

# **SISTEMA BIOMÉTRICO PARA LA AUTENTIFICACIÓN EN LA ERA DIGITAL**

## *BIOMETRIC SYSTEM FOR AUTHENTICATION IN THE DIGITAL AGE*

**María Esmeralda Arreola Marín**

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*marreola@cdhidalgo.tecnm.mx*

**Erik Augusto Ramírez Vargas**

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*eramirez@cdhidalgo.tecnm.mx*

**Alejandro Guzmán Luna**

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*aguzman@cdhidalgo.tecnm.mx*

**Recepción:** 13/noviembre/2023

**Aceptación:** 28/junio/2024

### **Resumen**

El propósito de esta investigación es generar conocimiento sobre un sistema biométrico. A través de este sistema, se buscó controlar el acceso a instituciones tanto públicas como privadas. Se integro tecnología eficiente que permitiera una identificación precisa de las personas sin necesidad de ingresar contraseñas, así como la realización de acciones rápidas en el acceso, incluso en la medición de la temperatura. Además, se destaca la seguridad del equipo tecnológico, que es difícil de vulnerar. Este sistema automatizado tiene como objetivo proporcionar un acceso seguro y eficiente tanto al estacionamiento como a la entrada principal del Instituto Tecnológico Superior de Cd. Hidalgo (ITSCH), donde se encuentran registrados tanto los trabajadores como los estudiantes. Esto se traduce en un acceso preciso, rápido, seguro, higiénico y personalizado. En comparación con otros sistemas biométricos, el reconocimiento facial ha demostrado ser una tecnología de identificación precisa para empresas, ya sean públicas o privadas. Su método algorítmico de programación automática, encargado de verificar y reconocer la identidad de una persona a partir de sus rasgos faciales, proporciona una mayor

seguridad, control y precisión en los datos faciales, que son únicos para cada individuo. Esta investigación se centró en un enfoque cualitativo para evaluar el cumplimiento de las funcionalidades operativas del sistema de reconocimiento facial. Se desarrollo el prototipado con el fin de medir el cumplimiento de los objetivos. Para llevar a cabo este estudio, se utilizó la librería TensorFlow para el reconocimiento facial y el lenguaje de programación Python, utilizando el modelo de prototipo. El resultado obtenido es un sistema biométrico de reconocimiento facial capaz de registrar las entradas y salidas de los estudiantes y empleados de la universidad.

**Palabras Clave:** biometría, reconocimiento facial, TensorFlow, CNN, microcontroladores.

### **Abstract**

*The purpose of this research is to generate knowledge about a biometric system. Through this system, we sought to control access to both public and private institutions. Efficient technology was integrated to allow accurate identification of people without the need to enter passwords, as well as the realization of quick access actions, including temperature measurement. In addition, the security of the technological equipment, which is difficult to breach, stands out. This automated system aims to provide secure and efficient access to both the parking lot and the main entrance of the Instituto Tecnológico Superior de Cd. Hidalgo (ITSCH), where both workers and students are registered. This translates into accurate, fast, secure, hygienic and personalized access. Compared to other biometric systems, facial recognition has proven to be an accurate identification technology for companies, whether public or private. Its algorithmic method of automatic programming, responsible for verifying and recognizing a person's identity from their facial features, provides greater security, control and accuracy in facial data, which is unique to each individual. This research focused on a qualitative approach to evaluate the fulfillment of the operational functionalities of the facial recognition system. Prototyping was developed in order to measure the fulfillment of the objectives. To carry out this study, the TensorFlow library for facial recognition and the Python programming*

*language were used, using the prototype model. The result obtained is a biometric facial recognition system capable of registering the entrances and exits of students and employees of the university.*

**Keywords:** *biometrics, facial recognition, TensorFlow, CNN, microcontrollers.*

## **1. Introducción**

Tras la pandemia, muchas instituciones públicas y privadas actualizaron sus sistemas de acceso, incorporando tecnología eficiente para minimizar el contacto físico y eliminar la manipulación directa por parte del usuario. Se buscó evitar que los antiguos registros en máquinas de tickets, bitácoras o tarjetas de identificación se convirtieran en posibles focos de contagio.

Los beneficios de la implementación de sistemas biométricos de acceso son notables. Incluyen una mayor precisión en la identificación, la promoción de la higiene, la eliminación de la necesidad de ingresar contraseñas y la agilización de acciones como la medición de la temperatura y el registro, incluso cuando se utiliza cubrebocas. Además, estos sistemas son altamente seguros y difíciles de vulnerar. Este sistema automatizado garantiza un acceso seguro y eficiente tanto al estacionamiento como a la entrada principal de la institución, en este caso, del Instituto Tecnológico Superior de Cd. Hidalgo (ITSCH), donde se encuentran registrados tanto estudiantes como trabajadores. Esto se traduce en un acceso preciso, rápido, seguro, higiénico y personalizado. Si una persona ajena a la institución desea ingresar, deberá ponerse en contacto con los responsables para obtener la autorización necesaria, lo que garantiza tanto la seguridad como el control del tráfico de visitantes.

