



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD
AUTOMOTRIZ BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EVITAR
ROBOS DEL COMPUTADOR”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORAS:

VALERIA MISHHELL MESTANZA CISNEROS

LIZETH SANDY MUYULEMA GUAYOLEMA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD
AUTOMOTRIZ BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EVITAR
ROBOS DEL COMPUTADOR”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORAS: VALERIA MISHHELL MESTANZA CISNEROS
LIZETH SANDY MUYULEMA GUAYOLEMA

DIRECTOR: ING. JOSÉ LUIS TINAJERO LEÓN, MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Valeria Mishell Mestanza Cisneros & Lizeth Sandy Muyulema Guayolema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotras, Valeria Mishell Mestanza Cisneros y Lizeth Sandy Muyulema Guayolema, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autoras asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de octubre del 2021



Valeria Mishell Mestanza Cisneros

235010669-2



Lizeth Sandy Muyulema Guayolema

060513312-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Dispositivo Tecnológico: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD AUTOMOTRIZ BASADO EN VISIÓN ARTIFICIAL PARA EVITAR ROBOS DEL COMPUTADOR**”, de responsabilidad de las señoritas: **VALERIA MISHELL MESTANZA CISNEROS** y **LIZETH SANDY MUYULEMA GUAYOLEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Enrique Guerra Salazar. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-10-26 _____
Ing. José Luis Tinajero León. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-10-26 _____
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yánez. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-10-26 _____

DEDICATORIA

El presente trabajo, dedico con todo mi corazón a mis Padres Rodolfo y Mercedes, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, a mis hermanas por su cariño y compañía.

A mi tío Raúl porque siempre estuvo ahí cuando más lo necesitaba.

Valeria

Este trabajo de tesis dedico principalmente y con mucho cariño a mis padres Carlos y Emilia ya que ellos estuvieron junto a mí apoyándome en todo el proceso académico. A mis hermanos Cristina y David que siempre estuvieron aconsejándome, guiándome, dándome esa motivación para culminar esta etapa de vida.

Lizeth

AGRADECIMIENTO

Agradezco primordialmente a Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a toda mi familia que siempre ha estado conmigo. A mi director del trabajo de titulación le doy las gracias por haberme guiado en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos. Agradezco a los ingenieros que en transcurso de la carrera han tenido la vocación de maestros y a mis amigos que han ayudado en mi desarrollo personal y profesional.

Valeria & Lizeth

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Sistemas de seguridad vehicular inteligentes	3
1.2. Computadora automotriz.....	4
1.3. Visión artificial	6
1.3.1. <i>Etapas de un sistema de visión artificial</i>	7
1.3.2. <i>Iluminación en visión artificial</i>	8
1.4. Sistemas biométricos.....	9
1.4.1. <i>Arquitectura de un sistema de identificación biométrica</i>	10
1.5. Sistemas biométricos de reconocimiento facial.....	11
1.5.1. <i>Etapas en un reconocimiento facial</i>	12
1.5.1.1. <i>Adquisición de la imagen</i>	12
1.5.1.2. <i>Detección del rostro</i>	12
1.5.1.3. <i>Preprocesado</i>	13
1.5.1.4. <i>Extracción de características</i>	13
1.5.1.5. <i>Comparación y reconocimiento del rostro</i>	13
1.5.2. <i>Algoritmos de reconocimiento facial</i>	13
1.5.2.1. <i>Clasificadores en cascada Haar</i>	14
1.5.2.2. <i>Histograma de Gradientes Orientados (HOG)</i>	14
1.6. Sistemas embebidos	15
1.6.1. <i>Componentes de un sistema embebido</i>	16

1.7.	Tarjetas de desarrollo	16
1.7.1.	<i>Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo</i>	17
1.8.	Dispositivo de captura de imágenes	19
1.8.1.	<i>Análisis Comparativo de cámaras</i>	19
1.9.	Comunicación inalámbrica.....	20
1.9.1.	<i>Análisis comparativo de comunicaciones inalámbricas</i>	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Requerimientos del sistema	23
2.2.	Concepción general del sistema	24
2.3.	Diseño de bloques del sistema de reconocimiento facial	25
2.4.	Descripción de los elementos <i>hardware</i> del prototipo	27
2.4.1.	<i>Dispositivos de procesamiento</i>	27
2.4.1.1.	<i>Selección de tarjeta Raspberry Pi</i>	27
2.4.1.2.	<i>Selección de tarjeta Arduino</i>	28
2.4.2.	<i>Dispositivos de obtención de datos</i>	29
2.4.2.1.	<i>Sensor magnético</i>	30
2.4.2.2.	<i>Módulo MPU6050</i>	30
2.4.2.3.	<i>Cámara para Raspberry Pi 5MP/1080P</i>	31
2.4.3.	<i>Módulo GSM SIM808</i>	32
2.4.4.	<i>Dispositivos de alimentación</i>	33
2.4.4.1.	<i>Batería de automóvil</i>	34
2.4.4.2.	<i>Convertidor de voltaje DC-DC Step-Down XL4015</i>	34
2.4.4.3.	<i>Convertidor de voltaje DC-DC Step-Down XL4015 con control CV/CC</i>	35
2.4.5.	<i>Dispositivos adicionales</i>	36
2.4.5.1.	<i>Tira led luz blanca SMD 5050</i>	36
2.4.5.2.	<i>Módulo relé de 5V</i>	37
2.5.	Diagrama de conexiones del sistema	38
2.6.	Diseño de PCB del procesador secundario	39
2.7.	Diseño estructural de caja protectora	41
2.8.	Diseño de <i>software</i>	41

2.8.1.	<i>Herramientas de software</i>	42
2.8.1.1.	<i>Python 3.7.3</i>	42
2.8.1.2.	<i>Software OpenCV</i>	42
2.8.1.3.	<i>Face recognition</i>	42
2.8.1.4.	<i>Software de Arduino 1.8.13</i>	42
2.8.2.	<i>Programación para el reconocimiento facial</i>	43
2.8.2.1.	<i>Etapa de registro de imágenes</i>	43
2.8.2.2.	<i>Etapa de reclutamiento</i>	45
2.8.2.3.	<i>Etapa de identificación del rostro</i>	47
2.8.3.	<i>Programación procesamiento de datos y comunicación</i>	49

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	51
3.1.	Ubicación del prototipo en el vehículo	51
3.2.	Pruebas de funcionamiento en el prototipo	52
3.2.1.	<i>Prueba de posicionamiento de la cámara</i>	52
3.2.2.	<i>Prueba de identificación de rostro</i>	53
3.2.3.	<i>Prueba de tiempo de procesamiento en el reconocimiento</i>	55
3.2.4.	<i>Prueba de envío y recepción de mensajes de alerta</i>	57
3.2.5.	<i>Prueba de funcionamiento del sensor magnético</i>	59
3.2.6.	<i>Prueba de funcionamiento del sensor giroscopio</i>	60
3.3.	Prueba de consumo de corriente	61

CAPÍTULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	62
-----------	-----------------------------------	----

CONCLUSIONES	63
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	65
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Sistemas de seguridad con visión artificial.....	3
Tabla 2-1:	Comparativa de tarjetas de desarrollo	17
Tabla 3-1:	Comparativa de cámaras.....	20
Tabla 4-1:	Comparativa de comunicaciones inalámbricas	21
Tabla 1-2:	Principales características de los modelos Raspberry Pi	28
Tabla 2-2:	Principales características de los modelos Arduino	29
Tabla 3-2:	Principales características del sensor magnético.....	30
Tabla 4-2:	Principales características del Módulo MPU6050	31
Tabla 5-2:	Principales características de la cámara Raspberry Pi 5MP/1080P.....	32
Tabla 6-2:	Principales características del Módulo GSM SIM808.....	33
Tabla 7-2:	Principales características del convertidor DC-DC Step-Down XL4015.....	35
Tabla 8-2:	Principales características del convertidor Step-Down XL4015 con control CV/CC.	35
Tabla 9-2:	Principales características de la tira led luz blanca	36
Tabla 10-2:	Principales características del módulo relé.....	37
Tabla 1-3:	Prueba de posicionamiento de la cámara.....	53
Tabla 2-3:	Prueba de identificación de rostro	54
Tabla 3-3:	Resultados obtenidos después de aplicar la matriz de confusión.....	53
Tabla 4-3:	Prueba de tiempo de procesamiento	56
Tabla 5-3:	Prueba de envío y recepción de mensajes de alerta.....	58
Tabla 6-3:	Prueba de funcionamiento del sensor magnético	59
Tabla 7-3:	Pruebas del sensor giroscopio	60
Tabla 8-3:	Consumo de corriente del sistema.....	61
Tabla 1-4:	Costo del prototipo del sistema	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Principales partes de una computadora automotriz	4
Figura 2-1:	Ubicación de la computadora debajo del capó	5
Figura 3-1:	Ubicación de la computadora debajo del volante	5
Figura 4-1:	Ubicación de la computadora detrás de la guantera.....	6
Figura 5-1:	Etapas de un sistema de visión artificial	7
Figura 6-1:	A) Led B) Iluminación frontal.....	9
Figura 7-1:	Etapas en un sistema de identificación biométrica	11
Figura 8-1:	Etapas en el reconocimiento de un rostro.....	12
Figura 1-2:	Concepción general del sistema.....	24
Figura 2-2:	Concepción del sistema por bloques.....	25
Figura 3-2:	Raspberry Pi 3 B+.....	28
Figura 4-2:	Arduino Nano	29
Figura 5-2:	Sensor magnético.....	30
Figura 6-2:	Módulo MPU6050	31
Figura 7-2:	Cámara 5MP/1080 p	32
Figura 8-2:	Módulo GSM SIM808 con antenas	33
Figura 9-2:	Batería del automóvil.....	34
Figura 10-2:	Convertidor DC-DC Step-Down XL4015.....	34
Figura 11-2:	Convertidor Step-Down XL4015 con control CV/CC.....	35
Figura 12-2:	Tira de led luz blanca.....	36
Figura 13-2:	Módulo relé	37
Figura 14-2:	Diagrama de conexiones	39
Figura 15-2:	A) Diseño de pistas B) Modelado en 3D.....	39
Figura 16-2:	A) Revelado de la placa B) Placa después del atacado químico con cloruro férrico...	40
Figura 17-2:	Placa PCB terminada con todos los componetes	40
Figura 18-2:	A) Diseño estructural de la tapa B) Diseño estructural de la base	41
Figura 19-2:	Diagrama de flujo de la captura de imágenes	44
Figura 20-2:	Imágenes de enteramiento de los dos usuarios	45
Figura 21-2:	Imágenes de enteramiento aplicado contraste.....	45
Figura 22-2:	Diagrama de flujo de preprocesamiento de imágenes.....	46

Figura 23-2:	Extracción de codificaciones de cada rostro	47
Figura 24-2:	Diagrama de flujo de identificación de rostros	48
Figura 25-2:	Identificación de usuarios.....	49
Figura 26-2:	Diagrama de flujo para el procesamiento de datos y comunicación	50
Figura 1-3:	Prototipo terminado	51
Figura 2-3:	Implementación del prototipo.....	52
Figura 3-3:	Prueba de posicionamiento de la cámara	52
Figura 4-3:	Tiempo de procesamiento en el reconocimiento	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Resultados de la prueba de identificación de rostros.....	55
Gráfico 2-3:	Envío y recepción de mensajes de alerta	58
Gráfico 3-3:	Funcionamiento del sensor magnético	60
Gráfico 4-3:	Resultados de la prueba del giroscopio	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: HOJA DE DATOS RASPBERRY PI 3 B+

ANEXO B: HOJA DE DATOS ARDUINO NANO

ANEXO C: HOJA DE DATOS MÓDULO MPU6050

ANEXO D: HOJA DE DATOS CÁMARA PARA RASPBERRY PI 5MP/1080P

ANEXO E: HOJA DE DATOS MÓDULO GSM SIM808

ANEXO F: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PROCESADOR SECUNDARIO

ANEXO G: *SOFTWARE* DEL PROTOTIPO (CÓDIGO PYTHON)

ANEXO H: *SOFTWARE* DEL PROTOTIPO (CÓDIGO ARDUINO)

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grado Centígrado.
°K	Grado Kelvin.
3D	Tres Dimensiones.
A	Amperio.
ABS	Anti-lock Braking System.
ARM	Advanced RISC Machine.
AT	Transmisión Automática.
BCM	Body Control Module.
CC	Corriente Constante.
Cm	Centímetro.
COM	Communication Port.
CPU	Unidad Central de Procesamiento.
CSI	Camera Serial Interface.
CV	Voltaje Constante.
DC	Direct Current.
DCS	Digital Crossconnect System.
ECU	Unidad Controladora del Motor.
ECM	Módulo de Control Electrónico.
GB	Gigabyte.
GHz	Gigahercio.
GND	Tierra.
GPIO	Entrada/Salida de Propósito General.
GPRS	General Packet Radio Service.
GPS	Sistema de Posicionamiento Global.
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles.
HDMI	Interfaz Multimedia de Alta Definición.
HOG	Histogram of Oriented Gradients.
I2C	Inter Integrated Circuits.
IDE	Integrated Drive Electronics.
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

IPX	Intercambio de Paquetes Interred.
KB	Kilobit.
Kbps	Kilobits per second.
Kg	Kilogramo.
Lm	Lumen.
LSI	Large Scale Integration.
mA	Mili Amperio.
MB	Megabyte.
MHz	Megahercio.
Mm	Milímetro.
MP	Megapixel.
PCB	Placa de Circuito Impreso.
PCM	Modulación por Pulsos Codificados.
PCS	Servicio de Comunicación Personal.
PWR	Power.
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio.
RXD	Receive Data.
SCL	System Clock
SD	Secure Digital.
SDA	System Data.
SIFT	Scale-Invariant Feature Transform.
SMA	SubMiniature versión A.
SMD	Dispositivo de Montaje Superficial.
SMS	Short Message Service.
SoC	System on a Chip.
SURF	Speeded Up Robust Features.
SVM	Support Vector Machines.
TXD	Transmit Data.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter.
USB	Universal Serial Bus.
VA	Visión Artificial.
V	Voltios.
VCC	Volatje en Corriente Continua.

VDC	Voltaje en Corriente Directa.
W	Vatio.
Wi-Fi	Wireless Fidelity.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo la implementación de un sistema de seguridad automotriz basado en visión artificial para evitar robos del computador. Compuesto por un conjunto de sensores que se ubicaron en las cuatro puertas del vehículo y en la computadora automotriz, además se utilizó una cámara capaz de obtener una colección digital de imágenes en tiempo real que se ubicó en la parte interna del vehículo acorde a los requerimientos de la implementación, con la finalidad de garantizar la seguridad de la autoparte y la tranquilidad del propietario. La tarjeta Arduino se encargó de procesar la información recopilada por los sensores y a su vez se estableció comunicación con la Raspberry Pi para el reconocimiento de imágenes captadas en tiempo real, las cuales se compararon con un registro de imágenes de inscripción y así se determinó la identidad del individuo para su posterior almacenamiento. La localización del vehículo obtenida por el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y las alertas de seguridad se enviaron por medio del Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) mediante mensajes de texto al teléfono móvil del propietario. El algoritmo del sistema se realizó en Python por su diversidad y compatibilidad con librerías dedicadas al reconocimiento de rostros, además se utilizó OpenCV para tener un control de la cámara. Como resultado de las pruebas se determinó que la distancia adecuada para una correcta detección debe ser mayor a los 30 cm desde el volante hacia la derecha hasta los 100 cm como distancia máxima y la velocidad que le tomó al sistema en reconocer al usuario es de 17.75s. Se recomienda extender el tiempo de pruebas del prototipo con la finalidad de identificar mejoras en el diseño.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <SISTEMA DE SEGURIDAD AUTOMOTRIZ> <VISIÓN ARTIFICIAL> <PROCESAMIENTO DE IMÁGENES> <TARJETA DE DESARROLLO ARDUINO>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1848-DBRA-UPT-2021

2021-09-30

SUMMARY

The objective of this graduate research was to implement an automotive security system based on an artificial vision to prevent theft of the computer automotive. Composed of a set of sensors that were located in the four doors of the vehicle and the computer automotive, in addition, a camera capable of obtaining a digital collection of images was used in real-time that was located in the internal part of the vehicle according to the requirements of the implementation, to guarantee the safety of the auto part and the owner peace of mind. The Arduino board was in charge of processing the information collected by the sensors. In turn, communication was established with the Raspberry Pi for image recognition captured in real-time, compared with a record of inscription images identifying the individual's identity for later storage. The Global Positioning System (GPS) obtains the vehicle's location, and the safety alerts are sent through the Global System for Mobile communications (GSM) by messages text to the owner's mobile phone. The algorithm was made in Python for its diversity and compatibility with libraries dedicated to face recognition. also, it was used OpenCV to have a camera control. As a result of the tests, it was determined that the adequate distance for a correct detection must be greater than 30 cm from the steering wheel to the right up to 100 cm as the maximum distance and the speed that the system took to recognize the user is 17.75s. It is recommended to extend the prototype testing time in order to identify improvements in the design.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> < AUTOMOTIVE SAFETY SYSTEM > <ARTIFICIAL VISION> < IMAGE PROCESSING > <ARDUINO DEVELOPMENT BOARD>



INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, el sector automotriz y de las autopartes, desde los años setenta ha experimentado un proceso de evolución profundo y acelerado, el cual ha impactado de manera importante en la economía mundial, y en especial, en la de los países en vías de desarrollo (Jiménez, 2006). En muchas ciudades del mundo la delincuencia ha aumentado en relación al robo de automotores y/o la sustracción de las partes esenciales; convirtiéndose en un problema que afecta a miles de sus propietarios, los delincuentes utilizan estrategias para vulnerar los sistemas de seguridad que traen los vehículos desde su fabricación.

En el Ecuador según el registro de denuncias que dan a conocer la Policía Nacional publicadas a través de los medios de comunicación, donde se informa sobre el incremento alarmante de robo de autopartes operadas por bandas delincuenciales que actúan principalmente en las ciudades más pobladas, causando grandes perjuicios económicos a los propietarios de vehículos particulares principalmente (Puente, 2019).

El aumento alarmante del robo de autos o sus partes es un problema social que ha motivado al sector tecnológico la implementación de nuevos dispositivos para evitar estos delitos, dado que muchos grupos que se dedican al robo de carros han ido sofisticando sus técnicas a medida que las automotrices han perfeccionado también los dispositivos de seguridad de los vehículos (BBC, s/f). Ante esta amenaza, los expertos brindan consejos para evitar el robo de autos y/o sus partes; uno de los métodos más usados es invertir en sistemas antirrobo como es caso de alarmas de seguridad, rastreo satelital, inmovilizador, bloqueos, traba volante/palanca, *Goodlock* (GPS para autos), corta corriente, llaves codificadas, láminas de seguridad, bloqueador de capot entre otras; que en algo evitan, pero no son suficientes.

Dentro de los avances tecnológicos de las últimas décadas se sitúa a la visión artificial como una tendencia creciente con aplicaciones en diversos campos, como por ejemplo: las funciones en los celulares, videojuegos, aparatos médicos, vehículos autónomos, sistemas de seguridad en entidades financieras, etc (UNIPYTHON, s/f). Pero muy poco se conoce sobre el uso de la visión artificial en sistemas de seguridad para evitar robos de la computadora o cerebro del vehículo.

El presente trabajo tiene como objetivo principal implementar un sistema de seguridad automotriz basado en visión artificial para evitar robos del computador, este sistema de seguridad para la computadora automotriz tendrá la finalidad de garantizar la seguridad de la autoparte y la tranquilidad del propietario, para lo cual se plantea como objetivos secundarios:

- Investigar sobre estudios realizados en relación con los sistemas de seguridad para la fundamentación teórica.
- Determinar los requerimientos necesarios que debe cumplir el sistema de seguridad automotriz para evitar robos del computador.
- Seleccionar la técnica y algoritmo para un correcto reconocimiento facial.
- Seleccionar el *software* y *hardware* acorde a la necesidad del sistema de seguridad a implementar.
- Construir el sistema de seguridad para la computadora automotriz.
- Ejecutar pruebas aplicativas para verificar el funcionamiento del sistema de seguridad vehicular.

Este sistema de seguridad para la computadora vehicular permite evitar pérdidas económicas a los propietarios, reducir los indicadores de robos de autopartes; y lo más importante que estará al alcance de una gran mayoría de usuarios por el bajo costo que tendrá la implementación; además mediante este sistema tecnológico que combina la electrónica y la informática incrementa el nivel de seguridad de los vehículos.

El desarrollo del presente trabajo contiene tres capítulos. El primer capítulo contempla la información teórica sobre los sistemas de seguridad vehicular, visión artificial y sistemas biométricos de reconocimiento facial. El segundo capítulo contiene los requerimientos, esquematización y descripción de los elementos *hardware* y *software*. El tercer capítulo presenta el análisis de los resultados, pruebas de funcionamiento, pruebas de consumo de corriente y análisis de costos. Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas del dispositivo tecnológico.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se detallan los aspectos teóricos y se aborda los temas relacionados a este trabajo con una visión general para implementar y ayudar a resolver la problemática, que es el robo de la computadora vehicular.

