



CICOTI 2022



REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

“Semillero de Investigadores”

ISSN: 2007-9400



“Tecnología para la sociedad”

Índice LatIndex: Folio 23658

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

Desde 2011

Volumen Número

13 1

Año 2023

# REVISTA TECNOLOGÍA DIGITAL

## CONSEJO EDITORIAL

---

**Editor Principal. Dr. Fernando Pech May**

Instituto Tecnológico Superior de los Ríos  
fernando.pech@cinvestav.mx

**Editor. MATI. Jorge Magaña Govea**

Instituto Tecnológico Superior de los Ríos  
totosaus@gmail.com

**Presidente. Dr. Héctor Guerra Crespo.**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
hgcrespo@hotmail.com, hector.gc@tuxtla.tecnm.mx

## COMITÉ DE ARBITRAJE

---

**Ing. Luis Antonio López Gómez**

Instituto Tecnológico Superior de los Ríos  
luis.lg@rios.tecnm.mx

**Dr. Germán Ríos Toledo**

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez  
Doctor en Ciencias de la Computación  
german.rt@tuxtla.tecnm.mx

**MATI. Ivette Pacheco Farfán**

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega  
ipacheco@itsescarcega.edu.mx

## Editor Responsable.

---

Editorial Tecnología Didáctica®.

Dr. Héctor Guerra Crespo.

Registro del padrón de editores: 970-94054 de fecha  
22-junio-2004.

Palenque 139 Col. ISSSTE, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.  
C.p. 29060, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

[www.tecnologiadidactica.com](http://www.tecnologiadidactica.com)

## Número en colaboración.

---

Este número es una colaboración con el TecNM campus de los Ríos (ITSR), el TecNM campus Escárcega (ITSE) y el TecNM campus Calkiní (ITESCAM) en el marco del Congreso Internacional en Computación y Tecnologías de la Información (CICOTI 2022) celebrado del 8 al 10 de noviembre de 2022. La revisión de artículos, edición y verificación de similitud se llevaron a cabo por el comité encargado del Congreso.

## Revista Tecnología Digital.

---

Índice LatIndex: 23658.

ISSN: 2007-9400.

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Carretera Panamericana Km. 1080.

C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Departamento de Sistemas y Computación.

01-961-6150461 Ext. 319

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)

**Revista Tecnología Digital.** Año 13, Volumen 13, Número 1 de 24 de marzo de 2023 es una publicación anual on-line [www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com) editada por Héctor Guerra Crespo oficinas en Palenque 139 Col. ISSSTE Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México C.P. 29060. correo-e [hgcrespo@hotmail.com](mailto:hgcrespo@hotmail.com). Editor responsable: Héctor Guerra Crespo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2014-022811040300-203 otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN 2007-9400. Responsable de la última actualización de este número Dr. Héctor Guerra Crespo, Presidente del Consejo Editorial, Palenque 139 Colonia ISSSTE Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29060, fecha de la última modificación 24 de marzo de 2023.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del editor responsable.

Índice LatIndex: 23658.

# Índice.

|  | Página.  |
|--|----------|
| Análisis estadístico sobre el uso plataformas educativas virtuales en docentes del Instituto Tecnológico de Campeche.  | ..... 1  |
| Dispositivo inteligente de comunicación remota para lectura de datos en un apiario con tecnología IoT.   | ..... 11 |
| Hacia la detección de inundaciones mediante imágenes satelitales y redes neuronales convolucionales.   | ..... 23 |
| La realidad aumentada como estrategia didáctica en la enseñanza de la Programación para la educación virtual.  | ..... 33 |
| Sistema de seguridad ciudadana utilizando técnicas de visión artificial.   | ..... 43 |
| Técnicas ágiles de elicitación de requisitos para generar estrategias gamificadas que promuevan el desarrollo de Pensamiento Computacional: encuestas y entrevistas. | ..... 55 |



# **Análisis estadístico sobre el uso plataformas educativas virtuales en docentes del Instituto Tecnológico de Campeche.**

## **Statistical analysis in the use of virtual educational platforms on teachers from Technological Institute of Campeche.**

Rosario de Fátima Suárez Améndola\* (1).  
Tecnológico Nacional de México/I. T. de Campeche.  
[rosario.sa@campeche.tecnm.mx](mailto:rosario.sa@campeche.tecnm.mx).

Lirio Guadalupe Suárez Améndola (2). Instituto Electoral del Estado de Campeche, [lirio.suarez@ieec.org.mx](mailto:lirio.suarez@ieec.org.mx).

Ana Luisa Ortega Rodríguez (3). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Campeche, [ana.or@campeche.tecnm.mx](mailto:ana.or@campeche.tecnm.mx).

Virginia Aracelly Dzib Rocha (4). Consejo Estatal de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de Campeche, [dzibvirginia@coesicydet.com](mailto:dzibvirginia@coesicydet.com).

---

\*corresponding author.

**Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.**

### **Resumen.**

*El presente artículo presenta un estudio exploratorio del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) de los profesores del Instituto Tecnológico de Campeche a principios del 2020, antes de las condiciones generadas por la pandemia de COVID-19, se describe la relación existente entre dos variables, los años de estudio y el uso de plataformas digitales utilizadas en sus clases a partir de un análisis estadístico. El estudio determinó las variables siguientes: años en la docencia, edad, nivel de estudios, plataformas educativas virtuales utilizadas, cursos de capacitación en los últimos 5 años. Este análisis representa la descripción de la realidad docente con relación al uso de las TIC de los profesores como una herramienta para mejorar su práctica docente y ser el eje de su formación profesional.*

**Palabras claves:** Estudio Estadístico, herramientas digitales, tecnologías de la información y la comunicación.

### **Abstract.**

*This article presents an exploratory study of the use of Information and Communication Technologies (TIC) of the professors at the Technological Institute of Campeche at the beginning of 2020, before the conditions generated by the COVID-19 pandemic, the relationship between two variables, the years of study and the use of digital platforms used, is described. in their classes from a statistical analysis. The study determined the following variables: Years in teaching, Age, Educational level, Virtual educational platforms used, Training courses in the last 5 years. This analysis represents the description of the teaching reality in relation to the use of ICT by teachers as a tool to improve their teaching practice and to be the axis of their professional training.*

**Keywords:** Digital tools, information and communication technologies, statistical study.

## 1. Introducción.

El uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la sociedad ha avanzado vertiginosamente en los últimos años, posicionándose como un referente de la calidad y actualización docente en muchas Instituciones de Educación Superior (IES), donde los cambios en la tecnología y su uso actual han modificado los patrones de vida, incluidos el de la forma en que el conocimiento es adquirido (Sierra, J. et. al., 2016).

Ahora, prácticamente todo se puede encontrar al alcance de un “click”, desde las necesidades más básicas como son los alimentos, hasta lo más sofisticado que nos podamos imaginar y que muchas veces es intangible y solamente existe en el mundo virtual. Esto se da en todos los ámbitos en los que nos desenvolvemos como personas y cómo profesionistas.

Para las personas nacidas en la primera parte del S. XX la tecnología es mucho más difícil de asimilar y utilizar, que para los que nacieron en el último cuarto de ese siglo (Matute, O., 2021). Existe una especie de limbo en aquellos nacidos entre 1950 y 1975, que transitan entre aquellos que fueron los primeros en aprender y enseñar todas las ciencias de la tecnología y entre aquellos que nunca las emplearon o las aprendieron en sus años escolares, pero no utilizan más que lo básico como un procesador de texto y funciones básicas.

Muchas de las personas de las que se encuentran en ese limbo tecnológico se han enfrentado a cambios sociales en los que la tecnología les avasalla, enfrentándose a desplazamientos en sus carreras por no adaptarse a las circunstancias tecnológicas actuales, viendo cómo los más jóvenes ascienden vertiginosamente a puestos en los que ellos creen que no pueden ni siquiera aspirar.

En el caso de la docencia el asunto se ha profundizado hasta el grado de que en muchas escuelas es requisito que los aspirantes a ser profesores sepan utilizar plataformas educativas virtuales, lo anterior como parte del reto que enfrentan los docentes de poder utilizar las TIC en sus clases (Cejas-León, R., & Navío, A., 2018). Viendo este panorama, docentes del departamento de Sistemas y Computación junto con el departamento de Desarrollo Académico del Instituto Tecnológico de Campeche se dieron a la tarea de elaborar un proyecto educativo, cuya finalidad es la promoción del uso de plataformas educativas virtuales entre los docentes de los diferentes programas educativos que se imparten en el Instituto.

Como parte de este proyecto educativo, se diseñó un cuestionario para recolectar información de los docentes del Instituto Tecnológico de Campeche, e implementar un esquema de capacitación para que los docentes obtuvieran las habilidades y herramientas necesarias para implementar las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## 2. Métodos.

El objetivo de la investigación fue: analizar el grado de implementación del uso de las herramientas TIC en los docentes en el Instituto Tecnológico de Campeche, a fin contar con información pertinente para la realizar capacitaciones en materia de herramientas virtuales.

El tipo de investigación fue descriptivo porque se describió en qué momentos de su quehacer académico. los docentes utilizaban herramientas y plataformas virtuales, así como el grado en que las tenían implementadas en su labor docente y gestión académica. La recolección de los datos se hizo por medio de la plataforma Formularios de Google. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente, dando como resultado, información relevante que puede servir de base de otros proyectos de investigación. La muestra utilizada fue de 39 profesores, de los cuáles se compararon diferentes variables relacionadas, como la edad, antigüedad en la docencia, nivel de estudios y el uso de plataformas educativas virtuales como herramienta para la enseñanza.

### **VARIABLES.**

Los datos obtenidos para el proyecto de capacitación se adecuaron a la finalidad de este estudio, en el que se pretende conocer la relación entre diferentes variables, las cuales fueron sometidas a pruebas estadísticas para conocer si existe correlación entre ellas, especialmente entre el nivel de estudios de los docentes y el uso de plataformas educativas virtuales, principal interés de este trabajo, a continuación, se describen dichas variables:

- **Años en la docencia**, utilizando una escala de medición de razón, en donde cada valor es el número de años que ha impartido cátedra en el Instituto Tecnológico de Campeche.
- **Edad**, utilizando una escala de medición de razón, en donde cada valor es el número de años (edad) con los que cuenta el docente.
- **Nivel de estudios**, utilizando una escala de medición de razón de acuerdo con el número de años que se asistió a la escuela, 18 años para el nivel licenciatura, 20 años para el nivel de maestría y 23 años para el nivel de doctorado.
- **Plataformas educativas virtuales utilizadas**, utilizando una escala de medición de razón, en donde 0 es ninguna plataforma virtual educativa utilizada y los valores siguientes el número de plataformas virtuales educativas utilizadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- **Cursos de capacitación en los últimos 5 años**, utilizando una escala de medición de razón, en donde cada valor es el número de cursos tomados en los últimos 5 años por el docente.

### **Objetivo general.**

Identificar si existe correlación entre las variables nivel de estudios de los profesores del Instituto Tecnológico de Campeche y el uso de plataformas educativas virtuales para el proceso enseñanza-aprendizaje.

### **Objetivos específicos:**

- a. Obtener los estadísticos descriptivos de las variables estudiadas.
- b. Encontrar la correlación entre las diferentes variables estudiadas.
- c. Aplicar análisis de regresión lineal simple a las variables nivel de estudios y el uso de plataformas educativas.

### **Aplicaciones utilizadas.**

El análisis de los datos se realizó mediante la aplicación Excel de Microsoft, obteniendo los estadísticos descriptivos y el análisis de correlación.

Se empleó el programa Statgraphics 18 para el análisis de Regresión Lineal y la obtención de los p valor y la bondad de ajuste del modelo.

### **Población y muestra.**

La población de donde se obtuvo la muestra fue de la plantilla docente del Instituto Tecnológico de Campeche; se envió el cuestionario diseñado a 115 docentes, de los cuales respondieron un total de 39, constituyendo la muestra sobre la que se realizó el estudio.

### **Hipótesis.**

Existe una fuerte correlación entre las variables Nivel (Años) de estudios y el uso de Plataformas educativas virtuales utilizadas en el proceso de enseñanza aprendizaje por los docentes del Instituto Tecnológico de Campeche que componen la muestra.

$$H_0: \rho = 0 \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.}$$

$$H_0: \rho \neq 0 \dots\dots\dots \text{Ecuación 2.}$$

### 3. Desarrollo.

#### Estadística descriptiva.

En la Tabla 1 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables estudiadas en la muestra. Los datos más relevantes que podemos encontrar es que en promedio, los profesores que componen la muestra son de edad media (54.38) con más de 20 años en la docencia (24.54), con nivel de maestría en su mayoría (20.10), que utilizan pocas plataformas educativas virtuales (2.26) y con pocos cursos de capacitación en los últimos 5 años (2.15).

**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos.

|                                    | <b>Años en la docencia</b> | <b>Edad</b> | <b>Nivel (Años) de estudio</b> | <b>Plataformas educativas utilizadas</b> | <b>Cursos de capacitación en los últimos 5 años</b> |
|------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------------|--|---|
| Media                              | 24.54                      | 54.38       | 20.10                          | 2.26                                     | 2.15  |
| Mediana                            | 25                         | 57          | 20                             | 2  | 2   |
| Moda                               | 25                         | 60          | 20                             | 1  | 2   |
| Desviación estándar                | 11.21                      | 9.67        | 1.47                           | 1.67                                     | 2.67  |
| Varianza                           | 125.73                     | 93.56       | 2.15                           | 2.77                                     | 7.13  |
| Coefficiente de variación          | 45.70                      | 17.79       | 7.29                           | 73.82                                    | 124.01  |
| Rango                              | 39                         | 40          | 5                              | 6  | 12  |
| Límite inferior                    | 21.02                      | 51.35       | 19.64                          | 1.73                                     | 1.32  |
| Límite superior                    | 28.52                      | 60.04       | 20.46                          | 2.52                                     | 2.84  |
|                                    |                            |             |                                |  |   |
| Raíz de total de datos             | 6.24                       | 6.24        | 6.24                           | 6.24                                     | 6.24  |
| z valor                            | 1.96                       | 1.96        | 1.96                           | 1.96                                     | 1.96  |
| Desviación Estándar. / Raíz número | 1.80                       | 1.55        | 0.23                           | 0.27                                     | 0.43  |
| Valor z+-                          | 3.52                       | 3.04        | 0.46                           | 0.52                                     | 0.84  |

#### Estadística de correlación.

Una correlación es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, específicamente evalúa la tendencia (creciente o decreciente) en los datos, en otras palabras poder determinar en que variables puede existir una asociación notable entre ellas (Pedroza, H., & Dicoski, L., 2007).

En la Tabla 2 podemos encontrar las correlaciones entre variables, encontrando que existe una fuerte asociación positiva entre las variables años en la docencia y la edad, con un  $p$  valor menor que  $\alpha$ . También existe una fuerte asociación positiva entre el nivel de estudios y el número de plataformas educativas estudiadas, variables que se están sometiendo al análisis de hipótesis de este estudio, con un  $p$  valor menor que  $\alpha$ .

Existen asociación débil positiva entre el nivel de estudios y cursos de capacitación y entre cursos de capacitación y plataformas educativas, ambas con un  $p$  valor menor que  $\alpha$ .

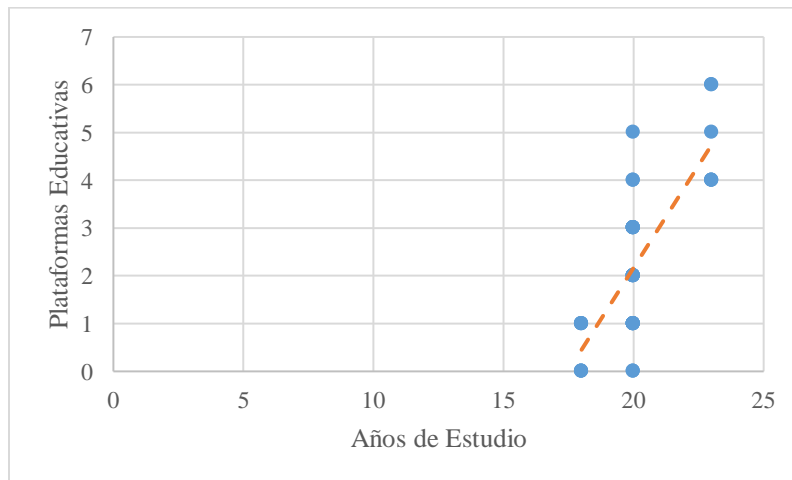
Podemos encontrar una asociación débil positiva entre la edad y el nivel de estudios, entre años de estudio y años en la docencia, entre años en docencia y plataformas educativas utilizadas, entre años en docencia y cursos de capacitación. Todas las correlaciones anteriores con un  $p$  valor mayor que  $c$ . Existen asociación débil negativa entre

la edad y plataformas educativas utilizadas, con un p valor mayor que  $\alpha$ . No hay asociación entre la edad y los cursos de capacitación en los últimos 5 años, con un p valor mayor que  $\alpha$

**Tabla 2.** Estadísticos de Correlación.

|   | <b>Años en Docencia</b> | <b>Edad</b>   | <b>Nivel (Años) de estudio</b> | <b>Plataformas educativas utilizadas</b> | <b>Cursos de capacitación en los últimos cinco años</b> |
|---|-------------------------|---------------|--------------------------------|--|---|
| <b>Años en Docencia</b>                             |                         | 0.83028512    | 0.199962379                    | 0.052998328                              | 0.114029276   |
|   |                         | (39)          | (39)                           | (39)                                     | (39)  |
|   |                         | <b>0.0000</b> | 0.2223                         | 0.7486                                   | 0.4894  |
| <b>Edad</b>   | 0.830285123             |               | 0.030564602                    | -0.185947445                             | -0.019667547  |
|   | (39)                    |               | (39)                           | (39)                                     | (39)  |
|   | <b>0.0000</b>           |               | 0.8535                         | 0.2571                                   | 0.9054  |
| <b>Nivel (Años) de estudio</b>                      | 0.199962379             | 0.0305646     |                                | <b>0.754443802</b>                       | 0.412757983   |
|   | (39)                    | (39)          |                                | (39)                                     | (39)  |
|   | 0.2223                  | 0.8535        |                                | <b>0.0000</b>                            | <b>0.0090</b>   |
| <b>Plataformas educativas virtuales utilizadas</b>  | 0.052998328             | -0.18594745   | <b>0.754443802</b>             |  | 0.410869473   |
|   | (39)                    | (39)          | (39)                           |  | (39)  |
|   | 0.7486                  | 0.2571        | <b>0.0000</b>                  |  | <b>0.0094</b>   |
| <b>cursos de capacitación en los últimos 5 años</b> | 0.114029276             | -0.01966755   | 0.412757983                    | 0.410869473                              |   |
|   | (39)                    | (39)          | (39)                           | (39)                                     |   |
|   | 0.4894                  | 0.9054        | <b>0.0090</b>                  | <b>0.0094</b>                            |   |

Se realizó el gráfico de la correlación existente entre plataformas educativas virtuales utilizadas y los años de estudios (ver Figura 1).



**Figura 1.** Correlación Plataformas Educativas Utilizadas y Años de Estudio.

**Estadística de regresión lineal simple.**

Se realizó un análisis de regresión lineal simple para las variables Nivel (Años) de estudio y Plataformas educativas virtuales utilizadas, con la finalidad de entender si la relación entre ellas puede ayudar a predecir el valor de las plataformas educativas utilizadas en función del nivel de estudios.

Las variables por utilizar son:

**Variable dependiente:** Plataformas educativas virtuales utilizadas

**Variable independiente:** Nivel (Años) de estudio

Lineal:  $Y = a + b * X$

Número de observaciones: 39

Se obtuvo el siguiente modelo para las variables propuestas:

$x$  = Nivel (Años) de estudios,  $y$  = Plataformas educativas utilizadas

$$y = \beta_0 + \beta_1x \dots \dots \dots \text{ Ecuación 3.}$$

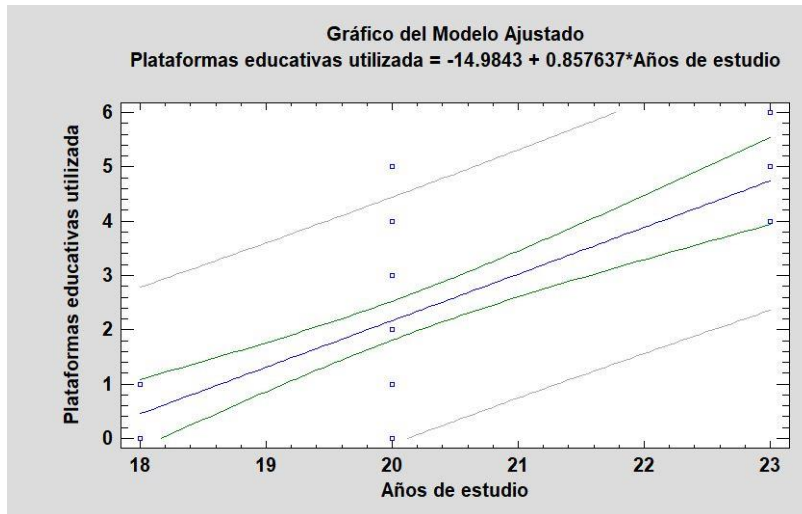
$$y = -14.9843 + 0.857637x$$

$R^2 = 0.5691$

P valor  $\beta_0 = 0.0000$

P valor  $\beta_1 = 0.0000$

En este modelo, el valor constante es negativo -14.9843 y el parámetro de razón de cambio es 0.857637 veces el nivel educativo de los docentes. Lo anterior significa que para este modelo, el número de plataformas educativas utilizadas es del valor constante de -14.9843 más 0.857637 veces el número de años de estudio de los docentes (ver figura 2).



**Figura 2.** Regresión Lineal Plataformas Educativas Utilizadas y Años de Estudio.

#### 4. Discusión.

De acuerdo con el análisis de los datos que componen la muestra, podemos ver que sí existe una fuerte asociación positiva entre las variables Nivel (Años) de estudios y el uso de Plataformas educativas virtuales utilizadas en el proceso de enseñanza aprendizaje por los docentes del Instituto Tecnológico de Campeche que componen la muestra, dado que la correlación entre ambas variables nos muestra un valor de 0.754443802 y un  $p$  valor por debajo del valor de  $\alpha$ .