En comparación con otros sistemas biométricos, el reconocimiento facial se ha convertido en una tecnología de identificación precisa para diversas empresas, ya sean públicas o privadas. Su método algorítmico de programación automática se encarga de verificar y reconocer la identidad de una persona a partir de sus rasgos faciales, proporcionando un alto nivel de seguridad, control y precisión en los datos faciales, que son únicos para cada individuo. Esta investigación, además de ofrecer precisión, calidad y eficiencia en su servicio, puede resultar útil tanto para empresas

privadas como para instituciones de diferentes sectores, ya que puede adaptarse a las necesidades específicas de cada uno. Esto lo convierte en una exploración con un potencial significativo para la integración de tecnología vanguardista.

Para el desarrollo de este sistema biométrico, se empleó el diseño de un prototipo siguiendo el “Modelo de Prototipos”, también conocido como modelo de desarrollo evolutivo, que se utiliza principalmente en proyectos de desarrollo de software. El proceso comienza con la definición de los objetivos, tanto generales como específicos para el software. Posteriormente, se identifican los requerimientos y las áreas del proyecto que requieren una mayor conceptualización.

Los procesos de prototipado están estrechamente relacionados con la mejora continua y siguen el ciclo de Deming, que se enfoca en un proceso iterativo diseñado para planificar, implementar, medir y ajustar. La figura 1 muestra la representación de la arquitectura del prototipo.



*Fuente: Elaboración propia 2023.*

Figura 1 Arquitectura de prototipo.

El proceso comienza con la definición de los requerimientos y las variables a explorar, identificando los elementos necesarios para el diseño del prototipo. Al concebir el prototipo, se analizan aspectos como el tipo de prototipo más adecuado, y se evalúan factores como el diseño, el montaje, la ergonomía, los materiales, las formas y las dimensiones, entre otros. Se procede al testeo, donde se presenta el prototipo a los usuarios, se observa y registra su rendimiento y se les permite aportar sus ideas. Una vez completado este proceso, se examinan los resultados y los aprendizajes adquiridos, lo que permite perfeccionar el concepto de solución.

Las redes neuronales convolucionales son un subconjunto de aprendizaje automático y están en el centro de los algoritmos de aprendizaje profundo. Estas estructuras se componen de capas de nodos, englobando una capa de entrada, una o más capas ocultas y, al fin, una capa de salida. Cada nodo se encuentra interconectado con otros, cargando consigo un peso y un umbral específico. Si el rendimiento de cualquier nodo individual supera el umbral prescrito, este se activa, transmitiendo así datos a la subsiguiente capa de la red; de lo contrario, se omite el envío de información.

## **2. Métodos**

Las redes neuronales convolucionales, abreviadas como ConvNets o CNN, hallan su máximo esplendor en tareas de clasificación y visión artificial. Destacan entre las demás variantes neuronales por su notoria aptitud para procesar entradas de señales de imagen, voz o sonido. Se integran, fundamentalmente, por tres categorías de capas:

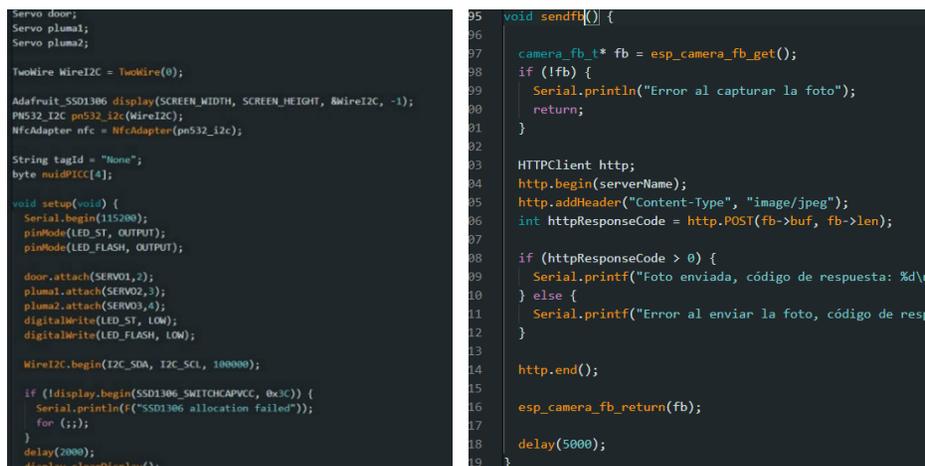
- La capa convolucional, erigiéndose como la primera capa en la jerarquía de la red convolucional.
- La capa de agrupamiento, que sucede a las capas convolucionales o se agrupa entre ellas.
- La capa totalmente conectada (FC), que asume el papel de última capa.

