |
|-----------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Juan Francisco     | 7. La Choya      | 11. Los Vergeles  | 16. San Gerónimo    |
| 2. Patrón             | 8. Linda Vista   | 12. Las Praderas  | 17. Ocotillo 1-2    |
| Márquez               | 9. Valle del mar | 13. Residencial   | 18. Nuevo Horizonte |
| 3. Vista Dorada       | 10. Monte Bello  | Versalles         | 19. Residencial Las |
| 4. Privada Los Prados | 11. El Pedregal  | 14. Los Arrecifes | Lomas               |
| 5. Villa Zarina       |                  | 15. Perla Marina  | 20. Pradera Dorada  |

**Figura 1.** *Macrolocalización de los Fraccionamientos ubicados en Guaymas Norte.*

Fuente: Google Maps, 2023.

El procedimiento que se siguió en esta investigación fue realizar una búsqueda de fuentes confiables sobre estudios de habitabilidad relacionados con la vivienda de interés social o fraccionamientos cuyos casos permitan valorar la habitabilidad y hacer una comparación entre ellas. Como modelos de referencia se utilizaron las Normas aplicables en México para construcción de viviendas. Estadísticas de INEGI sobre vivienda por fraccionamiento con datos de promedio de ocupantes por vivienda, datos geográficos y climatológicos de la ciudad, tales como: Temperatura media anual y humedad media anual, precipitación pluvial promedio anual, energía solar promedio anual, vientos predominantes y velocidad media anual de viento. La realización de esta investigación consistió en la revisión a las referencias normativas de dimensionamiento habitacional, el uso de indicadores espaciales de referencia que determinen la habitabilidad de la vivienda, establecer rangos de cumplimiento de los indicadores y su ponderación, evaluar los proyectos arquitectónicos de vivienda y determinar habitabilidad por puntaje de los indicadores para lo cual se utilizó el



instrumento de evaluación de viviendas de interés social de Abadi y Martín (2009) cuyas variables a medir se muestran en la tabla 1, los criterios que se establecen por valor asignado en dicho instrumento se presentan en la tabla 2 y en las tablas 3 y 4 se presenta el instrumento aplicado.

**Tabla 1.**

*VARIABLES PARA MEDIR LA HABITABILIDAD EN VIVIENDAS ABADI Y MARTÍN (2009)*

1. Tipología de la vivienda	17. Circulaciones internas	30. Privacidad interna y externa
2. Superficie del lote	18. Espacios complementarios, porche, terrazas	31. Apariencia externa de la vivienda
3. Ancho del lote	19. Depósitos de basura	32. Tratamiento de áreas exteriores
4. Área de construcción	20. Altura mínima en los espacios	33. Seguridad y riesgo de la construcción
5. Acceso peatonal a la vivienda	21. Iluminación natural de los espacios de la vivienda	34. Seguridad contra robo, vandalismo, acceso de animales
6. Estacionamiento	22. Asoleamientos de los espacios de la vivienda	35. Vistas
7. Posibilidad y previsión de crecimiento de la vivienda	23. Ventilación natural de los espacios de la vivienda	36. Distancia a servicios escolares: maternas, preescolar y escuelas
8. Estares (sala-estancia) y comedores integrados o separados	24. Protecciones ambientales, aleros, aceras.	37. Distancia a parques: infantiles, áreas recreacionales, canchas deportivas.
9. Estares separados	25. Iluminación y tomas.	38. Distancia a comercios locales: abastos, farmacias, panaderías.
10. Comedores separados	26. Instalaciones sanitarias	39. Distancia a ambulatorios o centros de salud
11. Estares o comedores integrados	27. Drenaje de aguas de lluvia: techos, patios, retiros	40. Distancia a paradas de transporte público.
12. Cocinas	28. Otros servicios: gas, teléfono, televisión	
13. Patios de servicio (lavaderos)	29. Sistema constructivo: eficiencia y durabilidad de los materiales y los acabados	
14. Dormitorio principal/ Dormitorios dobles 1 o 2/ Dormitorios individuales		
15. Sanitarios		
16. Áreas de almacenaje		

**Tabla 2.**

*Criterios asignados para evaluar la habitabilidad de acuerdo con los indicadores de referencia y las variables (Abadi y Martin, 2009).*

Valor	De acuerdo con la descripción y los indicadores de referencia
0	No cumple con las condiciones mínimas que las normas establecen o generan problemas en cuanto a habitabilidad.
1	cumple con lo mínimo que marca la norma o documento de referencia.
2	cumple con lo mínimo que marca la norma además de proponer alguna solución extra a las necesidades.
3	cumple con todos los parámetros, tanto de las normas consideradas, como de manuales de diseño arquitectónico general o antropometría de la vivienda general, incluso es superado.