La hipótesis propuesta para este estudio se acepta, puesto que  $\rho = 0.7544$  y  $p = 0.0000 < \alpha$ .

Sin embargo, si bien existe una fuerte asociación entre las variables sometidas al análisis estadístico de correlaciones, en el análisis de regresión lineal simple, para el modelo  $\hat{Y} = -14.9843 + 0.857637X$  la bondad de ajuste presenta un valor de 0.5691, siendo un modelo medianamente robusto ya que significa que el modelo explica el 57% de los casos.

El parámetro de origen  $\beta_0$  es de -14.9843 y presenta un  $p$  valor de 0.0000, por debajo de los niveles de error  $\alpha$ , siendo un valor estadísticamente significativo. El parámetro de razón de cambio  $\beta_1$  para este modelo es de 0.8576 veces el nivel de estudio de los docentes y el  $p$  valor es de 0.0000 por debajo de los niveles de error  $\alpha$ , siendo un valor estadísticamente significativo al igual que el parámetro  $\beta_0$ .

Si bien los parámetros del modelo de regresión son estadísticamente significativos, al tener una bondad de ajuste de 0.5691 indica que el modelo ajustado explica el 57% de la variabilidad en las Plataformas educativas utilizadas en función del Nivel de estudios de los profesores. Por lo que se sugiere que existen otros factores que influyen en el uso de las plataformas educativas que no están integradas al modelo.

Sin embargo, la hipótesis sometida a análisis en este estudio sí es aceptada porque las variables tienen una fuerte relación entre ellas con un  $p$  valor menor al error  $\alpha$ .

Al inicio de la investigación original, sólo se espera encontrar cuáles eran las herramientas y plataformas que utilizaban los profesores en sus distintas labores que realiza: Docencia, Tutoría, Investigación, Vinculación y Gestión Tecnológica, sin embargo, se quiso saber cuál era el grado de correlación existente entre las variables.

Al principio de este análisis, se pensó que posiblemente se podía encontrar una fuerte tendencia o correlación existente entre la Edad y Plataformas educativas virtuales utilizadas, es decir, los profesores más jóvenes eran los que más podían utilizar las TIC, sin embargo el resultado fue del -0.18, podemos notar que si se da esta relación de a menor edad, mayor el uso de tecnología, pero sólo con un 18% de tendencia, por lo que no se puede considerar una tendencia significativa, sino el hallazgo fue el mencionado con anterioridad, al cuál se le hizo el análisis de regresión. Otro punto importante que se puede discutir es la relación existente entre los cursos de capacitación en los últimos cinco años y Plataformas educativas virtuales utilizadas, pero se dio una tendencia positiva pero no significativa del 0.40, pero hay que considerar, que en ocasiones no basta con tomar un curso, el uso de las plataformas educativas es importante considerar el dominio de la plataforma que se obtiene con la experiencia.

#### Conclusiones.

Al término del presente análisis estadístico y de acuerdo con la muestra de 39 profesores podemos afirmar que sí existe una fuerte asociación positiva entre las variables: Nivel (Años) de estudios y el uso de Plataformas educativas virtuales utilizadas en el proceso de enseñanza aprendizaje por los docentes del Instituto Tecnológico de Campeche. Situación que nos plantea la necesidad de explorar los motivos o las causas por las cuales estos profesores al tener más años de estudios entraron en contacto con las TIC como una herramienta profesionalizante de su propia formación académica. Aspecto fundamental de la necesidad de actualización y formación de los profesores que debería ser un eje de profesionalización para los programas de capacitación de las IES.

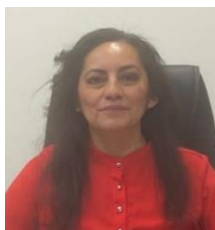
### Referencias bibliográficas.

- Cejas-León, R., & Navío Gámez, A. (2018).** *Formación en TIC del profesorado universitario. Factores que influyen en la transferencia a la función docente.* Profesorado. Revista de Curriculum y Formación del Profesorado, 22(3), 271-293. doi:<https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i3.8002>
- Matute-Ortega, O. (2021).** *La generación Net de la Era Digital .* Revista de Investigación y Estudios Gerenciales(48), 268-292
- Pedroza, H., & Dicoovski, L. (2007).** *Sistema de Análisis Estadístico con SPSS.* Insituto Interamericana de Cooperación para la Agricultura
- Sierra-Lllorente , J., Bueno Giraldo, I., & Monroy Toro, S. (2016).** Análisis del uso de las tecnologías TIC por parte de los docentes de las Instituciones educativas de la ciudad de Riohach. Omnia 2016, 22(2). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/737/73749821005/html/>

### Información de los autores.



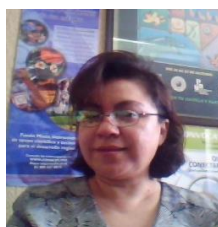
**Rosario de Fátima Suárez Améndola** Licenciada en Informática por el Instituto Tecnológico de Campeche, realizó su Maestría en Educación Superior de la Universidad Autónoma de México, actualmente terminó los estudios de Doctorado en Psicología en el Centro de Estudios, Clínica e Investigación en Psicología, Ha participado en congresos nacionales e internacionales con artículos relacionados con el área de TIC en la educación, es líder de la Línea de Investigación Educativa de Tecnologías de la Información y Comunicación. Se ha desempeñado como docente desde 1992 en el Departamento de Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Campeche, Profesora con perfil deseable desde 2011 perteneciente al cuerpo Académico Gestión del Conocimiento, actualmente tiene a cargo la coordinación institucional de Tutorías y tiene la comisión de Coordinadora del Sistema de Igualdad de Género y no discriminación del Instituto Tecnológico de Campeche.



**Lirio Guadalupe Suárez Améndola** licenciada en Administración de Empresas por el Instituto Tecnológico de Campeche y realizó su maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural en el Colegio de la Frontera Sur. Ha participado en congresos nacionales e internacionales relacionados a temas de gestión cultural, proyectos de desarrollo social, formación de capital humano, y perspectivas de género, dentro de los que destacan "Una nueva derivación de derechos en materia electoral", "Derechos humanos para el servidor público" y "Las mujeres en el ejercicio del poder y la toma de decisiones". En su trayectoria laboral destaca su trabajo como delegada del Instituto Nacional de Antropología e Historia en la ciudad de Campeche y su labor como Coordinadora de Educación y Cultura en el Centro Mexicano de Atlanta, en Estados Unidos de América. Actualmente, la como consejera presidenta del Consejo General del Instituto Electoral del Estado de Campeche.



**Ana Luisa Ortega Rodríguez** Licenciada en Administración de Empresas por el Instituto Tecnológico de Campeche, realizó su Maestría en Educación Superior de la Universidad Autónoma de México, Ha participado en congresos nacionales e internacionales con artículos relacionados con el área de TIC en la educación, es líder de la Línea de Investigación Educativa de Tecnologías de la Información y Comunicación. Se ha desempeñado como docente desde 1994 en el Departamento de Ciencias Económico Administrativo del Instituto Tecnológico de Campeche, Profesora con perfil deseable desde 2011 Líder del cuerpo Académico Gestión del Conocimiento, pertenece a la línea de Investigación Educativa de Tecnologías de la Información y la Comunicación.



**Virginia Aracelly Dzib Rocha** Licenciada en Informática por el Instituto Tecnológico de Campeche, realizó su Maestría en Gestión del Talento Humano en el Centro de Estudios, Clínica e Investigación . Se ha desempeñado como asesora Técnica en el Consejo Estatal de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Estado de Campeche.



# Dispositivo inteligente de comunicación remota para lectura de datos en un apiario con tecnología IoT.

## Intelligent remote communication device for reading data in an apiary with IoT technology.

Felipe Ángel Álvarez Salgado (1).  
Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní – ITESCAM.  
[falvarez@itescam.edu.mx](mailto:falvarez@itescam.edu.mx).

Ricardo Gómez Ku\* (2). TecNM/ Calkiní – ITESCAM, [rgomez@itescam.edu.mx](mailto:rgomez@itescam.edu.mx).

Carlos Omar Chab Lara (3). TecNM/Calkiní – ITESCAM, [cochab@itescam.edu.mx](mailto:cochab@itescam.edu.mx).

Carlos Alberto Decena Chan (4). TecNM/Calkiní – ITESCAM, [cadecena@itescam.edu.mx](mailto:cadecena@itescam.edu.mx).

Irving Dzib López (5). TecNM/Calkiní – ITESCAM, [5524@itescam.edu.mx](mailto:5524@itescam.edu.mx).

---

\*corresponding author.

**Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.**

### Resumen.

*Los apiarios inteligentes responden a la necesidad de implantar dispositivos electrónicos en la colonia de abejas de aguijón, Apis Melliferas, para recabar información relevante que le sirva al apicultor en la toma de decisiones y con el propósito de mejorar la productividad y la calidad de la miel. La aplicación de la tecnología permitirá determinar el panorama de cómo se encuentra en tiempo real la colmena; estos sensores son capaces de medir la temperatura, la humedad, el sonido, la luz y movimiento, transfiriendo los datos de las lecturas periódicas a un servidor web que almacena la base de datos para su posterior análisis. Hasta ahora los procesos de producción de la miel, se siguen llevando a cabo de manera artesanal donde los apicultores, realizan visitas periódicas a los apiarios con el propósito de determinar cómo se encuentran las colmenas; con base a la observación y revisión detallada de cada colonia, de forma que pueda saber en qué estado se encuentra el enjambre; buscando determinar la cantidad de la población, cantidad de perculado de celdas, la maduración de la miel, enfermedad de la abeja, producción de crías, recolecta del néctar, pólen, crías de larvas así como producción de abejas reinas entre otras. Sin embargo; éste monitoreo implica: tiempo, dedicación, esfuerzo y especial cuidado para no lastimar o matar abejas durante el proceso de maniobra, de lo contrario no se podría saber cómo se encuentra el panorama general de la colonia.*

**Palabras claves:** Apiarios, Colmena, IoT, servidor.

### Abstract.

*Smart apiaries respond to the need to implant electronic devices in the colony of stinging bees, Apis Melliferas, to gather relevant information that helps beekeepers in decision-making and with the purpose of improving productivity and honey quality. The application of technology will allow determining the panorama of how the hive is in real time; These sensors are capable of measuring temperature, humidity, sound, light and movement, transferring the data from the periodic readings to a web server that stores the database for further analysis. Until now, the honey production*

*processes continue to be carried out in an artisanal way where beekeepers make periodic visits to the apiaries with the purpose of determining how the hives are; based on the observation and detailed review of each colony, so that you can know what state the swarm is in; Seeking to determine the amount of the population, amount of cell percolation, honey maturation, bee disease, brood production, nectar collection, pollen, larvae brood as well as queen bee production, among others. Nevertheless; This monitoring implies: time, dedication, effort and special care not to hurt or kill bees during the maneuvering process, otherwise it would not be possible to know how the general panorama of the colony is.*

**Keywords:** Apiaries, Ceehive, IoT, server.

## 1. Introducción.

Las abejas son uno de los seres vivos claves en la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, esto se debe al equilibrio que dan al planeta; la apicultura está siendo replanteada según la denominación de la especie, pero en el caso de la abeja *Apis Melífera* por su agresividad en el manejo se ha intervenido de manera paulatina, predominando el método de producción tradicional, quedando casi en su totalidad en el proceso de producción artesanal. Diversos estudios recientes apuntan en que la tecnología ha entrado al auxilio de la preservación de la especie, se ha observado que las poblaciones han disminuido hasta un 50, 80% (Ojeda R. & Anguiano R., 2018), observándose un nicho de oportunidades para su estudio y atención.

El Alemán Andreas Nickel, es pionero al desarrollar un programa Planificación de Recursos Empresariales (ERP) en desarrollo de programas de sistemas de análisis (SAP), el cual administra monitoreando las colmenas, indicando la cantidad de néctar que se ha recolectado en determinado tiempo, donde el apicultor conoce si debe tomar la decisión de alimentar en las épocas de frío, éste es capaz de emitir alertas a un dispositivo móvil o a un computador, además de detectar amenazas, falta de alimento, daños externos entre otras tareas (Castro J., 2019).

En México los primeros estudios dados a conocer son la aportación realizada por los estudiantes de la Unidad de Educación a Distancia del Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Cadereyta de Montes, ellos diseñaron un sistema de monitoreo para la apicultura de precisión con base en el Internet de las Cosas (IoT). El sistema busca generar innovaciones tecnológicas que contribuyan al estudio de colmenas de abejas de la especie europea (*Apis Melífera*) en la zona del Bajío del país (Pérez-Valencia I., 2019).

Las consecuencias que tiene la extinción progresiva de las abejas en todo el planeta repercuten en el deterioro del medio ambiente, la erosión del suelo y la desaparición de otras especies; Al respecto, investigadores de la Universidad de Reading en Inglaterra, afirman que cuatro especies de abejorros se han extinto de toda Europa, y la tendencia señala situaciones similares en Norte América y China (García, J., 2020).

De ahí la importancia de evitar, de distintos modos la extinción de las abejas, y una forma de impedirlo –hay otras– es utilizando IoT en el cultivo de colmenas, ello no sólo para impedir la extinción de una especie sino sobre todo para asegurar la biodiversidad de un espacio donde las abejas coexisten con muchos otros agentes naturales.

Un apiario inteligente consiste en implementar elementos electrónicos que permitan recolectar información a través de la implementación del diseño de un prototipo que estará integrado por sensores capaces de tomar lectura del ruido, temperatura, humedad, movimiento y luz, la cual será enviada en tiempo real a un portal web capaz de almacenar en una base de datos, controlada, por un sistema de gestión de bases de datos (DBMS) las lecturas de los sensores cada determinado tiempo, para posteriormente ser depurada, analizada y graficada para la toma de decisiones.

El objetivo de una colmena inteligente es garantizar una adecuada producción de miel, proteger a las abejas de los procesos de maniobra cotidianos del apicultor disminuyendo la intervención manual, además de determinar factores que afectan la producción y predecir la calidad del producto.

El estudio conlleva a investigar, desarrollar, ensamblar e implantar el prototipo integrado por sensores que se adicionará a la caja de la colonia, los componentes son capaces de leer y registrar el sonido, la humedad, el movimiento, la luz y el calor.

Para ello el apicultor asesorado de un investigador, colocará sensores, micrófonos y routers dentro de la colmena, para detectar y analizar el lenguaje que las abejas producen en el interior, su universo sonoro, con el objeto de analizarlo; Además, los sensores registran en tiempo real la temperatura, humedad, peso y cantidad de miel que genera la colmena, así mismo conocer en tiempo real la situación física de la colmena y es posible analizar estos datos para entender el comportamiento de la colonia y conocer la forma en que las variables de temperatura, humedad, sonido, movimiento y luz intervienen y determinan el proceso de producción de miel, conforme el estudio realizado.

Los sensores registran los datos y éstos son enviados al sitio web alojado en un servidor de tal manera el apicultor puede consultar desde una computadora o desde su celular, siempre y cuando cuente con servicios de internet, siendo de gran relevancia para conocer en tiempo real que está sucediendo con su apiario (Mathas C., 2017).

El apicultor podrá detectar en tiempo real cualquier irregularidad, amenaza o alguna afectación derivada de las inclemencias del tiempo, humedad inadecuada, comportamiento anormal de las abejas o ataques a la colmena de insectos que ponen en peligro a la colonia como son hormigas, avispones, oso hormiguero, aves entre otros depredadores. Estos son detectados de inmediato, lo que le permite tomar las medidas convenientes para resolverlas.

Además, que toda la información que se recaba y examina puede enviarse a otros lugares donde existen apicultores que vivan una problemática similar, con el objeto de crear una red interactiva donde todos los involucrados, se informan y aprenden de otras experiencias.

La tecnología es valorada en la actividad apícola, aceptación que viene a agregar un plus invaluable al proceso de producción de la miel y en consecuencia al rescate de las especies que la producen.

Debido a todas las variantes observadas en la actividad apícola la tecnología ha tenido muy buena aceptación para complementar el proceso de producción y rescate de la especie, además de dar valor agregado con innovación aplicando IoT.

García, J. (2020), afirma que el Internet de las Cosas (IoT) tiene una aplicación tan diversa, que se dice que no tiene límites y es capaz de intervenir en áreas tan distintas como el transporte, la industria, el hogar, la agricultura, los invernaderos y la apicultura, es decir, el cultivo de colmenas inteligentes que utilizan dispositivos de IoT.

## 2. Métodos.

### **Implementación de colmenas inteligentes en la actualidad.**

Las colmenas inteligentes son de gran ayuda en la actualidad, buscan garantizar una adecuada producción de miel, proteger a las abejas para que realicen su labor polinizadora y entender las razones de la disminución de la población de estos insectos para intentar resolver el asunto a partir de esta información (García, J., 2020).

Para ello el apicultor asesorado de un investigador colocarán sensores, micrófonos y routers dentro de la colmena, para detectar y analizar el lenguaje que las abejas producen en el interior, su universo sonoro, con el objeto de analizarlo; además, los sensores registran en tiempo real la temperatura, humedad, peso y cantidad de miel que genera la colmena.

Con esta información es posible, en primer lugar, conocer a distancia y en tiempo real la situación física y social de una colmena y, en segundo, analizar estos datos para entender el comportamiento de la colmena y conocer la forma en que las variables físicas –temperatura y humedad– intervienen y determinan el proceso de producción de miel.

La forma en que los datos, que registran los dispositivos, se envían a los apicultores es la siguiente: primero son enviados a la nube y de ésta a una computadora o smartphone de los interesados, lo que hace posible que éstos observen en tiempo real la dinámica total de la colmena, incluyendo las condiciones físicas de las abejas y, como decíamos, su productividad (Lozano M., et al., 2017).

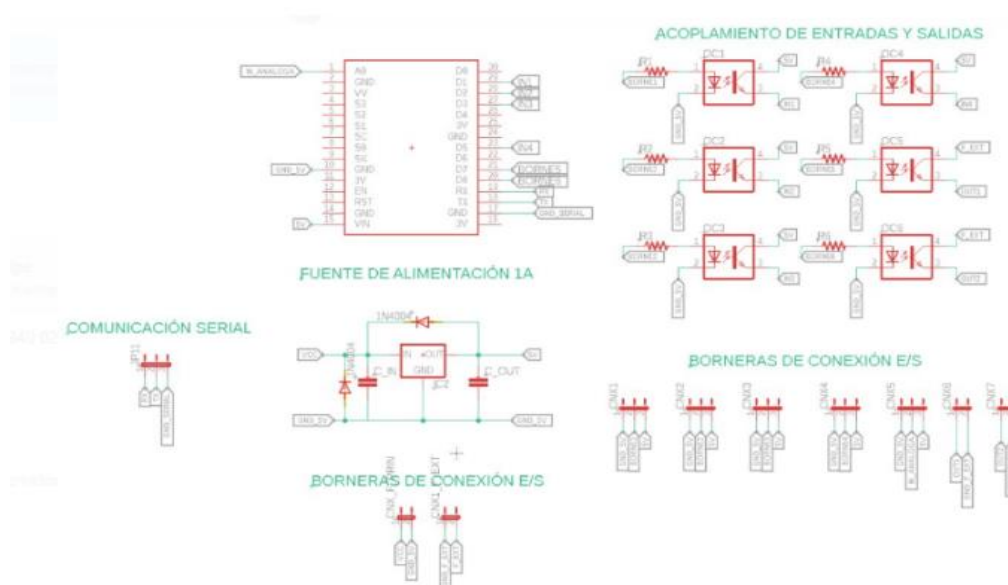
Cualquier irregularidad, cualquier amenaza –clima inconveniente, humedad inadecuada, comportamiento anormal de las abejas o ataques a la colmena de insectos depredadores como ciertas avispas– son detectadas de inmediato por el apicultor, lo que le permite tomar las medidas convenientes para resolverlas.

Por lo demás, toda la información que se recaba y examina puede enviarse a otros lugares donde existen apicultores que vivan una problemática similar, con el objeto de crear una red interactiva donde todos los involucrados, se informan y aprenden de otras experiencias.

Con esta manera de proceder, el apicultor no necesita estar en contacto físico constante con sus colmenas, gracias a que los dispositivos de IoT monitorean y analizan prácticamente todo lo relacionado con las condiciones internas y externas del espacio donde las abejas elaboran miel; con ello, además de garantizar la productividad de la colmena se está preservando la existencia de las abejas como especie, en tanto que una de las funciones de éstos dispositivos inteligentes es impedir que su población disminuya y afecte una de las funciones claves de la biodiversidad en la atmósfera: la polinización (Yuan M., 2017).

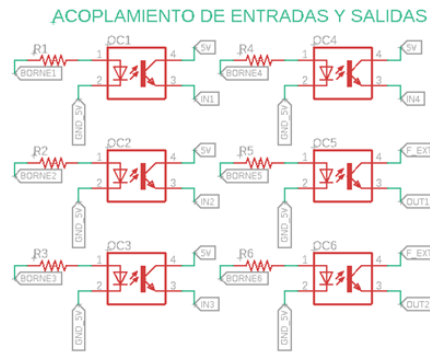
### Diseño de prototipo para la colmena inteligente.

El prototipo diseñado para el desarrollo de la Colmena Inteligente se aprecia en la figura 1, este circuito electrónico consta de 5 etapas, cada uno representa un componente principal para las funciones del estudio, los cuales se describirán a continuación.



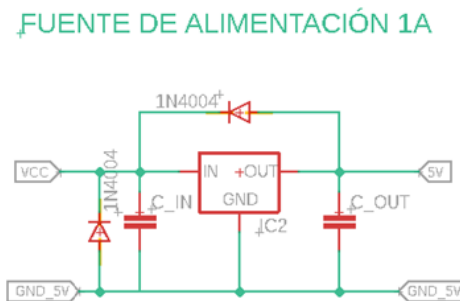
**Figura 1.** Prototipo para la Colmena Inteligente.

En la figura 2 se aprecia el circuito propuesto. Su funcionalidad es proteger los periféricos de E/S. Esto se debe a que las tarjetas electrónicas presentan problemas de ruido eléctrico, altos voltajes, etc. Para evitar este problema se hace uso de optoacopladores (PNP) los cuales son componentes electrónicos que permiten una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos construidos por un led y un circuito de control activado por luz infrarroja. Una de las principales ventajas principales es su aislación eléctrica ya que su única conexión entre ambos elementos es la luz del led que activa al fototransistor.