1.1. Sistemas de seguridad vehicular inteligentes

El sistema de seguridad de un automóvil puede enfocarse en garantizar la integridad del usuario, los accesorios o el vehículo a través de un algoritmo inteligente con estructuras que se pueden conectar y comunicar en tiempo real la mayor parte del tiempo a la vez monitorear en todo momento (Salazar, 2016). En la tabla 1-1 se muestra algunos ejemplos sobre sistemas de seguridad con visión artificial.

Tabla 1-1: Sistemas de seguridad con visión artificial

Nombre del proyecto	Función
Diseño e implementación de un sistema de seguridad vehicular mediante reconocimiento facial a través de visión artificial	Sistema de seguridad con reconocimiento facial para poner en marcha un vehículo permitiendo la movilidad de este solo a personas autorizadas.
Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial	Sistema de alerta con visión artificial para detectar conductores distraídos y somnolientos cuyo reconocimiento facial extrae recursos reconoce el uso del teléfono, el estado de los ojos y asentamiento de cabeza.
Diseño e implementación de un sistema de seguridad y alerta para vehículos, basado en reconocimiento facial y localización GPS, en una Raspberry Pi B plus	Sistema que aplica visión computacional para el reconocimiento de rostros y envío de alertas cuando no se reconoce el rostro del usuario registrado mediante la aplicación de mensajería Telegram y correo electrónico mediante la aplicación Mutt; las alertas enviadas contienen la ubicación del vehículo la cual es obtenida mediante un receptor GPS.

Fuente: (Arevalo, 2019; Cajas & Viri, 2017; Espinosa, 2016)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

1.2. Computadora automotriz

En la industria automotriz, la ECU es la Unidad Controladora del motor por sus siglas en inglés *Engine Control Unit*, dispositivo electrónico que se encarga de manipular los sensores y actuadores del motor para que este realice el proceso de combustión (Canoles, 2019), el ECM es el Módulo de Control Electrónico en inglés *Electronic Control Module* que se encarga de procesar información de componentes tales como: transmisión, frenos, sistema eléctrico, suspensión, motor y PCM este último el Módulo de Control del Sistema de Propulsión por sus siglas en inglés *Powertrain Control Module* es el conjunto de partes que incluye motor, caja de velocidades, ejes y barra de transmisión que permiten mover al automotor, además indica la falla “*check engine*” al realizar un diagnóstico por scanner (DOCTORAUTO, s/f). La figura 1-1 muestra las principales partes que está conformada la computadora automotriz como: transistores de control, circuitos electrónicos, carcasa y conector.



Figura 1-1: Principales partes de una computadora automotriz

Fuente:(Blanco, 2018)

La aplicación de la tecnología en la fabricación de vehículos ha permitido que las ECUS's varíen en calidad y cantidad dependiendo de los sistemas que el automotor posee (Fernández & García, 2020); en este sentido, los fabricantes de automóviles deciden las computadoras de cada vehículo o inclusive se conectan con otros módulos como tableros, inmovilizadores, ABS, transmisiones entre los más destacables, que le ayudan a monitorear para poder controlar la inyección y reducir las emisiones, principalmente esa es la función de la computadora y el objetivo por el cual se ha ido perfeccionando año tras año (INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, 2020).

La ubicación de la computadora automotriz varía de acuerdo al modelo y marca del vehículo, en algunos automotores puede encontrarse detrás del interior de las piezas recortadas del "panel de defensa" (llamado así porque se localiza en la pared del auto donde el pasajero coloca su pie derecho o el izquierdo del conductor rozan), también puede estar montado en el área detrás del tablero, y otras ubicaciones alternas pueden ser: detrás de la guantera, en el centro de la consola o bajo los asientos del conductor o del pasajero y debajo del capó (Rowe, 2017). Las figuras 2-1, 3-1 y 4-1 muestran la ubicación de la ECU en el capó, debajo del volante y detrás de la guantera respectivamente.

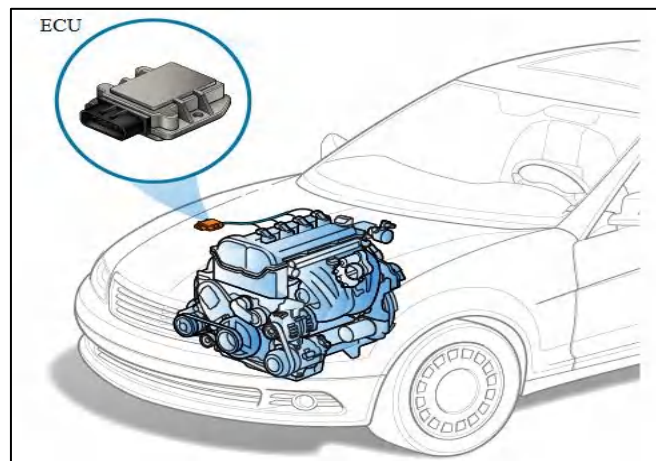


Figura 2-1. Ubicación de la computadora debajo del capó

Fuente: (INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, 2020)

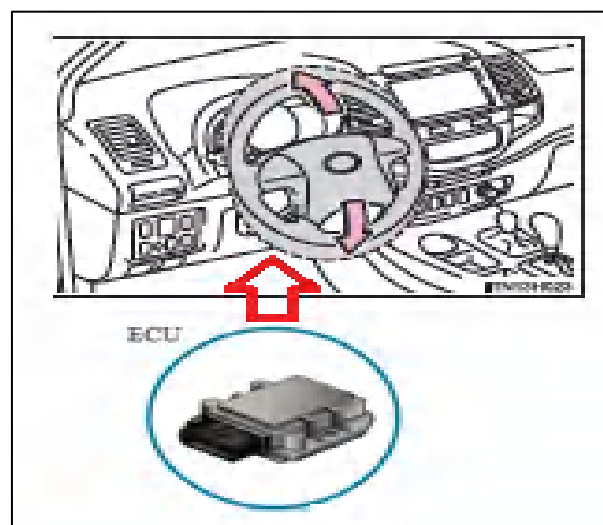


Figura 3-1. Ubicación de la computadora debajo del volante

Fuente: (CARMANUALS2, 2015)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

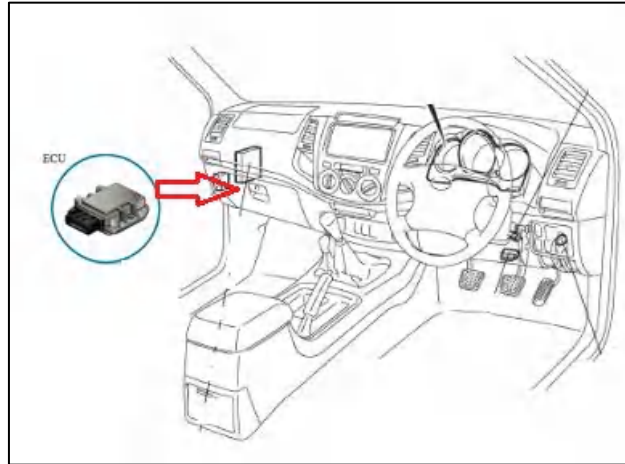


Figura 4-1. Ubicación de la computadora detrás de la guantera

Fuente: (DOCPLAYER, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

En el presente trabajo el sistema se implementa en un vehículo cuya computadora se encuentra en el interior debajo del volante referente a la ubicación de la figura 3-1.

1.3. Visión artificial

Es una tecnología que combina *hardware* y *software* para capturar y procesar imágenes, es decir, la adquisición de imágenes procesadas por cualquier tipo de CPU (computadora, microcontrolador, tarjeta, entre otros) para extraer y transmitir las propiedades de las imágenes de un formulario que corresponde al reconocimiento visual humano (Cajas & Viri, 2017).

Es un sub campo de la inteligencia artificial que consiste en un proceso computacional cuyo objetivo es adquirir, procesar, analizar y explicar todo tipo de imágenes digitalizadas, de manera que se acredite la visión artificial, una forma de mostrar los sentidos humanos para comprender una imagen que nos permitan percibir el mundo real a través de un proceso óptico (Arévalo, 2019).

La visión por ordenador es muy escalable y engloba diversas áreas en el desarrollo de tecnologías como la medicina, que se pueden caracterizar por aplicaciones como el conteo, la búsqueda de células e interpretación de un TAC médico, así como en el ámbito industrial el recuento de botellas puede ser confirmatorio también se puede aplicar errores de ensamblaje de la cadena incluso en sistemas

complejos como la realidad aumentada (Palma & Campos, 2015).

En lo industrial los sistemas de visión son más exigentes en la fiabilidad, robustez y estabilidad aplicando algoritmos y enfoques dependiendo las aplicaciones, ciertos algoritmos también se puede aplicar en áreas académicas/educativas y gubernamentales militares en fin la visión artificial industrial implica bajos costes, precisión aceptable, alta fiabilidad y gran estabilidad (Espinosa, 2016).

1.3.1. *Etapas de un sistema de visión artificial*

Cada aplicación de visión artificial tiene sus especialidades, desarrollándose una cepa común de pasos dependiendo su aplicación, no necesariamente todos deben ser cubiertos, pero son los esenciales en dicho sistema.

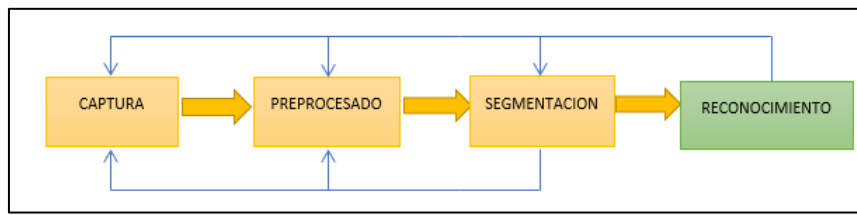


Figura 5-1. Etapas de un sistema de visión artificial

Fuente:(Valencia & Brito, 2015)

En la figura 5-1 Las etapas de un sistema de visión artificial se representan de la siguiente manera: captura o adquisición, procesamiento, segmentación, reconocimiento, que se describen brevemente (Valencia & Brito, 2015):

- **CAPTURA:** Es la primera etapa en un sistema de visión artificial y una de las principales ya que sin ello no se procede a obtener una colección digital de imágenes constituida por técnicas fotográficas donde dependiendo la imagen se podrá observar características como texturas, formas, sombras y colores.
- **PREPROCESADO:** En la etapa de preprocesador descarta las partes que no son útiles y/o realiza lo más significativo de cada imagen además de incluir técnicas para la reducción de ruido, dar realces a los detalles, además mejora el contraste; es decir, mejora la calidad de la imagen adquirida.

- **SEGMENTACIÓN:** Este paso de segmentación tiene como objetivo dividir una imagen digital en regiones iguales con respecto a una o más propiedades para volver a tener una cara posterior. Existen varias técnicas como el valor umbral, las discontinuidades, el crecimiento de la región y el uso de color o movimiento.
- **RECONOCIMIENTO:** En la etapa de reconocimiento permite distinguir los diferentes objetos segmentados en función de sus características, básicamente son de tipo morfológico como es el área, perímetro, excentricidad, textura y color (González et al., 2006).

1.3.2. Iluminación en visión artificial

La iluminación es una parte esencial de la visión artificial ya que su sistema se basa en el nivel de captura de imagen por un dispositivo para obtener imágenes, también dependiendo del desarrollo de la calidad técnica, se puede obtener la imagen perfecta para distintos propósitos, cuando la luz natural no es buena se puede utilizar otras formas como luces led, láser, fibra óptica, fluorescente que son luces artificiales (Sivisapa, 2014).

Fuentes de iluminación

Las fuentes de iluminación que mejor se ajustan a sistemas de visión artificial son las siguientes (De la Fuente, s/f):

- **Lámparas incandescentes:** Trata de lámparas con filamentos de tungsteno, estas se emplean cuando se requiere de variedad de potencias y focalización, uno de sus inconvenientes es su poca vida útil de unas 4000 horas además de reducción de luz lo largo de su vida de un veinte por ciento y presentando una gran emisión de calor.
- **LED:** La luz LED (Light Emiting Diodes) tiene un tamaño reducido y es usada para aplicaciones donde no se requiera de excesiva intensidad luminosa como pueden ser proyectos de reducida distancia entre el objeto y la luz, además posee una larga vida de 100.000 horas aproximadamente y con un precio asequible.

Técnicas de iluminación

Las técnicas de iluminación más reconocidas dentro de la visión artificial son las siguientes (INFAIMON, 2018):

- **Iluminación frontal:** Esta técnica es usada especialmente en superficie con pocos reflejos, es la más común de todas las técnicas y se la ubica a la cámara de frente al objeto y en la misma dirección de la luz.
- **Iluminación lateral:** Esta técnica la fuente de luz se sitúa a un lado del objeto que se quiera fotografiar o grabar, es decir un grado de 90° formado el lente y el objeto, esta técnica es usada para resaltar detalles del objeto.
- **Iluminación por contraste:** Esta técnica se ubica al objeto entre la luz y la cámara con lo que se consigue mirar la silueta del objeto.

En base a lo expuesto anteriormente y mostrados en la figura 6-1 lo cual se visualiza (A) la fuente de iluminación y (B) su técnica siendo de gran utilidad en el sistema de seguridad es decir que el led ayuda al sistema en su tiempo de respuesta por lo no requiere de gran intensidad luminosa además es escogida por su tamaño reducido, bajo costo y posee una vida larga útil, mientras que su técnica asemeja al ambiente que se desea colocar como lo es en superficies con pocos reflejos entonces es factible colocar el objeto frente a la cámara esto reduce la aparición de sombras, suaviza las texturas y minimiza la influencia de arañazos, polvo y manchas (BCNVISION, 2017).

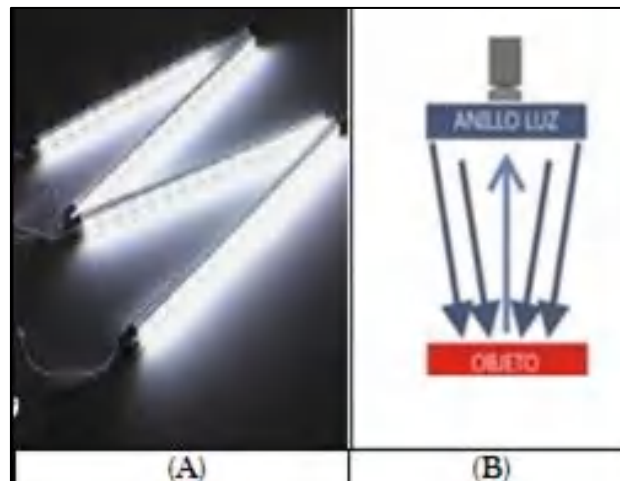


Figura 6-1. A) Led B) Iluminación frontal

Fuente: (BCNVISION, 2017)

1.4. Sistemas biométricos

En los últimos años los sistemas de biometría han aumentado de la misma manera las aplicaciones que inicialmente sólo fueron de identificación, actualmente han crecido hasta sistemas de seguridad

y más. La biometría informática utiliza técnicas matemáticas y estadísticas sobre los rasgos físicos de un individuo que son únicas e irrepetibles; este sistema permite medir, almacenar y comparar características de seres como las personas, tales como: las huellas dactilares, rasgos faciales, la geometría de las manos y dedos, el iris, la retina, la firma y la voz para el reconocimiento del ser humano (Moreno, 2004; Restrepo, s/f).

Estas características se denominan identificadores o rasgos biométricos y sirven para reconocer automáticamente a los individuos. Según su modo de operación, los sistemas biométricos pueden ser de verificación o identificación:

- **Los sistemas de verificación:** Comprueban la identidad de algún individuo comparando la característica sólo con la información del indicador biométrico que se encuentra almacenada. Mediante este sistema se realiza una comparación uno a uno porque compara la información de entrada sólo con las características que están asociados al usuario, para determinar si la identidad reclamada por el individuo es verdadera o no; es decir, comprueba si el usuario es realmente quien dice que es (Correa & Chichizola, 2001).
- **Los sistemas de identificación:** Reconocen al individuo comparando en la base de datos con las características biométricas de otras personas. Esto conduce a una comparación del tipo uno a muchos para establecer la identidad del individuo; es decir, busca identificar quien es la persona (Correa & Chichizola, 2001).

Dentro de los sistemas de seguridad basados en biometría se destacan el reconocimiento facial, de voz, huellas dactilares, el análisis del patrón del iris, el análisis del mapa de la retina del ojo, el olor corporal, el análisis de la forma del oído, el análisis de la forma de la mano, la geometría de los dedos, la forma de la cabeza, el análisis del mapa de venas de la mano (Osorio et al., 2010).

1.4.1. Arquitectura de un sistema de identificación biométrica

La diversificación de técnicas de identificación biométrica permite reconocer cualquier rasgo característico de una persona; pese a existir variadas técnicas el patrón de la estructura del sistema de identificación se mantiene (Platero, 2015). Los sistemas, tal y como se puede observar en la figura 7-1 se basan en dos fases claramente diferenciadas reclutamiento y reconocimiento o identificación; en la primera fase se toma una serie de muestras del usuario, y se procesan, para posteriormente extraer un patrón, el cual se almacenará y será el conjunto de datos que caracterizará a ese usuario y

en la segunda fase se realiza el reconocimiento del usuario mediante la comparación de características extraídas del mismo con los patrones ya registrados en la etapa de reclutamiento (Ruiz et al., 2009).

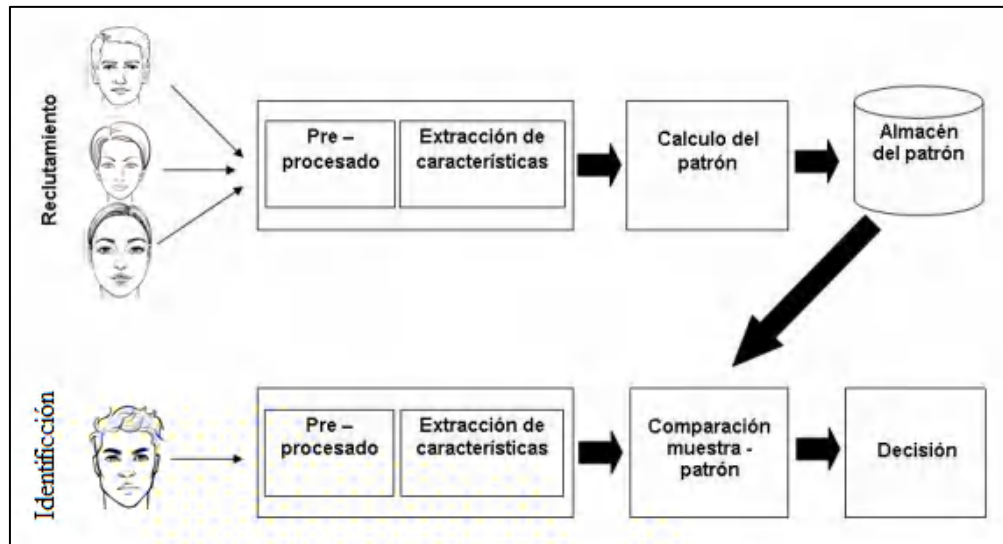


Figura 7-1. Etapas en un sistema de identificación biométrica

Fuente: (Ruiz et al., 2009)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

1.5. Sistemas biométricos de reconocimiento facial

Este proyecto se enfoca en el sistema biométrico de identificación o reconocimiento facial, es un sistema dirigido por ordenador que identifica automáticamente a una persona en una imagen digital; esto es posible mediante un análisis de las características faciales del individuo extraídas de la imagen o de una película fotográfica de un video, y comparándolas con una base de datos para su validación o rechazo (Tesillo, 2016).

Los sistemas basados en reconocimiento facial clasifican la apariencia de la persona y analizan en función de puntos de referencia del rostro como la distancia entre los ojos, el ancho de la nariz, la distancia del ojo a la boca, o la longitud de la línea de la mandíbula (Osorio et al., 2010).

1.5.1. Etapas en un reconocimiento facial

La identificación de un rostro es un proceso de varias etapas: la primera es la adquisición de la imagen mediante cámaras, webcams, video cámaras o cualquier mediante dispositivo que capture una fotografía que contenga el rostro a reconocer. La segunda etapa comprende la identificación de las regiones de una imagen que corresponde al rostro para su procesamiento. La tercera etapa comprende la preparación de los datos. Una vez que los datos están preparados, se pasa a la cuarta etapa que corresponde a la extracción de características para obtener la información importante de la imagen. La quinta etapa es reconocimiento del rostro donde se aplican los algoritmos y se extrae una decisión respecto a la base de datos y la imagen de entrada (Jain & Li, 2011). A continuación, la figura 8-1 muestra las etapas descritas anteriormente.



Figura 8-1. Etapas en el reconocimiento de un rostro

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

1.5.1.1. Adquisición de la imagen

Consiste en la obtención digitalizada de imágenes de entrada, la misma que está constituida por píxeles; para la captura de la imagen se utilizan dispositivos tales como: cámaras USB, digitales, CSI o Interfaz Serie para Cámaras (del inglés, *Camera Serial Interface*), de video y se almacena en memoria o en disco para su posterior procesamiento (Cardona & Pineda, 2018).