**Tabla 3.**

*Instrumento de evaluación de viviendas de interés social*

INDICADORES	CRITERIOS PARA INDICADORES		EVALUACION				FACTOR DE PONDERACION	MINIMO ACEPTABLE	MAXIMO POSIBLE	RESULTADO			
	NORMA	CITADO: ESPL, LAMUNICIPAL, PRUEBAS PISA-UI											
23	ACABAMIENTOS DE LOS ESPACIOS	NO	PROTECCION DEL DRENE Y SUBSISTE	ninguno permitido	0	ninguna variable permitida	5	ninguna variable permitida	2				
23	VENTILACION NATURAL	ESPECIFIC	EN DEL AREA DE ESPACIO, LUGAR DE COCINAMIENTOS PARA REFRIG	> 130L	0	ninguna variable permitida	5	> 50% sin lacunas	2				
24	PROTECCIONES AMBIENTALES, AIRELTO, ACESUAL	NO	CONTIGO LLUVIA, INUNDACION	no tiene	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
25	ILUMINACION Y TORNAS	NO LLEGO POR AIRELTO	ESPECIAL: ESTAFAS, COMBIBORNAL, COMBIBORNAL, ESPECIAL: PARRILLAS, ESPECIAL: COCINA, LEVANDERO, SARTANES	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
26	INSTALACIONES SANITARIAS	PASA A LOS 2.º y 3.º	TARDE EN VIVIENDA, AGUA CALIENTE, COCINA	no tiene	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
27	ORGANIZACION DE AGUAS DE LLUVIA	NO	ORGANIZACION DE TIEBOS, ORGANIZACION DE TIEBOS, ORGANIZACION DE TIEBOS	de las variables de duracion para aguas de lluvia	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
28	OTROS SERVICIOS	NO	TELEFONO, SAN DIRECTO, RECOLECCION BASURA	no tiene	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
29	MATERIA CONSTRUCTIVA EFICIENCIA DE MATERIALES	NO	MATERIALES DURABLES, AISLAMIENTO TERMICO, SONIDO, IMPACTO			ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
30	PRIVACIDAD EXTERNA E INTERNA	NO	PROTECCION Y MITO, PUERTAS EN BARRIADAS NO ABRIERAS HACIA BARRIADAS O COMUNICACION BARRIADAS VERBALES	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
31	APARIENCIA EXTERNA DE LA VIVIENDA	NO	UNIDAD TIPOLOGIA DE ABERTURAS Y MATERIALES, MATERIALES RESISTENTES, CLASIFICACION DE VIVIENDA	no tiene sentido	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
32	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	NO	ACCESOS PERMANENTES, ACCESOS PERMANENTES A LA VIVIENDA, ESTACIONAMIENTO PERMANENTES	no tiene	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
33	MEDIDAS Y RINDO DE LA CONSTRUCCION	ESTRUCT. Y MUROS	NORMAS ESTRUCTURALES DE SEÑAL, MATERIALES RESISTENTES O COMBIBORNAL, BARRIADAS (SEÑALACION SOBRE LA CALLE) (DEBILITACIONES)	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
34	MEDIDAS CONTRA RUIDO, VIBRACIONES, ACCESO DE ANIMALES	NO	PROTECCION VENTANAS, PUERTAS, CERCAS EXTERIORES	ninguna variable permitida	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
35	VERTED	NO	VERTED DE FRONTO Y LATERALES, VERTED A LA CALLE, VERTED, VERTED	ninguna variable permitida	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
<b>ENTORNO Y LOCALIZACION</b>													
36	ENTORNO A SERVICIOS ESCOLARES, MATERIALES, RECREACION, SEGURIDAD	NO	ENTORNO A SERVICIOS	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
37	ENTORNO A PARQUES Y ESPACIOS RECREATIVOS	NO	ENTORNO A PARQUES	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
38	ENTORNO A COMERCIO LOCAL	NO	ENTORNO A COMERCIO LOCAL	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
39	ENTORNO A AMBULATORIO	NO	ENTORNO A AMBULATORIO	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
40	ENTORNO A PARADA DE TRANSPORTE PUBLICO	NO	ENTORNO A PARADA DE TRANSPORTE PUBLICO	no cumple	0	ninguna variable permitida	5	ninguna y otras > 10 cm	2				
<b>SUBTOTALES</b>													
<b>TOTALES</b>													
								<b>50</b>	<b>126</b>				

Fuente: (Abadi y Martin, 2009).