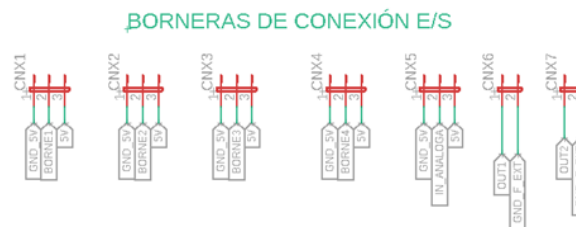
**Figura 2.** Acoplamiento de Entradas y Salidas.

El circuito de la figura 3, se aprecia la fuente de alimentación, la cual está limitada a un rango de operación de corriente de 1 a 1.5 amperios, este componente lo integra el regulador 7805 con una salida de tensión de 5v, dos capacitores los cuales ayudarán a filtrar el ruido eléctrico, y dos diodos los cuales ayudarán a proteger el circuito cuando se inviertan los polos de alimentación.



**Figura 3.** Fuente de Alimentación.

El circuito de la figura 4 representa los bornes de conexión para E/S, los cuales posterior a ello pasarán por los optoacopladores.



**Figura 4.** Borneras de Conexión E/S.

En la figura 5 representa el componente principal que tiene como función automatizar nuestro proceso de monitoreo y control, para esta aplicación se emplea el módulo Node MCU el cual integra un módulo Wifi ESP-12F, su principal funcionamiento es similar a una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de E/S. También incluye un procesador y memoria que sirve para guardar el programa y sus variables (Flash y RAM).



**Figura 5.** Módulo Node MCU.

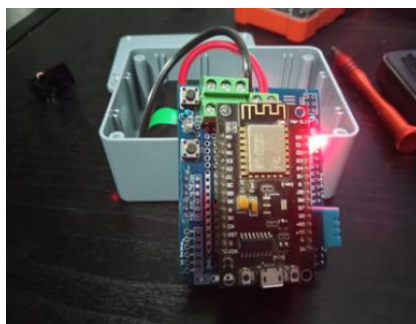
La figura 6, representa los bornes de conexión de comunicación, circuito que tiene como funcionalidad, expandir el número de E/S según sea el requerimiento del usuario.



**Figura 6.** Comunicación Serial.

### Pruebas realizadas con el Dispositivo (Prototipo).

Después de haber realizado el ensamble de los componentes como se aprecia en la figura 7, el diseño y su estructura son los esperados en el estudio, cumplen completamente con la función deseada, cuenta con sensores previamente seleccionados, estos fueron integrados en la placa, para la lectura de los datos, la alimentación de esta puede durar por mucho tiempo en virtud que el sistema no consume energía en grandes cantidades.



**Figura 7.** Prototipo en Ensamble.

La figura 8, muestra el diseño de la estructura de plástico para que su implementación fuera más adecuada permitiendo introducir el circuito, esto con la finalidad de darle una protección extra al dispositivo, no afecta ni altera su funcionamiento y genera mayor resistencia a las diferentes maniobras que se hacen en la colmena, su resistencia protege los componentes del circuito.



**Figura 8.** Prototipo en Ensamble II.

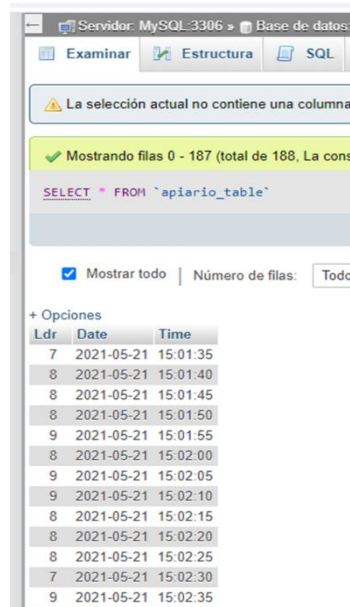
La figura 9, muestra el ensamble final, la caja de plástico queda hermética al asegurarse por 4 tornillos, se puede visualizar un parpadeo de la luz, esto nos indica que el dispositivo está en funcionamiento. Los sensores de humedad y luz por ser artefactos de uso en exterior los cuales deberán ser especiales y con ciertos certificados para no poner en riesgo el prototipo.



**Figura 9.** Dispositivo Configurado.

### **3. Resultados.**

Previamente conectado a la red, el dispositivo al estar encendido manda los datos a la red y son almacenados en la base de datos, en esta se agrega debidamente la información en su tabla correspondiente y genera, lo que la página web necesita para mostrar (ver figura 10).



**Figura 10.** Base de Datos del sistema.

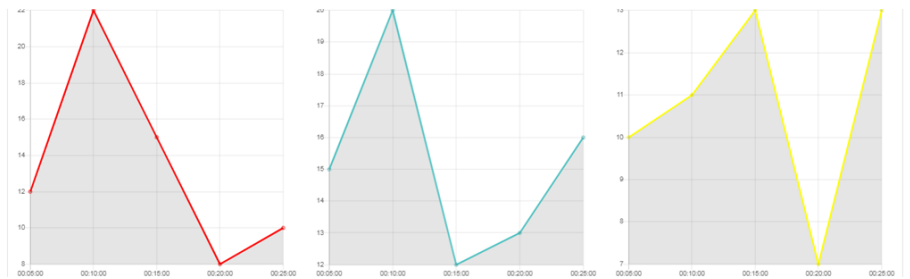
Los resultados que se muestran son la captura de información realizada por el dispositivo (ver figura 11). De esta manera sabemos que todos los sistemas están correctamente comunicados. Esta es la parte final de la comunicación, los datos son mostrados en tiempo real y de igual forma se puede consultar información anteriormente capturada y procesada.

| ID | Date       | Time     |
|----|------------|----------|
| 1  | 2021-05-21 | 15:01:35 |
| 2  | 2021-05-21 | 15:01:40 |
| 3  | 2021-05-21 | 15:01:45 |
| 4  | 2021-05-21 | 15:01:50 |
| 5  | 2021-05-21 | 15:01:55 |
| 6  | 2021-05-21 | 15:02:00 |
| 7  | 2021-05-21 | 15:02:05 |
| 8  | 2021-05-21 | 15:02:10 |
| 9  | 2021-05-21 | 15:02:15 |
| 10 | 2021-05-21 | 15:02:20 |
| 11 | 2021-05-21 | 15:02:25 |
| 12 | 2021-05-21 | 15:02:30 |
| 13 | 2021-05-21 | 15:02:35 |
| 14 | 2021-05-21 | 15:02:40 |
| 15 | 2021-05-21 | 15:02:45 |
| 16 | 2021-05-21 | 15:02:50 |
| 17 | 2021-05-21 | 15:02:55 |
| 18 | 2021-05-21 | 15:03:00 |

**Figura 11.** Intensidad de la Luz.

Para el manejo de los datos se recurre a exportar las tablas, lo más conveniente es usar un formato CSV, el cual es compatible con diferentes programas para la interpretación de los datos. Al tener un archivo de este tipo, se facilita ampliamente la posibilidad de compartir esta información con diferentes personas. Actualmente los Archivos CSV se utilizan de varias formas, esto gracias a que permite la elaboración de gráficas al instante, algo muy útil para la interpretación de la información.

Como podemos observar en la figura 12, durante el periodo de prueba, de la base de datos, se obtuvieron las siguientes gráficas en la página web “apiarioproyecto.epizy.com”, mostrando la información almacenada de cada ciclo de tiempo cumpliendo con el objetivo de implementar el internet de las cosas en las colmenas a base de la recopilación y almacenamiento de datos y mostrarlas, siendo una forma ágil de combinar tecnología con la apicultura para mejorar los procesos entre las colmenas y los apicultores y puedan monitorear de manera efectiva su apiario y reducir la pérdida de estas.



**Figura 12.** Resultados de Monitoreo.

## Conclusiones.

Tener un dispositivo inteligente capaz de hacer que cierta información sea capturada, para que posteriormente sea más fácil de interpretar es un gran logro para cualquier tipo de sistema. En este caso una interfaz con un dispositivo para una colmena es un gran avance en cómo las personas atienden a sus insectos, la información recabada por cada dispositivo es de gran ayuda para el apicultor, esta puede prevenir catástrofes potenciales. Gracias a registros históricos se puede prever situaciones sufridas anteriormente.

Ciertamente las lecturas en las colmenas si pueden ser capturadas y guardadas, más allá de solo estar alimentándose, se puede generar el sistema capaz de conocer su temperatura y otros factores importantes, esto con la finalidad de generar mayor riqueza de miel y salud.

El costo de este prototipo puede variar dependiendo de su alojamiento de la Web y otros conceptos, pero en realidad este sistema tiene un costo bajo de adquisición, a comparación con otros que se asimilan a este, esto ayuda a los apicultores a tener un mejor manejo de sus colmenas con un presupuesto bajo.

Con la hipótesis planteada, tenemos un acuerdo, efectivamente, conocer la información y estado del ambiente de las abejas, mejora de manera considerable la producción de miel, al tener abejas con una taza ya menor que sean afectadas por su entorno, de igual forma esto crea una mejor calidad de miel, representando ganancia para el apicultor.

La recomendación más importante es que al ser un prototipo de cierta manera barato, los componentes no son los adecuados para el uso de exterior, tener dispositivos de uso externo aumentaría su costo, pero de igual forma su eficiencia.

## Referencias bibliográficas.

**Castro, J. (2019).** *Tecnologías SAP ayudaría a salvar a las abejas.* <https://www.larepublica.net/noticia/tecnologia-de-sap-ayudaria-a-salvar-a-las-abejas>.

**García, J. (2020).** Colmenas inteligentes, la salvación de las abejas llegó con IoT. <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/salvar-abejas-con-iot-y-colmenas-inteligentes>

**Lozano, M., García-Martínez, C., J-Rodríguez, F. & Marcos H. (2017).** Optimizing network attacks by artificial bee colony Trujillo Information Sciences Volume 377, pp. 30–50.

**Mathas, C. (2011).** *Conceptos básicos sobre sensores de temperatura.* Digikey. <https://www.digikey.com/es/articles/temperature-sensors-the-basics>.

**Ojeda, R. & Anguiano R. (2018)** Boletín UNAM-DGCS-638: *En grave riesgo las poblaciones de abejas y su polinización, vital en la generación de alimentos.*  
[https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018\\_638.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_638.html).

**Pérez-Valencia, I. (2019)** *Internet de las cosas para apicultura de precisión.*  
<http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/mundo-vivo/25196-internet-cosas-apicultura-precision>.

**Yuan, M. (2017).** *Conozca MQTT. IBM Developer.* <https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>.

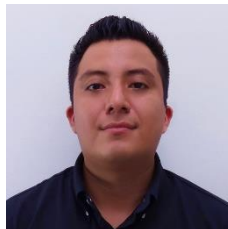
### Información de los autores.



**Felipe Ángel Álvarez Salgado**, Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní- ITESCAM, colaborador de cuerpo académico Innovación Tecnológica, docente frente a grupo y Jefe de División de los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Informática. Docente de Maestría y Doctorado en la Universidad Hispanoamericana Justo Sierra, Campus Campeche. Miembro de la Red de Investigadores Científicos de América Latina y el Caribe (Red ICALC).



**Ricardo Gómez Ku, M.Cs.**, Profesor de Asignatura del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní – ITESCAM. Docente frente a grupo de los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Informática e Ingeniería Mecatrónica. Se ha desempeñado como Secretario de la Academia de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica. Área de interés Académica y de Investigación en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica, enfocada en: La Implementación en FPGA de Algoritmos de Procesamiento de Señales para Comunicaciones, el Procesamiento Adaptativo de Señales e Imágenes, el Dominio de Circuitos Electrónicos de Media Complejidad y Desarrollo de Software para Telecomunicaciones.



**Carlos Omar Chab Lara**, Profesor de asignatura del Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní- ITESCAM imparte catedra en los programas educativos de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informática en Sistemas computacionales Informática, con maestría en Mecatrónica, experiencia en desarrollo de software y comunicación con dispositivos de telemetría, programación en sistemas embebidos y colaborador en proyectos del Conacyt PEI (Programa de Estímulo a la Innovación). Ha publicado un

artículo de investigación con la temática de paraderos inteligentes. Con su equipo ha diseñado el modelado y desarrollo de sistema para movilidad y transporte público implementando dispositivos de localización GPS.



**Carlos Alberto Decena Chan**, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. Nacido en la ciudad de Campeche, Campeche, México, egresado de la Universidad Autónoma de Campeche como Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica en el año 2007, con una maestría en Ingeniería Mecatrónica en el año 2018 en la Universidad Modelo, además de haber realizado anteriormente una maestría en Ingeniería Administrativa en el año 2007-2009, en el Instituto de estudios Universitarios del Estado de Campeche. Las áreas a fines donde se desempeña son: Electrónica Analógica, Electrónica de potencia y la electrónica digital. El maestro actualmente se desempeña como profesor de asignatura “A”, Actualmente está participando como autor de libros tales como VHDL y FPGA introducción al diseño electrónico digital i lógica combinacional, raspber ry pi 3+ instalación y ejercicios, mis primeros pasos con arduino y johnny five, de igual manera como Asesor de Tesis en el área de Ing. Mecatrónica.



**Irving Dzib López**, Ingeniero en Mecatrónica y colaborador de empresa.



# Hacia la detección de inundaciones mediante imágenes satelitales y redes neuronales convolucionales.

## Towards flood detection using satellite images and convolutional neural networks.

José de Jesús Rodríguez Ángel.  
Tecnológico Nacional de México, Campus de los Ríos.  
[josergzdev@gmail.com](mailto:josergzdev@gmail.com).

Fernando Pech May\*. Tecnológico Nacional de México, Campus de los Ríos, [fernando.pech@cinvestav.mx](mailto:fernando.pech@cinvestav.mx).

---

\*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.

### Resumen.

*Los desastres naturales son fenómenos que ocurren a nivel mundial, estos son inevitables y, a menudo, ocasionan grandes daños. Sin embargo, es posible proponer estrategias para mejorar la capacidad de respuesta frente a ellos y mitigar las afectaciones producidas por este tipo de fenómenos. En México, las inundaciones son la catástrofe que ocurre con mayor frecuencia, ocasionando afectaciones en distintos sectores; tales como la agricultura, ganadería y en la economía. Esto ha ocasionado que se busquen estrategias para reducir el impacto producido en las poblaciones. En los últimos años se han realizado diversas investigaciones relacionadas con la detección de inundaciones. La mayoría de estos estudios utilizan imágenes satelitales y algoritmos de aprendizaje profundo para lograr mapear zonas inundadas. La combinación de estas tecnologías se está convirtiendo en uno de los métodos más efectivos. En este trabajo se presenta una propuesta metodológica para la detección de inundaciones en la zona Ríos del Estado de Tabasco, mediante imágenes satelitales Sentinel-1 SAR, Sentinel-2 y algoritmos de aprendizaje profundo.*

**Palabras claves:** Aprendizaje profundo, Sentinel-1, Sentinel-2.

### Abstract.

*Natural disasters are phenomena that occur worldwide, are inevitable and often cause great damage. However, it is possible to propose strategies to improve the capacity to respond to them and mitigate the effects produced by this type of phenomena. In Mexico, floods are the most frequently occurring catastrophe, affecting different sectors such as agriculture, livestock and the economy. This has led to the search for strategies to reduce the impact on the population. In recent years, several research studies have been carried out related to flood detection. Most of these studies use satellite images and deep learning algorithms to map flooded areas. The combination of these technologies is becoming one of the most effective methods. In this paper we present a methodological proposal for the detection of floods in the Ríos area of the state of Tabasco, using Sentinel-1 SAR, Sentinel-2 satellite images and deep learning algorithms.*

**Keywords:** Deep learning, Sentinel-1, Sentinel-2.

## 1. Introducción.

Los desastres naturales son fenómenos que causan grandes estragos a nivel mundial. Estadísticamente, las inundaciones se generan con mayor frecuencia, ocasionando un gran número de pérdidas materiales y humanas (Vargas, 2002).

En México, se han presentado diversas inundaciones que han ocasionado severas afectaciones. Entre las más graves resaltan las ocurridas en el estado de Tabasco en los años 2007 y 2020; provocando que un gran porcentaje de su extensión territorial haya quedado completamente cubierta por agua. Esto generó afectaciones en distintos sectores, tales como el agrícola, la ganadería y la infraestructura (Perevochtchikova, 2010).

Particularmente, la zona de los Ríos del estado de Tabasco siempre resulta severamente afectada. Esto es debido a la gran cantidad de ríos y cuerpos de agua que posee, entre ellos el río Usumacinta, el más caudaloso del país, y el río San Pedro. En consecuencia, lo hace una región muy propensa a inundarse, principalmente, por el desbordamiento de los ríos que se encuentran en esta zona.

Frente a estas problemáticas, se buscan desarrollar distintas estrategias que sirvan para reducir considerablemente los daños causados por este tipo de fenómenos. Dar solución a esta problemática, ayudaría a las autoridades competentes, ya que permitiría deducir de una mejor manera los alcances de la situación de emergencia, con lo que se podría determinar un mejor plan de acción (Di Bella et al., 2008). Para lograr este objetivo se hace uso de distintas herramientas y tecnologías, que trabajando conjuntamente logran dar resultados favorables. Recientes investigaciones han demostrado que mediante imágenes satelitales y algoritmos de aprendizaje profundo (DL), es posible mapear y detectar inundaciones (Bai et al., 2021; Katiyar et al., 2021; Nemni et al., 2020; Drakonakis et al., 2022; Ngo et al., 2018).

En este trabajo se presenta una estrategia para la detección de zonas inundadas, haciendo uso de imágenes satelitales Sentinel-1 SAR y Sentinel-2 junto con algoritmos de aprendizaje profundo. El presente documento está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 el marco teórico; en la sección 3 los trabajos relacionados; en la sección 4 la metodología propuesta y el desarrollo de esta; en la sección 5 los resultados obtenidos y en la sección 6 las conclusiones.

## 2. Métodos.

Recientemente las investigaciones se han centrado en el estudio de imágenes satelitales obtenidas a través de la percepción remota (PR) (Zerda, 2005). La PR se realiza a través de sensores remotos, los cuales son sistemas capaces de captar y registrar información territorial a distancia. Existen dos tipos de sensores (Di Bella et al., 2008): 1) pasivos, que capturan la energía electromagnética proveniente del sol y la reflejada sobre la superficie terrestre y 2) activos, que no necesitan al sol como fuente de energía electromagnética ya que estos generan su propia energía.

En los últimos años se han puesto en marcha distintos programas de monitoreo satelital, uno de ellos es Copernicus, coordinado por la Agencia Espacial Europea (ESA) juntamente con otras organizaciones. Esta misión tiene como finalidad brindar información basada en datos satelitales de la Tierra.

ESA ha desarrollado y puesto en marcha una serie de misiones llamadas SENTINEL destinadas al monitoreo ambiental. Proporciona un conjunto de datos de forma gratuita. Sentinel ofrece distintos satélites artificiales: 1) Sentinel-1, para estudiar la superficie de la tierra y los océanos; 2) Sentinel-2, para monitorizar la superficie de la tierra estudiando la cubierta vegetal, los usos del terreno y de las aguas; 3) Sentinel-3, para servicios de pronóstico marítimo y de la monitorización del clima y del medio ambiente; 4) Sentinel-4, para monitoreo de la atmósfera de nuestro planeta desde una órbita polar y 5) Sentinel-5, para estudio de la atmósfera. En el caso particular de la detección de inundaciones, se trabaja comúnmente con los satélites Sentinel 1 y 2.

Sentinel-1 proporciona imágenes de tipo rada (SAR, radar de apertura sintética). Tiene la ventaja de poder capturar imágenes diurnas y nocturnas sin importar las condiciones meteorológicas; es capaz de brindar información para servicios terrestres y oceánicos. Por otra parte, Sentinel-2 proporciona imágenes ópticas de una alta resolución, es capaz de brindar imágenes de la vegetación, suelo y coberturas de agua, como lo son las vías de navegación o las zonas costeras (Copernicus, 2020). Mediante la captura de este tipo de imágenes podemos obtener una gran cantidad de información.

Distintas investigaciones mencionan a la inteligencia artificial (IA), con la que es posible obtener resultados favorables en materia de detección de inundaciones, para esto debemos entender que la inteligencia artificial es una tecnología que está siendo utilizada cada vez más y que se puede encontrar en otras áreas, lo que la IA busca es dotar a las máquinas de la capacidad para utilizar algoritmos, para que aprendan datos de ellos y posteriormente puedan utilizar lo aprendido en la toma de decisiones, como si fuera un ser humano (Rouhiainen, 2018). Una de las áreas de la inteligencia artificial con mayor auge es la del aprendizaje automático (ML), incorporada en utilidades como la detección de spam, recomendaciones de videos o la clasificación de imágenes (Alzubaidi et al., 2021). Entre los distintos algoritmos de ML, el aprendizaje profundo (DL) es uno de los más utilizados. DL está diseñado con una estructura que utiliza distintas capas de algoritmos (RNA, redes neuronales artificiales) y que posee la ventaja de lograr la extracción de características de una manera automática, por lo que es un modelo muy atractivo para todo tipo de investigaciones.

Las RNA se inspiran en el sistema nervioso y el comportamiento biológico, tratando de replicar su funcionamiento, se basan en un sistema de interconexiones entre capas (Alzubaidi et al., 2021); las redes más utilizadas son: redes neuronales recursivas, recurrentes y convolucionales. Las redes neuronales convolucionales (CNN), nacen de la necesidad de poder procesar imágenes, este tipo de red es capaz de descifrar patrones complejos, cuneta con una capa de entrada, una o varias capas de convolución y una capa de salida, es famosa ya que con ella podemos ser capaces de encontrar patrones en imágenes para reconocer objetos, caras y escenas. A raíz de esto se ha demostrado la efectividad de utilizar métodos de aprendizaje profundo, basados en redes neuronales convolucionales, en la evaluación de daños por inundaciones (Bai et al., 2021).

### **Trabajos relacionados.**

Debido a que las inundaciones son muy frecuentes en distintas poblaciones del mundo, se han realizado esfuerzos para el desarrollo de diversas estrategias con la finalidad de mitigar los daños ocasionados por estos fenómenos. Debido a esto, se han realizado diferentes propuestas de investigación para la detección y mapeo de inundaciones. Dichas propuestas presentan enfoques, que se basan fundamentalmente en el uso de imágenes satelitales y algoritmos de DL, principalmente CNN (Bai et al., 2021; Katiyar et al., 2021; Nemni et al., 2020; Drakonakis et al., 2022; Ngo et al., 2018).