1.5.1.2. Detección del rostro

Localiza la región del rostro dentro de la imagen capturada y la segmentación de la misma del resto de la escena, con el objetivo de que en la siguiente etapa sólo se incluyan píxeles que pertenezcan al rostro del individuo (Toledo, 2015).

En el caso de poseer una base de datos de imágenes con solamente caras o que la imagen del individuo a clasificar ya esté limitada a la cara, no es necesaria la detección, pero de lo contrario es un paso fundamental (Vivas, 2014).

1.5.1.3. Preprocesado

Antes de realizar una tarea de reconocimiento es imprescindible hacer un preprocesador a las muestras recolectadas para favorecer la clasificación. Para el caso del reconocimiento facial se podría realizar algún tratamiento de imagen que reduzca la influencia de los cambios de iluminación dentro de una misma imagen o la diferencia de luminancia que existe entre diferentes imágenes (Vivas, 2014).

1.5.1.4. Extracción de características

Tiene como objetivo extraer las principales características que describen a cada uno de los componentes básicos del rostro tales como los ojos, la nariz, la boca, la barba, las cejas, y por supuesto, la relación que existe entre ellos, es decir, la distancia entre cada uno de estos componentes, eliminando la información innecesaria para el reconocimiento (Cállí, 2015).

1.5.1.5. Comparación y reconocimiento del rostro

Se realiza la comparación donde se aplican los algoritmos de reconocimiento facial y se extrae una decisión (aceptación o rechazo) respecto a la base de datos y la imagen de entrada (Domínguez, 2017).

1.5.2. Algoritmos de reconocimiento facial

Los algoritmos de reconocimiento facial se han convertido en algo común en todo, desde redes sociales y software de cámaras de teléfonos móviles, hasta sistemas de vigilancia, permiten no solo detectar caras dentro de imágenes o secuencias de video, sino también, cuando se entrena, a quién pertenecen los rostros (Clarke, 2021).

Actualmente existe una gran variedad de técnicas para realizar la detección de rostros, desde algoritmos básicos de detección de bordes hasta algoritmos más complejos que utilizan métodos avanzados de reconocimiento de patrones, basados en características de apariencia, aprendizaje

métrico profundo y modelos de red neuronal convolucional (CNN); todos estos presentan un problema que es el costo computacional puesto que es directamente proporcional a su complejidad (Guevara et al., 2008; Ibarra, 2020). Para usar un modelo CNN se necesita de GPU habilitada que esté configurada correctamente con las bibliotecas NVIDIA CuDNN.

Se han desarrollado y creado varios métodos para la detección de rostros tales como; clasificadores en cascada Haar (Viola & Jones) e Histograma de gradientes orientados (HOG), que son métodos comúnmente empleados (Rahmad et al., 2020).

1.5.2.1. Clasificadores en cascada Haar

Se basa en el método propuesto por Viola & Jones para la de detección de objetos usando características de tipo Harr es uno de los algoritmos basados en AdaBoost más populares; se introduce un nuevo concepto “imagen integral”, que permite la extracción rápida de características a escalas diferentes ya que no se trabaja directamente con los valores de intensidad sino con una imagen acumulativa que se construye a partir de operaciones básicas (Vera, 2015) seguido se produce la extracción de valores llamados “características Haar ” mediante la aplicación de filtros base sobre la imagen integral cuyos resultados se clasifican con la ayuda del algoritmo AdaBoost (clasificadores cascada) (Molina & Risco, 2011).

1.5.2.2. Histograma de Gradientes Orientados (HOG)

Esquema popular para detección de objetos, permite la representación de la imagen por medio de histogramas de gradientes, estos se calculan en celdas de $N \times N$ pixeles de los cuales se calculará su histograma y su gradiente (Merchán et al., 2016; Soto, 2018).

El HOG es un método, en donde su entrenamiento consiste en: primeramente se extraen los descriptores HOG de los rostros que queremos detectar (muestras positivas) y del conjunto que no contiene ninguna cara que se desea detectar (muestras negativas), entrena un Soporte de máquina vectorial (SVM) en la muestra positiva y negativa, después del proceso de escalado en el conjunto de entrenamiento negativo, se aplica la técnica de ventana deslizante en toda la imagen, se extrae el descriptor HOG en cada ventana y se aplica el clasificador , si el clasificador detecta un objeto con bastante probabilidad que se asemeja a una cara, el clasificador registra el cuadro delimitador de la ventana y aplica una supresión no máxima para aumentar la precisión (Rahmad et al., 2020).

En base al artículo “Comparación del clasificador en cascada Viola-Jones Haar y el histograma de gradientes orientados (HOG) para la detección de rostros” realizado por (Rahmad et al., 2020), en donde expresa los resultados del experimento en el cual verifica que el sistema presenta mayor precisión usando HOG (80.22%) para la detección de rostros que usando clasificadores en cascada Haar (75.33%); además el clasificador HOG, el entrenamiento se realiza utilizando una subventana deslizante en la imagen, por lo que no se requiere ningún submuestreo ni manipulación de parámetros como en el clasificador Haar presentando más predicciones falsas positivas en rostros que el basado en HOG. De acuerdo con estas características en el siguiente capítulo se aplicará un algoritmo basado en HOG.

1.6. Sistemas embebidos

Es un equipo computacional programable, controlado por un microcontrolador o un microprocesador, la palabra embebido significa que se encuentra dentro del sistema general, oculto a la vista, y forma parte de un todo de mayores dimensiones que cumple una función específica generalmente ejecutando sus tareas en tiempo real (Manosalvas, 2017).

Los sistemas embebidos están diseñados para cumplir un rango de necesidades y se incluyen en la tarjeta base todos los componentes como tarjeta de video, audio, módulos entre otros, estos sistemas se programan directamente en el lenguaje ensamblador del microprocesador pueden utilizarse lenguajes C++ o C (UNED, s/f).

En un sistema embebido tiene algunas características básicas:

- En este sistema se ejecutan tareas específicas de forma repetitiva.
- Guarda ciertas limitaciones en su implementación como: diseño, tamaño, costo, buen desempeño para procesar datos en tiempo real, mínimo consumo energético, etc.
- Capacidad de reacción ante cambios ambientales, sin obstaculizar su operación ni retardar las funciones otorgadas.
- Son sistemas híbridos es decir tienen partes digitales y analógicas.
- Son de bajo consumo de potencia y costo.

1.6.1. Componentes de un sistema embebido

Constituye todo dispositivo físico que compone el mismo, que en conjunto con el software realizan tareas específicas. Aspectos como tamaño, consumo energético, funcionalidad, capacidad de procesamiento, etc. Hace que se distinga de los sistemas computacionales tradicionales, comúnmente el hardware compone un sistema incrustado se describe a continuación (INCIBE, 2018; Manosalvas, 2017):

- Microprocesador / Microcontrolador: Componente LSI por sus siglas en inglés *Large Scale Integration* , circuito integrado formado por miles de transistores y componentes electrónicos cuya función es brindar la capacidad de cómputo al sistema con lo que conlleva a la realización de tareas.
- La memoria es volátil eso quiere decir almacenamiento de datos aun sin disponer de energía o alimentación además donde se acopian el código y datos para su posterior ejecución.
- Conjunto de entradas y salidas para la comunicación con el mundo exterior, soportan la conexión de los sensores y actuadores. Entre los cuales tenemos tipos de puertos de entrada /salida (I/O):
 - ✓ Puertos serie, los datos se transfieren bit a bit de forma secuencial (COM1, COM2).
 - ✓ Puertos paralelos, los datos se transfieren en paralelo (en un byte, una palabra, etc.).
 - ✓ Puertos universales (USB).
- Sensores son dispositivo que percibe las señales físicas de un fenómeno para traducirla a otro tipo de señales generalmente eléctricas.

1.7. Tarjetas de desarrollo

- **Banana Pi**

Modelo de miniordenador compacto imitado de Raspberry Pi elaborado en China, no posee mayor popularidad en comparación al modelo en el que está inspirado pero su versatilidad le proporciona una buena reputación; dispone de una única placa, en donde se encuentran los elementos más importantes de un ordenador: un procesador central y una memoria principal, además de los puertos básicos, como el puerto USB, para que el miniordenador pueda ser ampliado con otros elementos de *hardware*: una pantalla, un disco duro, una tarjeta de memoria o una antena WLAN (IONOS, 2020).

- **Raspberry Pi**

Tarjeta originaria del Reino Unido desarrollada por la Fundación Raspberry Pi, es miniordenador de precio muy económico convirtiéndose en el ordenador británico más vendido de todos los tiempos; está compuesto por el hardware básico de un ordenador como: procesador, unidad de memoria, etc.; sino también por diversos tipos de conexiones tales como: USB, HDMI, vídeo, sonido, etc. y además dispone de una ranura para insertar una tarjeta micro SD, que hace las veces de disco duro y contiene el sistema operativo propio que facilita la instalación de librerías de visión artificial (IONOS, 2021).

Una característica potente de Raspberry Pi es la fila de terminales GPIO de entrada y salida de propósito general que a partir de la versión 2 son 40 y tienen múltiples usos. Existen dos formas de numerar los terminales de la Raspberry Pi, en modo GPIO o en modo BCM; en el primero los terminales se numeran de forma física por el lugar que ocupan en la placa y en el segundo se numeran por la correspondencia en el chip Broadcom (PROGRAMOERGOSUM, s/f). Tanto las entradas como salidas se designan 3.3V si están en alto y 0V si están en bajo.

- **Arduino**

Tarjeta electrónica basada en un microcontrolador ATMEL (circuitos integrados) y un conjunto de terminales de conexión de entradas y salidas que permiten interaccionar con el medio físico mediante sensores y actuadores; de software libre, Arduino ofrece la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un entorno de programación con el que cualquiera puede crear aplicaciones para las placas Arduino, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades (Fernández, 2020; PRÁCTICASCONARDUINO, s/f).

1.7.1. Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo

Es necesario contar con una tarjeta de desarrollo que se encargue del procesamiento, para ello en la tabla 2-1 se presentan las ventajas y desventajas de las probables tarjetas de desarrollo a usarse.

En vista a la información analizada en la tabla 2-1, la Raspberry Pi y Banana Pi poseen similares características en cuanto a detalles técnicos; pero difieren en que Raspberry Pi cuenta con un sistema operativo propio que facilita la instalación de librerías de visión artificial y su soporte de software posee innumerable cantidad de guías y tutoriales, si bien existe información para Banana Pi, pero no es tan extensa, lo que hace difícil su configuración. Además, la Raspberry Pi y el Arduino son tarjetas

de bajo presupuesto; por esta razón los convierte en dispositivos idóneos para la aplicación en el desarrollo del sistema de seguridad vehicular.

Tabla 2-1: Comparativa de tarjetas de desarrollo

	Raspberry Pi	Banana Pi	Arduino
Ventajas	<p>Puerto Ethernet integrado, Wi-Fi y capacidad Bluetooth y el almacenamiento depende de MicroSD externa para almacenar el sistema operativo y datos.</p> <p>Posee un sistema operativo propio que facilita la instalación de librerías de visión artificial.</p> <p>La cantidad de guías y tutoriales disponibles, incluido el software disponible es innumerable.</p> <p>Tiene un precio alrededor de \$ 70, sin incluir tarjetas SD, cables, teclados mouse y otros accesorios.</p>	<p>Posee Wi-Fi incorporado, Ethernet, capacidad Bluetooth y almacenamiento masivo a través de SATA.</p> <p>Es perfectamente compatible con el sistema operativo Android.</p>	<p>Excelente para proyectos que necesitan obtener rápidamente datos de sensores y realizar una actividad a partir de esos datos.</p> <p>No requiere de una configuración prolongada, el código se ejecuta solo con su conexión.</p> <p>El precio es más barato (alrededor de \$ 20).</p>
Desventajas	<p>Configuración prolongada y necesitará componentes adicionales cuando se inicie por primera vez (cable HDMI, monitor, teclado y mouse).</p> <p>Puede que necesite instalar programas para realizar acciones simples.</p>	<p>Guías y tutoriales son limitados al igual que el soporte de software.</p> <p>Presenta un costo más elevado de aproximadamente \$ 100, debido a que diferentes tiendas no disponen de esta tarjeta.</p>	<p>Puede ejecutar un código a la vez, por lo que no se pueden realizar múltiples tareas a una velocidad más lenta.</p> <p>No hay conectividad a Internet desde el primer momento (se puede agregar con escudo).</p>

Fuente: (ARROW, s/f; EDUCBA, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

1.8. Dispositivo de captura de imágenes

En el procesamiento de imágenes es importante el acceso a la cámara ya que muchas de las aplicaciones así lo requieren, se considera dos tipos de cámaras de acuerdo a su conexión, las cámaras web USB y las cámaras con conector CSI ambas difieren en la latencia de comunicación siendo las CSI más rápidas (Salazar, 2016).

- **Módulo de cámara para Raspberry**

La fundación Raspberry Pi ofrece módulos de cámara con conexión CSI, tiene una captura de velocidad de cuadro máxima de 30fps, permite crear videos HD y fotografías, también tiene una gran reducción de contaminación de la imagen como son las manchas y el patrón fijo. Se puede acceder a la cámara través de la capa de abstracción multimedia. Tiene varias características favorables en aplicaciones como seguridad doméstica, captura de fotografías y videos en alta definición, observación de la vida silvestre como lo son: resolución de imagen fija de 3280 x 2464, alta capacidad de datos y compatibilidad con 1080p,720p60 y VGA90 (RS-ONLINE, s/f).

- **Cámaras web USB**

Es una cámara digital que está conectada a una computadora y surge en la universidad de Cambridge, la cual puede capturar imágenes y transmitir las a través de internet donde posee algunas características como lo son: resolución por lo general baja, tienen un lente giratorio de hasta 360°, se puede tomar fotos al instante, pero con baja resolución, pueden ser aplicados con propósitos de entretenimiento y en algunos casos como cámara de vigilancia (EcuRed, s/f).

1.8.1. Análisis Comparativo de cámaras

En la tabla 3-1 se presenta dos modelos probables de cámaras a utilizarse en el prototipo con sus respectivas características técnicas. En base a las especificaciones se procede a seleccionar el módulo de cámara para Raspberry Pi 3B+ 1080P 130 grados 5MP debido a su resolución, tamaño, precio, compatibilidad con la tarjeta de desarrollo y presenta la posibilidad de incorporar visión nocturna.

Tabla 3-1: Comparativa de cámaras

Características	Módulo de cámara para Raspberry Pi 3 B+ 1080p 130 grados 5mp	Logitech StreamCam
Dimensión	25mmx24mmx2mm	66 mm x 58 mm x 48 mm
Resolución nativa	5MP	8MP
Resolución imágenes estáticas	2592x1944	1920x1080
Tipo de sensor	OV5647	-
Longitud focal	3.6mm	3,7 mm
Voltaje de salida	3.3 V	5V
Compatibilidad	Raspberry Pi 3/2/B +	-
Visión Nocturna	Posibilidad de incorporar	-
Precio	\$25	\$129

Fuente : (ALIEXPRESS, 2020; LOGITECH, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

1.9. Comunicación inalámbrica

En la actualidad, la comunicación inalámbrica es una nueva revolución muy similar a revoluciones anteriores como la electricidad, la televisión, las computadoras o la misma comunicación mediante cables. Una de las principales ventajas es la independencia del cable, es decir, la movilidad, el punto de entrada de la red de comunicaciones favorece a una extensión, cuya velocidad de recepción y transmisión es más rápida que cualquier tipo de tecnología (Ramírez & Díaz, 2008).

Son comunicaciones entre dispositivos, sean móviles o no, donde se intercambia información a través del espectro electromagnético, esto también incluye diferentes tipos de comunicación, como desde un teléfono móvil vía Bluetooth y un portátil, una comunicación desde dos terminales telefónicos GSM e incluso la comunicación entre dos personas de forma oral sería una comunicación porque el aire es el canal para poder intercambiar información (Prieto Blázquez, s/f).

- **Bluetooth**

Es una comunicación inalámbrica de voz y datos cuya distancia es corta, además se caracteriza por su robustez, baja complejidad, bajo consumo y bajo costo. Tiene la capacidad de atravesar espacios como paredes y bolsos por lo cual es ideal para trabajos a poca distancia (BIBING, s/f).

- **Wi-Fi**

Tecnología inalámbrica que transmiten información por el aire utilizando ondas de radio lo que permite la conexión entre dispositivos electrónicos, smartphones, tabletas, entre otros. Siendo sus características su conectividad inalámbrica, la comodidad, el bajo coste y la compatibilidad con dispositivos, pero también ofrece desventajas respecto a las redes cableadas como su velocidad, latencia e interferencias (ADSLZONE, 2021).

- **GSM**

(Global System for mobile communications) es un programa estándar de telefonía móvil, esto se da por medio de una combinación de antenas terrestres y satélites. Esta tecnología brinda transmisión de datos de forma digital como lo es el envío de mensajes de texto. Esta tecnología brinda la libre movilidad del usuario por su extensa cobertura mundial para poder servirse de cualquier información siendo innecesaria un terminal fijo (Porras, s/f).

1.9.1. Análisis comparativo de comunicaciones inalámbricas

En la tabla 4-1 se expone las principales características de las comunicaciones inalámbricas de mayor relevancia tanto para sistemas pensados para interiores como exteriores. En base a los datos recabados en la tabla 4-1 la comunicación GSM dispone de mayor rango de cobertura, la facilidad de acceso con otros dispositivos y bajo consumo de energía cumpliendo con los requisitos para el sistema de seguridad vehicular.

Tabla 4-1: Comparativa de comunicaciones inalámbricas

Características	Bluetooth	Wi-Fi	GSM
Ancho de banda	2.4GHz	2.4GHz y 5GHz	850/1900MHz
Distancia	10m	100m	Dependiendo de la cobertura por casi toda la extensión de un país.
Dispositivos	Fácil de emparejar.	Requiere configuración previa.	Fácil de acceder.
Consumo de energía	Consume mas	Consume menos	Consume menos
Seguridad	Claves de verificación bajo estándar AES.	Existen protocolos de cifrado, pero es más sencillo que haya ataques.	Seguridad baja. Utiliza una técnica llamada <i>frequency hopping</i> o salto de frecuencias minimiza la

			interferencia de las fuentes externas.
Velocidad y calidad transferencia de datos	Lento por su ancho de banda. Baja calidad del audio.	Más rápido. Mejor calidad del audio.	Claridad de voz y nitidez en las conversaciones.

Fuente:(INGSISTEMAS, 2012; Viloría Núñez et al., 2009)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se detalla los requerimientos del prototipo, la concepción general, los bloques que lo conforman, los componentes con sus características técnicas y el diseño de *software* y *hardware* para su implementación.

2.1. Requerimientos del sistema

Por medio del estudio realizado en el capítulo anterior, se identificaron los requerimientos necesarios para implementar el sistema de seguridad automotriz basado en visión artificial para evitar robos del computador:

- Supervisar automotores cuya ubicación de la computadora se encuentre dentro de la cabina.
- Contar con una cámara para Raspberry Pi de 5MP.
- Inspeccionar tanto la apertura como cierre de puertas y monitorear el posicionamiento de la computadora automotriz.
- Sistema trabaje con un algoritmo de detección de rostros *face recognition*.
- Sistema cuente con un registro de 5 imágenes de cada usuario a ser identificado.
- Tiempo de espera de 5 segundos después de la activación del sistema.
- Contar con un procesamiento principal que se encargue del reconocimiento facial y un procesamiento secundario que recepte datos de los sensores y comunicación.
- Disponer de cuatro niveles de seguridad: el primero cuando detecte una puerta abierta, el segundo cuando no se ha identificado o reconocido un rostro de las imágenes de entrada almacenadas, el tercero cuando identifica a las personas autorizadas y el cuarto cuando el sensor detecte que la computadora automotriz ha sido movida.
- Informar mediante comunicación GSM al teléfono móvil cuando se haya vulnerado uno de los cuatro niveles de seguridad.
- Capacidad de almacenar una foto capturada en tiempo real de usuarios tanto permitidos como denegados.
- Solo al programador se le autoriza cambiar valores en el sistema de seguridad.
- Suministrar energía al sistema con la batería del vehículo.
- Sistema sea de bajo costo.

2.2. Concepción general del sistema

La figura 1-2, muestra los elementos constitutivos del sistema, compuesto por sensores: uno ubicado en la computadora automotriz debajo del volante del conductor que permite detectar movimientos bruscos en la misma y cuatro colocados en las puertas del vehículo para constatar la apertura. Además, cuenta con una cámara ubicada en el interior del vehículo en la parte frontal que permite capturar imágenes en tiempo real, donde el procesamiento principal se encarga de realizar una comparación entre las imágenes obtenidas con un registro de imágenes almacenadas para verificar si existen coincidencias y así identificar si el usuario es autorizado o no; se tendrá un registro de personas admitidas y denegadas. Las señales que proviene de los sensores, las receipta el procesador secundario y a su vez permite la comunicación inalámbrica con el dispositivo móvil del propietario el cual receiptará alertas en forma de mensaje de texto cuando se haya violentado los cuatro niveles de seguridad establecidos en los requerimientos.