**Tabla 4.**

*Instrumento de evaluación de viviendas de interés social (continuación).*

INDICADORES	NORMA	CRITERIOS PARA INDICADORES		EVALUACIÓN						FACTOR DE PONDERACIÓN	MÍNIMO ACEPTABLE	MÁXIMO POSIBLE	RESULTADO
		OTROS: EFIC, DIMENSIONAL, PRUEBAS PILOTO		1	2	3	4	5	6				
1 TIPO DE VIVIENDA	NO	CONTINUA, PARALELA, AJUSTADA		1	PARALELO	2	AJUSTADA	3	1	1	3		
2 ÁREA DE LA PARCELA	NO	100 M2 MÍNIMO	< 100 M2	0	entre 106 y 149 m2	1	entre 150 y 210 m2	2	>200 m2	3	2	6	
3 FRENTE DE LA PARCELA	NO	7 METROS MÍNIMO	< 6.00 M	0	entre 7 y 9.80 m	1	entre 9.80 y 12.49 m	2	>13 m	3	2	6	
4 ÁREA DE LA VIVIENDA	NO	PARA 4 PERS. 44 M2 MÍNIMO	< 43.90 M2	0	entre 44 y 57.90 m2	1	entre 58 y 71.90 m2	2	> 72 m2	3	2	6	
		PARA 5 PERS. 58 M2 MÍNIMO	< 57.90 M2	0	entre 58 y 71.90 m2	1	entre 72 y 76.90 m2	2	> 80 m2	3	2	6	
		PARA 6 PERS. 72 M2 MÍNIMO	< 71.90 M2	0	entre 72 y 76.90 m2	1	entre 80 y 87.90 m2	2	> 88 m2	3	1	3	
5 ACCESOS PLATAFORMALES	NO	1 PRINCIPAL	1 en cochera	1	1 en estar	2	1 principal + 1 de servicio	3	1	1	3		
6 ESTACIONAMIENTO	NO	NÚM. DE PUESTOS	ningún puesto	0	1 puesto	1	2 puestos	2		1	1	2	
7 CRECIMIENTO	NO	POSIBILIDADES DE AMPLIACIÓN	ninguna	0	1 espacio (almacén, cobertizo)	1	2 o más espacios	2		1	1	2	
8 COMPONENTES ESPACIALES	NO	ESTAR, COMEDOR, COCINA, LAVADERO, DORMITORIO PRINCIPAL, Y DOBLE O SENCILLO, SANTIARIOS, ALMACÉN		1	Todo, menos lavadero y almacenaje	1	Todo, menos almacenaje	2	Todo	3	1	3	
9 ESTARES SEPARADOS	NO	4 PERS.	< 8.90 M2	0	entre 9 y 9.90 m2	1	entre 10 y 12.40 m2	2	> 12.50 m2	3	1	3	
		5 PERS.	< 8.90 M2	0	entre 10 y 11.40 m2	1	entre 12.50 y 13.40 m2	2	> 13.50 m2	3	1	3	
		6 PERS.	< 10.90 M2	0	entre 11 y 13.40 m2	1	entre 13.50 y 15.40 m2	2	> 16 m2	3	1	3	
10 COMEDORES SEPARADOS	NO	4 PERS.	< 1.40 M2	0	entre 1.50 y 2.40 m2	1	entre 2.50 y 3.40 m2	2	> 3.50 m2	3	1	3	
		5 PERS.	< 2.40 M2	0	entre 2.50 y 3.40 m2	1	entre 3.50 y 4.40 m2	2	> 4.50 m2	3	1	3	
		6 PERS.	< 12.90 M2	0	entre 13 y 14.90 m2	1	entre 15 y 16.90 m2	2	> 17 m2	3	2	3	
11 ESTARES COMEDORES INTEGRADOS	NO	4 PERS.	< 12.90 M2	0	entre 13 y 14.90 m2	1	entre 15 y 16.90 m2	2	> 17 m2	3	2	3	
		5 PERS.	< 13.90 M2	0	entre 14 y 16.90 m2	1	entre 17 y 19.90 m2	2	> 20 m2	3	2	3	
		6 PERS.	< 13.90 M2	0	entre 14 y 16.90 m2	1	entre 17 y 19.90 m2	2	> 20 m2	3	1	3	
12 COCINAS	6 M2 ANCHO MÍN. 1.30 M	4 PERS.	< 1.90 M2	0	entre 2 y 2.90 m2	1	entre 3 y 3.90 m2	2	> 4.00 m2	3	1	3	
		5 PERS.	< 1.90 M2	0	entre 2 y 2.90 m2	1	entre 3 y 3.90 m2	2	> 4.00 m2	3	1	3	
		6 PERS.	< 1.90 M2	0	entre 2 y 2.90 m2	1	entre 3 y 3.90 m2	2	> 4.00 m2	3	1	3	
13 LAVANDEROS	MÍN. ANCHO MÍNIMO 1.30 M	NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA.	< 3M2 o equivalente	0	entre 3 y 4.40 m2	1	entre 4.50 y 5.40 m2	2	> 5.50 m2	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 0.10 M2 + CLOSET, 2.40M de ancho	0	entre 0.10 + closet y 0.40 m2, ancho mínimo 2.40 m	1	entre 0.10 + closet y ancho mínimo 2.40 m	2	> 12 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 0.10 M2 + CLOSET, 2.40M de ancho	0	entre 0.10 + closet y 0.40 m2, ancho mínimo 2.40 m	1	entre 0.10 + closet y ancho mínimo 2.40 m	2	> 11 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1 ó 2 si hay 1 ó 2 dormitorios.	1	3 ó 6
14 DORMITORIOS DOBLES 1 O 2	8.10 M2 + CLOSET, ANCHO MÍN. 2.40 M	NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
14 DORMITORIOS INDIVIDUALES	8 M2 + CLOSET, ANCHO MÍNIMO 2.00 M	NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
		NORMA Y EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS + ÁREA MÍNIMA Y ANCHO MÍNIMO.	< 6.00 M2 + CLOSET, 1.30M de ancho	0	entre 6.00 + closet y 6.90 m2, ancho mínimo 2.30 m	1	entre 7.00 + closet y ancho mínimo 2.30 m	2	> 8 m2 + closet y ancho mínimo 2.30 m	3	1	3	
15 SANTIARIOS	2.68 M2 ANCHO MÍNIMO 1.30 M	NORMA, EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS MÁS ÁREA Y ANCHO MÍNIMO	< 2.4 M2 y 1.20 M de ancho	0	entre 2.50 y 3.40 m2 y 1.20 m de ancho	1	entre 3.50 y 4.40 m2 y 1.30 m	2	> 4.50 m2 y ancho > 1.40 m	3	1	3	
		NORMA, EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS MÁS ÁREA Y ANCHO MÍNIMO	< 2.4 M2 y 1.20 M de ancho	0	entre 2.50 y 3.40 m2 y 1.20 m de ancho	1	entre 3.50 y 4.40 m2 y 1.30 m	2	> 4.50 m2 y ancho > 1.40 m	3	1	3	
		NORMA, EQUIPAMIENTO, SEPARACIONES ADECUADAS MÁS ÁREA Y ANCHO MÍNIMO	< 2.4 M2 y 1.20 M de ancho	0	entre 2.50 y 3.40 m2 y 1.20 m de ancho	1	entre 3.50 y 4.40 m2 y 1.30 m	2	> 4.50 m2 y ancho > 1.40 m	3	1	3	
16 ÁREAS DE ALMACÉN	NO	SI O SI NO, DE LOS CLOSETS DE DORMITORIOS, SI SOBRA DE 0.50 M2 PMS SE CONSIDERA ÁREA DE ALMACÉN	no tiene	0	entre 0.50 y 0.90 m2	1	entre 1 y 1.90 m2	2	> 2.01	3	1	3	
		CONTINUA ANCHO MÍNIMO 0.80 (ENTRE PAREDES)	< 0.80	0	entre 0.80 y 0.88 m	1	entre 0.90 y 0.99 m	2	> 1 m	3	1	3	
		ÁREAS Y ANCHOS MÍNIMOS	no tiene	0	entre 1 m2 y 1.90 m2 ancho mínimo 0.80	1	entre 2 y 2.90 m2 ancho mínimo 1.20	2	> 3 m2 ancho mínimo 1.50	3	1	3	
18 DEPOSITO DE BASURA	NO	ÁREAS: ANCHOS MÍNIMOS 0.60 M	no tiene	0	entre 0.30 y 0.90 m2	1	entre 1 y 1.40 m2	2	> 1.50 m2	3	1	3	
		ALTURAS MÍNIMAS Y PREDEROS EN TECHOS INCLINADOS 2.40	< 2.40 Y 2.10	0	2.40 esp. PMS. O 2.10 balles	1	> 2.40 promedio	2		1	1	2	
		ILUMINACIÓN NATURAL	100 SUP. DE ESPACIO	< 10 %	0	> 10% iluminación distribuida	1	> 10% iluminación bien distribuida	2		1	1	2
<b>SUBTOTALES</b>											<b>25</b>	<b>71</b>	

Fuente: (Abadi y Martin, 2009).

Con una valoración mínima de 50 puntos se considera que la vivienda cumple con normas específicas y requerimientos básicos de habitabilidad, pero es posible que le falten espacios como lavadero y áreas de almacén, que tenga espacios insuficientes para actividades complementarias, por ejemplo, para colocar una cuna, que no tenga estacionamientos o aceras o que los aleros sean reducidos. La vivienda con una evaluación máxima de 126 puntos se considera con condiciones ideales por su cercanía a los servicios, por contemplar aspectos dimensionales de mobiliario mínimo, de separaciones, de control ambiental, de soluciones constructivas, de materiales, acabados, apariencia y seguridad. La calidad de vida en la vivienda será mayor entre este rango, también se considera a mayor puntaje, mayor valor de la vivienda.