Con cada sucesiva capa, la CNN incrementa su nivel de complejidad, escalando en la identificación de elementos más abarcadores de la imagen. Las capas iniciales se enfocan en rasgos elementales, como colores y contornos, y a medida que los datos de la imagen fluyen a través de las capas, se desarrolla la capacidad de reconocer elementos y configuraciones más completas, culminando con la identificación del objeto de interés.

Las redes neuronales convolucionales orquestan el discernimiento de imágenes y las arduas labores de visión artificial, un nicho de la inteligencia artificial (IA) que permite a sistemas y dispositivos extraer conocimiento sustancial de imágenes digitales, vídeos y otros registros visuales, lo que facilita la toma de decisiones. Este

atributo lo distingue de las meras tareas de reconocimiento de imágenes. En lo que respecta a Arduino, su concepción resulta de la amalgama de tres elementos esenciales:

- Una placa de hardware de código abierto, con diversos modelos de placas de desarrollo con microcontroladores. Software gratuito y multiplataforma, que incluye un entorno de desarrollo (IDE) para escribir, compilar y cargar código en el microcontrolador. Un lenguaje de programación de acceso libre, basado en C y enriquecido con múltiples bibliotecas que simplifican la programación de microcontroladores.
- En la programación del microcontrolador, se empleó el software y el lenguaje de Arduino. Sin embargo, la placa Arduino en sí no fue necesaria, ya que se optó por el ESP32 en su lugar. Este último, además de ofrecer prestaciones avanzadas, se ajustaba perfectamente al propósito del prototipo. La placa elegida, el ESP32-Cam, presentaba características óptimas, incluyendo la cámara OV2640, como se aprecia en la figura 2.



```
Servo door;
Servo pluma1;
Servo pluma2;

TwoWire WireI2C = TwoWire(0);

Adafruit_SSD1306 display(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
PN532_I2C pn532_i2c(WireI2C);
NfcAdapter nfc = NfcAdapter(pn532_i2c);

String tagId = "None";
byte nuidPICC[4];

void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(LED_ST, OUTPUT);
  pinMode(LED_FLASH, OUTPUT);
  door.attach(SERV01,2);
  pluma1.attach(SERV02,3);
  pluma2.attach(SERV03,4);
  digitalWrite(LED_ST, LOW);
  digitalWrite(LED_FLASH, LOW);

  WireI2C.begin(I2C_SDA, I2C_SCL, 100000);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
      delay(2000);
  }
  display.clearDisplay();
}

95 void sendfb() {
96
97   camera_fb_t* fb = esp_camera_fb_get();
98   if (!fb) {
99     Serial.println("Error al capturar la foto");
100    return;
101   }
102
103   HTTPClient http;
104   http.begin(serverName);
105   http.addHeader("Content-Type", "image/jpeg");
106   int httpResponseCode = http.POST(fb->buf, fb->len);
107
108   if (httpResponseCode > 0) {
109     Serial.printf("Foto enviada, código de respuesta: %d\n", httpResponseCode);
110   } else {
111     Serial.printf("Error al enviar la foto, código de respuesta: %d\n", httpResponseCode);
112   }
113
114   http.end();
115
116   esp_camera_fb_return(fb);
117
118   delay(5000);
119 }
```

a) Captura de imagen.

b) Procesamiento de imagen.

Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 2 Captura de imagen.

Para llevar a cabo el proceso de reconocimiento facial, se dio forma a un modelo empleando la potente herramienta que es TensorFlow. Este software, fruto del ingenio de Google, proporciona una amplia gama de herramientas y recursos para diseñar, entrenar y evaluar modelos de aprendizaje profundo. Esto incluye capas

predefinidas para construir redes neuronales, optimizadores para ajustar los parámetros del modelo, y herramientas para visualizar y analizar el proceso de entrenamiento y los resultados. Además de la biblioteca principal, cuenta con una API para JavaScript y otra para dispositivos IoT y móviles, figura 3.

Desafortunadamente la API para dispositivos IoT, TensorFlow Lite, no se implementó directamente en el microcontrolador debido a que las capacidades para almacenar y procesar son insuficientes para este caso. Por lo que, se utilizó la biblioteca principal mediante el lenguaje de programación Python.

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras import layers, models

model = models.Sequential([
    layers.Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(64,
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    layers.Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'),
    layers.MaxPooling2D((2, 2)),
    layers.Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'),
    layers.Flatten(),
    layers.Dense(128, activation='relu'),
    layers.Dense(num_classes, activation='softmax')
])

model.compile(optimizer='adam',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])

model.fit(train_images, train_labels, epochs=10, batch_size=32)