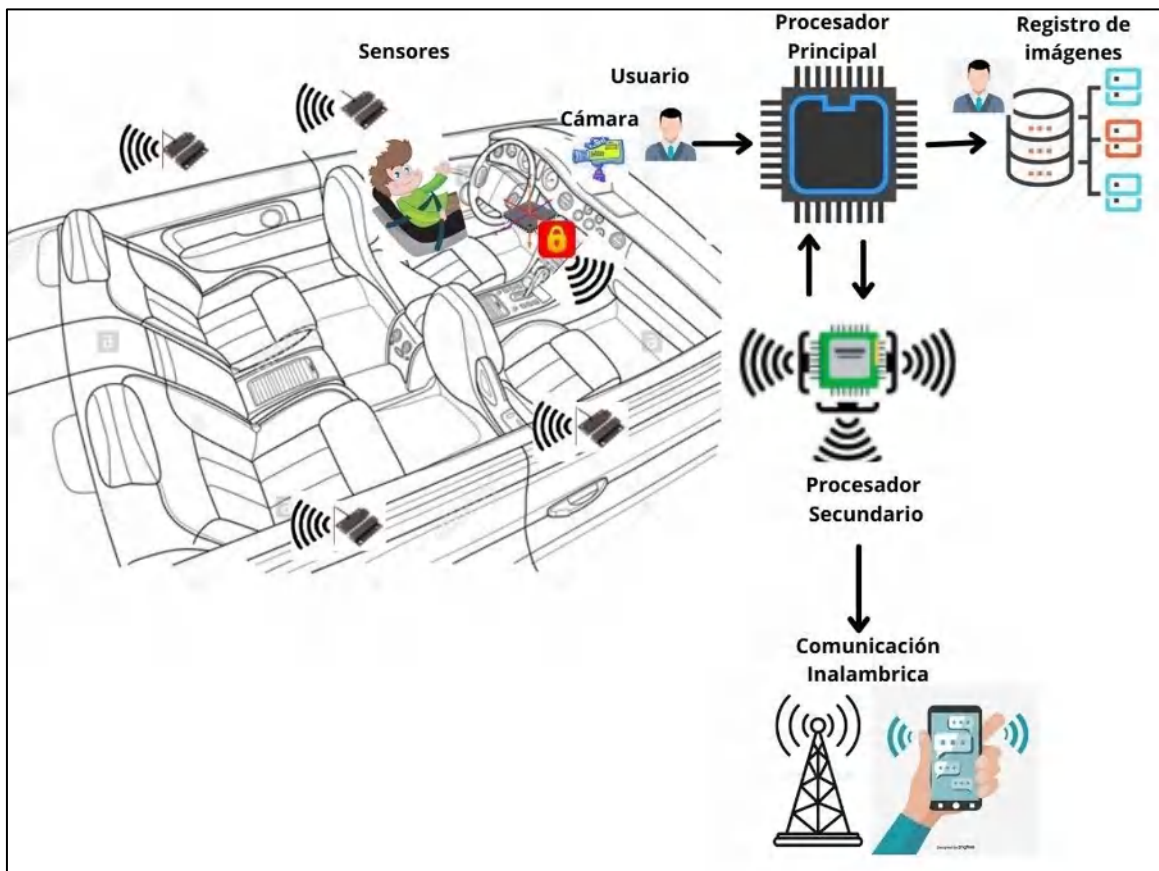


Figura 1-2. Concepción general del sistema

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.3. Diseño de bloques del sistema de reconocimiento facial

Dada la concepción general del sistema, en la figura 2-2 se puede observar el diagrama de bloques en forma general, se aprecia que el sistema está conformado por siete bloques: adquisición, procesamiento, almacenamiento de imágenes, adquisición de datos, procesamiento de datos, transmisión de alertas y alimentación. A continuación, se describe brevemente cada uno:

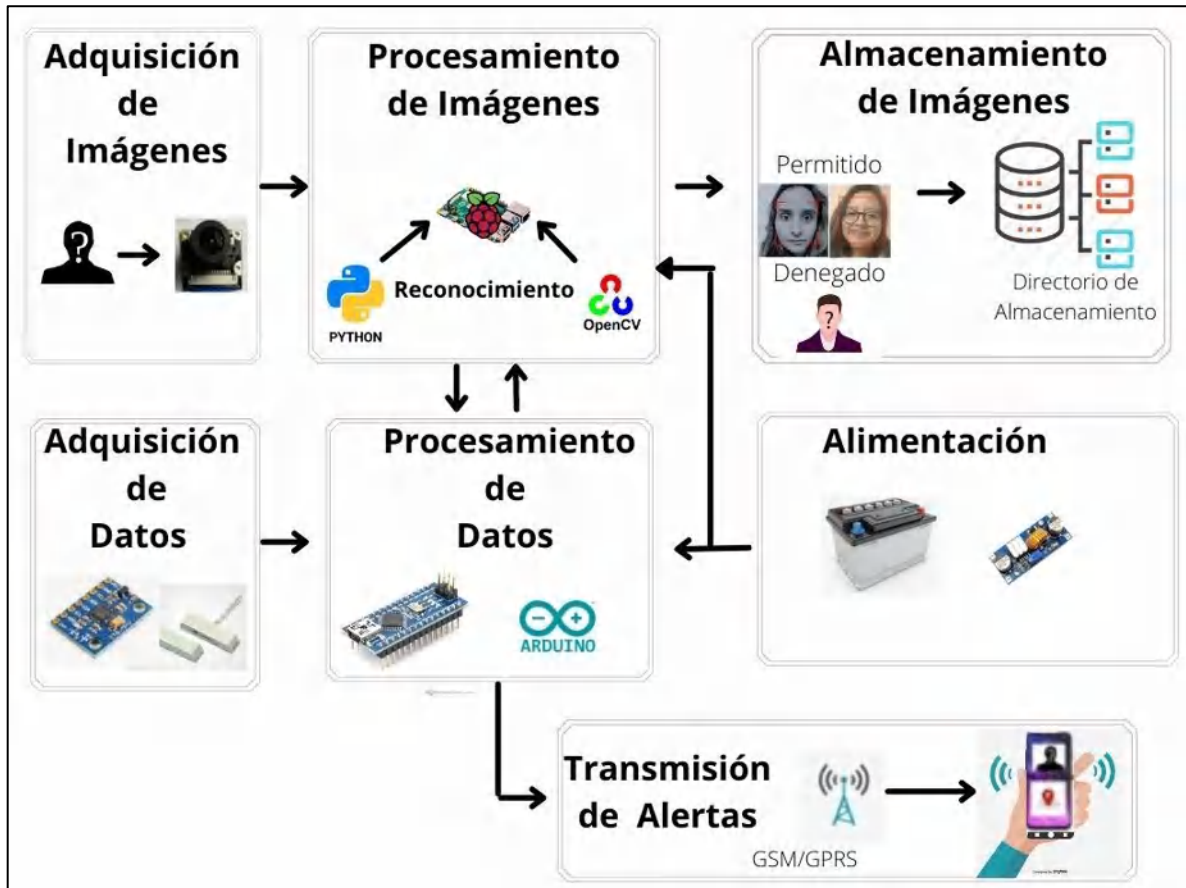


Figura 2-2. Concepción del Sistema por Bloques

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

- **Bloque de adquisición de imágenes:** En esta etapa se capturan las imágenes por individuo tanto como se desee para su posterior procesamiento a través de la cámara ubicada en el interior del vehículo.
- **Bloque de procesamiento de imágenes:** A continuación, este bloque se encarga de la detección de rostros de los individuos a ser reconocidos, se procesa la imagen, se extrae las características

faciales para obtener patrones biométricos de cada imagen de entrada para su posterior comparación con los patrones que se obtienen en tiempo real, permitiendo determinar si la imagen del rostro pertenece o no al conjunto de imágenes de entrenamiento, identificando si el usuario es permitido o denegado y a su vez se envían señales de salida al bloque de procesamiento de datos que reconocen la identidad del usuario.

- **Bloque de almacenamiento de imágenes:** Posteriormente, se almacenan las imágenes de usuarios identificados como permitidos y denegados capturados de la grabación en tiempo real para ser almacenadas en un directorio que se encuentra en la memoria externa del miniordenador.
- **Bloque de adquisición de datos:** Recibe señales que provienen de sensores que se encuentran en la computadora automotriz y puertas para su posterior procesamiento.
- **Bloque de procesamiento de datos:** El microcontrolador se encarga de procesar las señales que provienen de los sensores que determinan la apertura y cierre de las puertas para generar una señal de salida que active la cámara. Además, transforma la información que proviene del sensor ubicado en la computadora automotriz en valores de posicionamiento y a su vez recibe señales respecto a la identificación del individuo (admitido o denegado) que llegan del bloque de procesamiento de imágenes.
- **Bloque de transmisión de alertas:** A través de comunicación inalámbrica, se establece comunicación para la transmisión de mensajes de alerta al dispositivo móvil del propietario del vehículo a través de GSM, estas alertas se envían cuando: una de las puertas se abra, si detecta usuarios permitidos o denegados y si la computadora se ha movido de su ubicación segura. Además, se envía la ubicación del automotor por enlace GPS.
- **Bloque de alimentación:** Etapa que se encarga del suministro de energía necesaria hacia todos los elementos del prototipo, está conformada por la batería del vehículo y conmutadores Step-Down que se encargan de reducir el voltaje que proviene de la batería para la adecuada alimentación de las tarjetas de desarrollo y sensores.

2.4. Descripción de los elementos *hardware* del prototipo

A continuación, se procede a seleccionar los dispositivos adecuados para el procesamiento y se detallan los componentes *hardware* que conforma el sistema con las características más importantes. En los anexos A, B, C, D y E se adjunta las respectivas hojas de datos de la Raspberry Pi 3 B+, Arduino Nano, Módulo MPU6050, cámara para Raspberry Pi 5MP/1080P y Módulo GSM SIM808 respectivamente.

2.4.1. *Dispositivos de procesamiento*

En relación a los requerimientos del prototipo se procede a la selección de los dispositivos de procesamiento principal y secundario; el primero se encarga del procesado de las imágenes y el secundario de la lectura de los sensores, iluminación y comunicación con el usuario.

2.4.1.1. *Selección de tarjeta Raspberry Pi*

En la tabla 1-2, se presenta los últimos modelos de Raspberry Pi que se encuentran disponibles en el mercado con sus principales características de los cuales se realiza una comparación que permita seleccionar el *hardware* que mejor se adapte a la implementación del prototipo.

En base a la tabla 1-2 se determinó que, el modelo Raspberry Pi3 A+ posee menores prestaciones en cuanto al número de puertos USB y los modelos de Raspberry Pi 3 B+ y Raspberry Pi 4 B+ presentan similares características, existe una mínima diferencia en la frecuencia de trabajo ya que el primero trabaja a una frecuencia de 1.4 GHz mientras que el segundo trabaja a una frecuencia de 1.5GHz. Por lo mencionado anteriormente se concluye que los dos últimos modelos de Raspberry resultan ser efectivas debido a que la frecuencia de trabajo de los dos dispositivos es adecuada para cumplir con los requerimientos fijados; por tal razón se selecciona el modelo Raspberry Pi 3 B+. En la figura 3-2 se muestra la tarjeta de desarrollo.



Figura 3-2. Raspberry Pi 3 B+

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 1-2: Principales características de los modelos Raspberry Pi

Características	Raspberry Pi 3 A+	Raspberry Pi 3 B+	Raspberry Pi 4 B
Procesador	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) SoC de 64 bits a	Broadcom BCM2711, SoC de 64 bits Cortex-A72 (ARM v8) de cuatro núcleos
Frecuencia	1,4 GHz	1,4 GHz	1,5 GHz
Memoria RAM	512MB	1GB	2GB, 4GB u 8GB (según el modelo)
Conectividad inalámbrica	IEEE 802.11.b/ Bluetooth 4.2	IEEE 802.11.b /Bluetooth 4.2	IEEE 802.11ac/Bluetooth 5.0
Puertos USB	Uno USB 2.0	Cuatro USB 2.0	Dos USB 3.0 Dos USB 2.0
Puerto de cámara	CSI	CSI	CSI
Almacenamiento	Tarjeta SD	Tarjeta SD	Tarjeta SD
Periféricos de bajo nivel	40 x GPIO	40 x GPIO	40 x GPIO
Corriente	2.5A	2.5A	3A
Alimentación	5V	5V	5V

Fuente: (RASPBERYPi, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.1.2. Selección de tarjeta Arduino

Un dispositivo primordial en miles de proyectos realizados por estudiantes, profesores, aficionados, programadores, entre otros desarrollando desde acciones cotidianas hasta proyectos de alto impacto. Arduino es una plataforma electrónica que dispone de *hardware* y *software* además de tener código

abierto, en la figura 4-2 se ilustra el dispositivo. La tabla 2-2 presenta de forma detallada las principales características de los modelos de Arduino, se analiza que los modelos Uno y Nano poseen el mismo microcontrolador, ambos cuentan con un número menor de terminales digitales y analógicos en comparación con el modelo Mega y el tamaño del nano es menor que los demás modelos; por tal razón se selecciona el Arduino Nano.

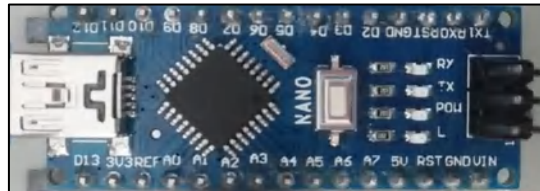


Figura 4-2. Arduino Nano

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 2-2: Principales características de los modelos Arduino

Características	Uno	Nano	Mega
Microcontrolador	ATmega328P	ATmega328P	ATmega2560
Voltaje de funcionamiento	5V	5V	5V
Voltaje de entrada	7V-12V	7V-12V	7V-12V
Terminales digitales	14	22	54
Terminales analógicos	6	8	16
Corriente por terminales	20mA	40mA	20mA
Memoria flash	32KB	32KB	256KB
Tamaño PCB	68.6x53.4mm	18x45mm	101.52mmx53.3mm

Fuente: (ARDUINO, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.2. Dispositivos de obtención de datos

Estos dispositivos permiten la adquisición de datos del entorno como la apertura de puertas en forma de señal digital, el posicionamiento de la computadora en modo de señal analógica y la captura del *frame* de video para su procesamiento; a través de las tarjetas de desarrollo seleccionadas en el apartado anterior.

2.4.2.1. Sensor magnético

La figura 5-2 presenta el sensor magnético para ventanas y puertas consta de un imán y un interruptor magnético. Es ideal para proyectos electrónicos de alarmas y seguridad. Se puede instalar sin perforar dado que cuenta con cinta autoadherible (FACTORYGEEK, s/f). En la tabla 3-2 se presentan las principales características.



Figura 5-2. Sensor magnético

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 3-2: Principales características del sensor magnético

Descripción	Característica
Contacto	Normalmente abierto
Aplicaciones	Alarmas y sistemas de seguridad
Peso	0.005Kg
Dimensiones	4.5x0.5x4cm

Fuente: (FACTORYGEEK, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.2.2. Módulo MPU6050

En la figura 6-2 se muestra el módulo de Módulo MPU6050, es un dispositivo completo de seguimiento de movimiento de 6 ejes que combina un giroscopio de 3 ejes, un acelerómetro de 3 ejes y un procesador de movimiento digital, todo en un paquete pequeño y además, tiene una característica adicional de sensor de temperatura en el chip. Tiene interfaz de bus I2C para comunicarse con los microcontroladores (ELECTRONICWINGS, s/f). En la tabla 4-2 se menciona sus principales características.



Figura 6-2. Módulo MPU6050

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 4-2: Principales características del Módulo MPU6050

Descripción	Característica
Voltaje de la fuente de alimentación	3.3-5VDC
Voltaje de señal	3,3 VCC
Corriente de funcionamiento normal	3.9mA
Rango giroscópico	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000$ ° / s (16 bits)
Rango de aceleración	$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16$ g (16 bits)

Fuente:(CDIWEB, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.2.3. Cámara para Raspberry Pi 5MP/1080P

En el capítulo anterior se mencionó que se utilizará un modelo de cámara que se conecte por interfaz de serie (CSI) dado que permite velocidades de datos extremadamente altas y transmite exclusivamente datos de píxeles al procesador convirtiendo al elemento adecuado para adquisición de imágenes (AVELECTRONICS, s/f). En la figura 7-2 se muestra el dispositivo y en la tabla 5-2 se presenta las principales características de la cámara.

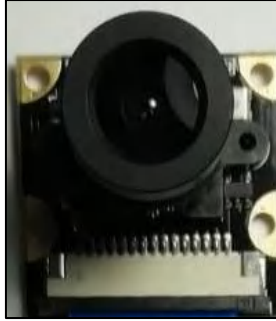


Figura 7-2. Cámara para Raspberry
Pi 5MP/1080P

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 5-2: Principales características de la cámara para Raspberry Pi 5MP/1080P

Descripción	Característica
Tipo de sensor	OV5647
Resolución	2592X1944 Pixeles
Lente	f=3.6mm f/2.9
Campo de visión	130 grados
Distancia del objeto	5cm a infinito
Velocidad	1080 p a 30 fps
Tamaño de la placa	25x24mm
Voltaje	3.3. V

Fuente: (GEARBEST, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.3. Módulo GSM SIM808

En la figura 8-2 se muestra el Módulo GSM SIM808 y las antenas IPX, GSM y GPS con conector macho SMA. Es un módulo que integra GSM y GPS admite la red GSM / GPRS de cuatro bandas y combina la tecnología GPS para la navegación por satélite además tiene una alta sensibilidad de recepción de GPS con 22 canales de seguimiento y 66 canales de recepción de adquisición (SIMCOM, 2015). Las principales características del Módulo GSM SIM808 se presentan en la tabla 6-2.



Figura 8-2. Módulo GSM SIM808 con antenas

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 6-2: Principales características del Módulo GSM SIM808

Descripción	Característica
Voltaje de alimentación	5V-12V
Consumo de energía	1mA en modo reposo
Bandas de frecuencia	Cuatribanda: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900 MHz.
Transferencia de enlace ascendente/ descendente de datos	85.6 Kbps
Conectividad GPRS	GPRS multiranura clase 12
Rango de temperatura	Funcionamiento normal: -40°C ~ + 85°C Temperatura de almacenamiento 45°C ~ + 90°C
Control comandos AT	Comandos AT 3GPP TS 27.007, 27.005 y SIMCOM mejorados
Características Físicas	Dimensiones: 24x24x2.6 mm Peso: 3.5 g

Fuente: (ECROBOTICS, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.4. Dispositivos de alimentación

Tenemos como dispositivo de alimentación: la batería del vehículo, y dos reguladores de voltaje que suministran tensión tanto para la Raspberry Pi y el Módulo GSM SIM808. Cabe mencionar que la tarjeta Arduino se alimenta a través de la Raspberry Pi.

2.4.4.1. Batería de automóvil

Para el funcionamiento del prototipo se optó como fuente de alimentación la batería del vehículo que suministra 12V, dado su voltaje es indispensable contar con reguladores que faciliten reducir la tensión de entrada para las tarjetas de desarrollo y otros dispositivos. En la figura 9-2 se muestra la batería del vehículo.



Figura 9-2. Batería del automóvil

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.4.2. Convertidor de voltaje DC-DC Step-Down XL4015

En la figura 13-2 se muestra el conmutador Step-Down que nos permitirá ajustar el voltaje de entrada de la batería del vehículo de 12 V a un voltaje de entrada de la Raspberry Pi 3 B+ de 5V con una corriente de 3A, esta nos ayudará alimentar a todo el sistema de seguridad para evitar el robo de las computadoras vehiculares (MERCADO LIBRE, s/f). En la tabla 7-2 se presenta las características principales.

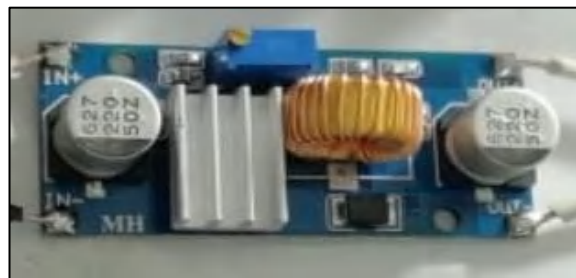


Figura 10-2. Convertidor DC-DC Step-Down XL4015

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 7-2: Principales características del Convertidor DC-DC Step-Down XL4015

Descripción	Característica
Voltaje de entrada	8VDC-36VDC
Voltaje de salida	1.25VDC-32VDC
Corriente de salida	0-5A
Frecuencia de trabajo	180KHz
Dimensión	54x23x15mm

Fuente: (MERCADO LIBRE, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.4.3. Convertidor de voltaje DC-DC Step-Down XL4015 con control CV/CC

Versión mejorada del módulo XL4015, cuenta con una función adicional de control de voltaje constante (CV) y corriente constante (CC) (ELECTROSCHEMATICS, s/f). En la figura 11-2 se muestra el convertidor que en el prototipo se encarga de suministrar energía a la Módulo GSM SIM808. En la tabla 8-2 se observa las características principales.