En (Bai et al., 2021) propusieron un enfoque para la detección de inundaciones basado en la fusión de datos mediante imágenes de Sentinel-1 SAR y Sentinel-2. Ellos utilizaron el *dataset* Sen1Floods11 (Bonafilia et al., 2020), que contiene aproximadamente 4831 imágenes Sentinel 1 y 2. Estas imágenes corresponden a eventos de inundaciones que han ocurrido en el mundo. Dividieron el *dataset* en tres partes: entrenamiento, validación y pruebas. Para lograr la fusión de estos datos, adaptaron el remuestreo de resolución espacial y la normalización del valor del píxel. Posteriormente utilizaron una arquitectura de red neuronal convolucional llamada BASNet (Qin et al., 2019). Esta red se aplicó al conjunto de datos para el entrenamiento y optimización para una mejor predicción en la detección de áreas de inundación. La robustez del algoritmo se verificó en inundaciones en Bolivia. Finalmente, se validó el modelo, en donde se aplicaron cinco métricas de evaluación: Intersección sobre Unión (IoU), Intersección media sobre Unión (mIoU), precisión general, tasas de error por omisión y tasas de error de comisión. Los resultados mostraron que el método propuesto en el estudio es superior comparado con otros modelos clásicos.

En (Katiyar et al., 2021) presentaron un estudio dedicado al mapeo de inundaciones, basado en modelos de aprendizaje profundo e imágenes satelitales de tipos SAR. Utilizaron el *dataset* público Sen1Floods11. Este *dataset* se dividió en dos partes: 1) datos de eventos de inundaciones y 2) datos de cuerpos de agua permanentes. El área de estudio para la aplicación del modelo fue en el estado de Kerala, en el sur de la India. La arquitectura de red que se utilizó, fueron

variantes de codificadores automáticos, redes tipo SegNet (Badrinarayanan et al., 2017) y UNet (Ronneberger et al., 2015). Las métricas de validación que utilizaron fueron las siguientes: IoU; error de omisión y comisión. Finalmente, concluyeron en la utilidad que las imágenes SAR representan para la detección de aguas superficiales y que los modelos pueden tener mejoras adicionales, siempre y cuando se entrenen con mejores conjuntos de datos.

En (Nemni et al., 2020) presentaron una comparativa de diferentes arquitecturas de redes neuronales utilizadas para el mapeo de inundaciones. Para su enfoque utilizaron un *dataset* de inundaciones, llamado UNOSAT (UNOSAT, 2019); que contiene imágenes satelitales de Sentinel-1 y fueron adquiridas en *Copernicus Open Access Hub*. Dividieron su conjunto de datos en tres secciones: entrenamiento, validación y pruebas. Compararon el rendimiento de distintas CNN utilizando este *dataset*. Por último, se verificó el modelo y se probó su rendimiento en la región de Sagaing, Myanmar. Su modelo fue evaluado con dos métricas: IoU y puntajes F1. Finalmente, mostraron el rendimiento de las distintas redes y evaluaron sus resultados.

En (Drakonakis et al., 2022) propusieron una arquitectura enfocada en el estudio de predicción de inundaciones, la cual está basada en CNN. Esta arquitectura fue nombrada OmbriaNet y es capaz de detectar los cambios entre las áreas de agua permanente e inundaciones. Para lograrlo desarrollaron su propio *dataset* denominado OMBRIA. Para validar el rendimiento de su método, utilizaron las dos métricas más populares para la segmentación: IoU y precisión de píxeles. Al finalizar demostraron que el modelo propuesto fue capaz de generar mapas de inundaciones de alta calidad.

En (Ngo et al., 2018) presentaron una investigación, en la que se presenta una nueva metodología para la detección de inundaciones, utilizando imágenes de Sentinel-1 SAR y una técnica híbrida de aprendizaje profundo. La zona de estudio es el área de Bac Ha Bao Yen (BHBV), ubicado en la región noroeste de Vietnam. Crearon una base de datos utilizando datos del Sistema de Información Geográfica (SIG), posteriormente entrenaron el modelo con la información de su base de datos. Para finalizar, validaron su modelo a través de distintas métricas de rendimiento, incluida la tasa de precisión de clasificación, el área bajo la curva, la precisión y la recuperación. Como resultado, su modelo fue comparado con otras redes y la predicción del modelo propuesto es mejor. Por lo tanto, se puede concluir que la metodología propuesta es una herramienta muy prometedora para la detección de inundaciones.

### **Propuesta metodológica.**

La inteligencia artificial junto con las imágenes satelitales, se han convertido en herramientas importantes para el mapeo y detección de inundaciones. Diversos estudios manejan diferentes metodologías para conseguir este objetivo. A continuación, se presenta una propuesta de enfoque (ver Figura 1) para la detección de inundaciones mediante imágenes satelitales Sentinel y algoritmos de aprendizaje profundo. El enfoque consta de 5 etapas que se describen a continuación.

### **Datos de entrada.**

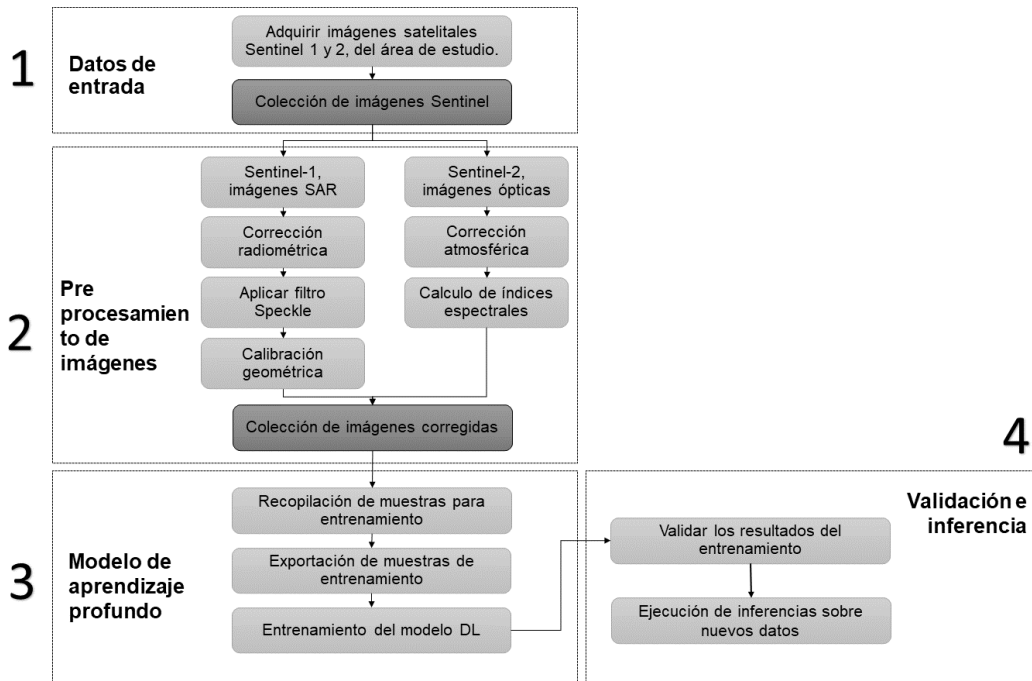
La zona de estudio es la zona Ríos del estado de Tabasco (ver Figura 2). En este enfoque se propone la utilización de una CNN para lograr el mapeo y detección de inundaciones, por lo tanto, se requieren datos de entrada, los cuales alimentarán a la red para lograr su objetivo. Por esta razón, nuestros datos de entrada serán imágenes satelitales de nuestra área de estudio, con las que se construirá un conjunto de datos que sirva como datos de entrada para todo el modelo metodológico.

### **Preprocesamiento de imágenes.**

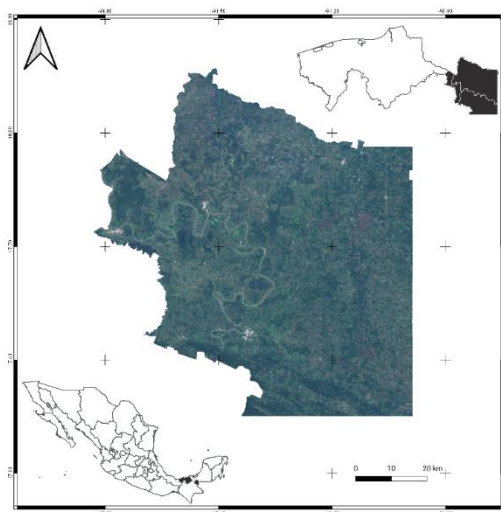
Las imágenes que se adquieren requieren ser procesadas. Dado que se manejarán 2 tipos de imágenes, el procesamiento se realiza de distinta manera. Este proceso es importante debido a la aplicación de distintas correcciones a la imagen, lo que nos da como resultado imágenes corregidas y óptimas para posteriormente utilizarlas en la CNN.

**Modelo de aprendizaje profundo.**

Las CNN son un tipo de red neuronal que, debido a su funcionamiento interno, son muy efectivas para tareas de visión artificial, principalmente, la clasificación y segmentación de imágenes. Por lo tanto, este tipo de red neuronal resulta efectiva para ser utilizada en el proceso de detección de inundaciones.



**Figura 1.** Metodología empleada para la detección de inundaciones.



**Figura 2.** Zona Ríos del estado de Tabasco.

En esta propuesta de enfoque se utilizará un algoritmo de aprendizaje profundo para poder lograr el mapeo y la detección de inundaciones. Se utilizará una red neuronal convolucional. La red propuesta se llama U-Net, se eligió

utilizar este tipo de arquitectura, debido a sus ventajas de comparación a otras redes existentes para la segmentación de imágenes. La red propuesta, está diseñada para ser eficiente tanto en términos de memoria como en tiempo computacional durante la inferencia. Otra ventaja determinante a la hora de seleccionar la arquitectura a utilizar fue el número de parámetros entrañables, en donde U-Net tiene números significativamente menores, con todo esto, esta red proporciona un buen rendimiento con un tiempo de inferencia competitivo y una memoria de inferencia más eficiente.

### Evaluación y resultados.

Un proceso importante al trabajar con algoritmos de aprendizaje profundo como las redes neuronales convolucionales, es la etapa de validación; ya que se aplican diferentes algoritmos para medir el rendimiento y la efectividad del modelo. Para este proceso se adoptaron tres indicadores para medir el desempeño del enfoque, se optó por utilizar estos indicadores ya que se consideran las métricas estándar para la segmentación semántica.

**Precisión.** Esta métrica es un punto de control para evaluar la precisión de un modelo, ya que nos permite medir la calidad del modelo en tareas de clasificación (Heras, 2020). Se calcula haciendo uso de la Formula 1 que se muestra a continuación

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

**Recall.** Esta es una métrica que nos informa sobre la cantidad que nuestro modelo es capaz de identificar. Se calcula como la relación entre el número de muestras positivas clasificadas correctamente como positivas y el número total de muestras positivas (Heras, 2020). Esta métrica de evaluación mide la capacidad del modelo para detectar muestras positivas, lo que significa que cuanto mayor sea el *recall*, más muestras positivas habrá detectadas.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

**F1.** Esta métrica de evaluación se utiliza para combinar las medidas de precisión y *recall* en un solo valor. Esto es practico porque hace más fácil del poder comparar el rendimiento combinado de la precisión y el *recall* (Heras, 2020). El valor F1 se calcula haciendo una media entre la precisión y la exhaustividad.

$$F1 = 2 \cdot \frac{precision \cdot recall}{precision + recall} \quad (3)$$

## 3. Resultados.

Hasta el momento los resultados son parciales y se está trabajando en la parte 2 y 3 de la metodología.

### Obtención de imágenes.

Para el mapeo de inundaciones y la implementación de la CNN es necesario tener una buena cantidad de datos de entrada, para esto se necesitan obtener imágenes satelitales del área de estudio. Estas imágenes fueron obtenidas de la plataforma gratuita *Copernicus Open Acces Hub* (ver Figura 3).

### Preprocesamiento.

**Calibración radiométrica.** Este tipo de corrección es el primer paso en el preprocesamiento de las imágenes, esto se hace para disponer de los valores de retrodispersión de los píxeles. Lo que permite corregir distorsiones de la señal de rada, es un primer paso para la interpretación y visualización de las imágenes.

**Filtro *speckle*.** Este filtro permite suavizar la imagen, debido a la naturaleza de las imágenes SAR estas tienen un efecto de sal y pimienta, de ser utilizada la imagen sin aplicar este filtro, se pueden tener dificultades y resultados erróneos a la hora de implementar la CNN.

**Corrección geométrica.** Originalmente las imágenes pueden ser obtenidas con alguna distorsión espacial, incluso pueden estar rotadas, debido a las orbitas y manera de captura por parte del satélite, lo que hace que nuestros elementos se encuentren deformados. Para la aplicación de cada uno de los filtros y las correcciones a las imágenes se utilizó el software SNAP.

### Creación de puntos de muestra.

Antes de implementar nuestro modelo de aprendizaje profundo, es necesario construir muestras de entrenamiento. Para este proceso se carga nuestra imagen corregida al software SIG (Sistema de Información Geográfica) llamado ArcGis Pro, que nos permite generar estas muestras de entrenamiento. Se crea una clase llamada inundación y se van etiquetando las áreas de la imagen en la que se sabe que es una zona inundada, esto se hace dibujando polígonos manualmente en las imágenes (ver Figura 4).



Figura 3. Imagen satelital del área de estudio.

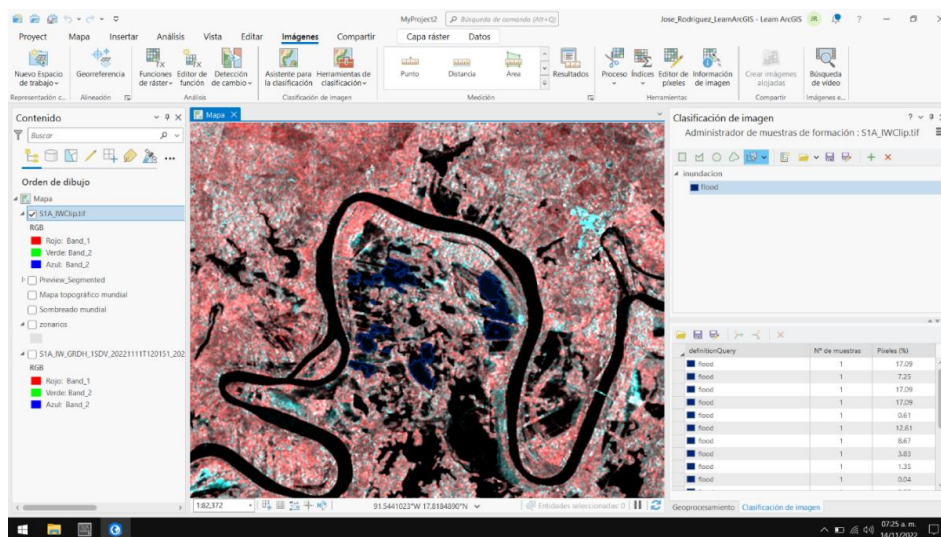


Figura 4. Etiquetas de entrenamiento

## Conclusiones.

Debido a que las inundaciones causan una gran cantidad de estragos, ha surgido la necesidad de implementar nuevas estrategias para mitigar los daños ocasionados por este tipo de fenómenos. Actualmente, existen tecnologías y herramientas como la PR y IA, que, trabajando conjuntamente, se pueden usar para proponer soluciones ante este tipo de problemáticas.

Las misiones satelitales y los repositorios de imágenes de este tipo son muy importantes a la hora del estudio de inundaciones, ya que de ellas se extrae una gran cantidad de información y son utilizadas, ya que de ellas se extrae una gran cantidad de información y son utilizadas en los algoritmos de DL. Dentro de estos algoritmos las redes neuronales convolucionales son las encargadas de procesar todas las imágenes y juegan un papel fundamental en el proceso de mejora de la clasificación de inundaciones.

## Referencias bibliográficas.

- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., ... & Farhan, L. (2021).** Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of big Data*, 8(1), 1-74.
- Badrinarayanan, V., Kendall, A., & Cipolla, R. (2017).** Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 39(12), 2481-2495.
- Bai, Y., Wu, W., Yang, Z., Yu, J., Zhao, B., Liu, X., ... & Koshimura, S. (2021).** Enhancement of detecting permanent water and temporary water in flood disasters by fusing sentinel-1 and sentinel-2 imagery using deep learning algorithms: Demonstration of sen1floods11 benchmark datasets. *Remote Sensing*, 13(11), 2220.
- Bonafilia, D., Tellman, B., Anderson, T., & Issenberg, E. (2020).** Sen1Floods11: A georeferenced dataset to train and test deep learning flood algorithms for sentinel-1. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 210-211).
- Copernicus. (2020).** *Estos son nuestros satélites*. Recuperado el 17 de diciembre de 2022, de <https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus/infraestructura/estos-son-nuestros-satelites>.
- Di Bella, C. M., Posse, G., Beget, M. E., Fischer, M. D. L. A., Mari, N., & Veron, S. (2008).** La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones. *Ecosistemas*, 17(3).
- Drakonakis, G. I., Tsagkatakis, G., Fotiadou, K., & Tsakalides, P. (2022).** OmbriaNet—Supervised Flood Mapping via Convolutional Neural Networks Using Multitemporal Sentinel-1 and Sentinel-2 Data Fusion. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 2341-2356.
- Heras, J. M. (2020).** *Precision, Recall, F1, Accuracy en clasificación*. IArtificial.net. <https://www.iartificial.net/precision-recall-f1-accuracy-en-clasificacion/>.
- Katiyar, V., Tamkuan, N., & Nagai, M. (2021).** Near-real-time flood mapping using off-the-shelf models with SAR imagery and deep learning. *Remote Sensing*, 13(12), 2334.
- Nemni, E., Bullock, J., Belabbes, S., & Bromley, L. (2020).** Fully convolutional neural network for rapid flood segmentation in synthetic aperture radar imagery. *Remote Sensing*, 12(16), 2532.
- Ngo, P. T. T., Hoang, N. D., Pradhan, B., Nguyen, Q. K., Tran, X. T., Nguyen, Q. M., ... & Tien Bui, D. (2018).** A novel hybrid swarm optimized multilayer neural network for spatial prediction of flash floods in tropical areas using sentinel-1 SAR imagery and geospatial data. *Sensors*, 18(11), 3704.

- Perevochtchikova, M., & de la Torre, J. L. L. (2010).** Causas de un desastre: Inundaciones del 2007 en Tabasco, México. *Journal of Latin American Geography*, 73-98.
- Qin, X., Zhang, Z., Huang, C., Gao, C., Dehghan, M., & Jagersand, M. (2019).** Basnet: Boundary-aware salient object detection. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7479-7489).
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015).** U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234-241). Springer, Cham.
- Rouhiainen, L. (2018).** Inteligencia artificial. *Madrid: Alienta Editorial*.
- UNOSAT Flood Portal. (2019).** Unosat.org. Recuperado el 18 de diciembre de 2022, de <http://floods.unosat.org/geoportal/catalog/main/home.page>
- Vargas González, J. E. (2002).** Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales.
- Zerda, H. (2005).** Percepción remota y SIG en la planificación y gestión ambiental. *G. y. Ludueña, Santiago del Estero: una mirada ambiental*, 333-354.

### Información de los autores.



**José de Jesús Rodríguez Ángel**, Estudiante de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de los Ríos, llevando a cabo residencia profesional, con el proyecto denominado “Revisión y propuesta de enfoques para la detección de inundaciones mediante imágenes Sentinel-1, Sentinel-2 y aprendizaje profundo”.



**Fernando Pech May** es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es miembro del cuerpo académico en formación “procesamiento de datos con industria 4.0” del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



# La realidad aumentada como estrategia didáctica en la enseñanza de la programación para la educación virtual.

## Augmented reality as a didactic strategy in the teaching of programming for virtual education.

Guillermina Jiménez Rasgado\*(1).  
Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán.  
[guillermina.jr@minatitlan.tecnm.mx](mailto:guillermina.jr@minatitlan.tecnm.mx).

Rosa Alor Francisco (2). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Minatitlán, [rosa.af@minatitlan.tecnm.mx](mailto:rosa.af@minatitlan.tecnm.mx).

Martin Fernando Puig Sosa (3). Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán,  
[martin.ps@minatitlan.tecnm.mx](mailto:martin.ps@minatitlan.tecnm.mx).

Claudia Marina Vicario Solórzano (4). Instituto Politécnico Nacional, [cvicario@ipn.mx](mailto:cvicario@ipn.mx).

Roberto Carlos Jiménez Zarco (5). Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán,  
[L18230736@minatitlan.tecnm.mx](mailto:L18230736@minatitlan.tecnm.mx).

---

\*corresponding author.

**Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.**

### Resumen.

*La realidad aumentada es una de las Tecnologías emergentes que está siendo incorporada en nuestra vida diaria; en el artículo se presenta los resultados del Proyecto de investigación "La realidad aumentada como estrategia didáctica en la enseñanza de la Programación en la educación virtual", registrado en el Tecnológico Nacional de México; donde se aborda el impacto de la Realidad Aumentada en la enseñanza y el aprendizaje de la Programación en estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Minatitlán. Se empleó la metodología descriptiva y el enfoque cuantitativo. Se aplicó un cuestionario tipo pre-test y post-test a los estudiantes que se conectaron a las clases de forma virtual; el cuestionario contempló preguntas de usabilidad de la tecnología de realidad aumentada, preguntas de conocimiento de la asignatura de Programación y preguntas de código de las estructuras de control. Como resultado se obtuvo que la realidad aumentada como estrategia didáctica favorece el proceso de aprendizaje, además de ser una experiencia innovadora, motivadora e interesante para aplicar en la educación.*

**Palabras claves:** Educación virtual, programación Scratch, realidad aumentada.

### Abstract.

*Augmented reality is one of the emerging technologies that is being incorporated into our daily lives; The article presents the results of the research project "Augmented reality as a didactic strategy in the teaching of Programming in virtual education", registered at the National Technological Institute of Mexico; where the impact of Augmented Reality on the teaching and learning of Programming in students of the Electronic Engineering Career of the*

*Technological Institute of Minatitlán is addressed. The descriptive methodology and the quantitative approach were used. A pre-test and post-test questionnaire was applied to the students who connected to the classes virtually; The questionnaire included questions on the usability of augmented reality technology, questions on knowledge of the subject of Programming, and questions on the code of control structures. As a result, it was obtained that augmented reality as a didactic strategy favors the learning process, as well as being an innovative, motivating and interesting experience to apply in education.*

**Keywords:** Virtual education, Scratch programming, augmented reality.

## 1. Introducción.

### Fundamentos teóricos de la Realidad Aumentada.

La Realidad Aumentada (RA), es una de las nuevas Tecnologías que está siendo incorporada en nuestra vida diaria, tal como podemos apreciar en los videojuegos, en la medicina, en la industria, en el marketing y por supuesto en el campo de la educación; siendo esta última nuestro principal interés; ya que permite tener nuevas experiencias de aprendizaje, facilita al estudiante el acceso al conocimiento de una forma más cercana, interactiva y lúdica, haciendo que el aprendizaje sea significativo y ubicuo. El término de RA fue acuñado por Tom Caudell en la década de los 90 y redefinido por Ronald Azuma (Terán-Korowajczenko, K., 2012) como una tecnología con características fundamentales: Combinar en un espacio elementos reales y elementos virtuales; es interactiva y ejecutada en tiempo real; y desarrollada en tres dimensiones.