**Resultados y discusión**

Según datos del INEGI, la Tasa de crecimiento promedio anual de las viviendas particulares habitadas en Guaymas Sonora, en 2020, fue de 1.5 y en el estado, la tasa de crecimiento se encuentra entre 1.9 y 2.6 ubicándolo entre los estados con menor tasa de crecimiento a nivel nacional. La población en hogares censales (Personas) en 2020 fue de 156, 863 de los cuales 117, 253 se ubican en Heroica Guaymas (zonas centro, norte y sur) ubicándola en la posición número 6 de las 10 ciudades más pobladas del estado seguida de Navojoa con 163, 999, San Luis Rio Colorado

con 197,663, Nogales con 263, 110, Cajeme con 435, 640 y Hermosillo con 927,042, el total de viviendas particulares habitadas en Guaymas fue de 47,102 colocando a la ciudad en el quinto lugar del estado. El promedio de habitantes por vivienda habitada en el estado de Sonora, desde 1995 fue de 4.7, presentado un decremento de hasta 3.6 en 2020. (INEGI, 2020). El índice de hacinamiento se ha mantenido en los últimos años desde 2015 a 2020, tomando valores de 1 y el promedio de ocupantes por dormitorio en 2020 fue de 1.8, con respecto a este valor no se tienen datos anteriores (INEGI, 2021). Según datos de la encuesta Nacional de vivienda (ENVI) 2020 se presenta un panorama amplio sobre la situación de la vivienda en el país, necesidades y demanda de la población, cuyos objetivos específicos son obtener las características físicas de la vivienda, situación de la tenencia, condición de habitabilidad y seguridad, tipo de financiamiento, gastos relacionados, satisfacción con la vivienda y el entorno y las necesidades y demanda de vivienda; de una muestra de 55, 147 viviendas representativas de 35.3 millones de viviendas en el país, se destacan como principales resultados que el 78.4% cuentan con techo de losa de concreto o viga de bovedilla, 92.4% con paredes de ladrillo, block, cantera o cemento, 76.9% con agua entubada dentro de la vivienda, solo el 1.2% de las viviendas cuentan con aislante acústico y 6% con aislante térmico. El 28.1% habita en casas de hasta 55m<sup>2</sup> de construcción y 41.3% habita en casas de 56 a 100 m<sup>2</sup>, solo en 15.6% y 15% de la población habita en casas con más de 101m<sup>2</sup> y 150 m<sup>2</sup> de construcción, según los metros del terreno el 25.7% cuenta con hasta 90m<sup>2</sup>, el 30.2% con 91 a 160 m<sup>2</sup>, el 23.7% con 161 a 300m<sup>2</sup> y solo el 17% con más de 300m<sup>2</sup>. El promedio de antigüedad de las viviendas en Sonora es de 10 años, en los factores humedad o filtraciones, Sonora es de los que tienen menos problemas con 35.6% y 35.9% presentan grietas o cuarteaduras, el 57.1% cuentan con casa propia pagada y un 11% la está pagando. En Sonora el 84.4% de las viviendas fueron adquiridas a través de un crédito de INFONAVIT el cual es mayor al porcentaje nacional del 78%, siendo de los estados con menor porcentaje de renta con 42% debido a la falta de acceso a un crédito o falta de recursos. Sobre la satisfacción de la calidad de la vivienda, alrededor del 68% está muy satisfecho con la ventilación y la iluminación natural, entre el 21 y 22% mencionó estar satisfechos con ambos factores, en la protección contra el frío, calor o viento el 58% está muy satisfecho y con la calidad de los muros el 43.9%, alrededor del 30% respondió estar satisfecho. Las necesidades de construcción o ampliación de espacios en la vivienda propia en Sonora son del 58.3% y se ubica entre los estados más altos con necesidad de otras reparaciones con el 12%, con respecto a las necesidades de renta, compra o construcción es del 27.3%.

El clima y el tiempo promedio en todo el año en Guaymas, Sonora, México. En Guaymas, los veranos son cálidos, opresivos y parcialmente nublados y los inviernos son frescos, secos y mayormente despejados. La temperatura en invierno generalmente varía de 10 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 38 °C. La temporada calurosa dura 3.7 meses, del 20 de junio al 10 de octubre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 33 °C. El mes más cálido del

año en Guaymas es agosto, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y mínima de 27 °C. La temporada fresca dura 3.9 meses, del 28 de noviembre al 26 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 24 °C. El mes más frío del año en Guaymas es enero, con una temperatura mínima promedio de 10 °C y máxima de 22 °C. Con base en la puntuación de playa/piscina, las mejores épocas del año para visitar Guaymas para las actividades de calor son desde finales de mayo hasta finales de junio y desde principios hasta mediados de octubre. (Weather Spark, 2023). La temperatura media nacional en abril de 2023 fue de 23.2 °C valor que se ubicó 0.7 °C por arriba del promedio climatológico 1991-2020. Por lo que este mes se ubicó como el segundo abril más cálido de las últimas tres décadas. (CONAGUA y Servicio Meteorológico Nacional, 2023)

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, se muestra la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Guaymas tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura 7.0 meses, del 16 de junio al 16 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en Guaymas es agosto, con un promedio de 71 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 5.0 meses, del 16 de enero al 16 de junio. El mes con menos lluvia en Guaymas es abril, con un promedio de 2 milímetros de lluvia. La duración del día en Guaymas varía durante el año, en 2023, el día más corto es el 21 de diciembre, con 10 horas y 22 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 13 horas y 55 minutos de luz natural. (NOAA,2023).

En Guaymas la humedad percibida varía extremadamente. El período más húmedo del año dura 5.3 meses, del 22 de mayo al 30 de octubre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 25 % del tiempo. El mes con más días bochornosos en Guaymas es agosto, con 30.4 días bochornosos o peor. El mes con menos días bochornosos en Guaymas es enero, con 0.4 días.