Figura 11-2. Convertidor Step-Down XL4015 con control CV/CC

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 8-2: Principales características del convertidor Step-Down XL4015 con control CV/CC

Descripción	Característica
Voltaje de entrada	8VDC-36VDC
Voltaje de salida	1.25VDC-32VDC
Corriente de salida	Ajustable máxima 5A
Frecuencia de trabajo	300KHz
Dimensión	51x26.3x14mm

Fuente: (ELECTROSCHEMATICS, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.5. Dispositivos adicionales

Estos dispositivos se utilizan para la parte de iluminación del prototipo ideal para obtener una correcta captura, detección e identificación de las imágenes de los usuarios. Además, se utiliza una estructura para la protección del prototipo.

2.4.5.1. Tira led luz blanca SMD 5050

El tamaño del chip led mide 50mmx50mm, presentan un mayor flujo luminoso debido a su mayor potencia y consumo, ideal para proyectos exigentes donde la iluminación es importante (COMPRATULED, s/f). La figura 12-2 muestra el rollo de tira led. En la tabla 9-2 se describen las principales características



Figura 12-2. Tira de led luz blanca

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 9-2: Principales características de la tira led luz blanca

Descripción	Característica
Alimentación	12VDC
Fuente lumínica	Smd Led 5050
Luminosidad (Lm)	4200
Potencia	14,4W/m
Vida útil (Horas)	30000
Temperatura de color (°K)	Blanco Frío 6000K

Fuente:(ILUMINASHOP, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.4.5.2. Módulo relé de 5V

Módulo relé de 2 canales está protegido con optoacoplador, se alimenta con un voltaje de 5V y presenta una corriente de salida de 10A, en este proyecto es controlado directamente por el microcontrolador Arduino (SOLECTROS, s/f). Este dispositivo actúa como interruptor dado que recibe la señal proveniente del Arduino para el encendido de la tira de luz led, la figura 13-2 muestra el módulo y en la tabla 10-2 se describe las principales características.

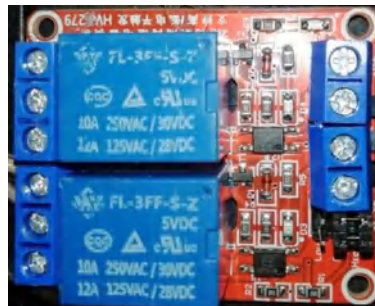


Figura 13-2. Módulo Relé

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Tabla 10-2: Principales características del módulo relé

Descripción	Característica
Voltaje de alimentación	5V
Corriente de salida	10A
Corriente desactivación por relé	15mA a 20mA
Canales	2
Dimensiones	40x50mm

Fuente: (SOLECTROS, s/f)

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.5. Diagrama de conexiones del sistema

La figura 14-2, se presenta el diagrama de conexiones del prototipo (ver Anexo F) y a continuación se explica de manera más detallada.

- La batería del vehículo es la fuente de alimentación para todos los dispositivos del prototipo suministra 12V, se usa convertidores (XL4015) para regular a voltajes óptimos para los elementos; el primer *Step-Down* suministra 5V a la Raspberry Pi B 3+ a través del puerto micro USB y el segundo alimenta al Módulo GSM SIM808.
- El sensor magnético ubicado en las puertas del vehículo envía desde el terminal D5 del Arduino una señal de activación al terminal 15 (GPIO 22) de la Raspberry Pi B3+ permitiendo el encendido de la cámara e inicie con el sistema de reconocimiento facial para identificar individuos admitidos y denegados.
- La cámara está conectada a través de la interfaz de serie (CSI).
- El Módulo MPU6050, está conectado al Arduino Nano de la siguiente forma: el terminal VCC de Módulo MPU6050 va enlazado con el terminal 5V y GND del módulo sensor está conectado con GND del Arduino, el terminal del módulo (SCL) va conectado con el terminal A5 del Arduino y el terminal SDA se conecta con el terminal A4.
- El Módulo GSM SIM808 se conecta al Arduino Nano de la siguiente manera: el terminal RXD (recepción) hacia el terminal D8 (UART_TXD0) del Arduino, el terminal TXD (transmisión) hacia el terminal 7 (UART_RXD0), V_IN se alimenta con los 5V y GND (tierra) conectado hacia (GND).
- La señal de entrada del usuario admitido que proviene del terminal 12 (GPIO 18) de la Raspberry Pi B 3+ ingresa al terminal D11 del Arduino y por el terminal 11 (GPIO 17) sale un pulso que representa al usuario denegado el cual ingresa al terminal D4 de la Raspberry Pi B 3+.
- El ventilador se conecta VCC con el terminal 4 (PWR 5v) y GND hacia el terminal 6 (GND) de la Raspberry Pi B 3+.

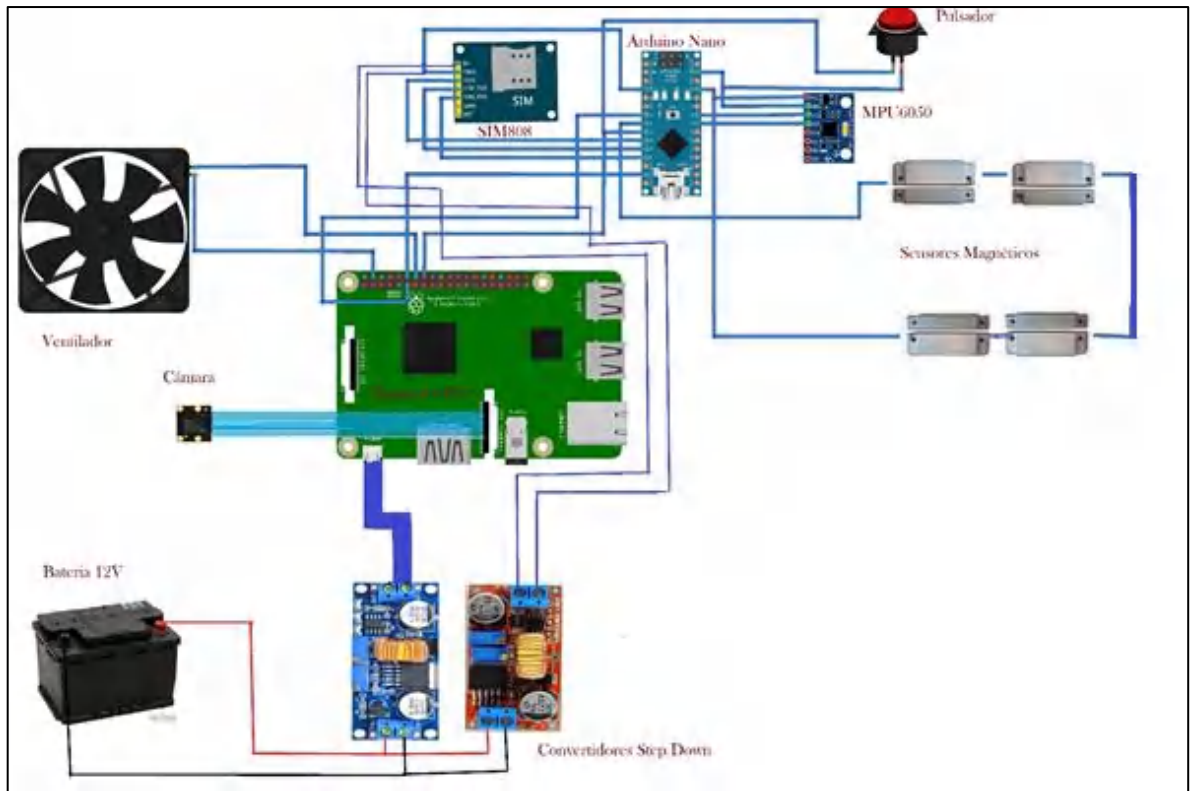


Figura 14-2. Diagrama de conexiones

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.6. Diseño de PCB del procesador secundario

La figura 15-2 A) se muestra el diseño de pistas de la placa electrónica del procesamiento secundario, con la ayuda del *software* Proteus 8.7. Basado en una Shield para el Arduino Nano y el Módulo GSM SIM808. La figura 15-2 B) presenta el modelado en 3D de la placa PCB.

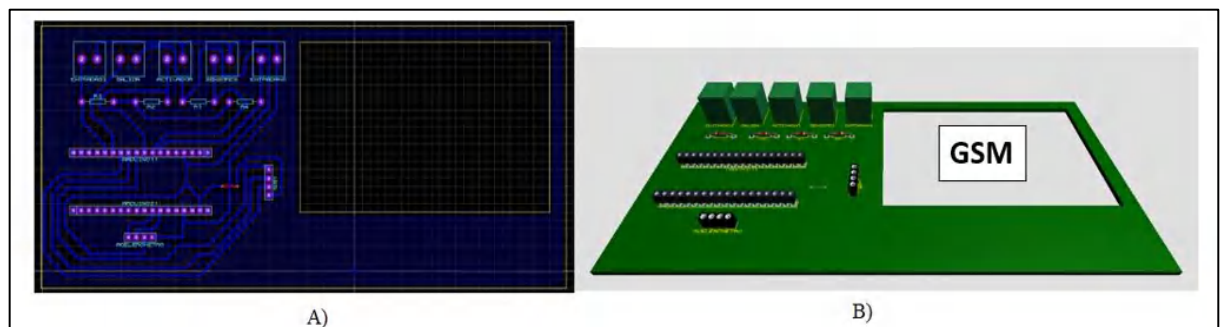


Figura 15-2. A) Diseño de pistas B) Modelado en 3D

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Luego de validar el funcionamiento del esquemático, se procede a la elaboración de la placa PCB, para ello se utilizó una baquelita de fibra de vidrio debido a su resistencia. La impresión láser del circuito se realizó en papel transfer para después aplicar la técnica del planchado como se muestra en la figura 16-2 A), una vez desarrollado este proceso, se sumerge la placa en un recipiente de plástico previamente disuelto en su interior cloruro férrico. Transcurrido el tiempo de corrosión de las pistas (eliminación de cobre), se limpia la placa para su posterior perforación como se aprecia en la figura 16-2 B). Finalmente, se realiza las perforaciones y se sueldan los componentes electrónicos quedando la placa lista para usarse, la figura 17-2 muestra la placa PCB terminada.



Figura 16-2. A) Revelado de la placa B) Placa después del ataque químico con cloruro férrico

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

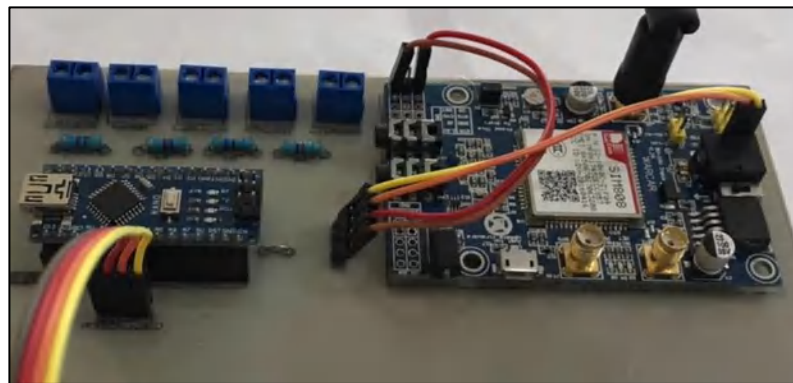


Figura 17-2. Placa PCB terminada con todos los componentes

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.7. Diseño estructural de caja protectora

Fue diseñada usando el *software* SolidWorks, para contener las tarjetas Raspberry Pi, la Shield para el Arduino Nano y el Módulo GSM SIM808, se seleccionó que el material sea de madera y pintura negra para el acabado final; la finalidad de este diseño es proteger, cubrir las tarjetas y dispositivos electrónicos a la vez adaptarse a cualquier tablero del vehículo. Consta de dos partes acopladas entre sí como: tapa y base.

La figura 18-2 A) ilustra el diseño de la estructura de la tapa, presenta las siguientes dimensiones: 17 cm de ancho, 21 cm de largo, 1.5 cm de altura y 4 mm de grosor. Además presenta perforaciones para la salida de antenas y cámara. La figura 18-2 B) presenta el modelo de la base que consta de las siguientes dimensiones: 16 cm de ancho, 20 cm de largo, 4cm de alto y 4 mm de grosor. Asimismo presenta perforaciones a los tres laterales para salida de conexiones y pulsador.



Figura 18-2. A) Diseño estructural de la tapa B) Diseño estructural de la base

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.8. Diseño de *software*

Para el desarrollo de *software* se utilizó programas gratuitos, para la programación de la Raspberry Pi que es la encargada de realizar el reconocimiento facial se empleó Python y OpenCV, se instaló dos bibliotecas adicionales: *dlib* y *face recognition*; y para la programación del procesador secundario (receptor de datos de sensores y comunicación) se empleó la plataforma Arduino IDE basado en C++. Los Anexos G y H presentan el *software* del procesador principal (Código Python) y secundario (Código Arduino) respectivamente.

2.8.1. Herramientas de software

En esta sección se realiza una breve descripción de cada uno de los programas necesarios para el desarrollo del prototipo. Todas las herramientas de *software* usadas son de libre acceso y de código abierto.

2.8.1.1. Python 3.7.3

Se utiliza para el procesamiento de imágenes el *software* Python 3.7.3, es un lenguaje de programación de alto nivel, simple, orientado a objetos y favorece a los desarrolladores a leer y traducir el código Python mucho más fácil que otro tipo de lenguaje; además la librería estándar como el intérprete están disponibles de forma gratuita por lo tanto es una opción multiplataforma (CURSOSAULA21, s/f).

2.8.1.2. Software OpenCV

Biblioteca de visión artificial más importante y popular a nivel mundial, incluye varios cientos de algoritmos de visión por computadora compatible con Python, está escrita originalmente en C/C++, es multiplataforma y se puede ejecutar en diversos sistemas operativos Linux, Windows, Mac OS X (PROGRAMARFACIL, s/f).

2.8.1.3. Face recognition

Biblioteca de reconocimiento facial más simple y de código abierto, creada para reconocer y manipular caras desde Python o desde la línea de comando, utiliza modelos entrenados de detección de rasgos faciales y codificación de rostro de última generación de *dlib* construido con aprendizaje profundo, el modelo tiene una precisión del 99,38% (Geitgey, 2017).

2.8.1.4. Software de Arduino 1.8.13

El software Arduino (IDE) 1.8.13 de código abierto facilita la escritura de código y su carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino; es un lenguaje de programación

C++, sus librerías ayudan en las operaciones a desarrollar y a la vez interactúan con el *hardware* (ARDUINO, s/f-b).

2.8.2. Programación para el reconocimiento facial

Consta de un solo código dividido en tres etapas para una mejor comprensión; en la primera etapa se toma cinco imágenes en diferentes poses del rostro de cada usuario a ser reconocido; en la segunda etapa se procesan, para posteriormente extraer un patrón, el cual se almacenará y será el conjunto de datos que caracterizará a ese usuario, en la tercera etapa se realiza el reconocimiento del usuario mediante la comparación de características extraídas de la imagen en tiempo real con los patrones ya registrados.

Para aplicaciones de visión artificial es necesario tener instalados ciertos paquetes tales como:

- **Sys:** Módulo que permite proveer variables y funcionalidades relacionadas de manera directa con el intérprete (UNIWEBSIDAD, s/f).
- **Cv2:** Ayuda a manejar las imágenes tiene acceso al control de la cámara (Straalen, 2018).
- **Numpy:** Biblioteca que soporta vectores y arrays (PROGRAMARFACIL, s/f).
- **Dlib:** Conjunto de herramientas C++ moderno que brinda algoritmos y herramientas de aprendizaje automático (DLIB, s/f).
- **Face recognition:** Conjunto fácil de usar que posee herramientas para el reconocimiento facial que envuelve a *dlib* (PYIMAGESEARCH, s/f).

2.8.2.1. Etapa de registro de imágenes

Se realiza la captura de imágenes que serán usadas en la etapa de reclutamiento. En la figura 19-2 se muestra el diagrama de flujo de la etapa de registro de imágenes.

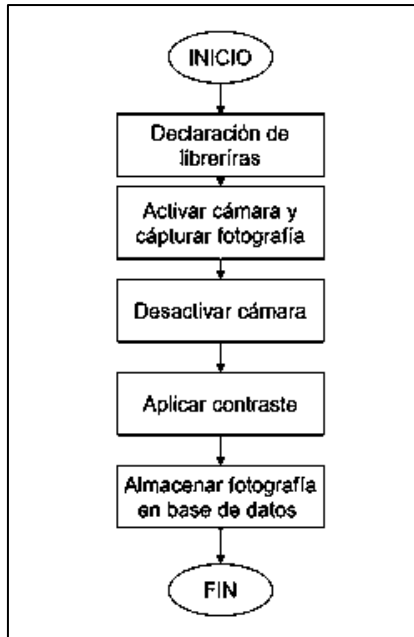


Figura 19-2. Diagrama de flujo de la etapa de registro de imágenes

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

A continuación, se describe el diagrama de flujo del algoritmo de captura de imágenes:

- Se declaran librerías con las líneas de código `“from picamera import Picamera”`, `“import sys”`, `“import cv2”` e `“import numpy as np.”`
- Se selecciona la resolución a la que se desee capturar, se asignó 972x1296 pixeles que corresponde a un 50% de la resolución de imágenes estáticas de la cámara para facilitar el procesamiento y disminuir el tiempo de ejecución.
- Se realiza la activación de la cámara con la función `camera.start_preview()` espera 5 segundos y captura la imagen para almacenarla en el directorio `“/home/pi/basedatos/”`. Con la función `camera.stop_preview()` se desactiva la cámara.
- Se almacena en una variable la imagen capturada, se aplica contraste con la función `cv2.addWeighted()` y se guarda en el directorio nombrado anteriormente.

La figura 20-2 muestra las imágenes de entrada para la etapa de reclutamiento, para ello el sistema cuenta con dos usuarios registrados de los cuales se obtiene cinco imágenes de cada uno en diferentes

poses para validar su identificación. En la figura 21-2 se observa las imágenes de entrada con contraste.



Figura 20-2. Imágenes de enteramiento de los dos usuarios

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.



Figura 21-2. Imágenes de enteramiento aplicado contraste

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.8.2.2. Etapa de reclutamiento

En la figura 22-2 se describe el diagrama de flujo de la etapa de reclutamiento:

- Se declaran librerías con las líneas de código `“import cv2”`, `“import dlib”`, `“import face_recognition”` e `“import RPi.GPIO as GPIO”`.
- Se declaran en modo BCM los puertos, se realiza la definición de GPIO un terminal de entrada que es el encargado de recibir un pulso del sensor de la puerta y dos de salida que envían señales de admitido y denegado a la tarjeta Arduino.

- Se procede a cargar las imágenes (obtenidas en la etapa de registro) mediante la función *face_recognition.load_image_file()* que convierte la imagen en una matriz *numpy* que comprende una matriz de todos los píxeles dentro de la imagen, luego se reduce la dimensión a 389x518 píxeles usando *cv2.resize()* y a su vez se guardan en otra variable las imágenes redimensionadas.
- Para la detección de rostros, se utiliza la función *face_recognition.face_locations()* que sirve para identificar las regiones de una imagen que corresponde al rostro.
- En un solo vector se almacenan los puntos de referencia del rostro (contorno de ojos, labios comisura de la nariz, cejas y perfil de la cara) de las cinco fotografías de cada usuario. Se extraen 128 incrustaciones para cuantificar el rostro con la ayuda de *face_recognition.face_encodings()* y se almacenan en una variable de codificaciones conocidas.
- Se inicializa la cámara con la función *cv2.VideoCapture(0)* y espera la señal del sensor de la puerta indica que está abierta entonces se enciende la cámara y toma un solo fotograma de video usando *video_capture.read()* verifica que está bien si de existir error "No se pudo leer el fotograma de la cámara. Deteniendo la captura de video". Almacena el fotograma en una variable.

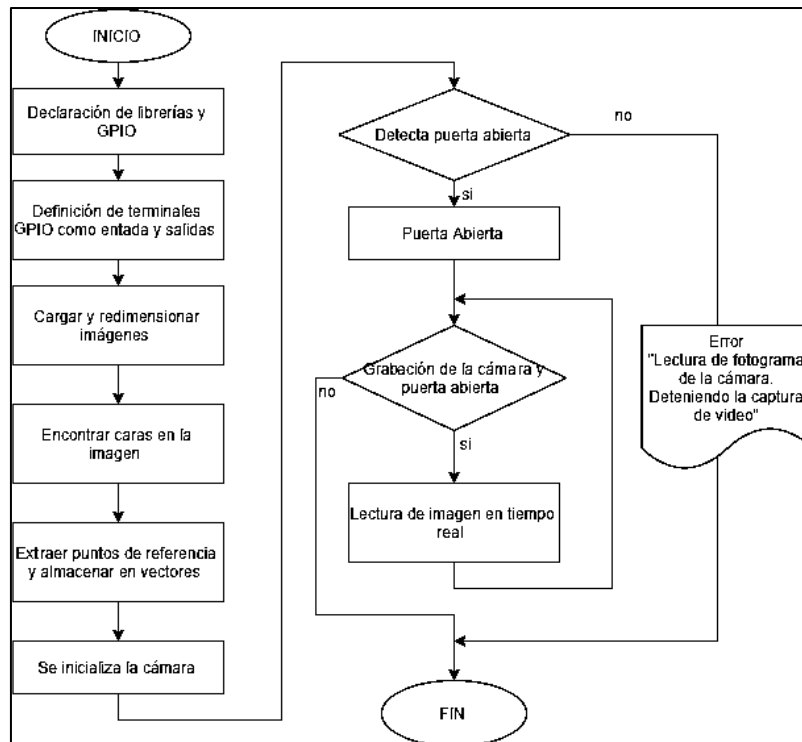


Figura 22-2. Diagrama de flujo de la etapa de reclutamiento

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

En la figura 23-2 se observa las 128 incrustaciones “puntos” de cada rostro de los usuarios a ser reconocidos por el sistema.