De acuerdo con Jiménez, Collazos y Revelo (2019), la Programación es una de las asignaturas difíciles de aprender; aunado que se trata de dar órdenes a una computadora siendo necesario aprender a usar un nuevo lenguaje, un lenguaje diseñado para máquinas denominado “lenguaje de programación. Programar sin duda, involucra diversas habilidades del pensamiento, como un pensamiento lógico-matemático y un pensamiento computacional.

El proyecto de investigación se fundamenta en la búsqueda de opciones para atender de manera remota, a los estudiantes durante la pandemia por COVID-19, ante el cuestionamiento: ¿Cómo enseñar los fundamentos de la programación a los estudiantes, en su contexto y espacio personal? Como respuesta se pensó en utilizar entornos virtuales, donde la integración de nuevas tecnologías emergentes como la RA permitiera al estudiante interactuar y ver de cerca los contenidos, de tal forma que se generarán nuevas experiencias de aprendizajes.

Actualmente existe una gran diversidad de aplicaciones que permiten integrar la RA en la educación; entre ellas Quiver que es una aplicación que presenta una serie de plantillas gratuitas y de paga, que el usuario imprime, colorea y con la aplicación puede visualizar la RA con los colores aplicados, y las animaciones que contiene. Merge Cube permite sostener objetos digitales en 3D, es de costo, pero al registrarse ofrece un cubo de forma gratuita para imprimir en papel, incluye diseños con RA, incluso permite adjuntar diseños propios en 3D. Otra app es de Chromville contiene un conjunto de aplicaciones y ofrece plantillas para colorear. Aunque estas herramientas ofrecen una forma novedosa de apreciar la RA, se investigaron otras herramientas tecnológicas para crear y producir materiales educativos propios; eligiendo la herramienta tecnológica del Aumentaty Creator para crear proyectos con RA. Creator es un software para crear proyectos de RA, es gratuito y descargable. Permite generar escenas de RA con archivos 3D, fotos, videos, textos, enlaces y rutas con geolocalización; una vez creado y publicado el Proyecto, se visualiza la RA con la app Scope (Aumentaty Community, 2022). También se seleccionó la herramienta de Scratch para que los estudiantes pudieran crear proyectos con RA, usando la cámara de la computadora como sensor de video, su página es <https://scratch.mit.edu/>.

Para Blazquez, A. (2017), “las posibilidades de aplicar la RA en la educación son numerosas, describe que lo importante es el objetivo educativo para conseguir y encontrar la aplicación adecuada para su puesta en marcha”. Algunos de los ejemplos de uso que menciona el autor son: Prácticas en laboratorios, libros electrónicos, visitas y aprendizajes experimentales entre otros. La RA se puede aplicar en la medicina incorporando modelos en 3D de las partes del cuerpo humano; en la Arquitectura se pueden agregar modelos 3D de edificios, casas, departamentos; en las

Ingenierías se pueden agregar Modelos 3D de las máquinas, y en la Programación podemos agregar modelos 3D de las estructuras de control como se realizó en el Proyecto de investigación.

### **Conceptos sobre Realidad Aumentada.**

Para Cabero Almenara et al. (2016) la Realidad Aumentada (RA) es la combinación de información digital e información física en tiempo real a través de diferentes dispositivos tecnológicos como tabletas, Smartphone, gafa; donde se utilizan un conjunto de dispositivos tecnológicos para añadir información virtual a la información física para crear una nueva realidad. La RA permite a los usuarios ver e interactuar en tiempo real con imágenes virtuales superpuestas sobre el mundo real, siendo necesario para ello la participación del sujeto para la concreción y elaboración de los mensajes y productos tecnológicos (Cabero et al., 2019).

Terán (2012) describe la RA como la unión del mundo real y el virtual para crear nuevas condiciones para la imagen, donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real. Deduce que la combinación de estas realidades abre un nuevo camino en el área de la educación a distancia. (p.1). la comunidad académica también debe explorar las opciones y utilidades de estas técnicas como complemento al uso de los recursos tradicionales y como elemento innovador en las metodologías, ya que posibilitan la creación de nuevos ambientes de aprendizaje adecuados a los diferentes estilos, momentos y lugares de estudio del alumnado.

INTEF (2016) presenta un resumen del Informe Horizon del año 2016 y presenta a la RA como una de las tecnologías a incorporarse en los próximos 2 ó 3 años, la define como una tecnología que incorpora información digital en forma de imágenes, videos y audio, a espacios del mundo real. Describe que tanto la RA como la virtual son tecnologías que ofrecen aplicaciones de gran atractivo para la educación superior, tiene la capacidad de trasladar a los estudiantes a cualquier localización imaginable y de transformar la manera de recibir conocimiento, llevando a los estudiantes a adquirirlo de una manera profunda. La RA en la educación como vemos, abre nuevos caminos de experiencias educativas tanto de enseñanza como de aprendizaje, permitiendo añadir información digital al mundo real.

Con respecto a la Pedagogía, la investigación se fundamenta en el Construccinismo que es una teoría del aprendizaje formulada por el científico Seymour Papert, discípulo de Jean Piaget quien a su vez creó la teoría del Constructivismo. Siendo el Construccinismo una teoría que se relaciona con un aprendizaje activo, a partir del cual el estudiante manipula, y experimenta con objetos para pensar, permitiendo a partir de esa experiencia construir el propio conocimiento. Papert afirma que, si al niño o joven se le enseña a programar, pueden sembrarse en él semillas poderosas, ya que “usar tecnología y las ideas computacionales pueden proporcionar a los niños nuevas posibilidades para aprender, pensar y crecer emocional y cognitivamente” (Papert, 1980). Por su parte el Dr Michel Resnick (2007) afirma que “las nuevas tecnologías pueden ayudar a desarrollar experiencias creativas, y que codificar ayuda a organizar los pensamientos, a resolver problemas, diseñar proyectos, poder comunicar ideas, a trabajar colaborativamente”. A partir de estos postulados, se eligió la teoría del Construccinismo, como un medio para enseñar y aprender a programar a partir de la construcción, y experimentación de objetos virtuales o productos, como lo es la RA.

## **2. Métodos.**

La metodología empleada fue la descriptiva con un enfoque cuantitativo.

**Preguntas de Investigación:** ¿La realidad aumentada como estrategia didáctica permite que las clases virtuales sean más motivadoras e interesantes? ¿La integración de la realidad aumentada como estrategia didáctica en las clases virtuales, favorece el aprendizaje de la asignatura? ¿Qué tipo de habilidades Tecnológicas se favorecen en los estudiantes al usar y crear materiales Educativos con realidad aumentada?

**Hipótesis:** La realidad aumentada utilizada como estrategia didáctica en la enseñanza de la Programación en modalidad virtual, incrementa el interés en la asignatura y favorece el proceso de aprendizaje.

**Objetivo de la Investigación:** Evaluar el impacto de la tecnología de la realidad aumentada como estrategia didáctica, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Programación en la modalidad virtual; en un grupo de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Minatitlán. El proyecto se implementó con un grupo muestra de 14 estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Minatitlán; la investigación se llevó a cabo durante la pandemia por COVID-19; los estudiantes se conectaron a las clases de forma virtual mediante la plataforma de Microsoft Teams. La investigación se desarrolló en el Periodo escolar enero-junio de 2022. El instrumento utilizado para la recolección de da-tos fue el cuestionario, evaluado por expertos.

Hernández Sampieri et al., 2014 nos dice que un estudio descriptivo de enfoque cuantitativo tiene un planteamiento acotado, utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis, los datos se obtienen por observación, medición y documentación.

La investigación abarcó las siguientes fases:

1. Análisis del programa de estudio de la asignatura de Programación Estructurada. En el cual se seleccionó el tema 3 Estructuras de control.
2. Investigación documental de la Realidad Aumentada y sus elementos.
3. Diseño de los modelos 3D, los marcadores de RA y las guías didácticas para cada una de las estructuras de control.
4. Prueba de conceptos. Las guías didácticas con marcadores de RA se implementaron de forma virtual en el grupo de estudiantes de la asignatura de Programación Estructurada durante las sesiones virtuales en Ms Teams.
5. Evaluación del impacto de la RA como estrategia didáctica en la enseñanza de la programación. Se aplicó un cuestionario con preguntas de usabilidad de la RA, preguntas de conocimientos y preguntas de código.
6. Análisis de los resultados. Se analizaron los datos obtenidos tanto en la fase de Pre-Test como en la fase de Post-Test, utilizando el Software estadístico SPSS y se graficaron los datos en Microsoft Excel.

Para la implementación de la estrategia didáctica se utilizó la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que de acuerdo a Álvarez et al (2018) es una de las tendencias educativas en práctica; se considera como una estrategia de aprendizaje en la que al estudiante se le asigna un proyecto a desarrollar, logrando un aprendizaje activo y donde el estudiante adquiere el protagonismo de su aprendizaje.

### **Dispositivos y elementos utilizados en el Proyecto de investigación.**

Dispositivos utilizados.

- Computadora. Para diseñar los modelos en 3D e incorporar elementos de RA.
- Celular. Para escanear los marcadores diseñados y visualizar la RA.

Herramientas Tecnológicas utilizadas.

- Software de Tinkercad. Para diseñar los modelos en 3D de cada una de las estructuras de control (if..else, for, while, do..while y switch..case).
- Software de Aumentaty Creator. Es un software gratuito para crear y editar proyectos con RA y almacenarlos en la nube. Permite incorporar elementos como: imágenes, videos, textos, modelos en 3D y enlaces.
- App de Scope. Para visualizar en el celular los proyectos creados con RA.
- Software de Scratch. Es un lenguaje de programación que utiliza bloques de códigos agrupados en colores, incorpora diversas extensiones como la extensión sensor de video para detectar movimientos con la cámara de la computadora o el celular, a partir de la detección de los movimientos realiza las acciones que fueron previamente programadas.

Otros elementos utilizados:

- Marcador. Imágenes con formato jpg, que al ser enfocados por la cámara de un dispositivo móvil (celular o tableta) y la app de Scope, proyecta sobre la imagen real los elementos virtuales añadidos, tal como modelos en 3D de las estructuras de control, imágenes (códigos en el lenguaje C), textos (sintaxis) y videos de temas relacionados a los fundamentos de la programación.

- Conexión a internet. Es requisito para crear y publicar los proyectos creados con RA, y para descargar y abrir los proyectos en el celular con la app de Scope. Una ventaja es que, una vez descargados los proyectos al celular, ya no se requiere la conexión a internet.
- Guías didácticas o materiales educativos. Se crearon prácticas con diversos marcadores de RA.

### 3. Desarrollo.

Se desarrollaron 5 guías de materiales educativos enriquecidos con marcadores de RA para cada una de las estructuras de control (if..else, for, while, do..while y switch..case), los cuales se usaron en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los fundamentos de la programación. A los marcadores se les incorporaron elementos virtuales como texto (sintaxis de cada estructura de control), imágenes (códigos en el lenguaje C) y modelos en 3D de cada una de las estructuras de control. También se diseñaron 3 guías de materiales educativos enriquecidos con marcadores de RA para la enseñanza de la programación de sensores y actuadores para Arduino, 2 guías de materiales educativos con Scratch con la extensión del sensor de video para incorporar la RA.

En la Figura 1 se comparte uno de los marcadores con RA creados y utilizados en las clases virtuales. De lado izquierdo se observa el marcador de la Estructura if else, de lado derecho se muestra la RA visualizada con el celular. Para desplegar la RA, descargue la app de Scope en el celular, busque en la app de Scope el proyecto Estructura if else y escanee el marcador con el botón de la cámara.

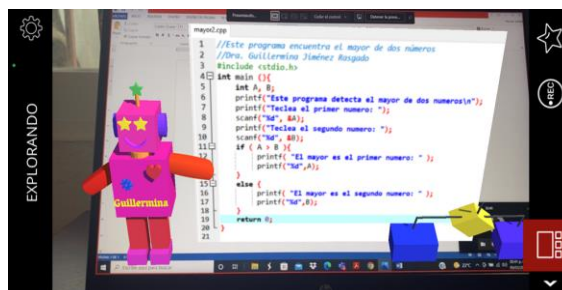


Figura 1. Marcador con RA (Estructura if else) y Realidad Aumentada visualizada.

Para el resto de los marcadores, se ocuparon las imágenes de los modelos en 3D de las estructuras de control diseñados en Tinkercad, convirtiéndolos a formato jpg. Una de las guías fue un cubo de papel con marcadores de RA; los estudiantes armaron el cubo y con el celular visualizaron las diversas estructuras de control, ejecutaron los códigos en la computadora con el software Dev C++ y resolvieron otros ejercicios similares.

Para la programación de sensores y actuadores, usamos el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con marcadores de RA para ver las conexiones y los programas para encender leds y servomotores y creando proyectos con Arduino. Para interactuar con elementos virtuales, se programó en Scratch usando la extensión sensor de video para detectar movimientos con la cámara. Los estudiantes crearon diversos proyectos incorporando la RA y compartieron vía MS Teams sus proyectos. Uno de los proyectos creados con Scratch fue una tarjeta de cumpleaños, donde la persona puede interactuar con los objetos virtuales programados, como las letras que al ser tocadas cambian de color, además de escuchar las notas musicales de feliz cumpleaños; puede ver el proyecto en este enlace: <https://scratch.mit.edu/projects/666410706/editor/>.

## Resultados.

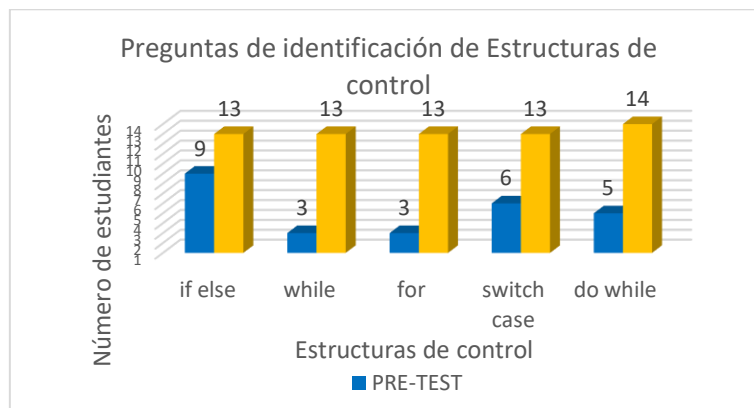
La prueba de conceptos de realidad aumentada se aplicó a un grupo de 14 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica, aunque el grupo fue pequeño se tuvo la oportunidad de aplicar la RA en los fundamentos de la programación en la modalidad virtual por medio de la plataforma de Microsoft Teams. Al finalizar el tema de las estructuras de control, se aplicó un cuestionario tipo post test, abarcando preguntas de usabilidad de la tecnología de RA utilizadas, preguntas de conocimiento y preguntas de código.

En la Tabla 1 se muestra la población y muestra de los participantes del proyecto de investigación del ciclo escolar Enero-junio 2022.

**Tabla 1.** Población y muestra de estudiantes que participaron en la investigación.

| Sujetos   | Descripción  | Población         | Muestra                                   |
|---|--|-------------------|---|
| Estudiantes<br>Asignatura<br>Programación Estructurada<br>(Tercer semestre) | Tecnológico Nacional de México<br>Instituto Tecnológico de Minatitlán<br>Carrera de Ingeniería Electrónica<br>Enero – Junio 2022 | 14<br>Estudiantes | 14 Estudiantes<br>12 Hombres<br>2 Mujeres |

Se analizaron los datos recabados en el cuestionario con el uso del Software estadístico SPSS y se graficaron en Microsoft Excel. En relación con las preguntas de la facilidad de uso de la herramienta de RA, 42.9 % indicaron que estuvieron totalmente de acuerdo que fue fácil de usar, otro 42.9% indicaron estar de acuerdo en su facilidad y uso, 14.3% indicaron no estar ni de acuerdo ni en desacuerdo. En relación a las preguntas de identificación de las estructuras de control (ver Figura 2), los resultados indican que las prácticas realizadas favorecieron el aprendizaje de los estudiantes; en la prueba pos-test hay un aumento en el número de respuestas correctas con respecto al pre-test, el 92.85% pudo identificar las estructuras if else, while, for, switch case y el 100% identificó la estructura do while; en comparación con el pre-test donde sólo algunos lograron identificar las estructuras de control mencionadas.



**Figura 2.** Identificación de las Estructuras de control.

Con relación a las preguntas con códigos, los resultados para las estructuras de control while, for y switch case (ver Figura 3), la prueba pos-test indica que las prácticas realizadas favorecieron el aprendizaje, observando un aumento en las respuestas correctas en comparación al pre-test.

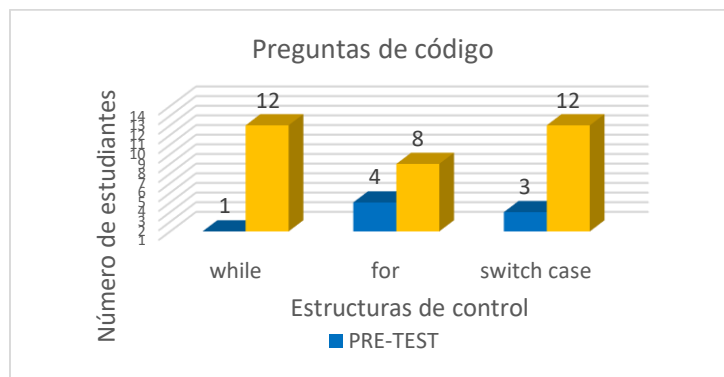


Figura 3. Prueba de códigos de las estructuras de control.

### Conclusiones.

Diversos estudios realizados por investigadores como Reynoso (2012), Cabero y otros, han demostrado que aplicar estrategias didácticas con RA favorece el aprendizaje y aumenta la motivación por aprender, siendo esta una de las fortalezas. Los estudiantes expresaron de forma verbal que fue experiencia interesante, motivadora y divertida, causó asombro su uso; otros expresaron sentirse feliz, y causó actitudes positivas como lo describe en sus investigaciones (Banza D., 2017).

Aprender a programar es un proceso que lleva tiempo, e involucra habilidades del pensamiento, el investigador Zapata-Ros (2015) afirma que “existe una forma específica de pensar, de organizar ideas y representaciones, favorece las competencias computacionales. Esas habilidades se ven favorecidas con ciertas actividades y con ciertos entornos de aprendizaje desde las primeras etapas, y se trata del Pensamiento Computacional”. Afirma que “es necesario una práctica formativa donde es necesario poner a los niños en un entorno de objetos y de acciones que promuevan la observación y la manipulación para favorecer este tipo de pensamiento”. En esta investigación se utilizó la herramienta tecnológica de Scratch para que los estudiantes pudieran manipular y programar objetos virtuales.

Se diseñaron guías de materiales educativos con marcadores de RA, haciendo del proceso de enseñanza y aprendizaje una forma lúdica e interactiva de aprender los fundamentos de la programación. Los marcadores diseñados con RA, permitieron visualizar e identificar los modelos en 3D de cada una de las estructuras de control, la sintaxis y programas en lenguaje C, que es un lenguaje muy utilizado en la Ingeniería Electrónica. Aunque en esta investigación los estudiantes hicieron uso de marcadores con RA, también es posible que sean creadores de contenidos con RA. Una debilidad detectada es que algunos celulares demoraron en leer el marcador; aunque los marcadores se pueden compartir en la pantalla de forma directa, se recomienda imprimirlos, para que el estudiante los manipule y pueda apreciar mejor todos los elementos incorporados (imágenes, textos, modelo 3D).

La RA como estrategia didáctica en la educación favorece el aprendizaje de la programación, en este caso en el tema de las estructuras de control. Los estudiantes expresaron fue una experiencia de aprendizaje motivadora, lo cual se afirma también en la investigación de Salazar Natali et al. (2016) además de ser interesante. En relación con el impacto económico el proyecto de investigación es viable de realizar ya que los elementos requeridos son los que se emplean comúnmente en la modalidad virtual, como son las computadoras, los celulares y el internet; además las herramientas tecnológicas seleccionadas para el diseño, creación y visualización son de software gratuito. Los productos creados pueden ser de guía para otras asignaturas que deseen incorporar la RA como una tecnología innovadora. Finalmente, es necesario capacitar a los docentes en el uso de esta tecnología para que brinden a sus estudiantes nuevas experiencias y entornos de aprendizaje.

## Agradecimientos.

Agradecemos el valioso el apoyo del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Minatitlán, a estudiantes y docentes participantes del proyecto de investigación con clave de registro ITF-MINTL-PIE-2022-0251.

Agradecemos el valioso el apoyo del Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través del proyecto con clave de registro SIP-20221832, siendo los resultados de esta investigación de gran relevancia para los objetivos de dicho proyecto también.