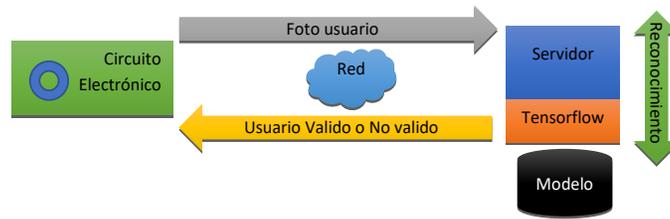
test_loss, test_acc = model.evaluate(test_images, test_labels)
print("Precisión en datos de prueba:", test_acc)
```

Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 3 Procesamiento de imágenes.

Referente a los sensores y actuadores, el esquema general de funcionamiento que se definió fue el siguiente, figura 4:

- Un circuito electrónico en la entrada toma una captura de imagen y la envía a través de la red a un servidor.
- El servidor recibe la imagen y la somete al modelo de red neuronal previamente entrenado con las fotos y a quien corresponde cada foto, de manera que puede determinar quién es.
- El circuito electrónico recibe la respuesta y en base a ella decidirá si permite la entrada.
- El servidor envía la respuesta, ya sea indicando si el usuario, alumno o trabajador en este caso, es válido o en caso contrario indicar si no se reconoce.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 4 Esquema funcional.

Para realizar el entrenamiento se deberá tener todas las fotos de las personas a reconocer debidamente etiquetadas, para posteriormente mandarlas al servidor y este realice el entrenamiento de la red neuronal, figura 5.



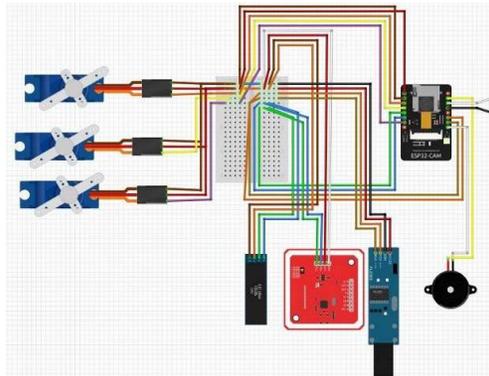
Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 5 Esquema funcional de red.

Para el prototipo del circuito electrónico se utilizó un microcontrolador con capacidad wifi, dos sensores y cinco actuadores, figura 6:

- **Microcontrolador:** es un ordenador de en un único chip. La palabra micro indica que el dispositivo es pequeño, y controlador que el dispositivo se puede usar en aplicaciones de control, es este caso se utilizó un ESP32, el cual además de otras características destaca la capacidad de comunicación inalámbrica WiFi, necesaria para la comunicación con el servidor.
- **Sensor:** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. En este caso los dos sensores:
  - ✓ **PN532 NFC.** Es un circuito integrado desarrollado por NXP Semiconductors que habilita la tecnología NFC para la comunicación inalámbrica entre dispositivos compatibles, a través de radiofrecuencia. Ofrece modos de operación versátiles para

aplicaciones como control de acceso mediante tarjetas RFID, pudiendo leer y escribir chip de tarjetas que soporten esta tecnología.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 6 Módulo de sensor Arduino.

- ✓ Cámara OV2640. Es un sensor de imagen CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) fabricado por OmniVision Technologies. Este sensor está diseñado para capturar imágenes fijas y video en aplicaciones electrónicas. Presenta una resolución de 2 megapíxeles.

En el prototipo fue utilizada para tomar la captura de imágenes desde el microcontrolador.

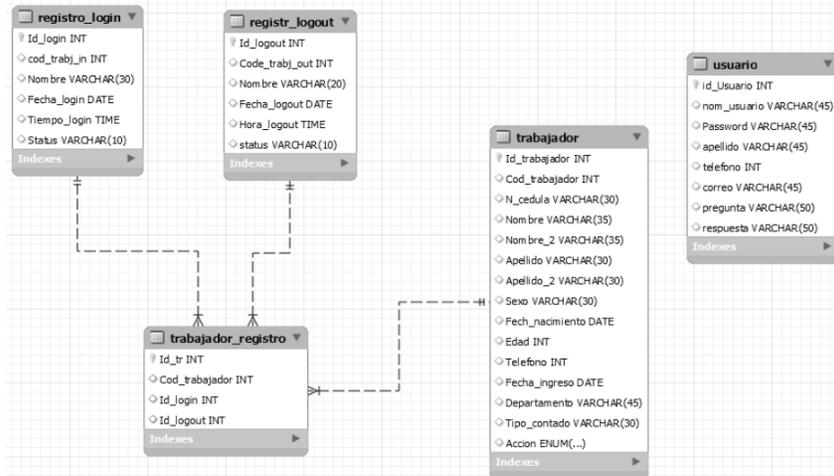
- Actuadores: Son los componentes que interactúan con el mundo físico externo a la placa. Los actuadores transforman la señal eléctrica en energía que actúa directamente con el mundo. Los actuadores utilizados son:
  - ✓ Servomotores MG90. Es un actuador de tamaño compacto y bajo costo. Suele tener una estructura interna que incluye un motor eléctrico, una caja de engranajes y un circuito de control que permite recibir señales de control, mediante pulsos digitales, para establecer su posición. Puede rotar en un rango específico de grados (generalmente entre 0 y 180 grados) en respuesta a las señales de control enviadas por un microcontrolador u otro dispositivo.

- ✓ Se usaron tres para simular las puertas de acceso.
- ✓ Oled 0.91". Una pantalla OLED con un tamaño de 0.91 pulgadas. Las pantallas OLED (Organic Light Emitting Diode) son un tipo de tecnología de visualización que utiliza materiales orgánicos para emitir luz y crear imágenes. Son conocidas por ofrecer colores vibrantes, negros profundos y un alto contraste en comparación con otras tecnologías de pantallas. El objetivo de usar esta pequeña pantalla es mostrar mensajes sencillos del estado de funcionamiento del microcontrolador.
- ✓ Buzzer o zumbador. Es un pequeño altavoz que es capaz de vibrar si se le aplica un pulso eléctrico (una onda digital o cuadrada) emitiendo un sonido constante a cierta frecuencia, utilizado para enviar mensajes sonoros a los usuarios.