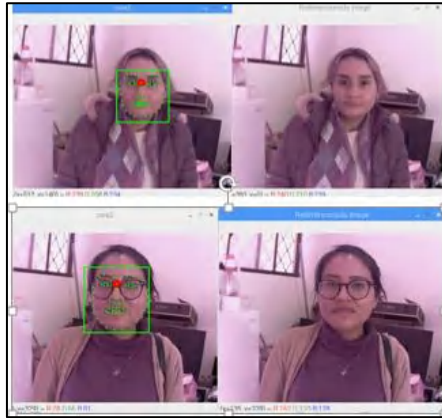


Figura 23-2. Extracción de codificaciones de cada rostro

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.8.2.3. Etapa de identificación del rostro

En la figura 24-2 se describe el diagrama de flujo para la identificación del rostro:

- Lectura de la imagen en tiempo real se almacena en una variable, se declaran tres vectores: uno para la localización de los rostros (contendrá las coordenadas, cuatro puntos que perfilan el rostro); el segundo contiene las nuevas codificaciones 128 de la imagen obtenida en tiempo real y el tercero abarca las codificaciones conocidas de los rostros de la etapa de reclutamiento.
- De la imagen obtenida en tiempo real utilizando *face_recognition.face_locations()* detecta el rostro toma justo en el interior las 128 incrustaciones usando *face_recognition.face_encodings()*.
- Compara las codificaciones conocidas de la etapa de reclutamiento de los rostros con los obtenidos en tiempo real mediante *face_recognition.compare_faces()* y almacena las coincidencias en una variable. Si existe alguna coincidencia se asigna dos veces la lectura de la cámara para identificar a la persona como admitida. Por el contrario, si no se encuentra simultaneidad en las codificaciones, de la misma manera se realiza dos veces la lectura de la cámara para saber que la persona es desconocida.
- Se almacena como imagen parte de la trama que detecta usuarios como admitidos o denegados en el directorio “/home/pi/basedatos1/admitido%d.jpg” usando *cv2.imwrite()*. Se asigna a la

variable del sensor puerta como cerrada y se envía una señal como admitido o denegado a la tarjeta Arduino. Finalmente, se apaga la cámara y se inicializan las variables.

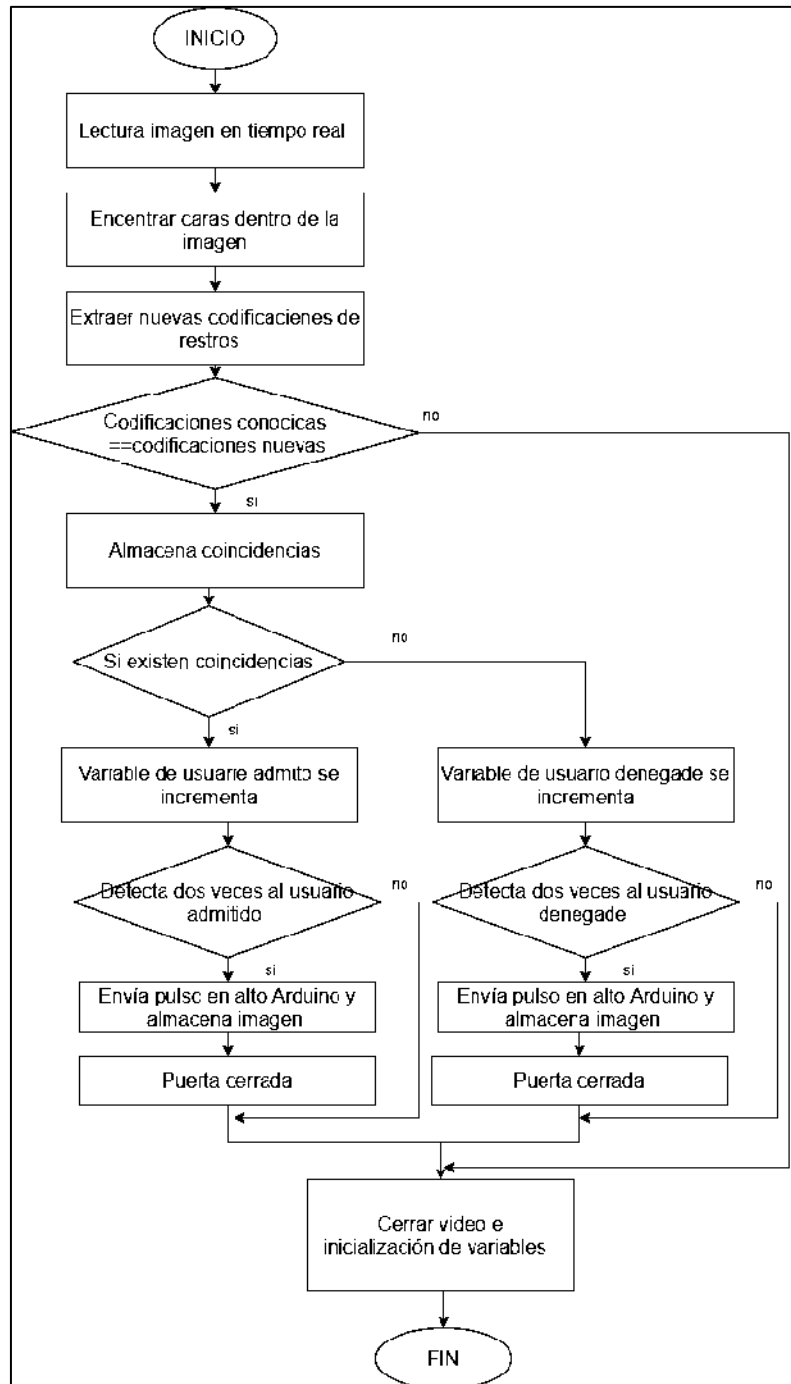


Figura 24-2. Diagrama de flujo de identificación de rostros

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

En la figura 25-2 se observa los dos usuarios identificados como admitidos en el sistema y otro reconocido como desconocido.

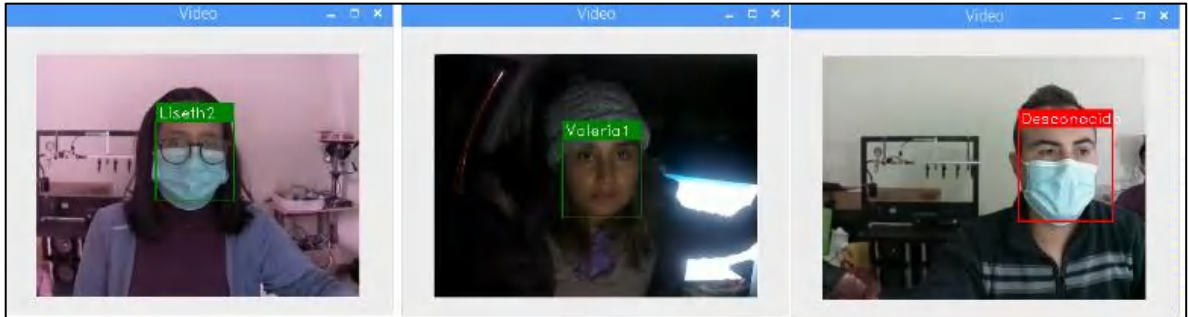


Figura 25-2. Identificación de usuarios

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

2.8.3. Programación procesamiento de datos y comunicación

En la figura 26-2 muestra el diagrama de flujo del algoritmo procesamiento de datos recibidos de parte de los sensores y de comunicación, programado en el *software* de Arduino IDE.

A continuación, se detalla el diagrama de flujo:

- Se declaran las librerías “softwareSerial.h”, “12Cdev.h”, “MPU6050.h”, “Wire.h” para permitir la comunicación en serie en otros terminales digitales del Arduino, además se utiliza librerías para controlar el Módulo MPU6050 (ARDUINO, s/f-c; García, 2018).
- Se determinan los puertos de conexión para todas las entradas, salidas y variables tanto del acelerómetro y una auxiliar, se inicializa el Módulo GSM SIM808 y la variable auxiliar se asigna a=5. El sistema se activa y a su vez se detecta el pulso de puerta abierta por parte de los sensores magnéticos, y envían una señal de activación a la Raspberry Pi para el encendido de la cámara y a su vez se activan las luces, produciendo la primera señal de alerta que se envía mediante un mensaje de texto al propietario indicando la apertura de la puerta y la localización del automotor.
- En el acelerómetro mediante la función “*sensor.getAcceleration(&ax, &ay, &az);*” obtiene los valores en x,y,z entonces pregunta si en el eje de las “x” o en el eje de las “y” se desfasa o se mueve en un ángulo de < -40 o >40 en el eje x, y en el eje de las y <-40 o >40, en caso una de

las condiciones se envía una alerta al usuario indicando el robo del computador y el sistema se desactiva.

- Si detecta un usuario admitido se envía un mensaje de texto de usuario reconocido y se desactiva el sistema y si detecta usuario denegado envía un mensaje de texto de usuario no autorizado esperando la activación del acelerómetro.

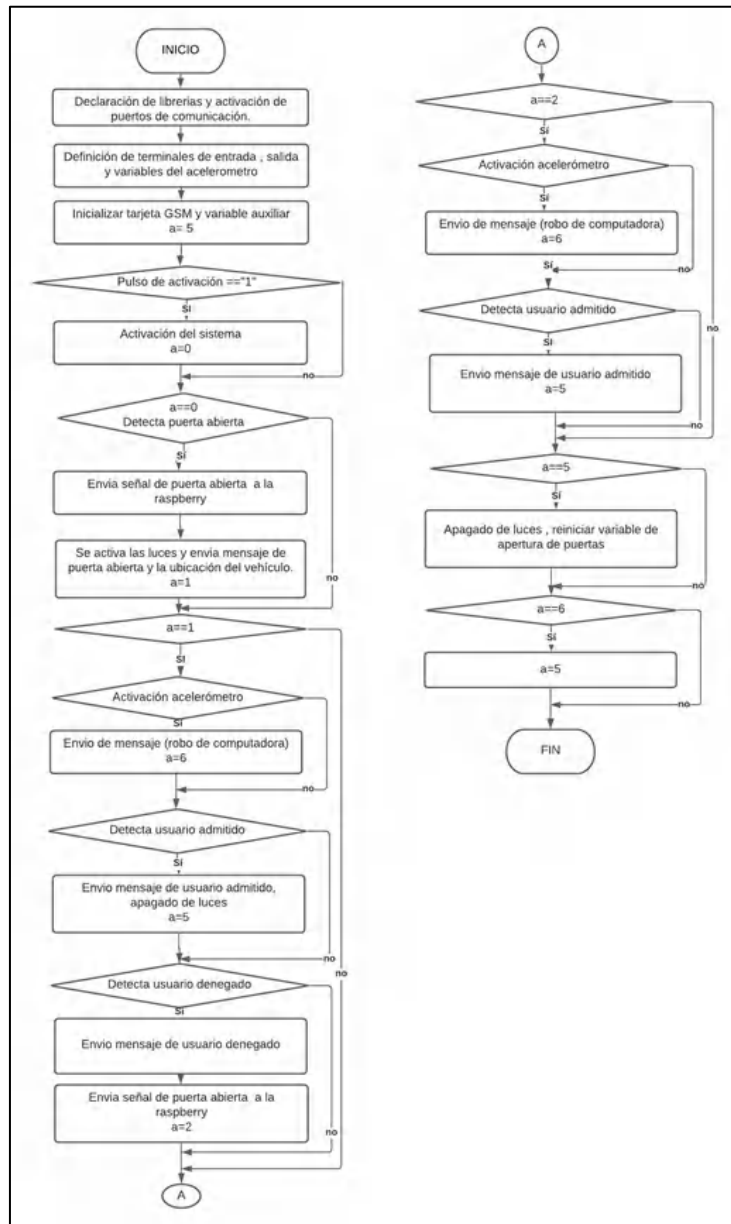


Figura 26-2. Diagrama de flujo para el procesamiento de datos y comunicación

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

CAPITULO III

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos, para garantizar el cumplimiento de los requerimientos planteados, se efectuaron pruebas de funcionamiento del prototipo cuya finalidad es la validación del sistema por medio de ensayos como: posicionamiento de la cámara, identificación del rostro, tiempo de procesamiento, envío y recepción de mensajes de alerta, funcionamiento del sensor magnético y giroscopio y consumo de corriente.

3.1. Ubicación del prototipo en el vehículo

Previo a las pruebas de funcionamiento, se realizó la implantación del prototipo en un vehículo cuya computadora se encuentra en el área del conductor bajo el volante. En la figura 1-3 se muestra el prototipo terminado, posteriormente se describe las pruebas aplicadas.

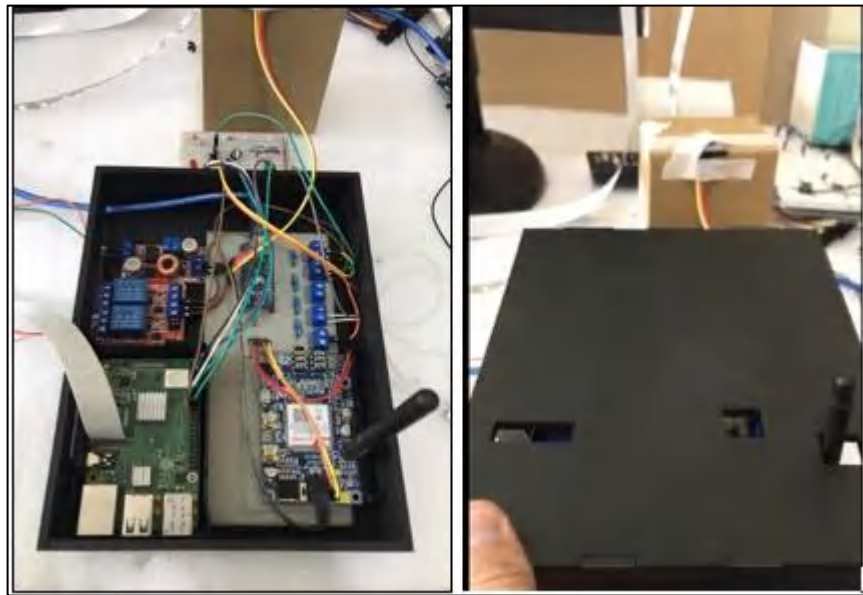


Figura 1-3. Prototipo terminado

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Para incorporar el sistema al vehículo se procedió a colocar los sensores en las cuatro puertas y a su vez el sensor giroscopio en la computadora automotriz como se muestra en la figura 2-3.



Figura 2-3. Implementación del prototipo

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.2. Pruebas de funcionamiento en el prototipo

Para validar el funcionamiento del prototipo se aplicaron seis pruebas tales como: el posicionamiento de la cámara, identificación de rostro, tiempo de procesamiento en el reconocimiento, envío de mensajes de alerta, funcionamiento del sensor magnético y sensor giroscópico.

3.2.1. Prueba de posicionamiento de la cámara

El desarrollo de esta prueba tuvo como objetivo determinar el rango de ubicación entre la persona a detectar y la cámara el interior del vehículo. Para lo cual se utilizó el vehículo a instalar el sistema y un equipo patrón (flexómetro), dada que la ubicación de la computadora automotriz es bajo el volante, ubicamos un punto eje, en donde se recabaron 20 muestras variando cada 5 cm hasta llegar a los 100 cm que es la distancia límite del interior de la cabina y se ubicó la cámara para comprobar desde que distancia detecta a un usuario como se muestra en la figura 3-3.



Figura 3-3. Prueba de posicionamiento de la cámara

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Con los resultados experimentales de la tabla 1-3 se determinó que la ubicación de la persona a identificarse debe oscilar entre los 30 y 100 cm puesto que el sistema identifica, y a distancias más cercanas tiende a desenfocar el lente de la cámara por lo que no se da la detección.

Tabla 1-3: Prueba de posicionamiento de la cámara

#Muestras	Distancia (cm)	Detecta	No Detecta
1	5		si
2	10		si
3	15		si
4	20		si
5	25		si
6	30	si	
7	35	si	
8	40	si	
9	45	si	
10	50	si	
11	55	si	
12	60	si	
13	65	si	
14	70	si	
15	75	si	
16	80	si	
17	85	si	
18	90	si	
19	95	si	
20	100	si	

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.2.2. Prueba de identificación de rostro

El objetivo de esta prueba es determinar a partir de la matriz de confusión la precisión y exactitud en la identificación de rostro, consiste en realizar cincuenta pruebas de cada usuario dos registrados y un desconocido. En la tabla 2-3 se exponen los resultados de la prueba por lo que se observa un total de 148 detecciones positivas, un falso positivo y un real negativo, los resultados se muestran en el grafico 1-3.

Tabla 2-3: Prueba de identificación de rostro

Usuarios	#Pruebas Realizadas	Reales positivos	Falsos positivos	Reales negativos	Falsos negativos
Registrado 1	50	49	1	0	0
Registrado 2	50	50	0	0	0
Desconocido	50	49	0	1	0
Total	90	148	1	1	0

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

Matriz de confusión

Herramienta que permite visualizar el nivel de confusión, a continuación se describe los indicadores (Becerra, 2019):

- **Reales Positivos:** Representan los candidatos que han sido correctamente clasificados como usuario.
- **Falsos Positivos:** Representan a los candidatos que han sido incorrectamente clasificados como usuario.
- **Falsos Negativos:** Representan a los candidatos usuarios que han sido incorrectamente clasificados por el clasificador.
- **Reales Negativos:** Representan a los candidatos que han sido correctamente clasificados como no usuario.

Tabla 3-3: Resultados obtenidos después de aplicar la matriz de confusión

Matriz de confusión		Resultado Clasificación	
		Usuario	No usuario
Instancias reales	Usuario	148	1
	No usuario	1	0

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

A partir de la matriz de confusión que se ha construido se definirán las siguientes medidas y se calcula la exactitud y precisión.

Exactitud: Mide la exactitud entre el resultado global de la exactitud y la clasificación exacta. Su expresión matemática es la siguiente (1).

$$\text{Exactitud}(E) = \frac{\text{Reales positivos} + \text{Reales negativos}}{\text{Predicciones totales}} \quad (1)$$

$$E = \frac{148+0}{148+1+1} = 0.98 \quad (2)$$

Precisión: Mide la calidad de respuestas positivas del clasificador (3).

$$\text{Precisión}(P) = \frac{\text{Reales positivos}}{\text{Reales positivos} + \text{falsos positivos}} \quad (3)$$

$$P = \frac{148}{148+1} = 0.99 \quad (4)$$

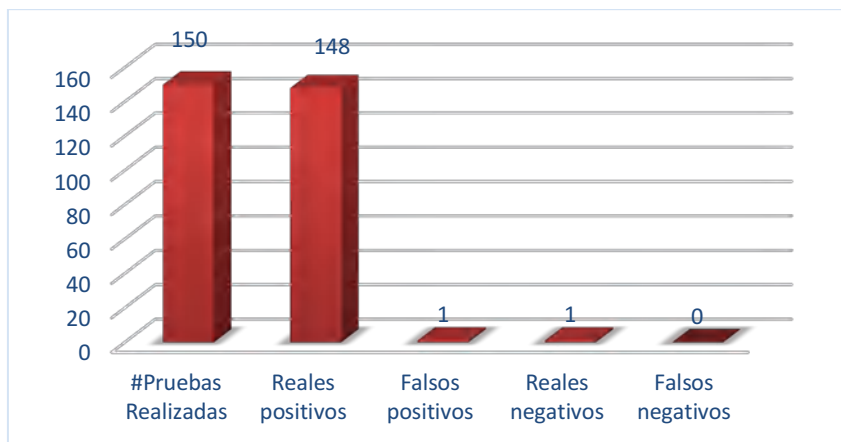


Gráfico 1-3. Resultados de la prueba de identificación de rostros

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

De los resultados de la ecuación (2) y (4) se obtiene una exactitud de 0.98 y una precisión de 0.99, comparando con el estudio tomado de (Becerra, 2019) en donde presenta una exactitud de 0.99 y una precisión de 1 del algoritmo HOG+SVM se presencia que la diferencia es mínima en comparación con el algoritmo utilizado en el sistema.