## Referencias bibliográficas.

- Álvarez J.F.; López C.; Hafner A.; Gonzalo P.; González E.; Portero M.; Blas J.; Lorenzo N.; Alcalde I.; Gallon R.; Llopis B. (2018).** *Informe Odite sobre tendencias educativas*. Número 1, época 2, mayo de 2018. Barcelona. Recuperado de <https://www.jblasgarcia.com/2018/06/informe-odite-tendencias-educativas.html>.
- Aumentaty Community. (2022).** La comunidad de RA de Aumentaty. Recuperado 29 de marzo de 2022, de <http://www.aumentaty.com/community/es/>
- Banza, D. (2017).** Las actitudes de los alumnos de enseñanza básica (2º y 3º ciclo) del municipio de Baje ante la seguridad en Internet. Badajoz: Departamento de Ciencias de la Educación Universidad de Extremadura. Tesis doctoral.
- Blazquez, A. (2017).** Realidad aumentada en Educación. Monografía (Manual). Rectorado (UPM). Recuperado 29 de marzo de 2022, de <https://oa.upm.es/45985/>
- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J., & Obrador, M. (2016).** *Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la medicina* | Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2016.06.015>.
- Cabero, J., Barroso, J., & Llorente, C. (2019).** *La realidad aumentada en la enseñanza universitaria*. REDU. Revista de Docencia Universitaria, 17(1), 105-118. <https://doi.org/10.4995/redu.2019.11256>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).** Metodología de la investigación. Ed. Mc Graw Hill.
- INTEF. (2016).** Resumen Informe Horizont Edición 2016 Educación Superior. Recuperado de [https://intef.es/wp-content/uploads/2016/03/Resumen\\_Horizon\\_Universidad\\_2016\\_INTEF\\_mayo\\_2016.pdf](https://intef.es/wp-content/uploads/2016/03/Resumen_Horizon_Universidad_2016_INTEF_mayo_2016.pdf).
- Jiménez Toledo, A., Collazos, C. y Revelo Sánchez, O. (2019).** Consideraciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje para un primer curso de programación de computadores: una revisión sistemática de la literatura. Instituto Tecnológico Metropolitano. DOI 10.22430/22565337.1520.
- Papert, S. (1980).** Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas. New York: Basic Books.
- Resnick, M. (2007).** Sowing the Seeds for a More Creative Society. Recuperado de New technologies help students navigate the creative thinking spiral. Disponible en: <https://dam-prod.media.mit.edu/x/files/%7Emres/papers/Learning-Leading-final.pdf>.
- Salazar Mesía, N., Sanz, C. V., & Gorga, G. (2016).** Experiencia de enseñanza de Programación con Realidad Aumentada. 2016. Actas de las Jenui, vol. 1.2016. pp. 209-216.
- Terán-Korowajczenko, K. (2012).** REALIDAD AUMENTADA SUS DESAFÍOS Y APLICACIONES PARA EL E- LEARNING. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1464.5601>.

**Zapata-Ros, M. (2015).** Pensamiento computacional. Una nueva alfabetización digital. RED. Revista de Educación a Distancia, 46(4). 1-47. Recuperado de: <https://revistas.um.es/red/article/view/240321>.

### Información de los autores.



**Guillermina Jiménez Rasgado** es Doctora en Desarrollo de la Educación por la Universidad del Desarrollo Empresarial y Pedagógico, cuenta con la Maestría en Tecnología Educativa por el Instituto Galileo de Innovación Educativa, y es Ingeniero Electrónico en Instrumentación por el Instituto Tecnológico de Minatitlán. Investigadora y docente desde el 2001 del Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán donde ha impartido cátedra en diversas Ingenierías y ha sido asesora de estudiantes en proyectos educativos. Miembro de la Red LaTE México.



**Rosa Alor Francisco** es Licenciada en pedagogía por la Universidad Veracruzana. Maestría en Docencia Universitaria por la Universidad Iberoamericana; diplomados en Neurobiología del aprendizaje, Recursos Educativos en Ambientes Virtuales, Competencias Docentes, Tutorías, Habilidades Directivas y Formación de investigadores. Labora en el Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán como docente de Ciencias Básicas y Educación a Distancia. Es Evaluadora a nivel nacional de proyectos de Investigación Educativa.



**Martín Fernando Puig Sosa**, Ingeniero Industrial en Química egresado del Instituto Tecnológico de Veracruz, realizó la maestría en Ingeniería Industrial en la Universidad Cristóbal Colón.



**Claudia Marina Vicario Solórzano.** Profesora-investigadora mexicana en los campos de la Informática, la Tecnología Educativa y las ciber tendencias en el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Miembro de la Asociación Mexicana de Informática, A. C. (AMIAC), de la Academia de Ingeniería de México (AIM) y la Sociedad Mexicana de Computación en la Educación (SOMECE), así como la Red de Computación del IPN. Dirige el Grupo y Laboratorio de Informática Educativa y Sociocibernética de la SEPI-UPIICSA. Fundadora y responsable de la Red LaTE México (Red CONACyT y Comunidad CUDI). También es fundadora de la Red de Educación Maker (REM). Investigadora invitada de la empresa Nética y líder de la iniciativa del Clúster Nacional de Tecnología Educativa MXEdutech. Coordina el Grupo de Tecnología Educativa del Comité ANUIES TIC.



**Roberto Carlos Jiménez Zarco.** Estudiante de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Minatitlán.

# Sistema de seguridad ciudadana utilizando técnicas de visión artificial.

## Citizen Security System Using Artificial Vision Techniques.

Luis Alfonso Soto Calihua (1).  
Estudiante Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica.  
[156w0204@itszongolica.edu.mx](mailto:156w0204@itszongolica.edu.mx).

Ricardo Omar Raygoza Cózar\* (2). Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica,  
[ricardo\\_cozar\\_pd155@zongolica.edu.mx](mailto:ricardo_cozar_pd155@zongolica.edu.mx).

Roberto Ruiz Castro (3). Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica, [roberto\\_isc@zongolica.edu.mx](mailto:roberto_isc@zongolica.edu.mx).

Arturo Morales Rayón (4). Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica,  
[art\\_martin\\_isc@zongolica.edu.mx](mailto:art_martin_isc@zongolica.edu.mx).

Ricardo García Castro (5). Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica,  
[ricardo.garcia.pd18@zongolica.edu.mx](mailto:ricardo.garcia.pd18@zongolica.edu.mx).

Martín Contreras De la Cruz (6). Tecnológico Nacional de México/I. T. S. de Zongolica,  
[martin\\_isc@zongolica.edu.mx](mailto:martin_isc@zongolica.edu.mx).

---

\*corresponding author.

**Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.**

### Resumen.

*Sin duda, la Inteligencia Artificial ha crecido exponencialmente en los últimos años, existiendo una gran cantidad de disciplinas, entre las que se encuentra la informática o la visión artificial. La visión artificial permite a los ordenadores percibir y comprender imágenes a través de diferentes técnicas. Este documento presenta el desarrollo de un sistema que implementa la visión artificial, utilizando las técnicas que brinda esta disciplina, para dar soporte al problema de la seguridad ciudadana. El sistema fue desarrollado con la metodología XP y utilizando tecnologías como Python, OpenCv y MySQL. Los resultados obtenidos fueron: la captura y procesamiento de imágenes de cámaras de vigilancia y reconocimiento facial en tiempo real. El presente trabajo está orientado a apoyar el combate de problemas de seguridad, actos delictivos y prevención de contingencias.*

**Palabras claves:** Inteligencia artificial, reconocimiento facial, vision artificial, visión por computadora.

### Abstract.

*Artificial Intelligence has undoubtedly grown exponentially in recent years, having a large number of disciplines, among which is computer or artificial vision. Artificial vision allows computers to perceive and understand images through different techniques. This document presents the development of a system that implements artificial vision, using the techniques provided by this discipline, to support the problem of citizen security. The system was developed with the XP methodology and using technologies such as Python, OpenCv and MySQL. The results obtained were*

*the capture and processing of images from surveillance cameras and facial recognition in real time. The present work is oriented to support the combat of security problems, criminal acts and contingency prevention.*

**Keywords:** Artificial intelligence, artificial vision, computer vision, facial recognition.

## 1. Introducción.

Este trabajo de investigación aporta una propuesta de solución para disminuir y prevenir los índices delictivos ya que por medio de la Inteligencia Artificial, se dispone de algoritmos y técnicas que buscan igualar la inteligencia humana y con ello se han resuelto diferentes tareas que hacen para el ser humano tener una mejor calidad de vida. El proyecto de investigación fue realizado bajo las técnicas de la metodología XP. Los resultados obtenidos fueron: captura de imágenes, análisis de las imágenes y finalmente el reconocimiento facial a través de la librería OpenCv y Python además de los paquetes del mismo. Con este proyecto se llegó a la conclusión de que mediante el uso de visión artificial se puede ayudar a reducir ciertos problemas de seguridad y prevención de contingencias.

Tomando en cuenta los índices delictivos por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022), además del Sistema Nacional de Seguridad Pública para el 2019 (SESNP, 2022), catalogan a México con índices de delincuencia elevado, así también en el estado de Veracruz de acuerdo a la Fiscalía General del Estado en el semáforo delictivo (Semáforo Delictivo, 2022), se han registrado 97 homicidios, 17 secuestros, 521 casos de robo a negocio entre otros más. Una propuesta de solución para esta problemática es la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial un área de las ciencias de la computación que ha avanzado de manera exponencial en las últimas décadas.

## 2. Métodos.

### Inteligencia Artificial.

La Inteligencia Artificial (IA) es la ciencia dedicada al desarrollo de los agentes racionales no vivos (Marquez, L., 2016), por otra parte la IA es la encargada de estudiar modelos de cómputo capaces de realizar actividades propias de los seres humanos, con base en el razonamiento y la conducta (Takeyas, B., 2016).

### Disciplinas de la Inteligencia Artificial.

La Inteligencia Artificial comprende diversas disciplinas de estudio para el desarrollo de tecnologías y de sistemas inteligentes tales como: Visión por computadora, Minería de datos, Redes Neuronales Artificiales, Machine Learning, Big Data, Lógica Difusa y Deep Learning (Reyes-Ortiz, O. J., et. al., 2019).

### Visión por computadora.

La visión artificial es una de las disciplinas de la Inteligencia Artificial que incluye métodos para adquirir, analizar y comprender imágenes del mundo real representándolas de tal forma que puedan ser comprendidas por la computadora (Szeliski, R., 2022).

### Bibliotecas de Visión por computadora.

Existen diversas implementaciones, dentro de las cuales encontramos variedad de bibliotecas de Visión por computadora tales como Sherlock, OpenCv, Point Cloud Library, TensorFlow, entre otras. Para este trabajo se seleccionó OpenCV ya que cuenta con una extensa documentación, es multiplataforma y permite la utilización de algunos de los lenguajes de programación más utilizados como lo son: C++, Python y Java; específicamente se utilizó el lenguaje Python por su gran simplicidad y estilo de programación.

La visión por computadora tiene una gran variedad de campos de aplicación, tales como el sector salud, comercio, educación, biotecnología, servicios financieros y seguridad ciudadana, entre otros.

En el trabajo (Cortes F., 2015) se menciona el uso de OpenCV para desarrollar un sistema multi-agente que detecte el direccionamiento y posicionamiento de robots Lego en escenarios determinados.

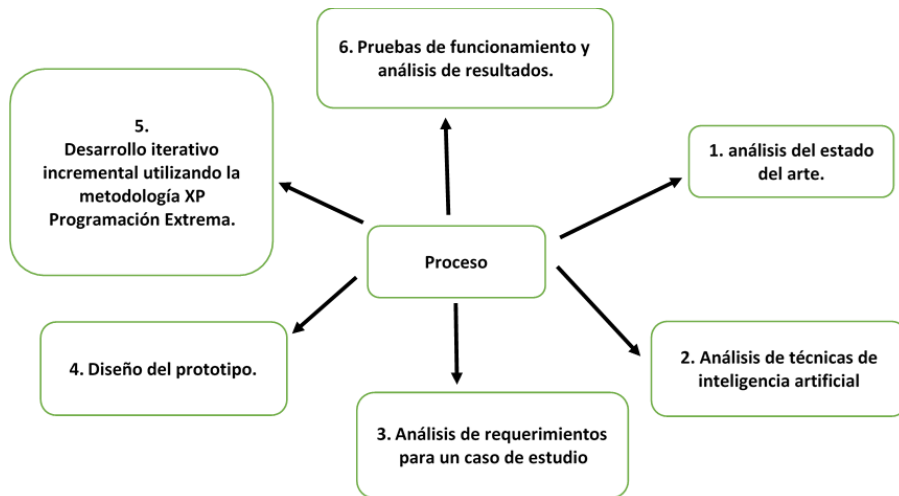
Por otra parte Lin, Y. et. al. (Lin Y., et. al., 2017), afirman que el desarrollo de un sistema completo de Inteligencia Artificial disminuye los actos delictivos, incluyendo un sistema que involucre bases de datos, servicio web, entre otras tecnologías.

En otros proyectos realizados en trabajos tales como (Laurenco, V., et. al., 2018; Amato, G., et. al., 2018), concuerdan que los resultados que han obtenido son muy favorables ya que ambos utilizan la Inteligencia Artificial y diversas herramientas tecnológicas disponibles actualmente.

**Aplicación del método.**

Para el desarrollo del sistema, fueron realizadas las siguientes seis etapas como en la Figura 1:

- Análisis del estado del arte.
- Análisis de técnicas de visión artificial.
- Análisis de requerimientos del sistema.
- Diseño del sistema.
- Desarrollo ágil con metodología XP.
- Pruebas de funcionamiento y resultados



**Figura 1.** Las seis etapas del método aplicado.

**Análisis del estado del arte.**

Se realizó un análisis de distintas propuestas de solución relacionadas con la implementación de sistemas con Inteligencia Artificial, así como visión artificial enfocados a contribuir con la seguridad ciudadana.

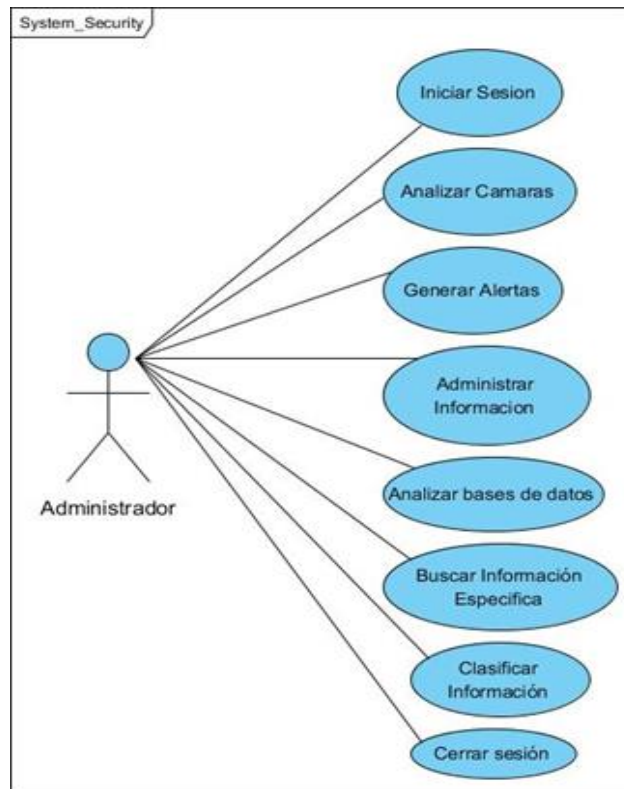
**Análisis de las técnicas de visión artificial.**

En esta segunda etapa se realizó un análisis de las diferentes técnicas y algoritmos de visión artificial, así como sus diversas implementaciones con la finalidad de elegir las técnicas apropiadas para el desarrollo del Sistema.

**Análisis de requerimientos para un caso de estudio.**

Se realizaron casos de uso para determinar los requerimientos del sistema a desarrollar como se muestra en la Figura 2, entre ellos se encuentran los siguientes:

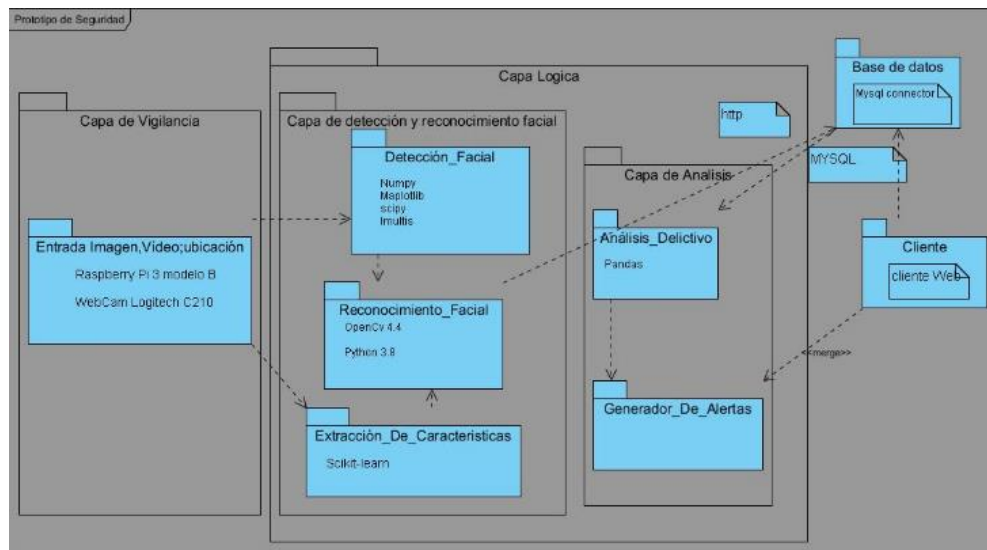
- Detección, inicialización y lectura de video cámaras
- Entrenamiento del algoritmo para el reconocimiento
- Administración de datos
- Acceso y manejo de la base de datos
- Búsqueda y clasificación de información



**Figura 2.** Diagrama de casos de uso del sistema.

**Diseño del Sistema.**

Se realizó la arquitectura del sistema conforme a los requerimientos en el análisis. En la vista arquitectónica que se muestra en la Figura 3 se observan diferentes capas, las cuales se describen a continuación (Kuchen, F., 1995).



**Figura 3.** Diagrama de casos de uso del sistema.

### Capa de Vigilancia.

Esta capa del sistema consta de la placa Raspberry Pi 3 modelo B que controla la cámara de alta resolución para la vigilancia en el sitio o sitios requeridos.

### Capa Lógica.

En esta capa cuenta con paquetes importantes para el funcionamiento del sistema, el encargado de implementar la detección y el reconocimiento y el paquete para el análisis de datos.

- Capa de detección y reconocimiento facial: Cuenta con la funcionalidad que permite la detección facial, el reconocimiento de los rostros, así como el entrenamiento del algoritmo utilizando las bibliotecas de OpenCV.
- Capa de análisis: En esta capa se encuentra el análisis de los datos obtenidos durante el funcionamiento del sistema de reconocimiento y los puntos geográficos, utiliza las bibliotecas Pandas y NumPy, que sirve para la generación de alertas de riesgos.

### Capa de Datos.

La arquitectura describe el esquema de los datos que se almacenan, dichos datos tienen origen en la capa de análisis y detección de rostros y estos son consultados para determinar las alertas de riesgo desde la capa de análisis; utiliza el sistema gestor de datos MySQL, que junto con la minería de datos facilita y automatiza la información almacenada. En la Figura 4 se muestra el esquema de la base de datos para el funcionamiento del sistema.

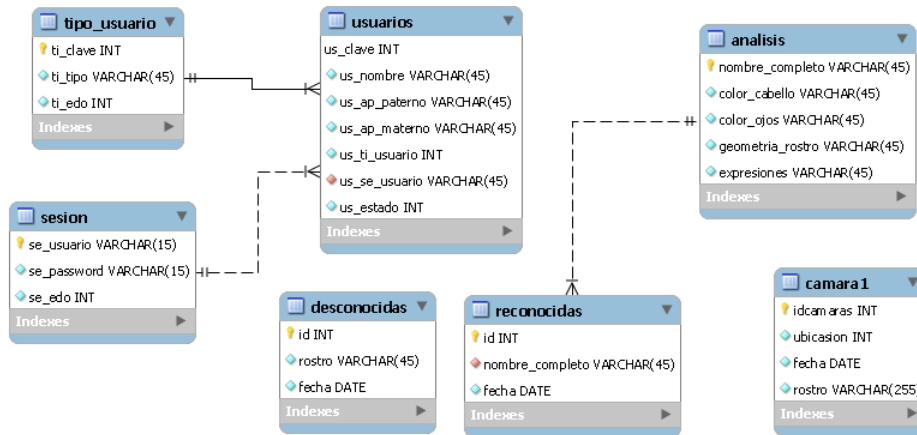


Figura 4. Esquema de la base de datos del sistema.

**Etapa de desarrollo iterativo incremental.**

Para el desarrollo de software se aplicó un modelo iterativo incremental buscando llegar al resultado final. Se utilizó la metodología XP que está orientada a pruebas, así como el análisis y diseño simple del sistema. XP se basa en valores, principios y prácticas, y su objetivo es permitir que equipos pequeños y medianos produzcan software de alta calidad y se adapten a los requisitos cambiantes y en evolución.

**3. Resultados.**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos. Inicialmente se desarrollaron pruebas de funcionamiento de la librería de OpenCv con Python. La Figura 5 muestra la detección y seguimiento de rostros con la cámara y las bibliotecas de visión artificial.

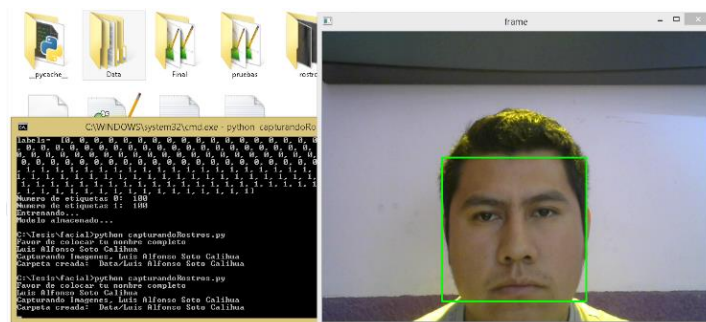


Figura 5. Detección y seguimiento de rostros.

Posteriormente, se desarrolló el módulo del componente de reconocimiento facial y se realizaron pruebas para verificar que el reconocimiento funciona correctamente. En la Figura 6, se muestra el reconocimiento facial con dos personas simultáneamente.