La biometría, se trata de una ciencia dedicada al análisis estadístico de las características biológicas. Se emplea en el contexto de evaluación de rasgos humanos con fines de seguridad.

El sistema biométrico, es un sistema automatizado encargado de la identificación o autenticación biométrica de características únicas e inmutables de un individuo, que no pueden ser extraviadas, transferidas o olvidadas, lo que las hace confiables, amigables y seguras en comparación con las contraseñas. Mediante dispositivos modernos especiales, como escáneres, sensores y otros lectores, los datos biométricos de una persona se registran en una base de datos especial. El sistema biométrico almacena la información del usuario, como su huella digital y dactilar, la cual se convierte en un código digital. Cuando se vuelve a colocar el dedo en el escáner, el sistema compara el nuevo código con el registrado anteriormente. Si coinciden, se envía una respuesta confirmando que es la persona correcta.

Se presenta el modelo relacional (Figura 7), que representa la relación entre las tablas contenidas en la base de datos y la interacción, conexión y flujo de datos de cada tabla. Este modelo proporciona una visión unificada de los datos y un entendimiento claro de la función del sistema propuesto. Se puede consultar la figura 7 misma que representa el modelo relacional.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 7 Modelo relacional de la DB del sistema biométrico

Esta indagación se enfocó en la aplicabilidad de la tecnología de reconocimiento facial para resolver un desafío que en el ITSCH se presentó, siguiendo un enfoque cualitativo para definir el cumplimiento de las funcionalidades operativas del sistema propuesto. Se llevó a cabo un estudio de caso para evaluar el logro de los objetivos establecidos. En el desarrollo del sistema, se aplicó el modelo de desarrollo de prototipos. La recolección de requisitos se realizó mediante encuestas al personal y estudiantes que utilizan los sistemas de entrada y salida actuales en la institución, así como a través de observación directa e indirecta del proceso de control de accesos y análisis de documentos, lo que proporcionó una base sólida para el desarrollo.

La fase de modelado permitió crear un diseño preliminar del sistema, estableciendo así los cimientos para el diseño final. Luego, se fabricó un prototipo en 3D y se comenzaron las pruebas para entrenar el algoritmo, avanzando hacia la fase de desarrollo y retroalimentación del producto final.

Al analizar la situación en el ITSCH, se identificó la necesidad de optimizar el acceso al estacionamiento y la entrada principal de la universidad. En ocasiones, la falta de personal de seguridad o su ausencia por diversas razones permitía que personas no autorizadas ingresaran a la institución. Esto subraya la importancia de un sistema que garantice un acceso ágil y seguro.

El proyecto tiene como objetivo crear un prototipo de acceso automatizado a la institución, donde tanto los trabajadores como los estudiantes estén registrados en la base de datos del ITSCH. Solo las personas registradas podrán ingresar o salir, una vez que hayan pasado por el control de acceso con reconocimiento facial (un sistema biométrico). Aquellas que no estén registradas no tendrán acceso y deberán ponerse en contacto con los responsables del área, lo que garantiza la seguridad de quienes ya están dentro de las instalaciones.

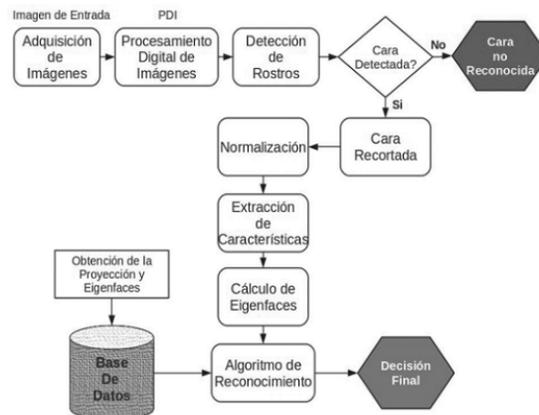
Hoy en día, los sistemas de estacionamiento automatizados se esfuerzan por brindar comodidad al usuario, reducir maniobras y minimizar el espacio requerido por cada plaza de estacionamiento. Según Monroy, F. (2018), existen varios tipos de estacionamientos, que van desde los automáticos, con tickets o tarjetas de código de barras, hasta los manuales, donde se paga en una caseta al salir. También existen estacionamientos tradicionales, supervisados por personal, y estacionamientos automatizados que emplean sensores, sistemas biométricos y tarjetas RFID.

En la actualidad, algunos sistemas biométricos de reconocimiento facial se utilizan en estacionamientos y entradas a empresas. El propósito de esta investigación aplicada fue adaptar la entrada principal y el estacionamiento mediante una terminal de control de acceso con reconocimiento facial, ofreciendo una nueva experiencia a los usuarios. Los usuarios serán identificados y verificados de manera proactiva, incluso a largas distancias y en diferentes ángulos.