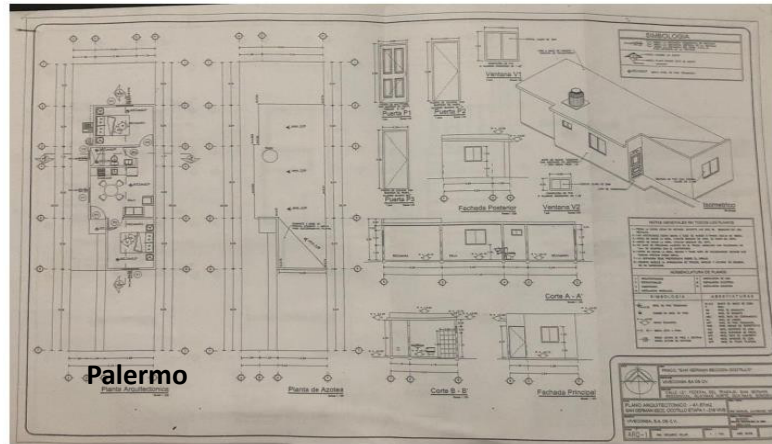
La velocidad promedio del viento por hora en Guaymas tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 8.5 meses, del 26 de octubre al 9 de julio, con velocidades promedio del viento de más de 12.4 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Guaymas es diciembre, con vientos a una velocidad promedio de 14.0 kilómetros por hora. El tiempo con menos vientos del año dura 3.5 meses, del 9 de julio al 26 de octubre. El mes con menos vientos en el año en Guaymas es agosto, con vientos a una velocidad promedio de 10.7 kilómetros por hora.



**Figura 1.** Vivienda de referencia utilizada para evaluar habitabilidad en fraccionamiento Diamante I.

Los resultados obtenidos al aplicar el instrumento de lista de verificación en vivienda de Fraccionamiento Diamante 1 (Figura 1) arrojaron una calificación de 74 puntos, con lo que se concluye que la vivienda es apta para vivir, aunque apenas está 24 puntos arriba de la calificación mínima de 50 y se considera que puede mejorar en la ampliación de algunos espacios.

Los resultados en fraccionamiento Ocotillo 2 (Figura 2) fueron de 76 puntos, se reconoce que son viviendas aptas para vivir adecuadamente y protegidas de acuerdo con la estructura y normas, que se cumplen con los requisitos de viviendas segura, son aptas para familias pequeñas de cuatro integrantes como máximo. Tienen condiciones de protección adecuada en caso de inundación, lluvia fuerte o sismo, ya que cuenta con una seguridad protegida para cada ocasión y cuentan con una buena ubicación. La vivienda modelo cuenta con 46 m<sup>2</sup> de construcción y 100 m<sup>2</sup> de terreno.



**Figura 2.** Vivienda de referencia utilizada para evaluar habitabilidad en fraccionamiento Ocotillo 2.

En fraccionamiento Pradera Dorada y San Gerónimo (Figura 3) se evaluaron dos tipos de viviendas, con resultados de 75 y 82, ambas se consideran que cumplen con las características adecuadas de habitabilidad, el valor más bajo fue debido a que se encuentra más alejada de los servicios ambulatorios, de parques o de centros comerciales, también se encontró reducida el área de lavaderos y secadora, ya que se encuentra ubicada en la zona peatonal. Los resultados de forma comparativa se integran en la tabla 5 y 6.



**Verona**

**Figura 3.** Vivienda de referencia utilizada para evaluar habitabilidad en fraccionamientos Pradera Dorada y San Gerónimo.

Fuente: CASEL, Modelos de casa Verona (48.45m<sup>2</sup>) y Palermo (52.90m<sup>2</sup>).

**Tabla 5.**

*Resultados de la aplicación de la lista de verificación en fraccionamientos Diamante 1, Ocotillo 2, Pradera Dorada y San Gerónimo*

INDICADORES		VIVIENDA 1 (DIAMANTE 1)		VIVIENDA 2 (OCOTILLO 2)		VIVIENDA 3 (PRADERA DORADA)		VIVIENDA 4 (SAN GERÓNIMO)	
1	TIPO DE VIVIENDA	CONTINUA	1	CONTINUA	1	PAREADA	2	PAREADA	2
2	ÁREA DE PARCELA	entre 100 y 149 m <sup>2</sup>	1x2 2	entre 100 y 149 m <sup>2</sup>	1x2 2	entre 100 y 149 m <sup>2</sup>	1x2 2	entre 100 y 149 m <sup>2</sup>	1x2 2
3	FRENTE DE PARCELA	entre 7 y 9,90 m	1x2 2	entre 7 y 9,90 m	1x2 2	entre 7 y 9,90 m	1x2 2	entre 7 y 9,90 m	1x2 2
4	ÁREA DE LA VIVIENDA	< 63,90 M <sup>2</sup>	0x2 0	< 63,90 M <sup>2</sup>	0x2 0	< 63,90 M <sup>2</sup>	0x2 0	< 63,90 M <sup>2</sup>	0x2 0
5	ACCESOS PEATONALES	1 principal 1 de servicio	3	1 en estar 1 en comedor	2	1 principal 1 de servicio	3	1 principal 1 de servicio	3
6	ESTACIONAMIENTO	1 puesto	1	1 puesto	1	1 puesto	1	1 puesto	1
7	CRECIMIENTO	2 o más espacios	2	1 espacio dormitorio, sanitario	1	1 espacio dormitorio, sanitario	1	1 espacio dormitorio, sanitario	1
8	COMPONENTES ESPACIALES	todos menos almacenaje	2	Todos menos lavadero y almacenaje	1	todos menos lavadero y almacenaje	1	todos menos almacenaje	2
9	ESTARES SEPARADOS	0	0	0	0	0	0	0	0
10	COMEDOR SEPARADO	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 6.**

*Resultados de la aplicación de la lista de verificación en fraccionamientos Diamante 1, Ocotillo 2, Pradera Dorada y San Gerónimo (Continuación).*