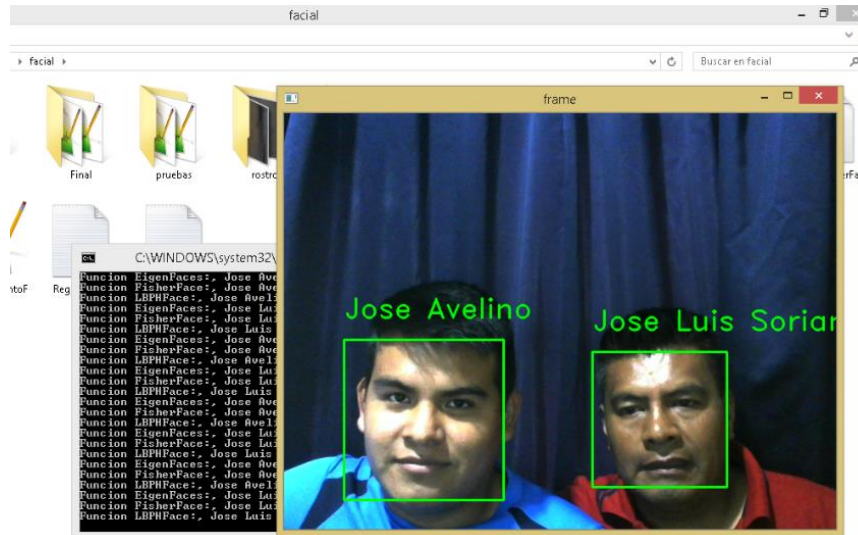


Figura 6. Reconocimiento facial con dos personas a la vez.

Con el reconocimiento facial funcionando, se realizó la conexión con la base de datos MySQL la cual almacena en tiempo real la información. Si la persona es reconocida sus datos son guardados, algunos de los cuales son el nombre completo de la persona, la fecha y la hora en una estampa de tiempo. La Figura 7, muestra los registros de las personas reconocidas por el sistema.

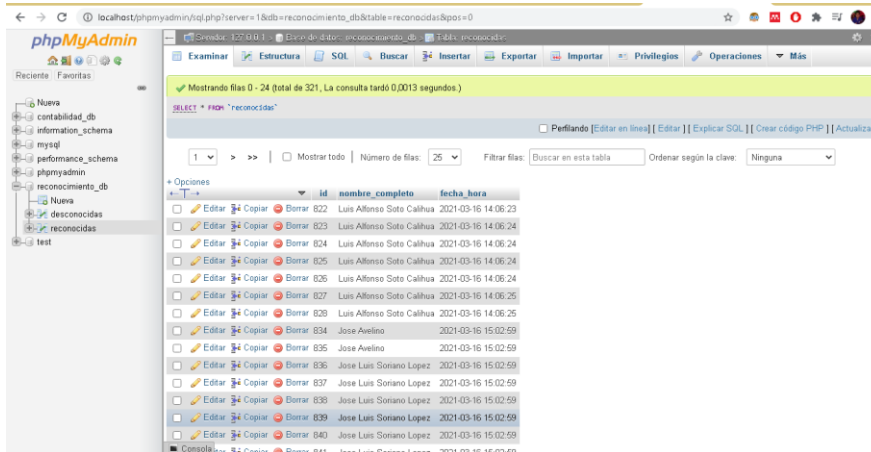


Figura 7. Imágenes de cejas, ojos y boca para el entrenamiento de la red *perceptron*.

El sistema permite detectar también cuando un rostro no se reconoce, como se puede ver en la Figura 8, donde se muestra un rostro no identificado junto con otro que fue reconocido de forma simultánea.



Figura 8. Detección de rostro reconocido junto a otro no reconocido.

Cuando el sistema percibe los rostros de personas no reconocidas, se les asigna un identificador y almacena una captura del rostro, la fecha y hora en tiempo real, del momento en el que el sistema percibe a la persona no identificada. En la Figura 9, se puede observar los registros de las personas no reconocidas, que son almacenados en la base de datos en tiempo real.

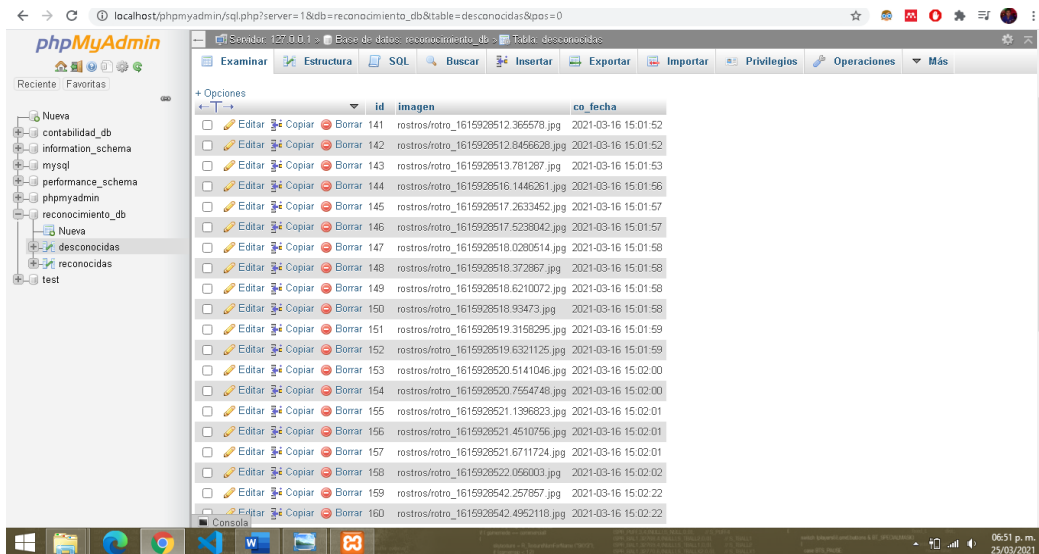


Figura 9. Registros de las personas no identificadas por el sistema.

### Conclusiones.

Con el presente trabajo se cumplieron correctamente las etapas de la metodología XP para cumplir los objetivos del proyecto, el sistema implementa técnicas de visión artificial para el reconocimiento facial. El sistema almacena correctamente y es capaz de detectar simultáneamente a más de una persona. Por otra parte, el almacenamiento en tiempo real de la información detectada por el sistema permite gran cantidad de posibilidades de desarrollo de funcionalidades. Como trabajo a futuro, se realizará la implementación de algoritmos de minería de datos para analizar la información almacenada en el sistema, además de incluirá geolocalización para asociar reconocimiento y ubicación, así como mejoras para reducir fallas de reconocimiento por causas como baja intensidad de luz o accesorios que cubren los rostros.

Finalmente, la utilización de técnicas de Inteligencia Artificial permitirá no solo la disminución de actos delictivos si no también podrían prevenir y anticipar los actos delictivos mejorando la prevención de los mismos.

Para la fabricación de este prototipo se deben realizar prueba en campo y optimizar los materiales. De acuerdo con el diseño, es apto para los pequeños productores a los que nos referimos, además de proporcionar aumentos en el crecimiento del ganado y en lo posterior teniendo un impacto económico positivo, porque al implementar un sistema automatizado, promueven una dosificación exacta en tiempo y forma para nuestro ganado, mejorando su calidad.

Comparando los datos obtenidos del análisis por elementos finitos con los valores teóricos, se encuentra que los porcentajes de error son relativamente pequeños, lo que indica la consistencia del método.

### Referencias bibliográficas.

- Amato, G., Carrara, F., Falchi, F., Gennaro, C., & Vairo, C. (2018).** *Facial-based intrusion detection system with deep learning in embedded devices.* ACM International Conference Proceeding Series, pp. 64–68. ACM.
- Cortes, F. (2015).** *Reconocimiento de Posicionamiento Y Direccionamiento De lego robot a través de OpenCV* (Tesis Doctoral). Pontificia Universidad Católica De Valparaíso, Chile.
- INEGI (2022).** *Incidencia Delictiva.* [https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/#Informacion_general).
- Kruchten, F. (1995).** *Architectural Blueprints—The “4+1” View Model of Software Architecture.* pp.15 :<https://www.cs.ubc.ca/~gregor/teaching/papers/4+1view-architecture.pdf>
- Lin, Y. L., Chen, T. Y., Yu, L. C. (2017).** *Using Machine Learning to Assist Crime Prevention Proceedings - 2017 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2017, 1029–1030,* <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2017.46>.
- Lourenco, V., Mann, P., Guimaraes, A., Paes, A., & De Oliveira, D. (2018).** *Towards Safer (Smart) Cities: Discovering Urban Crime Patterns Using Logic-based Relational Machine Learning.* Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), pp. 1-8. IEEE.
- Marquez, L. (2016).** *Sistema inteligente de reconocimiento de patrones con visión artificial para la alerta automática de intrusos en las áreas de almacenamiento de las PYMES* (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Reyes-Ortiz, O. J., Mejia, M., Useche C. (2019).** *Introducción a la Inteligencia Artificial.* Artículo publicado en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, México.
- Semáforo (2022).** *Semáforo delictivo Veracruz.* <http://www.semaforo.com.mx/>.
- SESNP (2022).** *Indice delictivo.* <https://www.gob.mx/sesnsp/acciones-y-programas/incidencia-delictiva-299891?state=published>.
- Szeliski, R. (2022).** *Computer Vision: Algorithms and Applications.* 2nd edn. Springer, New York, EUA .
- Takeyas, B (2016).** *Introducción a la Inteligencia Artificial.* Artículo publicado en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, México.

### Información de los autores.



**Luis Alfonso Soto Calihua**, Ingeniero en Sistemas Computacionales, egresado del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, curso la especialidad de Redes de Computadoras, realizo su tesis profesional con el proyecto denominado “Sistema Diseño de un prototipo para la seguridad ciudadana aplicando técnicas de inteligencia artificial”.



**Ricardo Omar Raygoza Cózar** es Licenciado en Sistemas Computacionales Administrativos por la Universidad Veracruzana, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Orizaba. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es líder del cuerpo académico en formación “ITSZ-INGETEC” del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.



**Roberto Ruiz Castro**. Docente-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Doctorante en Tecnologías de la Información, Maestría en Tecnologías de Información por parte de la Universidad Cristóbal Colón (UCC) en Veracruz, Ver., Perfil Deseable PRODEP, Integrante del Cuerpo Académico “ITSZ-INGETEC”, Línea de Investigación TECNM Tecnologías emergentes de la información y comunicación.



**Arturo Martín Morales Rayón**. Docente-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Doctorante en tecnologías de la Información, Maestría en Gestión de Tecnologías de la Información por parte de la Universidad Tec-milenio, Perfi l Deseable PRODEP, Integrante del Cuerpo Académico ITSZ-INGETEC, Línea de Investigación TECNM Tecnologías emergentes de la información y comunicación.



**Ricardo García Castro.** Docente-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Doctorante en Tecnologías de la Información , Maestría en Redes y Sistemas Integrados LANIA , Perfil Deseable PRODEP, Integrante del Cuerpo Académico ITSZ-INGETEC, Línea de Investigación TECNM Sistemas de Computo Ubicuo.



**Martín Contreras de la Cruz.** Docente-Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Doctorante en Tecnologías de la Información , Maestría en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Orizaba, Perfil Deseable PRODEP, Integrante del Cuerpo Académico ITSZ-INGETEC, Línea de Investigación TECNM Computo ubicuo.



# Técnicas ágiles de elicitación de requisitos para generar estrategias gamificadas que promuevan el desarrollo de Pensamiento Computacional: encuestas y entrevistas.

Agile requirements elicitation techniques to generate gamified strategies that promote the development of Computational Thinking: surveys and interviews.

Andrés Felipe Rodríguez González (1).  
Universidad de Medellín, Colombia.  
[afrodriguez@udemedellin.edu.co](mailto:afrodriguez@udemedellin.edu.co).

María Clara Gómez Álvarez\* (2). Universidad de Medellín, Colombia, [mcgomez@udemedellin.edu.co](mailto:mcgomez@udemedellin.edu.co).

---

\*corresponding author.

Artículo recibido en septiembre 30, 2022; aceptado en diciembre 16, 2022.

## Resumen.

*Uno de los principales problemas que afronta Colombia en la transformación digital es la falta de estudiantes interesados en iniciar carreras universitarias asociadas a Ciencias de la Computación. Debido al déficit de profesionales asociados a esta disciplina, es importante conocer los motivos por los cuales se tiene tan poca demanda de estudiantes y futuros profesionales, cuando la oferta es tan alta. A partir de esto, se propone plantear una solución tecnológica que, mediante gamificación, aporte al mejoramiento del proceso desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes de educación secundaria. La temática anterior ha sido abordada en varios países, haciendo uso de herramientas online, juegos serios, robótica, entre otros. Por lo anterior, en este artículo se describe el proceso de elicitación de requisitos utilizado para tener una mejor visión de las necesidades y un alcance más acotado de la solución propuesta. Las técnicas utilizadas -entrevistas y encuestas- se aplicaron a profesores de áreas tecnológicas y estudiantes de 10° a 11°, respectivamente, en un colegio de la ciudad de Medellín, Colombia con el propósito de generar un prototipo de software que soporte una estrategia gamificada para la enseñanza de pensamiento computacional en educación media. Estos actores se identificaron como usuarios potenciales de la solución planteada al final de la investigación. Como trabajo futuro, se sugiere aplicar estas técnicas de elicitación de requisitos con un mayor número de encuestados y entrevistados, para obtener resultados más significativos; así como implementar el prototipo para usarlo en un contexto en el que se mida su efectividad.*

**Palabras claves:** Design thinking, gamificación, pensamiento computacional.

## Abstract.

*Digital transformation is one of the main problems facing Colombia. The lack of students interested in starting studies in university programs associated with Computer Science is one of the leading causes of this problem. Currently, worldwide and in Colombia, there is a deficit of professionals associated with these areas of science. Therefore, identifying the reasons for the low demand of students in these programs is important when the labor demand is so high. Based on this, a technological solution based on gamification is proposed, which contributes to the improvement of the development process of computational thinking in middle school students. Many countries have been working on the theme above, using online tools, serious games, robotics, among others. Therefore, this*

*article describes the requirements elicitation process used to take a look of the needs and a limited scope of the proposed solution. Interviews and surveys were applied to technology teachers and tenth and eleventh-grade students, respectively, in a Colombian school located in Medellín, looking for designing a software prototype which supports a gamified strategy for teaching computational thinking in secondary education. These actors were identified as potential users of the proposed solution at the end of the investigation. As future work, it is suggested to apply these requirements elicitation techniques with a larger number of respondents and interviewees, to obtain more significant results; as well as to implement the prototype to use it in a context in which its effectiveness is measured.*

**Keywords:** Computational thinking, design thinking, gamification.

## 1. Introducción.

Como consecuencia del desarrollo digital en la era moderna, se hace necesario mantener una innovación y renovación constante de procesos que, en su momento, no contaban con apoyo tecnológico para su realización, generando retrasos en tiempos y alta incidencia humana. Para mantener estable la demanda de renovación tecnológica en el mundo, se hace necesario contar cada día con mayor capital humano interesado en el área (Spieler et al., 2020).

Desafortunadamente, la demanda parece estar superando la oferta. Solamente en Colombia, para el 2017 se reportaron más de 7.000 vacantes en áreas tecnológicas que no fueron ocupadas debido a la falta de recurso humano (MINTIC, 2018). La tendencia parece ir aumentando, ya que se proyecta que para el año 2025 el déficit de sólo programadores en el mercado colombiano llegue hasta más de 110.000 (MINTIC, 2020). Como consecuencia, es probable que, si se mantiene la tendencia, varios sectores económicos puedan entrar en crisis debido al rezago tecnológico respecto a la realidad global (Ulloa, 2008).

Para enfrentar problemas de este tipo, muchos países implementan estrategias orientadas a fortalecer el pensamiento computacional de los estudiantes de educación básica y media. Por ejemplo, en Austria se ha presentado una estrategia de aprendizaje basado en juegos, llamado sCool, que propone incentivar el desarrollo del pensamiento computacional mediante un juego serio orientado al lenguaje de programación Python (Steinmaurer et al., 2020). También, en Ecuador se ejecutan estrategias en línea basadas en juegos serios para validar el entendimiento de los conceptos básicos de programación, asociados al pensamiento computacional, y evaluar el valor agregado que ofrecen los entornos gamificados para motivar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje (Montes et al., 2021). Por otro lado, en España se han realizado casos de estudio asociados a la robótica, como mecanismo para mejorar el proceso de formación y desarrollo de pensamiento computacional de estudiantes con altos niveles de desmotivación y apatía, fomentando una interacción más directa con los estudiantes y mayor trabajo en equipo (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019).

Por consiguiente, se pretende diseñar una estrategia tecnológica que permita, mediante gamificación, motivar a los estudiantes en su proceso de desarrollo del pensamiento computacional, que es una característica fundamental en las ciencias computacionales. Con esto, se verán beneficiados directamente los estudiantes, quienes pueden mejorar su desempeño lógico y académico; también las instituciones educativas, que pueden aspirar a un mejor rendimiento general en pruebas nacionales o internacionales; las universidades, en los programas tecnológicos, debido al esperado aumento de estudiantes con interés en ingresar a las carreras asociadas y, a largo plazo, la economía nacional por los profesionales que pueden iniciar su vida laboral y suplir las demandas reales del mercado.

El propósito de este artículo es describir el proceso realizado en la elicitación de requisitos del producto propuesto, mediante las técnicas de entrevistas y encuestas con usuarios potenciales. Se detallarán definiciones, metodologías de ejecución, hallazgos y conclusiones del trabajo elaborado. Dentro del desarrollo del artículo, en la Sección II, se describe la metodología utilizada para la investigación; la sección III presenta los resultados obtenidos y el análisis de los mismos; y finalmente, en la sección IV, se plantean las conclusiones del estudio y trabajos futuros.

## 2. Métodos.

Partiendo del enfoque del problema asociado en la investigación, referente a motivación estudiantil en el proceso de aprendizaje de pensamiento computacional, se determinó que es importante obtener información por parte de estudiantes y profesores. A partir de lo anterior, se eligió realizar entrevistas con dos profesores asociados a áreas de tecnología en educación media, dada su capacidad de comunicación y permitiendo amplitud de sus ideas para obtener información valiosa relacionada con el proceso de enseñanza a los estudiantes.

Del mismo modo, se decidió realizar una encuesta a los estudiantes con el objetivo de conocer sus niveles académicos, gustos, habilidades tecnológicas, proyectos de vida, fortalezas y debilidades en el proceso de aprendizaje. Esta técnica se eligió dado el tamaño de la población y el tiempo disponible para interactuar con ellos.

En la ejecución de la encuesta, se definió trabajar con 36 estudiantes de grado 10 y 11, los cuales tienen edades entre 14 y 17 años. Esta población se eligió debido a su largo proceso académico en educación secundaria y por estar próximos a iniciar su carrera universitaria, basados en la media técnica elegida, enfocada en desarrollo de software. Se diseñaron en total 16 preguntas, entre abiertas y cerradas, consolidadas en un formulario de Google Forms (<https://docs.google.com/forms/u/0/>) que incluye el objetivo de la encuesta, así como el acuerdo de confidencialidad de las respuestas dadas por los estudiantes.

Las preguntas a los estudiantes incluyen temáticas como nivel de conocimiento en áreas de tecnología, actividades realizadas en el tiempo libre y el uso de videojuegos. La encuesta completa se puede consultar en: <https://drive.google.com/file/d/1YYhWZG4ErC6P6RKePb77aSc0BIO7qYGC/view?usp=sharing>.

Respecto a las entrevistas, se decidió realizarlas con profesores asociados a áreas de informática en un colegio de Medellín - Colombia. El objetivo de este instrumento fue realizar un acercamiento con los encargados de transmitir el conocimiento en los colegios, para conocer la forma en la que realizan su trabajo diariamente, resaltando modelos pedagógicos y el contexto de uso, para enseñar conceptos computacionales.

Las entrevistas fueron realizadas a dos profesores por separado, vía la herramienta de videollamadas Zoom (<https://www.zoom.us/>), de acuerdo a la disponibilidad horaria de ellos. Del mismo modo, bajo su aprobación, las entrevistas fueron grabadas para un posterior análisis. En total, se diseñó un conjunto de 10 preguntas, aclarando que pudo ser necesario realizar preguntas adicionales para comprender las respuestas y/o hacer énfasis en un tema específico.

El conjunto de preguntas de la entrevista se presenta en: [https://drive.google.com/file/d/1OfrUiWO\\_PdU3PtdTctITtQt-tVoiYekc/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1OfrUiWO_PdU3PtdTctITtQt-tVoiYekc/view?usp=sharing).

En la siguiente sección se presentan los hallazgos más importantes de estas dos técnicas de elicitación de requisitos (encuesta y entrevista) a estudiantes y docentes respectivamente con el objetivo de identificar las necesidades asociadas a una estrategia tecnológica para la enseñanza de pensamiento computacional en educación media (colegios).

## 3. Desarrollo.

### Encuestas.

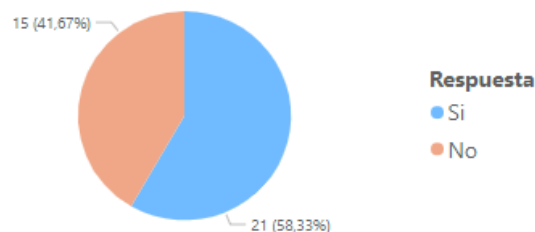
Los resultados más relevantes de la encuesta realizada a los estudiantes, donde se indagó sobre sus proyectos de vida, sus fortalezas y debilidades académicas, además de pasatiempos y formas de interacción con dispositivos tecnológicos, se presentan a continuación.

De los 36 estudiantes encuestados, la mayoría quiere estudiar carreras de Ingeniería de sistemas o afines, lo cual se puede entender porque la media técnica se basa en desarrollo de software. Sin embargo, es importante anotar que,

desde el otro punto de vista, 26 estudiantes no contemplan continuar sus estudios en esta área, incluso estando inscritos en la media técnica asociada al área, y realizando un esfuerzo mayor en tiempos de estudio.

Además, la Figura 1 permite determinar que la mayoría de los estudiantes utilizan parte de su tiempo libre para estudiar temas de su interés. Esto demuestra una buena disposición por parte de los alumnos para estudiar y aprender. Sin embargo, los datos recolectados indicaron que sólo 5 de ellos estudian temas asociados a tecnología. Los demás, estudian temas enfocados a idiomas, finanzas, entre otros.