A pesar de que los estacionamientos automatizados existen desde mediados del siglo XX, en México no se les ha dado la importancia que merecen para abordar los desafíos de tráfico en lugares concurridos como escuelas, hospitales y centros comerciales. Los procesos tradicionales de acceso, con vigilantes que recopilan información y permiten la entrada, generan retrasos y estrés entre los visitantes. El congestionamiento de tráfico es un problema creciente, y la implementación de esta tecnología ofrece una solución efectiva a los problemas de acceso y mejora de la universidad.

Las principales funciones que se desarrollaron en esta exploración fueron: el desarrollo de un prototipo funcional de la entrada principal a la Institución mediante

el uso de un sistema biométrico usando redes neuronales. Mostrar una propuesta de la posible automatización un estacionamiento privado mediante la presentación de una maqueta. El modelo entidad-relación, representa la relación entre entidades con sus respectivos atributos; se determinó los datos que se manejarán en el sistema. Las entidades de contenido en el diagrama tienen el siguiente nombre: trabajador, registro trabajador, registro, registro y usuario. Cada una de ellas guarda información importante para la correcta funcionalidad del sistema. Además, un algoritmo que, mediante técnicas de comparación, permite determinar el reconocimiento facial de las personas, figura 8.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 8 Algoritmo de detección de rostros del sistema de reconocimiento facial

Finalmente, se obtuvo un sistema de reconocimiento facial basado en la automatización de entradas y salidas de los estudiantes y personal del ITSCH. El producto resultante cuenta con seis funciones principales: registrar características faciales, identificar y reconocer a un estudiante y/o trabajador ya registrado en el sistema, identificar los rostros no registrados, registrar la hora de entradas y salidas, llevar control de registro de datos de un trabajador (administrativo o docente) y generar reportes. Los resultados experimentales fueron satisfactorios, las funcionalidades propuestas fueron ejecutadas de manera correcta. En la tabla 1 se aprecian la evaluación resultante. Esta evaluación se realizó con el objetivo de determinar la viabilidad del sistema biométrico y su implementación, así como los servicios adicionales que generaría.

Tabla 1 Cumplimiento de funcionalidades del sistema de reconocimiento facial

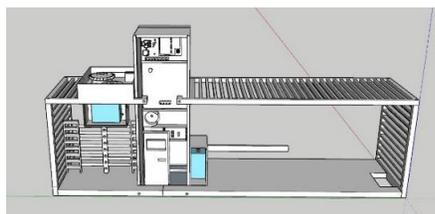
<b>Funcionalidades</b>	<b>Cumplido</b>	<b>No cumplido</b>
Registro de características faciales	X	
Identificación de rostros	X	
Registro de entradas y salidas	X	
Detección de rostros no registrados	X	
Control de registro	X	
Repostes	X	

Fuente: Elaboración propia 2023

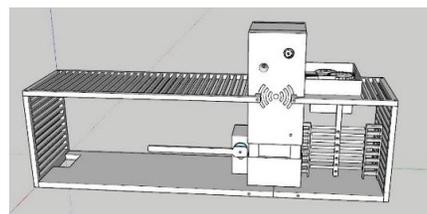
### 3. Resultados

El sistema será capaz de tener un control en las entadas y salidas de estacionamientos públicos y privados. El equipo de trabajo realizo lo siguiente: Maquetación. El equipo de trabajo realizo el prototipo en 3d, se imprimió para cumplir el objetivo del proyecto, figura 9:

- Diseñar un prototipo para el funcionamiento del sistema biométrico. Se implemento la instalación de sensores que tienen la capacidad de controlar los procesos que llevara a cabo el prototipo. Se realizaron pruebas, figuras 9, 10 y 11.
- Se desarrolló la programación del Arduino, los servomotores y del código para el sistema biométrico. Se realizaron pruebas, figuras 12, 13 y 14.



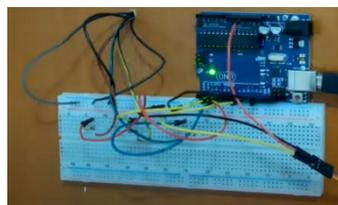
a) Estacionamiento.



b) Entrada principal.

Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 9 Maquetación de estacionamiento y entrada.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 10 Pruebas del sistema con Arduino.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 11 Instalando focos led.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 12 Instalación de cámara y conexión.



Fuente: Elaboración propia 2023.

Figura 13 Resultado de entrenamiento: precisión y pérdida (fotos).

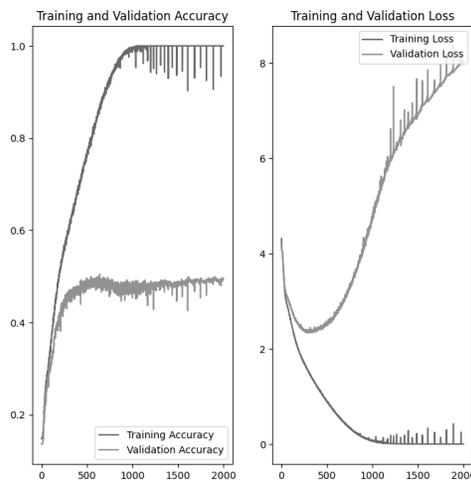


Figura 14 Figura 14 Resultado de entrenamiento: precisión y pérdida (gráfico).