INDICADORES	VIVIENDA 1 (DIAMANTE 1)	VIVIENDA 2 (OCOTILLO 2)	VIVIENDA 3 (PRADERA DORADA)	VIVIENDA 4 (SAN GERÓNIMO)			
17	SIGNALE DE LUJAS	los techos drenan hacia la calle	1	Techos y rejas y founapetor	2	techos, rejas y founapetor	3
18	OTROS SERVICIOS	recolección de basura mínima una vez por semana	1	recolección de basura, teleros, gas	2	recolección de basura más teleros	3
19	SISTEMA CONSTRUCTIVO	Techos resistentes, careceros, tolderos, techos, tableros.	2	Techos resistentes, careceros, tolderos, techos, tableros.	3	techos resistentes, paredes con acabados duraderos, tablero.	3
20	PRIVACIDAD	estera de frente y laterales > 3m	1	estera > 3mts. puertas sanitarias no alineadas en esteras y comedores.	2	estera > 3mts. puertas sanitarias no alineadas en esteras y comedores. Se requiere espejo.	2
21	APARIENCIA EXTERNA	Unidad, más materiales resistentes	2	unidad + materiales resistentes	2	Unidad, más material en resistentes	2
22	AREAS EXTERNAS	acero y estacionamiento pavimentado a vivienda más áreas > 300 cm	3	acero pavimentado a vivienda	1	acero pavimentado a vivienda más áreas > 300 cm.	3
23	SEGURIDAD Y RIESGO	cumple todas las normas y especificaciones de seguridad más elevación 20 cm sobre la calle.	2	cumple todas las normas y especificaciones de seguridad más elevación 20 cm sobre la calle.	2	cumple todas las normas y especificaciones de seguridad más elevación 20 cm sobre la calle.	2
24	SEGURIDAD	protección en ventanas y puertas más cerca exterior	3	protección en ventanas y puertas más cerca exterior	3	protección en ventanas y puertas más cerca exterior	3
25	VISTAS	estar, comedor, dormitorio por a vista > 1.5m	1	vista de ambientes principales cubiertos por estera	2	estar, comedor, dormitorio principal a vista > 1.5m	2
26	DISTANCIAS A SERVICIOS ESCOLARES	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4
27	DISTANCIAS A PARQUES Y CANCHAS	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4
28	DISTANCIAS A COMERCIOS LOCALES	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4
29	DISTANCIAS A AMBULATORIOS	estere a distancia > 400 m	2	estere a distancia > 400 m	2	estere a distancia > 400 m	2
30	DISTANCIAS A TRANSPORTES PUBLICO	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4	estere a distancia > 400 m	4
<b>TOTALES</b>		<b>74</b>	<b>76</b>	<b>75</b>	<b>82</b>		

11	ESTAR Y COMEDOR INTEGRADO		2	2	4	1	2	4
12	COCHINAS SEPARADAS	entre 6 y 7,90 m <sup>2</sup>	1	entre 7,50 y 8,40 m <sup>2</sup>	2	entre 7,50 y 8,40 m <sup>2</sup>	2	entre 6 y 7,90 m <sup>2</sup>
13	LAVADEROS, SECADORAS	entre 4,50 y 5,40 m <sup>2</sup>	2	> 5,50 m <sup>2</sup>	3	entre 3 y 4,40 m <sup>2</sup>	1	< 3M <sup>2</sup>
14	DORMITORIO PRINCIPAL	entre 8,50 + closet y 9,40 m <sup>2</sup> , ancho mínimo 2,40 m	1	> entre 8,50 + closet y 9,40 m <sup>2</sup> , ancho mínimo 2,40 m	1	entre 9,50 y 11,90m <sup>2</sup> + closet, ancho mínimo 2,80 m	2	entre 9,50 y 11,90m <sup>2</sup> + closet, ancho mínimo 2,80 m
	DORMITORIO DOBLE	entre 8,50 + closet y 9,40 m <sup>2</sup> , ancho mínimo 2,40 m	1	entre 8,50 + closet y 9,40 m <sup>2</sup> , ancho mínimo 2,40 m	1	entre 9,50 y 10,90 m <sup>2</sup> + closet, ancho mínimo 2,80 m	2	< 8,50 M <sup>2</sup> + CLOSET, 2,40M de ancho
	DORMITORIO INDIVIDUAL	entre 7,0 y 7,90 m <sup>2</sup> , + closet, ancho mínimo 2,30 m	0	entre 7,0 y 7,90 m <sup>2</sup> , + closet, ancho mínimo 2,30 m	0	entre 6,00 + closet y 6,90 m <sup>2</sup> , ancho mínimo 2,00 m	0	entre 7,0 y 7,90 m <sup>2</sup> , + closet, ancho mínimo 2,30 m
15	SANITARIOS	> 3,60 m <sup>2</sup> y ancho > 1,40 m	3	entre 2,90 y 3,60 m <sup>2</sup> y ancho > 1,30 m	2	entre 2,90 y 3,60 m <sup>2</sup> y ancho > 1,30m	2	entre 2,60 y 2,80 m <sup>2</sup> y 1,20 m de ancho
16	AREAS DE ALMACENAJE	NO TIENE	0	entre 0,50 y 0,90 ml	1	entre 0,50 y 0,90 ml	1	entre 0,50 y 0,90 ml
17	CIRCULACIONES INTERNAS	entre 0,80 y 0,89 m	1	entre 0,80 y 0,89 m	1	Entre 0,80 y 0,89 m	1	Entre 0,80 y 0,89 m
18	ESPACIOS COMPLEMENTARIOS	entre 1 m <sup>2</sup> y 1,90 ancho mínimo 0,80	1	> 4 m <sup>2</sup> ancho mínimo 1,50	3	entre 2 y 3,90 m <sup>2</sup> ancho mínimo 1,20	2	> 4 m <sup>2</sup> ancho mínimo 1,50
19	DEPOSITO DE BASURA	entre 0,50 y 0,90 m <sup>2</sup>	1	entre 1 y 1,40 m <sup>2</sup>	2	Entre 0,50 y 0,90 m <sup>2</sup>	1	Entre 0,50 y 0,90 m <sup>2</sup>
20	ALTURAS INTERIORES ESP. HABITACIONES	> 2,40 promedio	2	> 2,40 promedio	2	> 2,40 promedio	2	> 2,40 promedio
21	ILUMINACION NATURAL	> 10% iluminación bien distribuida	2	> 10% iluminación bien distribuida	1	> 10% iluminación mal distribuida	1	> 10% iluminación bien distribuida
22	ASOLEAMIENTO	estar, comedor y dormitorio ppal. protegidos	2	estar, comedor y dormitorio ppal. protegidos	2	estar, comedor y dormitorio ppal. protegidos	2	estar, comedor y dormitorio ppal. protegidos
23	VENTILACION NATURAL	> 10% sin lucernario	2	> 10% espacio ventilado con lucernarios	1	> 10% espacio ventilado con lucernarios	1	> 10% sin lucernarios
24	PROTECCION AMBIENTALES	aleros < 20 cm acera < 20 cm	1	aleros < 20 cm acera < 20 cm	1	aleros < 20 cm acera < 20 cm	2	aleros < 20 cm acera < 20 cm
25	ILUMINACION ARTIFICIAL Y TOMAS	normas e iluminación y normas mínimas	2	normas e iluminación y normas mínimas	1	normas e iluminación y normas mínimas	1	normas e iluminación y normas mínimas
26	INSTALACIONES SANITARIAS	cloacas, agua caliente y tanque	3	cloacas, agua caliente y tanque	3	cloacas, agua caliente y tanque	3	cloacas, agua caliente y tanque