3.2.3. Prueba de tiempo de procesamiento en el reconocimiento

El objetivo de esta prueba es medir el tiempo de procesamiento transcurrido durante la ejecución del código de programación desde que inicia la grabación de la cámara hasta que identifica al usuario. Para lo cual se incluyó un código mediante programación, que devuelve el valor de tiempo en

segundos que le tomó al sistema procesar cada imagen. Para estimar el tiempo promedio en el que el sistema realiza el procesamiento se tomaron 25 muestras, considerando que el sistema procesa cada dos fotogramas de video con una resolución 389x518 pixeles. En la Figura 4-3 se visualiza el tiempo en segundos que tarda en detectar al usuario si es admitido o denegado.

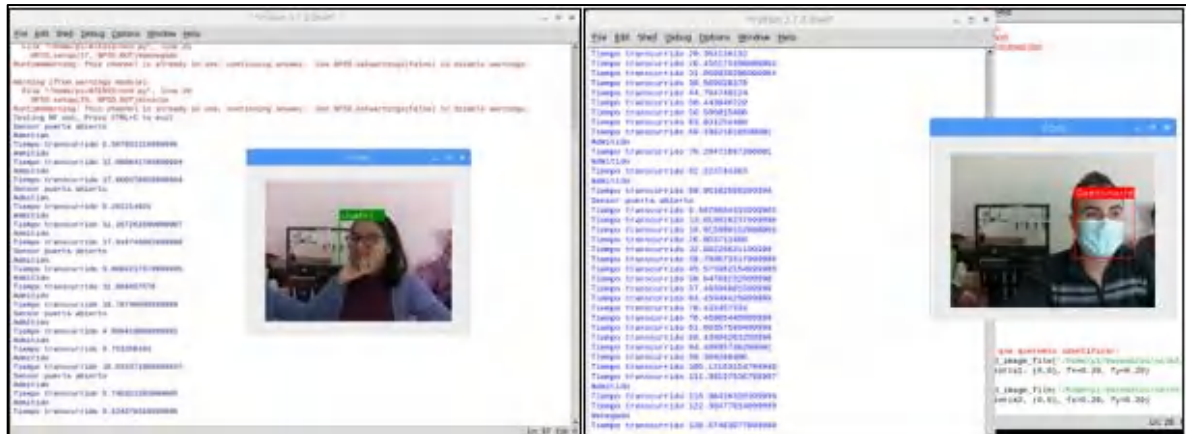


Figura 4-3. Tiempo de procesamiento en el reconocimiento

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

La tabla 4-3 muestra los resultados de la prueba de tiempo, donde se usa un total de 25 muestras de personas que fueron reconocidos como admitido o denegado, las cuales se puede obtener un tiempo promedio de 17.75s en que el individuo es reconocido. Se concluye que el tiempo de procesamiento no afecta el funcionamiento adecuado del sistema la cual no produce retardos en la ejecución del programa manteniendo una fluida detección.

Tabla 4-3: Prueba de tiempo de procesamiento

# Muestras	Tiempo de procesamiento (s)
1	18.3757
2	16.5978
3	16.5475
4	16.5752
5	16.4325
6	27.2660
7	15.2808
8	16.6465
9	16.2018

10	23.1324
11	16.4538
12	23.1324
13	16.4538
14	18.4372
15	17.5217
16	17.8603
17	16.3452
18	17.4589
19	16.5486
20	15.6352
21	16.2356
22	14.5231
23	15.6954
24	20.1516
25	18.4564
Promedio	17.75

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.2.4. Prueba de envío y recepción de mensajes de alerta

El objetivo de esta prueba es medir el tiempo en el envío y recepción de mensajes de alerta al teléfono móvil del propietario del vehículo, considerando que el sistema requiere que se reciba las alertas en el menor tiempo posible. Para estimar el tiempo promedio se tomaron diez muestras para cada alerta utilizando código de Arduino. La primera alerta que corresponde a la apertura de las puertas y en esta se envía la ubicación del vehículo, la segunda cuando reconoce una persona desconocida, la tercera cuando el usuario es admitido y la cuarta cuando se da el robo de la computadora automotriz.

Como se observa en la tabla 5-3, el tiempo de recepción del estado de la puerta es de 14.10s, siendo el tiempo que más se demora, esto se debe a que en esta alerta se envía la ubicación del vehículo por lo que debe tomar los datos de estado, tiempo, longitud y latitud por lo que requiere de más tiempo en procesamiento computacional.

Se concluye que el tiempo de respuesta en la emisión y recepción de la primera alerta del prototipo implantado es menor en un 95.30% al tiempo reportado en la sustracción de la computadora de los automotores es de aproximadamente 5 minutos (LA HORA, 2006).

El gráfico 2-3 muestra los resultados en tiempo de envío y recepción de alertas presentes en los cuatro niveles de seguridad.

Tabla 5-3: Prueba de envío y recepción de mensajes de alerta

#Pruebas	Tiempo (s)			
	Alerta 1 Estado de la Puerta	Alerta 2 Persona admitida	Alerta 3 Persona denegada	Alerta 4 Robo del computador
1	13.39	7.16	7.78	5.28
2	13.73	7.23	7.86	5.56
3	14.00	7.56	6.89	5.78
4	14.33	6.78	6.96	6.23
5	14.40	6.75	6.78	6.57
6	14.12	7.54	6.63	6.34
7	14.23	7.12	7.72	6.65
8	14.65	7.24	7.86	6.54
9	14.19	7.51	7.43	6.98
10	13.98	7.30	7.49	6.45
Promedio	14.10	7.21	7.34	6.23

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

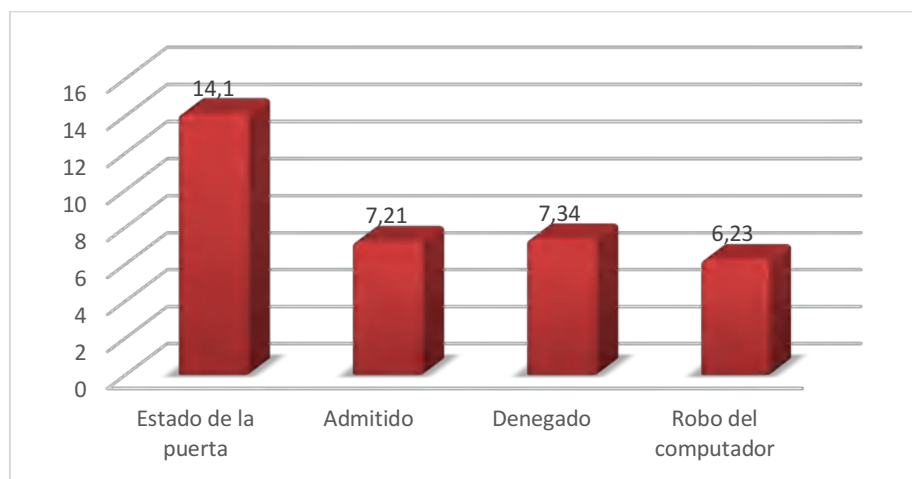


Gráfico 2-3. Envío y recepción de mensajes de alerta

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.2.5. Prueba de funcionamiento del sensor magnético

El objetivo de esta prueba consiste en verificar la activación o no activación del sensor magnético. Se tomaron 25 muestras en donde se procedió abrir de manera aleatoria las cuatro puertas del vehículo para así constatar la activación de la cámara. La tabla 6-3 muestra los resultados obtenidos de esta prueba donde se observa que existe 100% de aciertos en su activación en donde se evidencia que el sensor no posee inconvenientes en su activación. El gráfico 3-3 muestra que el sensor magnético no posee error en su funcionamiento.

Tabla 6-3: Prueba de funcionamiento del sensor magnético

#Muestras	Activa	No Activa
1	Si	
2	Si	
3	Si	
4	Si	
5	Si	
6	Si	
7	Si	
8	Si	
9	Si	
10	Si	
11	Si	
12	Si	
13	Si	
14	Si	
15	Si	
16	Si	
17	Si	
18	Si	
19	Si	
20	Si	
21	Si	
22	Si	
23	Si	
24	Si	
25	Si	
Total	100%	

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

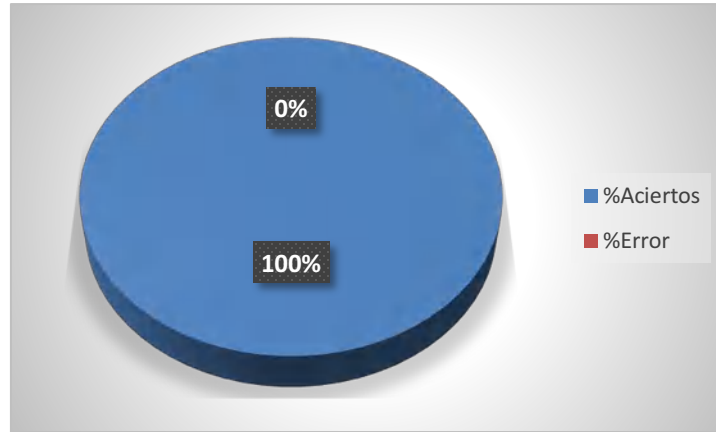


Gráfico 3-3. Funcionamiento del sensor magnético

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.2.6. Prueba de funcionamiento del sensor giroscopio

El objetivo de esta prueba es medir la sensibilidad del sensor giroscopio ya que al implementarlo en un vehículo es importante que detecte movimientos demasiados bruscos producidos en el computador, es así como no habrá la presencia de falsos positivos. Consistió en estacionar el vehículo en lugares con desniveles, pendientes y con vibraciones externas. En la tabla 7-3 se observa el número de 10 muestras para cada lugar en los sitios expuestos anteriormente dándonos un total de 30, esto da como resultado un 96.66% de aciertos y falsos positivos 3.33%. Se deduce que el sensor enviará su alerta en caso de movimientos bruscos cuando se dé la extracción de la computadora vehicular. Resultados representados en el gráfico 4-3.

Tabla 7-3: Pruebas del sensor giroscopio

Lugares	#Muestras	Aciertos	Falso Positivo
Pendiente	10	10	0
Vibraciones	10	9	1
Desniveles	10	10	0
Total	30	29	1

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

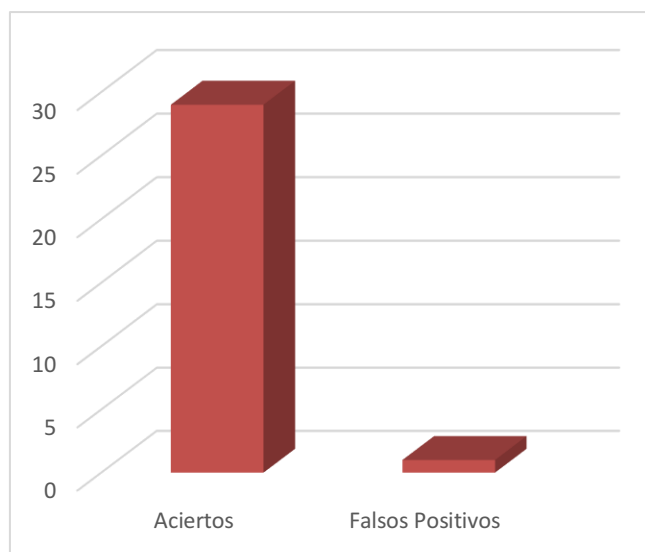


Gráfico 4-3. Resultados de la prueba del giroscopio

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

3.3. Prueba de consumo de corriente

La prueba se realizó para verificar el consumo de energía del sistema mediante la ayuda de un multímetro digital. La prueba muestra una comparación con los datos descritos en la hoja técnica de los dispositivos usados para de esta manera poder obtener el valor del consumo total de energía. En la tabla 8-3 se muestran los valores de corriente total consumida por el dispositivo en funcionamiento.

Tabla 8-3: Consumo de corriente del sistema

N	Dispositivo	Corriente (mA)	Voltaje (V)
1	Raspberry Pi 3 modelo B+	350	5
2	Módulo GSM	1	5
3	Módulo de cámara	100	3.3
4	Arduino Nano	400	5
Corriente total		851	

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

CAPITULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo se denota la relación costo beneficio del dispositivo construido mediante una comparación con una alternativa comercial existente en el mercado. En la tabla 1-4 se muestra el análisis económico se detallan sus cantidades, componentes, y sus respectivos precios de la implementación del sistema. Donde se observa que el sistema implementado tiene un costo total de 234.00 dólares americanos (USD) sin considerar la mano de obra. Cabe mencionar que en el mercado no se conoce sistemas de seguridad que posean similares características al sistema implementado. Al realizar una comparación con dispositivos comerciales de monitoreo satelital en caso de que el vehículo sea robado se determina que el prototipo implementado es un 70.75% más económico; además comparado con el precio de la autoparte es un 76.6% más barato.

Tabla 1-4: Costo del prototipo del sistema

Cantidad	Componente	P. UNITARIO	P.TOTAL
1	Raspberry Pi 3 modelo B+	90.00	90.00
1	Arduino Nano	10.00	10.00
1	Shield GSM, GPRS Y GPS 3G SIM808	45.00	45.00
1	Módulo cámara 5MP con infrarrojo	32.00	32.00
1	Sensor MPU-6050	4.00	4.00
4	Sensores magnéticos	2.00	8.00
2	Módulo reductor de voltaje	3.00	6.00
1	Módulo relé	3.00	3.00
1	Tira Led	10.00	10.00
1	Caja protectora	10.00	10.00
1	Materiales electrónicos	16.00	16.00
TOTAL			234.00

Realizado por: Mestanza, V; Muyulema, L, 2021.

CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de sistema de seguridad vehicular conformado por: un conjunto de sensores y una cámara que mediante visión artificial permite la identificación de usuarios, y a su vez se envían cuatro alertas a través de mensajes de texto al celular del dueño del automotor con la finalidad de informar robos del computador.
- Tras la prueba de posicionamiento de la cámara se determinó que la ubicación de la persona a identificarse debe oscilar entre los 30 y 100 cm puesto que el sistema identifica, y a distancias más cercanas tiende a desenfocar el lente de la cámara por lo que no se da la detección. Esto resulta de gran beneficio en la instalación de la cámara puesto a que se podría ubicar en diferentes lugares dentro del vehículo cumpliendo con la distancia mínima requerida.
- De las pruebas de identificación de rostros se obtiene que el algoritmo implementado presenta una exactitud de 0.98 y una precisión de 0.99, en comparación con lo expuesto en la prueba dos presenta una diferencia que es mínima en cuanto a exactitud y precisión.
- De la prueba de tiempo de procesamiento en el reconocimiento se estableció que de un total de 25 muestras de personas que fueron reconocidos como admitido o denegado se obtiene un tiempo promedio de 17.75s en que el individuo es reconocido, esto se debe a que el algoritmo segmenta el video en cada dos fotogramas deben ser comparados en tiempo real y esto requiere más complejidad computacional, no se produce retardos en la ejecución del programa manteniendo una fluida detección.
- La prueba de envío y recepción de mensajes de alerta estableció que el tiempo de recepción del estado de la puerta es de 14.10s, siendo el tiempo que más se demora en comparación con las demás alertas, esto se debe a que en esta alerta se envía la ubicación del vehículo por lo que debe tomar los datos de estado, tiempo, longitud y latitud y requiere de más tiempo en procesamiento computacional. Por lo que no influye en el tiempo de respuesta del prototipo dado que es menor en un 95.30% al tiempo que tarda en la sustracción de la computadora.

- De las 25 pruebas de funcionamiento del sensor magnético muestra una eficacia del 100% en su activación, por lo cual se concluye que el sensor no posee inconvenientes en su activación.
- De los resultados del funcionamiento del sensor giroscopio, se estableció que posee un 96.66% de aciertos. Concluyendo que el sensor enviará su alerta en caso de movimientos bruscos cuando se dé la extracción de la computadora vehicular.
- Al realizar una comparativa de costos de dispositivos similares con el prototipo implementado resulta un 70.75% más económico; además comparado con el precio de la autoparte es un 76.6% más barato.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el tiempo de pruebas del prototipo con la finalidad de identificar mejoras a su diseño.
- Analizar la posibilidad de buscar una mejora en el algoritmo de procesamiento de imágenes con la finalidad de acelerar los tiempos en el reconocimiento facial.
- Integrar cámaras adicionales en la adquisición de imágenes para una mejor visualización ante diferentes formas de ingreso al interior del vehículo de personas no autorizadas.
- Incorporar el sistema de seguridad en el interior de la computadora automotriz.
- Adecuar a la cámara un sistema de protección contra polvo de manera que permita ser instalado en automotores cuya ubicación de la computadora no se encuentra en el interior de la cabina.
- Buscar alternativas para la activación y desactivación del sistema de seguridad para la comodidad del usuario.
- Mejorar el sistema de iluminación que se ajuste a diferentes niveles de luminosidad.

BIBLIOGRAFÍA

ADSLZONE. *Qué es el WiFi y cómo funciona para conectar todo a Internet* [En línea]. 1 de marzo 2021. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>.

ALIEXPRESS. *Raspberry Pi 1080P 130 grados Cámara* [En línea]. 12 de enero 2020. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/4000105258107.html>.

ARDUINO. *Arduino - Products* [En línea]. [Consulta: 6 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>.

ARDUINO. *Software – Arduino* [En línea]. [Consulta: 6 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/software>.

ARDUINO. *Software Biblioteca de serie* [En línea]. [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>.

AREVALO, Bertha. Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial [En línea](Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2019. pág. 15. [Consulta: 2021-09-09]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13667>.

ARROW. *Raspberry Pi 3 vs. Arduino Uno Rev3* [En línea]. [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/comparing-arduino-uno-and-raspberry-pi-3>

AVELECTRONICS. *Módulo Cámara Raspberry PI con Accesorios* [En línea]. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-camara-raspberry-pi-con-extras/>.

BBC. *Robo de carros: cómo muchos autos de lujo de Estados Unidos terminan en las calles de América Latina* [En línea]. [Consulta: 5 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-47152094>.

BCNVISION. *Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial* [blog]. 11 de abril 2017. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/>.

BECERRA, Fray. Patrones de conducta facial, para identificar accesos informáticos no autorizados [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Señor de Sipán. (Pimentel-Perú). 2019. pp. 42-53. [Consulta: 2021-09-06]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5638/Fray%20Luis%20Becerra%20Su%20c3%a1rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BIBING. *Tecnología bluetooth* [En línea]. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/40048/fichero/VOLUMEN+1.+MEMORIA%252F4.+Tecnolog%C3%ADa+Bluetooth.pdf>.

BLANCO, Wilder. Mecatronnix: Módulo de control electrónico ECM [blog]. 31 de marzo 2018. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://mecatronnix.blogspot.com/2018/05/modulo-de-control-electronico.html>.

CAJAS, Marco, & VIRI, Pablo. Diseño e implementación de un sistema de seguridad vehicular mediante reconocimiento facial a través de visión artificial. [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. (Cuenca-Ecuador). 2017. pág. 14. [Consulta: 2021-09-06]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13566/1/UPS-CT006920.pdf>.

CANOLES, Víctor. *Reparación de ECUs ORG.pdf* [En línea]. 24 de octubre 2019. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/431766109/Reparacion-de-ECUs-ORG-pdf>.

CARDONA, A, & PINEDA, F. “Reconocimiento de rostros en tiempo real sobre dispositivos móviles de bajo costo”. *Lámpsakos* [En línea], 2018, no. 20, pp. 30–39. [Consulta: 23 febrero 2021] ISSN 2145-4086. DOI 10.21501/21454086.2938. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.21501/21454086.2938>.

CARMANUALS2. *2013 Toyota Hilux - Manual del propietario (en español) - PDF (540 páginas)* [En línea]. 10 de junio 2015. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://carmanuals2.com/toyota/hilux-2013-manual-del-propietario-55582>.

CDIWEB. *Acelerómetro y giroscopio de 6 ejes MPU-6500* [En línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.cdiweb.com/products/detail/mpu6500-tdk-invensense/474995/>.

CLARKE, Matt. *PRACTICALDATASCIENCE* [En línea]. 1 de enero 2021. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <https://practicaldatascience.co.uk/machine-learning/how-to-perform-facial-recognition-in-python>.

COMPRATULED. *Tiras LED SMD 3528 y SMD 5050: principales diferencias* [blog]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://blog.compratuled.es/diferencias-entre-los-modelos-de-tiras-led-flexibles-con-smd-3528-y-smd-5050/>.

CORREA, Martín, & CHICHIZOLA, Franco. *Diseño de Sistemas de Reconocimiento de Rostros* [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Nacional de la Plata. (Plata-Argentina). 2001. pp. 57-60. [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/3874/Documento_completo_.pdfPDFA2.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CURSOSAULA21. *Python: qué es, para qué sirve y cómo se programa* [En línea]. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-python/>.

DE LA FUENTE, Eusebio. *Iluminación* [En línea]. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <http://www.librovision.eii.uva.es/pdf/cap11.pdf>.

DLIB. *Biblioteca dlib C ++*. [En línea]. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <http://dlib.net/>.

DOCPLAYER. *TOYOTA HILUX. MOTORES 2KD de 2.5L y 1KD de 3.0L DESNSO HP3. Equipo de Diagnóstico para Automóviles* [En línea]. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/12152824-Toyota-hilux-motores-2kd-de-2-5l-y-1kd-de-3-0l-desnso-hp3-www-tecnocheck-com-equipo-de-diagnostico-para-automoviles.html>.