- Análisis de requerimientos para el acceso al estacionamiento. Desarrollo de labores de investigación necesarias para el proyecto y tipos de fiabilidad.

Se realizó el entrenamiento del modelo de Red Neuronal Convolutiva para las pruebas bajo los siguientes parámetros:

- Se utilizó un modelo Secuencial.
- Fotos de 33 alumnos a una resolución de 512x 512 pixeles, figura 13

- En este caso cada alumno corresponde a una clase, relacionada a su número de control
- Tres capas convolucionales (de 32, 64 y 128 con activación “relu”)
- Una capa de salida con activación “softmax”
- Para el optimizador se utilizó “Adam” y función de pérdida “Sparse Categorical Crossentropy”

Se realizó un entrenamiento durante 1000 épocas donde se pudo apreciar que la mayor precisión se logra a partir de la época 750 con un 90% (línea azul) mientras que la precisión en la validación fue más baja, de un 50% aproximadamente (línea naranja), figura 14. Finalmente, se logró que la red neuronal pueda devolver el número de control reconocido según el rostro o foto validada con una precisión promedio de 50%. Mediante el desarrollo del prototipo se puede determinar que es viable la implementación sistema biométrico, para garantizar la seguridad, el acceso fluido al estacionamiento y entrada del ITSCH.

#### **4. Discusión**

La automatización de accesos a estacionamientos y las entradas principales a instalaciones se vislumbra como un tema de gran relevancia en las próximas décadas. El desarrollo de estos sistemas no solo contribuye a la seguridad, sino que también promueve el ahorro energético y mejora la comodidad. Los resultados experimentales de este proyecto demuestran que su desarrollo e implementación podrían abordar los desafíos que enfrentan las personas que son parte del ITSCH. Un ejemplo significativo en esta línea proviene del trabajo de Calles Carrasco & Becerra Arévalo (2019), quienes crearon un sistema informático de reconocimiento facial para el registro y control de asistencia de los socios de la cooperativa de taxis y camionetas Puyo. Este sistema permite mantener un registro preciso de las asistencias de los socios de la cooperativa y emplea el algoritmo de Viola-Jones, la librería TensorFlow de Python y SQL Server como gestor de base de datos. En una línea similar, Wang & Siddique (2020) proponen un sistema de reconocimiento facial que utiliza el reconocedor facial de histograma de patrones binarios locales montado

en tecnología de drones. Los autores sostienen que este sistema puede identificar a las personas con una precisión cercana al 89.1%. Un antecedente adicional es el trabajo de Portilla Jiménez (2018), quien desarrolló un sistema de reconocimiento facial para la detección e identificación de intrusos. Utilizó la metodología de prototipo, el algoritmo de método comparativo, PhpMyAdmin como gestor de base de datos (XAMPP), Python y la librería OpenCV.

Es innegable que el campo del reconocimiento facial ha experimentado un avance significativo, con múltiples algoritmos y metodologías propuestas para sistemas basados en esta tecnología. Sin embargo, en el desarrollo de este sistema particular, se optó por Python como lenguaje de programación y se incorporó la librería TensorFlow, que desempeña una función crucial en el entrenamiento de la visión por computadora. Además, se empleó MySQL como administrador de la base de datos del sistema, encargado de almacenar los datos de todos los usuarios registrados. Para la interfaz del sistema, se recurrió a Tkinter, una herramienta multiplataforma que se incluye con Python y se considera un estándar en el diseño de interfaces gráficas de usuario. Esto garantiza un funcionamiento eficiente y de alta calidad, con la posibilidad de ser implementado tan pronto como las autoridades de la institución den su aprobación.

## **5. Conclusiones**

Los sistemas biométricos son la categoría más utilizada en aplicaciones de procesamiento de imágenes, y su implementación ha experimentado un notable aumento en los últimos cinco años. En su mayoría, estos sistemas encuentran aplicaciones en el ámbito de la seguridad y la verificación personal. El sistema propuesto se basó en el concepto de sistema biométrico para el reconocimiento facial, utilizando un reconocedor facial incorporado en la librería TensorFlow. Este sistema fue entrenado para gestionar las entradas y salidas de estudiantes y empleados del ITSCH.