## Conclusiones

El presente estudio permitió identificar las características de habitabilidad en viviendas de Guaymas Norte y poder compararlas, se pudo realizar una evaluación de viviendas de interés social, unifamiliares, en fraccionamientos ubicados en polígonos urbanos estratégicos, a través de un instrumento que permite medir 40 indicadores de los cuales 35 están relacionados con la vivienda y la parcela y cinco con el entorno inmediato y la localización, los indicadores de este instrumento se compararon con los criterios de una vivienda adecuada de acuerdo con el Código de Edificación de Vivienda y los Derechos Humanos a la Vivienda Adecuada (DHVA) (Conavi 2018 & Red-DESC, 1997) así como la normatividad aplicable: Reglas de Operación del Programa de Vivienda Social para el ejercicio fiscal (2023) y el código de edificación de vivienda del Sedatu (2017). Las cuales se tomaron como guía para el análisis y valoración del instrumento propuesto por (Abadi y Martín, 2009), en comparación con estudios similares se encontró que Hidalgo, V. Lozano J. & Silva, E. (2020) se utilizaron las mismas variables que propone el autor sintetizando en 37 variables y con un puntaje máximo de 111. Los resultados obtenidos al medir la habitabilidad en los fraccionamientos Diamante 1, Ocotillo 2, Pradera Dorada y San Gerónimo permiten caracterizar las viviendas de esta zona y reconocer que cumplen con las características de diseño adecuadas para brindar protección contra peligros estructurales, el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento y otros riesgos para la salud. La seguridad e integridad de las familias, con algunas restricciones en cuanto a la capacidad, siendo en promedio de máximo 4 personas, con restricciones de espacio, aunque con posibilidad de crecimiento a uno o dos espacios, cabe señalar que los puntajes fueron muy similares de 74, 76, 75 y 82 respectivamente, pero todos ellos están muy alejados del puntaje máximo de 126 puntos, considerado como puntaje ideal, también se encuentran como áreas de oportunidad las características propias de la familia, si se tienen niños pequeños, adultos mayores, se requiere de espacios con mayor independencia y aislamiento de ruido.

## Referencias

- Abadi, I. & Martín, F. (2009). Instrumento de Evaluación de Viviendas de Interés Social. CEEA. Centro de Estudios del Espacio Arquitectónico. Universidad Central de Venezuela.
- Arista et al. (2021). Habitabilidad, accesibilidad y sustentabilidad de la vivienda social en México. Revista de divulgación científica de la facultad del Hábitat de la UASLP. Publicación semestral año 9, número 17/2017.
- CASEL (2023). Casa Selecta, modelos de casa verona (48.45m<sup>2</sup>) y palermo (52.90m<sup>2</sup>). <https://casel.com.mx/index.php/ciudades/category/pradera-dorada>.

- Cervantes Borja, J. F. y Maya Pérez, E. (2015). “La habitabilidad cero: una buena práctica olvidada en la producción industrial de la vivienda social en México”, Memorias del 2º Congreso Nacional de Vivienda y 2º Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos, México: puecunam.
- CONAGUA y Servicio Meteorológico Nacional (2023). Reporte del clima en México, abril 2023. Año 13, número 4.
- Conavi (2018). Código de edificación de vivienda <https://www.gob.mx/conavi/documentos/codigo-de-edificación-de-vivienda>. Tercera edición.
- Conavi (2019). Relación entre la familia y una vivienda adecuada con la familia.
- Cruz A. & Garnica A., (2001). Principios de Ergonomía. Universidad de Bogota. Bogota D.C . Colombia. 230p.
- Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana (2022). ENSU: marco conceptual / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, c2023.
- Encuesta Nacional de Vivienda (2020). Presentación de resultados. INEGI, INFONAVIT y SHF. <https://www.inegi.org.mx>.
- Fonseca, X. (1994). Las medidas de una casa. Editorial Pax México, 1994 - 127 páginas.
- García-Luna Romero (2021). Tesis: transgénesis en la ciudad. calidad de vida urbana y su patrón espacial con relación a lo público: hacia un modelo compuesto. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hidalgo, V. Lozano J. & Silva, E. (2020). Medición de la habitabilidad en la vivienda de interés social. Caso de estudio: Municipio de Ecatepec y Tecámac. Publicación Semestral Padi Vol. 7 No. 14 (2020) 59-65. Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.
- INEGI (2020). Censo de población y vivienda, tasa de crecimiento poblacional. <https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html?texto=Guaymas>
- INEGI (2021). Índice de hacinamiento en Guaymas. <https://www.inegi.org.mx/temas/vivienda/>
- NOAA (2023). Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Departamento de comercio de Estados Unidos. <https://www.noaa.gov/>
- ONU Habitat, (2019). Elementos de una vivienda adecuada. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/elementos-de-una-vivienda-adecuada>.
- PVS (2023). REGLAS de Operación del Programa de Vivienda Social para el ejercicio fiscal 2023. DOF: 29/12/2022. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5676032&fecha=29/12/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676032&fecha=29/12/2022#gsc.tab=0)
- Red-DESC (1997). Red Internacional para los Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Observación general número 4 del comité sobre el Derecho de la Vivienda Adecuada, 1991 y Observación general número 7 sobre desalojos forzados, 1997.

Sedatu y Conavi (2019). Criterios técnicos para una vivienda adecuada. [www.sedatu.gob.mx](http://www.sedatu.gob.mx); [www.conavi.gob.mx](http://www.conavi.gob.mx). México.

Statista, 2023. Precios de la vivienda en México con datos de SHCP y SHF e INEGI. <https://www.statista.com/>

Wheater Spark (2023). Datos sobre clima y tiempo promedio anual en Guaymas Sonora. <https://es.weatherspark.com/y/2806/Clima-promedio-en-Guaymas-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity>.