Estudias temas que te interesan por fuera del horario de clase?

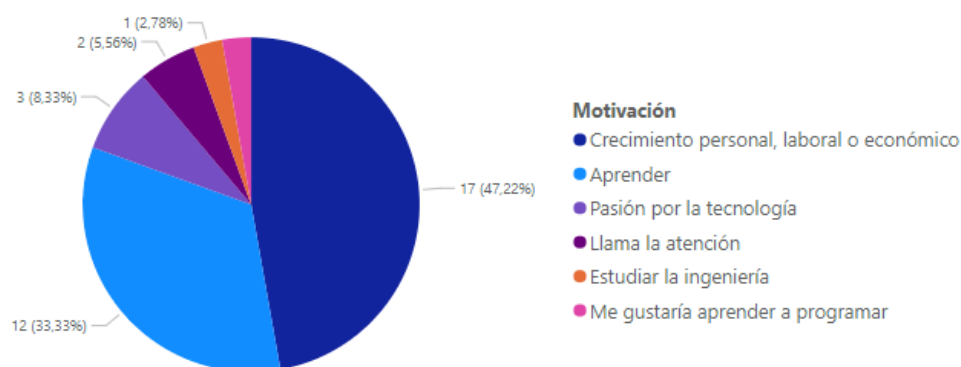


**Figura 1.** Proporción de alumnos que estudian otros temas fuera de clase.

Por otro lado, frente al número de horas diarias que los estudiantes utilizan un dispositivo tecnológico más del 70% de los estudiantes los utiliza 8 o más horas diarias. Se puede interpretar un alto uso de equipos tecnológicos y, por lo tanto, la facilidad de acceso que tienen los estudiantes a estos dispositivos.

También, la Figura 2 presenta los resultados enfocados a las motivaciones de los estudiantes para escoger la media técnica en desarrollo de software. En términos generales, los estudiantes deciden iniciar la media técnica por una proyección laboral y económica a largo plazo, entendiendo que, el desarrollo de software, y en general las carreras tecnológicas, tienen buenas condiciones laborales. Otros estudiantes encuentran su motivación en aprender más y por interés en temas tecnológicos.

Motivaciones para escoger media técnica



**Figura 2.** Motivaciones por las cuales los estudiantes deciden estudiar la media técnica.

En términos académicos, se identificaron conceptos que los estudiantes consideran complicados de comprender en los temas que estudian en las áreas tecnológicas. Aunque muchos estudiantes dicen no tener temas complicados para comprender, otros mencionan dificultades en programar, los lenguajes de programación y su sintaxis, la extensión y complejidad de la teoría, entre otros.

### **Entrevistas.**

Las respuestas obtenidas de las entrevistas fueron codificadas. Posteriormente, se generaron 4 categorías donde se agruparon todos los hallazgos generados, los cuales se presentan a continuación:

### **Metodologías y estrategias.**

Es importante identificar las metodologías y estrategias de enseñanza que los profesores aplican en el proceso de enseñanza a los estudiantes que consisten en talleres, conversatorios, trabajo en equipo y exposiciones creativas para mantener un ambiente dinámico. Además, se procura mantener una participación activa de cada estudiante, con preguntas dirigidas.

Como estrategias para mantener la motivación y el interés de los estudiantes, y buscando minimizar la frustración en el aprendizaje, los profesores procuran realizar clases teórico prácticas, plantear retos con bonificaciones académicas o de otro tipo, y utilizar analogías con el mundo real para entender procesos algorítmicos.

### **Problemas.**

El principal problema que se identificó fue el efecto de la pandemia en el proceso académico, que se vio altamente retrasado. Esto se refleja, por ejemplo, en las carencias matemáticas de los estudiantes. Además, los estudiantes tienden a perder la concentración en momentos importantes de las clases. Esto puede deberse a su edad y a su etapa de desarrollo.

En términos tecnológicos, los estudiantes presentan dificultades en las operaciones matemáticas con números binarios, que es el tema introductorio del curso. De igual forma, presentan dificultades en la etapa de aprendizaje en la que pasan de realizar algoritmos en pseudocódigo, a lenguajes de programación.

### **Temáticas.**

Se conoció que el proceso de media técnica no se aplica en todos los estudiantes de grados 10 y 11. Los estudiantes que no están inscritos en esta modalidad, tienen su jornada académica tradicional y los temas tecnológicos se limitan a conceptos ofimáticos, manejo de bases de datos en hojas de cálculo, y búsqueda de información.

Por otro lado, aquellos estudiantes que sí asisten a media técnica, reciben diferentes módulos a lo largo del año, lo cuales incluyen manejo de herramientas TIC, pensamiento computacional, lógica matemática, sistemas operativos, principios básicos de programación, herramientas algorítmicas y desarrollo de software.

### **Habilidades.**

De acuerdo con los profesores entrevistados, los estudiantes son bastante creativos, demuestran una buena disposición para comprender el proceso de programación, lo cual se ve reflejado en una mejora incremental de su lógica a medida que practican en clase. También, varios estudiantes son autónomos para estudiar temas relacionados con la media técnica, en horario extra clase, lo cual demuestra su compromiso. Asimismo, el trabajo en equipo no es un problema dada la buena relación entre ellos.

### **Propuesta de herramienta de apoyo a la estrategia gamificada.**

Partiendo de los hallazgos de cada una de las técnicas ejecutadas, se generaron historias de usuario relevantes para iniciar el proceso de diseño de un producto como solución al problema. La Tabla 1 presenta las historias de usuario asociadas al rol de estudiante, con sus criterios de aceptación:

**Tabla 1.** Historias de Usuario del actor Estudiante.

| <b>El estudiante desea</b>   | <b>Criterios</b>   |
|--|--|
| Repasar teoría acerca de las operaciones binarias para comprender el tema y aplicarlo en las clases.   | -La dificultad de la teoría debe ser incremental.<br>-Cualquier término o proceso mencionado debe ser debidamente justificado.<br>-Debe existir al menos una referencia externa adicional por cada concepto.                   |
| Practicar mediante ejercicios las operaciones binarias para fortalecer el conocimiento en la materia.  | -Deben ser ejercicios con dificultad incremental.<br>-Debe haber ayudas teóricas cuando las respuestas sean incorrectas.<br>-Debe permitir la repetición de los ejercicios.  |
| Ver el listado de comandos utilizados en pseudocódigo, para tener una visión general de las herramientas que puede utilizar para resolver un reto. | -Debe haber una justificación teórica de cada comando.<br>-Debe mostrarse el equivalente de cada comando en un lenguaje de programación específico (JS).<br>-Los comandos deben estar separados de acuerdo a su funcionalidad. |
| Ver la descripción de cada comando disponible en pseudocódigo, para comprender cómo funciona y cómo aplicarlo.                                     | -Cada descripción debe ser de no más de 50 palabras.<br>-Cada descripción debe contener un enlace externo para ampliar información.<br>-Las descripciones deben estar acompañadas de ejemplos de uso.                          |
| Ver las diferencias sintácticas entre el pseudocódigo y un lenguaje específico, para facilitar el traslado de ejercicios de un modelo a otro.      | -Debe basarse la comparación en un lenguaje específico.<br>-Debe mostrar de manera gráfica las diferencias de cada modelo.<br>-Las bases teóricas deben estar organizadas en orden lógico.                                     |

Por otro lado, se generaron las historias de usuario del actor Profesor, las cuales se describen en la Tabla 2, con sus criterios de aceptación.

**Tabla 2.** Historias de Usuario del actor Profesor.

| <b>El profesor desea</b>   | <b>Criterios</b>  |
|--|---|
| Visualizar el estado de las actividades realizadas por los estudiantes en clase, para identificar aspectos a mejorar en cada estudiante. | -Se debe mostrar el estado en términos porcentuales.<br>-Debe haber un porcentaje general y específico de cada módulo de aprendizaje.<br>-Cada actividad se puede marcar como revisada, calificada o pendiente. |
| Comparar el nivel de interacción de los estudiantes con los retos propuestos, para mantener un seguimiento al proceso de enseñanza.      | -La comparación se debe mostrar en una tabla, relacionando tiempos de actividad vs finalización de retos.   |
| Generar retos asociados a operaciones matemáticas básicas, para nivelar el conocimiento de los estudiantes de acuerdo a su grado.        | -Los retos deben ser enfocados a división, potenciación, radicación y logaritmos.<br>-Debe permitirse la habilitación/restricción de los retos a realizar.<br>-Cada reto se puede reiniciar.                    |

Posteriormente, con esta base de historias de usuario, se priorizaron las más importantes a criterio de los autores para, finalmente, diseñar un prototipo del producto, que consiste en una aplicación web mediante la herramienta Figma, y se centró en generar funcionalidades gamificadas que, sumado con contenido teórico práctico, motiven a los estudiantes en su proceso de aprendizaje de pensamiento computacional.

El menú principal se presenta en la Figura 3, y consiste en 3 módulos temáticos asociados: nivelación en matemáticas básicas, números binarios y diseño algorítmico. La decisión de tomar estos ejes temáticos se tomó con base en las entrevistas con los profesores, entendiéndose que son los contenidos que se desarrollan durante la media

técnica. El módulo de matemáticas básicas surge para trabajar en una oportunidad de mejora detectada por los profesores en los estudiantes, sobre todo después de la pandemia de COVID19, de nivelar sus habilidades en esta área, ya que se evidencian rezagos en el aprendizaje, y existen conocimientos básicos requeridos para los siguientes módulos, por ejemplo, en el módulo de números binarios que incluye operaciones y conversiones, se sugiere por ser el contenido introductorio al curso. Adicionalmente, esta temática permite trabajar el concepto de abstracción, componente principal del pensamiento computacional. Finalmente, el módulo pseudocódigo busca generar un entorno amigable y altamente interactivo, donde los estudiantes puedan acceder a todo el contenido teórico y práctico requerido para fortalecer sus conocimientos de pensamiento computacional, incluyendo acercamientos al diseño de algoritmos.



**Figura 3.** Menú principal. Fuente de imágenes: (Teach Computer Science, 2020).

El tablero de logros se presenta en la Figura 4. Es una vista propia de cada estudiante donde puede medir su desempeño dentro de las actividades de la plataforma. Tendrá una posición e insignia según la ejecución de tareas, así como muestra de progreso en los retos propuestos y el tiempo invertido. La tabla de clasificación busca incentivar a los estudiantes a mejorar su rendimiento para subir posiciones, lo cual, sumado con el uso de insignias y recompensas acordadas con el profesor de la clase en base a los resultados dentro de la herramienta, genera un ambiente gamificado. Las posiciones se calculan en base a un índice que combina la cantidad de retos terminados, el número de intentos realizados y el tiempo invertido, garantizando un balance entre cada una de las variables, y evitando sesgos o motivaciones equivocadas por parte de los estudiantes con la intención de simplemente estar en los primeros lugares; así, se evita que los estudiantes traten de terminar retos, por ejemplo, bajo el ensayo y el error.



**Figura 4.** Tablero de logros. Fuente de imágenes: (Rob-Bot Resources, 2020).

Cada módulo práctico tendrá una estructura que permita al estudiante, primero, conocer la teoría respectiva; luego, interiorizar los conceptos mediante ejemplos paso a paso; y finalmente el ejercicio práctico para validar el aprendizaje.

Dentro de los módulos teóricos, se busca entregar el contenido de una manera que permita facilitar el aprendizaje. Más allá de textos robustos, se pretende entregar definiciones y conceptos claves, sumado de tablas, gráficos, mapas conceptuales o cualquier otro elemento que facilite la lectura, como se muestra en la Figura 5.

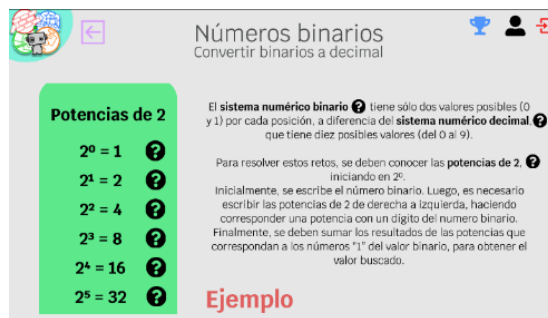


Figura 5. Modelo inicial de actividades prácticas.

En las actividades prácticas, se busca que el estudiante cuente con todos los insumos necesarios dentro de la plataforma para resolver los retos. Se plantean componentes como calculadoras que permitan generar los resultados en detalle, sin necesidad de hacer operaciones manuales o a mano, buscando centrar la atención en el tema tratado. Cabe aclarar que, en temáticas asociadas a matemáticas básicas, se debe contar con otro tipo de componentes ya que ese es su eje central.

Además, como se muestra en la Figura 6a, el estudiante encontrará permanentemente conceptos clave encerrados en un recuadro de color, mientras resuelve los retos, buscando afianzar la base teórica paulatinamente y darle autonomía a su proceso de aprendizaje, minimizando en lo posible la intervención del docente.

Las interacciones de los estudiantes se harán mediante movimientos de arrastrar y soltar, o campos de texto, para brindar entornos más amigables, simples y que motiven al estudiante a usarlo. Cuando se envía una respuesta incorrecta, se mostrará una descripción asociada a la respuesta grabada, y teoría que puede servir al estudiante como retroalimentación para reintentar el ejercicio y completarlo satisfactoriamente, como se muestra en la Figura 6b. Siempre estará visible el tiempo transcurrido en la actividad, así como el número de intentos que se han realizado para completarla. Esto juega un papel importante para que el estudiante realice su ejercicio con responsabilidad.

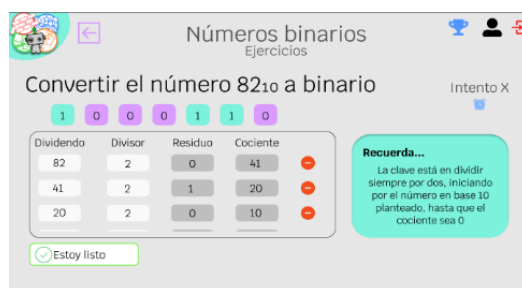


Figura 6a. Actividades prácticas.

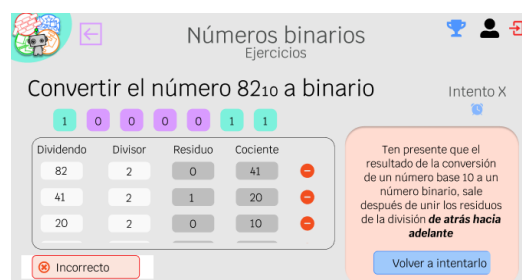


Figura 6b. Modelo de feedback ante respuestas incorrectas.

## Conclusiones.

El uso de las técnicas de elicitación generó hallazgos útiles que permiten construir una solución acorde a los contextos de los usuarios potenciales planteados. Es válido afirmar que las técnicas son apropiadas para el contexto de la investigación.

De acuerdo a los resultados obtenidos es importante fomentar el uso adecuado de dispositivos tecnológicos, orientando cierto tiempo a temas académicos y de aprendizaje, partiendo de la cantidad de horas que un estudiante pasa al día interactuando con herramientas de este tipo.

Dentro de la ejecución de las encuestas, se puede mejorar el diseño de las preguntas para evitar ambigüedades o respuestas fuera de contexto por parte de los estudiantes. Además, es importante realizar una supervisión al momento de diligenciar las encuestas para garantizar la mayor transparencia y seriedad posible en los datos reportados.

También, de acuerdo con los datos obtenidos, puede ser más valioso realizar las encuestas a los estudiantes en un momento del año en el que tengan un panorama general de todas las temáticas, con el ánimo de recibir respuestas más objetivas referentes a sus dificultades de comprensión y aprendizaje.

Es importante profundizar, mediante las técnicas utilizadas, los motivos por los cuales los conceptos asociados a programación generan dificultad en los estudiantes, incluso cuanto tienen mayor intensidad horaria de esta temática. Se pudo observar que los estudiantes no tienen claro el concepto de pensamiento computacional, lo cual puede indicar que no se hace énfasis claro en este concepto, sus bases y su desarrollo específico.

El hecho de que los estudiantes estén inscritos en una media técnica de desarrollo de software, no implica que todos quieran estudiar carreras relacionadas con ella en la universidad. Es importante conocer los motivos por los cuales, desde el colegio, y a pesar de tener un énfasis académico en el área, no les llama la atención para construir un proyecto de vida.

El eje temático del prototipo del producto depende de los contextos académicos de cada institución educativa. Lo anterior implica la necesidad de adaptar dicho contenido de acuerdo con los currículos académicos de cada institución o país.

Como trabajo futuro, se propone ejecutar las técnicas descritas en el artículo con un mayor número de profesores y estudiantes, buscando obtener resultados más significativos. Asimismo, evaluar estas técnicas en contextos socioeconómicos diferentes para identificar las variaciones que puedan existir en su ejecución y, a partir de esto, proponer e implementar un prototipo, con su respectiva evaluación, que reúna las características relevantes que se generen. También, se propone que en el prototipo se evalúen aspectos de diseño centrado en el usuario para facilitar su adopción dentro del aula de clase. Finalmente, realizar la validación de la encuesta con expertos, por ejemplo, a través del coeficiente de validez de contenido.

## Referencias bibliográficas.

**Díaz-Lauzurica, B., & Moreno-Salinas, D. (2019).** *Computational thinking and robotics: A teaching experience in compulsory secondary education with students with high degree of apathy and demotivation.* In Sustainability (Switzerland) (Vol. 11, Issue 18). <https://doi.org/10.3390/su11185109>.

**MINTIC. (2018).** *Estudio de la brecha de talento digital.* In [https://observatorioti.mintic.gov.co/703/articles-101630\\_boletin\\_pdf.pdf](https://observatorioti.mintic.gov.co/703/articles-101630_boletin_pdf.pdf).

**MINTIC. (2020).** *Ministerio TIC ofrecerá oportunidades de empleo a estudiantes de Misión TIC 2022, anunció la ministra Karen Abudinen.* Recuperado el 16 de febrero, 2022, de <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de>

[prensa/Noticias/160664:Ministerio-TIC-ofrecera-oportunidades-de-empleo-a-estudiantes-de-Mision-TIC-2022-anuncio-la-ministra-Karen-Abudinen](https://prensa/Noticias/160664:Ministerio-TIC-ofrecera-oportunidades-de-empleo-a-estudiantes-de-Mision-TIC-2022-anuncio-la-ministra-Karen-Abudinen).

**Montes, H., Hijon-Neira, R., Perez-Marin, D., & Montes, S. (2021).** *Using an Online Serious Game to Teach Basic Programming Concepts and Facilitate Gameful Experiences for High School Students*. IEEE Access, 9, 12567–12578. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049690>.

**Rob-Bot Resources (2020).** Teaching Resources for Computing. Recuperado el 18 de mayo, 2022, de <https://robotresources.com/>.

**Spieler, B., Grandl, M., Ebner, M., & Slany, W. (2020).** *Bridging the Gap: A Computer Science Pre-MOOC for First Semester Students*. Electronic Journal of E-Learning, 18(3), 248–260.

**Steinmaurer, A., Pirker, J., & Gütl, C. (2020).** *sCool - Game Based Learning in STEM Education: A Case Study in Secondary Education*. Advances in Intelligent Systems and Computing, 916, 614–625. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11932-4_58).

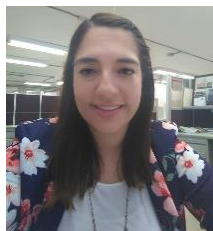
**Teach Computer Science (2020).** KS3 Computer Science Algorithms Resources & Revision. Recuperado el 18 de mayo, 2022, de <https://teachcomputerscience.com/ks3/algorithms/>.

**Ulloa, G. (2008).** *¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia?* <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/IngenieriaColombia>.

### Información de los autores.

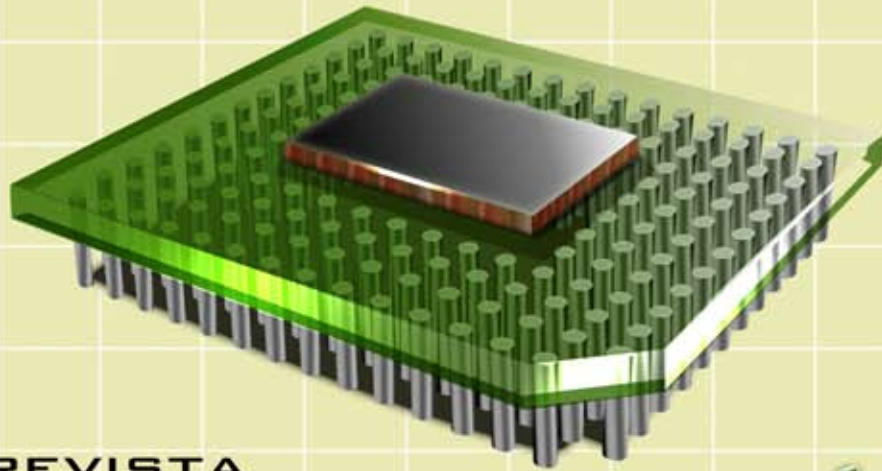


**Andrés Felipe Rodríguez González**, Ingeniero de Sistemas egresado de la Universidad de Medellín, Colombia, especialista en Ingeniería de Software de la Universidad de Medellín, y estudiante de maestría en Ingeniería de Software de la Universidad de Medellín. Tesis de maestría enfocada a estrategias gamificadas que aumenten la motivación de los estudiantes de educación secundaria en su proceso de desarrollo de pensamiento computacional.



**María Clara Gómez Álvarez**, Ingeniera de Sistemas e Informática, Magister en Ingeniería y Doctora en Ingeniería, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Docente de educación superior hace 17 años. Desde el 2012, profesora de la Facultad de Ingeniería e investigadora del Grupo ARKADIUS de Ing. de Sistemas de la Universidad de Medellín. Las áreas de trabajo académico y de Investigación son: Ingeniería de Requisitos; Gamificación, Mejora de Procesos Software, Procesos de Negocio y Educación en Ingeniería. He participado en proyectos de innovación curricular a nivel de educación universitaria y media a partir del uso de metodologías de aprendizaje activo, lúdicas para la enseñanza sobre todo en iniciativas asociadas a la integración de la educación media con educación superior mediante programas de inducción temprana a la vida universitaria.





REVISTA  
**TECNOLOGÍA**  
DIGITAL

[www.revistatecnologiadigital.com](http://www.revistatecnologiadigital.com)