Aunque las funcionalidades se cumplieron satisfactoriamente, es importante considerar que los experimentos se llevaron a cabo en un entorno controlado y presentaron limitaciones en términos de la calidad de las cámaras y la iluminación.

El éxito de la implementación depende en gran medida de aspectos como la iluminación, que permite que el sistema reconozca con precisión los rasgos faciales, y de la calidad de la cámara digital, ya que menos estática y ruido en las imágenes aumenta la precisión del sistema. El sistema propuesto representa una mejora beneficiosa para el control de registro de entradas y salidas de estudiantes y trabajadores de la institución. Como plan a futuro, se busca mejorar la precisión del sistema y permitir la detección de movimientos a cierta distancia, lo que llevaría a una automatización total del proceso de registro sin necesidad de la interacción del usuario o de estar cerca del dispositivo tecnológico.

La implementación de este proyecto aportará beneficios tanto a empresas públicas como privadas que requieran un control eficiente de las entradas y salidas, así como a aquellas que buscan mejorar el acceso a sus instalaciones. El Instituto Tecnológico de Ciudad Hidalgo, en particular, ha considerado esta propuesta, teniendo en cuenta los aspectos de seguridad, precisión, higiene y rapidez. De esta manera, el tecnológico se posiciona a la vanguardia de la tecnología, automatizando incluso los procesos más simples.

## **6. Bibliografía y Referencias**

- [1] A.W. Ahmad, (2011). "Implementation of Zigbee-GSM based Home Security Monitoring and Remote-Control System". *Circuits and Systems (MWSCAS). IEEE 54th International Midwest Symposium on*.
- [2] Alexandre, Luis, (2010). *Tecnología NFC, Ecuador, Monografía*.
- [3] Analog Devices, (2014). "MP36 Data Sheet": [www.analog.com](http://www.analog.com)
- [4] Andrejevic, M., & Selwyn, N. (2020). Facial recognition technology in schools: critical questions and concerns. *Learning, Media and Technology*, 45(2), 115-128. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686014>
- [5] Banzi, Massimo (2009). *Getting Started with Arduino (en inglés) (1ª edición)*. Make Books. p. 128.
- [6] Calles Carrasco, M. F., & Becerra Arévalo, N. P. (2019). Sistema informático de reconocimiento facial para el registro y control de asistencia de los socios de la cooperativa de taxis y camionetas puyo, 8(5).

- [7] Garduño Santana, M. A., Díaz-Sánchez, L. E., Tabarez Paz, I., & Romero Huertas, M. (2017). Estado del arte en reconocimiento facial. *Research in Computing Science*, 140(1), 19-27.
- [8] Granado, Emanuel, (2011). *Sistemas con Radiofrecuencia*, Venezuela.
- [9] Microchip Technology, (2014). "DSPIC30FXX Data Sheet High-Performance, 16-bit Microcontrollers". Chandler, Arizona: <http://www.microchip.com>.
- [10] Mikroelektronika, (2014). "GSM Click Manual": [www.mikroe.com](http://www.mikroe.com)
- [11] Monroy, F. (2018). Estacionamientos automatizados. <https://multiplojp.wordpress.com/2018/07/26/estacionamientos-automatizados/>
- [12] Noble, J. (2009). *Programming Interactivity: A Designer's Guide to Proceerjrsing, Arduino, and openFramework* (1ª edición). O'Reilly Media. p. 768. ISBN 0596154143.
- [13] Panasonic, (2014). "DN6851 Data Sheet". <http://www.semicon.panasonic.co.jp>.
- [14] Portilla Jimenez, J. J. (2018). Análisis y Diseño de un Sistema de Reconocimiento Facial aplicando Machine Learning para detectar e identificar intrusos. En Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32954>.
- [15] Ruiz, José Manuel, (2007). *Manual de Programación Arduino*, México.
- [16] Uber facial recognition. (2016). <https://www.techinasia.com/uber-china-facial-recognition>.
- [17] Wadham, Rachel, (2003). "Radio Frequency Identification". Library Mosaics.
- [18] Wang, L., & Siddique, A. A. (2020). Facial recognition system using TensorFlow face recognizer for anti-theft and surveillance application based on drone technology. *Measurement and Control*, 53(7-8), 1070-1077. <https://doi.org/10.1177/0020294020932344>.
- [19] Zumba Gamboa, J. P., & León Arreaga, C. A. (2018). Evolución de las Metodologías y Modelos utilizados en el Desarrollo de Software. *INNOVA Research Journal*, 3(10).