## **Acerca de los coordinadores**



### **Mtra. Elizabeth González Valenzuela**

Está a cargo de la Coordinación de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico de Sonora desde febrero del 2022; es profesora investigadora de tiempo completo en esta Institución, con experiencia profesional docente desde hace 20 años. Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias con Especialidad en Calidad y Productividad por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Ha colaborado en capítulos de libros, memorias en congresos internacionales relacionados con Sistemas de Gestión de Calidad y convenios de vinculación con empresas de la región. Reconocida como Maestra Distinguida por el Programa de Estímulos al Desempeño Docente en el periodo 2004-2023, con reconocimiento de Perfil Deseable y Apoyo para profesor de tiempo completo por el Comité Evaluador externo al --- (PRODEP) (2004 - 2024). Actualmente, es líder el cuerpo académico de Sistemas de Gestión de Calidad; cuenta con publicaciones en revistas internacionales indexadas a bases de datos, y ha obtenido premios y distinciones a nivel institucional y nacional.

A través del trabajo en equipo, con compañeros del bloque de calidad, ha participado en rediseño curricular desde 2002, dentro de la licenciatura en el programa educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas (plan 2002, 2009 y 2016). Asimismo, ha participado en el rediseño curricular del programa educativo de posgrado en Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad, Maestría en Ingeniería de Sistemas y en la Maestría en la Gestión de la Cadena de Suministro. Además, ha colaborado y coordinado la elaboración de programas de los cursos de licenciatura como Sistemas de Calidad, Certificación de Procesos, Control Estadístico de Procesos, Cultura de Calidad, Planeación de la Calidad, Evaluación de Procesos, Mejora del Desempeño de Procesos, Solución de Problemas; también en planes de clase de estos mismos cursos y en programas de curso de posgrado. Es coordinadora de academia de dos cursos del programa educativo de Ingeniero Industrial

y de Sistemas (IIS) e igualmente, participó en otros como colaboradora. Ha fungido como recopiladora de evidencias para integrar el documento que se entrega al Consejo de Acreditación en la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI) para la obtención de la acreditación al Programa Educativo de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Desde 2017, ha participado como observadora y evaluadora de los programas educativos de II e IIS para el CACEI.



### **Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega**

Laura Elisa Gassós Ortega es profesora investigadora del Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora. Se graduó de maestra en ciencias con especialidad en alimentos y nutrición en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. La maestra Gassós Ortega es una mujer sonoreense que tiene una amplia experiencia en la enseñanza y ha sido reconocida por su alto nivel de institucionalidad y compromiso. Además, ha recibido varios premios y distinciones por su trabajo, incluyendo el reconocimiento al perfil PRODEP y el reconocimiento al desempeño docente.

Tiene 20 años participando en la Reunión Anual de Academias compartiendo sus experiencias docentes a través de los libros publicados de este evento. La maestra Gassós se encuentra en constante actualización disciplinar y docente aplicando las TIC en la educación de sus estudiantes. Diseña, desarrolla, aplica y evalúa las estrategias didácticas que implementa en cursos presenciales o virtuales de bioquímica general, bioquímica de alimentos y diseño de experimentos.

En cuanto a su estilo de enseñanza, la maestra Gassós Ortega es conocida por ser muy comprometida y dedicada a sus estudiantes. Ella se esfuerza por crear un ambiente de aprendizaje positivo y colaborativo, y siempre está dispuesta a ayudar a sus alumnos a alcanzar sus metas académicas.



**Dr. Sergio de los Santos Villalobos**

Profesor-investigador en el Instituto Tecnológico de Sonora, cuyo trabajo científico se centra en el desarrollo e innovación de estrategias agrobiotecnológicas sostenibles para contribuir a la seguridad alimentaria actual y futura, bajo enfoques ecológicos, fisiológicos, metabólicos y genéticos de la interacción planta –microorganismos– suelo (desde ensayos in vitro hasta en el campo). Desde 2010, participa como Contraparte Mexicana en proyectos de investigación dentro del Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL), auspiciados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), enfocados en el estudio de la erosión, fertilidad del suelo y contaminación ambiental, así como en la inducción de mutaciones en cultivos agrícolas.

Actualmente, es Director del Nodo de Investigación “Colección de Microorganismos Edáficos y Endófitos Nativos (COLMENA) – Laboratorio de Biotecnología del Recurso Microbiano (LBRM)”, el cual tiene como objetivo estudiar la microbiota nativa y sus interacciones con los principales cultivos agrícolas en México, preservando este recurso agro-biotecnológico ex situ. La meta de este Nodo de Investigación es el desarrollo de alternativas agro-biotecnológicas sostenibles -basadas en el uso de microorganismos nativos- para incrementar -de forma sostenible- la competitividad agrícola de la región y México, bajo condiciones edafo-climáticas actuales y en perspectivas al cambio climático, disminuyendo la degradación microbiana de nuestros suelos agrícolas.

Ha publicado más de 100 artículos indizados, 20 capítulos de libro, 4 libros editados, y ha participado como ponente en diversos eventos científicos nacionales e internacionales. Además, cuenta con el registro dos patentes en el área biotecnológica y un desarrollo de software. Ha recibido una

mención especial del Premio Nacional AgroBio 2013 y ganador del Premio Internacional Tecnos 2014, por sus contribuciones al área biotecnológica. Es Editor Asociado en diversas revistas científicas internacionales indizadas. Actualmente, es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, nivel 2.

Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos

Se terminó de editar en Ciudad Obregón, Sonora, el 30 de diciembre de 2023, Por la Oficina de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Sonora, en Cd. Obregón, Sonora, México.

Fue puesto en línea para su disposición en el sitio [www.itson.mx](http://www.itson.mx) en la sección de Publicaciones



## Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos

---

La presente obra intitulada Ciencia en acción en la investigación de los cuerpos académicos tiene como objetivo difundir trabajos desarrollados en CA de nuestra institución. Estas contribuciones destacan la importancia del conocimiento e investigación en áreas como: electrónica, energías renovables, desarrollo de software, modelos matemáticos, diseño y construcción de maquinarias, sistemas agrícolas, estudios psicológicos, alimentación emocional y estudio sobre habitabilidad de viviendas..