DOCTORAUTO. *Computadora automotriz: diferencias entre ECU, ECM y PCM* [En línea]. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.doctorauto.com.mx/2017/04/26/computadora-automotriz-diferencias-ecu-ecm-pcm/>.

DOMÍNGUEZ, Sara. Reconocimiento facial mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA) Rostros [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad de Sevilla. (Sevilla-España). 2017. pág. 74. [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91426/fichero/TFG_SARA_DOMINGUEZ_PAVON.pdf

ECROBOTICS. *SIM808 GPRS/GSM+GPS* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ecrobotics.com.bo/producto/sim808-gprs-gsmgps/>.

ECURED. *Cámara Web - EcuRed* [En línea]. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Cámara_Web.

EDUCBA. *Raspberry Pi vs Banana Pi* [En línea]. [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.educba.com/raspberry-pi-vs-banana-pi/>.

ELECTRONICWINGS. *Interfaz MPU6050 con Arduino UNO* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.electronicwings.com/arduino/mpu6050-interfacing-with-arduino-uno>.

ELECTROSCHEMATICS. *Módulo de CC reductor XL4015 con control CV / CC* [En línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.electroschematics.com/dc-module/>.

ESPINOSA, Henry. Diseño e implementación de un sistema de seguridad y alerta para vehículos, basado en reconocimiento facial y localización GPS, en una Raspberry Pi B plus [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional. (Quito-Ecuador). 2016. pág. 11. [Consulta:

2021-08-24]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16667>

FACTORYGEEK. *Sensor magnético para puertas y ventanas* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-magnetico-para-ventanas-y-puertas/>.

FERNÁNDEZ, Yúmbal. *XATAKA* [en línea]. 3 de agosto 2020. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>.

GARCÍA, Héctor, & FERNÁNDEZ, Efrén. Implementación de un modelo de protocolo CAN en un automóvil Volkswagen Jetta 2009 mediante Simulink [En línea] (Posgrado). (Maestría) Universidad de Azuay. (Cuenca-Ecuador). 2020. pág. 10. [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9726>.

GARCÍA, Vicente. *DIARIOELECTRÓNICOHOY* [En línea]. 2 de marzo 2018. [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/configurar-el-mpu6050>.

GEARBEST. *Módulo de Cámara para Raspberry Pi 3 Modelo B / 2B / B + / A + - Multicolor-A 4* [En línea]. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: https://es.gearbest.com/transmitters-receivers-module/pp_009561014487.html.

GEITGEY, Adam. *Reconocimiento facial - documentación de Reconocimiento facial 1.4.0* [En línea]. 2017. [Consulta: 6 septiembre 2021]. Disponible en: <https://face-recognition.readthedocs.io/en/latest/readme.html#identify-faces-in-pictures>.

GONZÁLEZ, A., MARTÍNEZ, F. & PERNÍA, A. “Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial”. [En línea], 2006, (España), pp. 26-34. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>

GUEVARA, M., ECHEVERRY, J. & URUEÑA, W. “Detección de rostros en imágenes digitales usando clasificadores en cascada”. *Scientia et technica* [En línea], 2008, XIV (38), pp. 1-5. [Consulta: 30 de Septiembre de 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903801>.

IBARRA, William. Sistema de control de acceso mediante identificación y verificación facial fundamentado en algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas . (Quito-Ecuador). 2020. pp. 32-35. [Consulta: 2021-09-03]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/22530/T-ESPE-043856.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ILUMINASHOP. *Tira de LED 72W 12v DC SMD5050 60 LED/m 14,4W/m IP65 (5 metros)* [En línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://iluminashop.com/led-producto/tiras-led/tiras-led-12v/tira-de-led-smd5050-300-leds-ip65/>

INCIBE. *Introducción a los sistemas embebidos* [blog]. 8 de febrero 2018. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.incibe-cert.es/blog/introduccion-los-sistemas-embebidos>.

INFAIMON. *La importancia de los sistemas de iluminación en la visión artificial* [blog]. 26 de febrero 2018 [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://blog.infaimon.com/sistemas-de-iluminacion/>.

INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ. *¿Qué es la Computadora de motor PCM y cómo funciona?* [En línea]. 1 de mayo 2020. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-la-computadora-de-motor-pcm-y-como-funciona/>.

INGSISTEMAS. *Ingeniería de sistemas: Tecnología GSM* [blog]. 22 de octubre 2012. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>

IONOS. *Banana Pi: diez proyectos para sacarle todo el jugo* [En línea]. 28 de septiembre 2020. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/proyectos-con-banana-pi/>.

IONOS. *Raspberry Pi: ideas y usos para 2021* [En línea]. 21 de enero 2021. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/un-vistazo-a-proyectos-basados-en-raspberry-pi/>.

JAIN, A.K. & LI, S.Z. *Handbook of face recognition* [En línea]. New York: springer: s.n. ISBN 9780857299314, 2011. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-85729-932-1.pdf>.

JIMÉNEZ, J. “Un análisis del sector automotriz y su modelo de gestión en el suministro de las autopartes”. [En línea], 2006, (México) no. 288, pp. 88. [Consulta: 22 febrero 2021]. ISSN 0188-7297. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt288.pdf>.

LA HORA. *Ladrones tras cerebros vehiculares : Noticias de Quito : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo* [En línea]. 27 de octubre 2006. [Consulta: 6 septiembre 2021]. Disponible en: <https://lahora.com.ec/noticia/491985/ladrones-tras-cerebros-vehiculares->.

LOGITECH. *LOGITECH STREAMCAM* [En línea]. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.logitech.com/es-mx/product/streamcam#specification-tabular>.

MANOSALVAS, Carlos. Diseño de un sistema embebido para el control de ingreso y salida de vehículos a través de internet, en el acceso principal de la ESPOCH [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2017. pág. 5. [Consulta: 2021-09-06]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7621>.

MERCADO LIBRE. *Mgsystem Modulo Regulador Step Down 5a Xl4015 Arduino Pic* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/825ku>.

MERCHÁN, F., GALEANO, S. & POVEDA, H. “Mejoras en el Entrenamiento de Esquemas de Detección de Sonrisas Basados en AdaBoost ”. *I+D Tecnológico* [En línea], 2016, (Panamá) 10(2), pp. 17-30. [Consulta: 4 septiembre 2021]. ISSN: 1680-8894. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/21/html>.

MOLINA, J. & RISCO, M. “Reconocimiento Facial basado en FPGA”. *Eciperu* [En línea], 2011, (Perú) 8(1), pp. 62-67. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2011.0011/>.

MORENO, Ana. Reconocimiento facial automático mediante técnicas de visión tridimensional [En línea] (Tesis). (Doctoral) Universidad Politécnica de Madrid. (Madrid-España). 2004. pp. 3-7. [Consulta: 2021-02-06]. Disponible en: <http://oa.upm.es/625/>.

OSORIO, J.A., AGUIRRE, F.A. & ESCOBAR, M. “Sistemas de seguridad basados en Biometría”. *Redalyc.org* [En línea], 2010, vol. XVII, pp. 98–102. [Consulta: 23 febrero 2021]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920977016>.

PALMA, Mario, & CAMPOS, Jinsop. Prototipo de detección de personas autorizadas para encender un vehículo aplicando técnicas de visión artificial en dispositivos móviles [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Loja. (Loja-Ecuador). 2015. pp. 10-16. [Consulta: 2021-09-06]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11735>.

PLATERO, Donovan. Reconocimiento de imágenes faciales orientado a controles de acceso y sistemas de seguridad móviles [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (Bogotá-Colombia). 2015. pp. 12-13. [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7359>.

PORRAS, Eve. *Ingeniería de sistemas: Tecnología GSM* [blog]. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>.

PRÁCTICASCONARDUINO. *Información básica sobre Arduino* [En línea]. [Consulta: 5 septiembre 2021]. Disponible en: http://www.practicasconarduino.com/manualrapido/informacin_basica_sobre_arduino.html.

PRIETO BLÁZQUEZ, Josep. *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: <https://n9.cl/qxq>.

PROGRAMARFACIL. *Visión artificial, OpenCV y Python, primeros pasos para analizar imágenes* [En línea]. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/81-vision-artificial-opencv-phyton/>.

PROGRAMOERGOSUM. *Control de GPIO con Python en Raspberry Pi* [En línea]. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/raspberry-pi/238-control-de-gpio-con-python-en-raspberry-pi/que-es-gpio>.

PUENTE, Diego. *Accesorios de carros son blanco de las bandas en diciembre. Actualidad Seguridad* [En línea]. 14 de diciembre 2019. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/accesorios-carros-robos-denuncias-quito.html>.

PYIMAGESEARCH. *Reconocimiento facial OpenCV* [En línea]. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.pyimagesearch.com/2018/09/24/opencv-face-recognition/>.

RAHMAD, C., ASMARA, R.A., PUTRA, D.R.H., DHARMA, I., DARMONO, H. & MUHIQQIN, I. “Comparison of Viola-Jones Haar Cascade Classifier and Histogram of Oriented Gradients (HOG) for face detection”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [En línea], 2020, 732(1), pp. 0–8. [Consulta: 14 febrero 2021]. ISSN 1757899X. Disponible en: <https://n9.cl/ds93q>.

RAMÍREZ, J. & DÍAZ, J. “Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas”. [En línea], 2008, pp. 85-89 [Consulta: 1 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/redes2008-2.pdf>.

RASPBERRYPI. *Buy a Raspberry Pi 1 Model B+* [En línea]. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-1-model-b-plus/>.

RESTREPO, Jhonny. *Revisión de las técnicas básicas para el reconocimiento* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Tecnológica de Pereira. (Pereira- Risaralda). pp. 15-21. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://sci-hub.se/https://core.ac.uk/download/pdf/71399586.pdf>.

ROWE, Richard. *¿Dónde se encuentra la unidad de control del motor?* [En línea]. 21 de julio 2017. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.puomotores.com/13112516/donde-se-encuentra-la-unidad-de-control-del-motor>.

RS-ONLINE. *Módulo de cámara Raspberry Pi* [En línea]. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/camaras-para-raspberry-pi/9132664/>

RUIZ MARÍN, M., RODRIGUEZ URIBE, J.C. & OLIVARES MORALES, J.C., 2009. “Una mirada a la biometría”. *Revista Avances en Sistemas e Informática* [En línea], 2009, 6(2), pp. 30-38. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/33315>.

SALAZAR, Christian. Diseño e implementación de un sistema de seguridad para un automóvil con autenticación por reconocimiento facial utilizando técnicas de visión artificial [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2016. pág. 24. [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/5008/1/108T0152.docx>.

SIMCOM. *SIM808 Specifications. GSM / GPRS + GNSS Modules* [en línea]. 2015. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: https://simcom.ee/documents/SIM808/SIM808 SPEC_V1507.pdf

SIVISAPA, L. “Visión artificial aplicada para el reconocimiento del lenguaje de señas”. *GEEKS DECC-Report, Tendencias en Computación REVISTA TÉCNICA DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN* [En línea]. 2014, pp. 18-28. [Consulta: 26 febrero 2021]. ISSN 1390-5236. Disponible en: <https://n9.cl/2bm0k>.

SOLECTROS. *Módulo Relé 5V 10A de 2 Canales Disparo Bajo/Alto* [En línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://solectroshop.com/es/modulos-rele/408-modulo-rele-5v-10a-de-2-canales-disparo-bajo-alto.html>.

SOTO, Jessica. Desarrollo de un sistema embebido para detectar en tiempo real la presencia de personas en ambientes controlados artificial [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas. (Sangolquí -Ecuador). 2018. pp. 6-12. [Consulta: 2021-09-04]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14065/1/T-ESPE-057625.pdf>.

STRAALEN, Roberto. *Reconocimiento facial con Python en una hora (o dos)* [En línea]. 26 de julio 2018. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://medium.com/data-science-lab-amsterdam/face-recognition-with-python-in-an-hour-or-two-d271324cbeb3>.

TESILLO, Cynthia. Análisis comparativo de los algoritmos fisherfaces y lbph para el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación y pose [En línea] (Tesis). (Pregrado) Universidad Nacional Jorge Basadre. (Tacna -Perú). 2016. pp. 31-34. [Consulta: 2021-09-04]. Disponible en: <https://n9.cl/3spx>.

TOLEDO, Angelo. Desarrollo de un autenticador con kinect mediante reconocimiento facial [En línea] (Tesis). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica De Valparaíso. (Valparaíso -Chile). 2015. pp. 10-11. [Consulta: 2021-08-04]. Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-0000/UCD0404_01.pdf.

UNED. *Sistemas Embebidos* [En línea]. [Consulta: 26 febrero 2021]. Disponible en: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf.

UNIPYTHON. *Aprende Visión Artificial con OpenCV y YOLO* [En línea]. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://unipython.com/cursos/aprende-vision-artificial-con-opencv/>.

UNIWEBSIDAD. *Módulos de sistema (Python para principiantes)* [En línea]. [Consulta: 4 marzo 2021]. Disponible en: <https://uniwebsidad.com/libros/python/capitulo-10/modulos-de-sistema>.

VALENCIA, Gabriel, & BRITO, Víctor. Implementación de un control de acceso con reconocimiento facial mediante Opencv para la sala de profesores de la FIE [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba-Ecuador). 2015. pp. 6-8 [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5020>.

VERA, Diego. “Cuento de personas en imagen y video mediante la técnica de Viola-Jones a través de clasificadores Haar utilizando software libre”. [En línea], 2015, (Ciudad del Este, Paraguay), pp.7-10. [Consulta: 4 septiembre 2021]. Disponible en: http://201.217.55.113:88/jspui/bitstream/123456789/49/1/vera_diego.pdf.

VILORIA NÚÑEZ, C., CARDONA PEÑA, J. & LOZANO GARZÓN, C. “Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina”. [En línea], 2009, 25, pp. 200-2017. [Consulta: 4 septiembre 2021]. ISSN 0122-3461. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/n25/n25a11.pdf>.

VIVAS, Abdón. Desarrollo de un sistema de reconocimiento facial [En línea] (Proyecto de fin de Grado). (Pregrado) Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación. (Madrid). 2014. pp. 11-15 [Consulta: 2021-02-23]. Disponible en: https://oa.upm.es/33506/1/TFG_abdon_alejandro_vivas_imparato.pdf.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE DATOS RASPBERRY PI 3B+

Raspberry Pi 3 Model B+
2

Specifications

Processor: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz

Memory: 1GB LPDDR2 SDRAM

Connectivity:

- 2.4 GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
- Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)
- 4 × USB 2.0 ports

Access: Extended 40-pin GPIO header

Video & sound:

- 1 × full size HDMI
- MIPI DSI display port
- MIPI CSI camera port
- 4 pole stereo output and composite video port

Multimedia: H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics

SD card support: Micro SD format for loading operating system and data storage


Input power:

- 5V/2.5A DC via micro USB connector
- 5V DC via GPIO header
- Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)

Environment: Operating temperature, 0–50 °C

Compliance: For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+

Production lifetime: The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



GPIO Pinout Diagram

4 Squarely Placed Mounting Holes 40 GPIO Headers SMSC LAN9514 USB Ethernet Controller

Run Header Used to Reset the PI

Broadcom BCM2835

MicroSD Card Slot (Underneath)

DSI Display Connector

Switching Regulator for Less Power Consumption

5V Micro USB Power

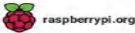
HDMI Out Port

CSI Camera Connector

3.5mm Audio and Composite Output Jack

2x2 USB-A Ports to PC

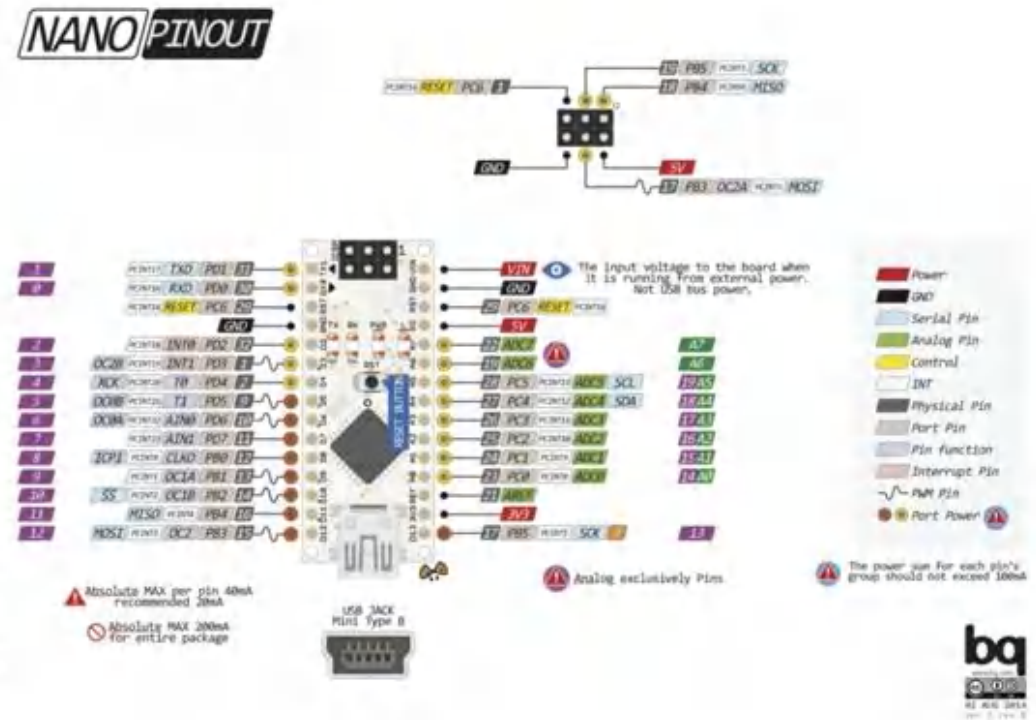
Ethernet Out Port



ANEXO B. HOJA DE DATOS ARDUINO NANO

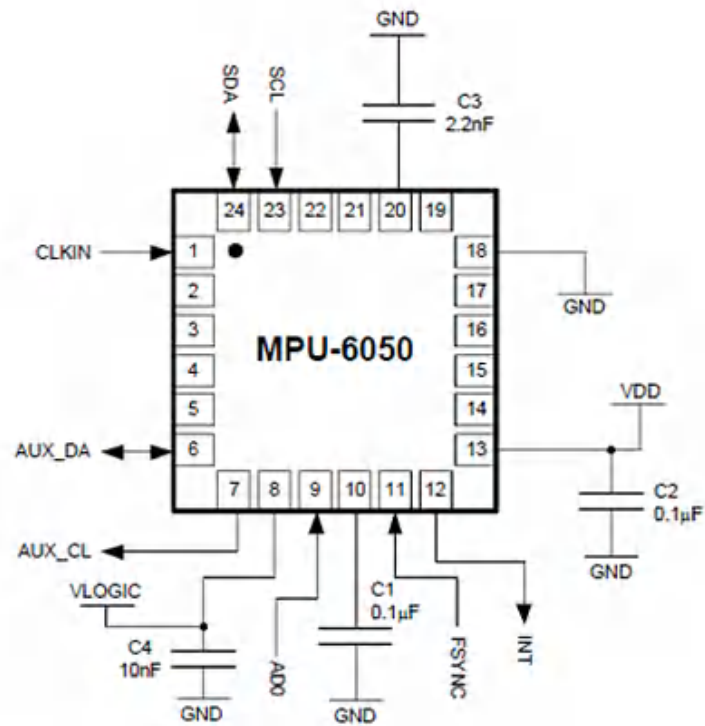
- Microcontrolador: ATmega328.
- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V.
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V.
- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V.
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM).
- Entradas Analógicas: 8. Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA.
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328).
- EEPROM: 1 KB (ATmega328).
- Frecuencia de reloj: 16 MHz.
- Dimensiones: 18.5mm x 43.2mm

Distribución de Pines



ANEXO C. HOJA DE DATOS MÓDULO MPU6050

- Sensor : MPU6050
- Voltaje de operación: 3V/3.3V~5V DC
- Regulador de voltaje en placa
- Grados de libertad (DoF): 6
- Rango Acelerómetro: 2g/4g/8g/16g
- Rango Giroscopio:
250Grad/Seg, 500Grad/Seg, 1000Grad/Seg, 2000Grad/Seg
- Sensibilidad Giroscopio: 131 LSBs/dps
- Interfaz: I2C
- Conversor AD: 16 Bits (salida digital)
- Tamaño: 2.0cm x 1.6cm x 0.3cm



ANEXO D. HOJA DE DATOS CÁMARA PARA RASPBERRY PI 5MP/1080P

- Cámara de infrarrojos de 5MP
- Tipo de sensor: OmniVision OV5647 Color CMOS QSXGA (5 megapíxeles)
- Apertura (F): 1.8
- Longitud focal: 3.6mm / 0.14 "(ajustable)
- Tamaño del sensor: 3.67 x 2.74 mm / 0.14 "x0.11" (formato de 1/4 ")
- Cantidad de píxeles: 2592 x 1944
- Tamaño de píxel: 1.4 x 1.4 um
- Ángulo de visión: 60 grados
- Ángulo de la cámara: el tamaño puede ser reemplazado
- Video: Soporta 1080 p @ 30 fps, 720 p @ 60 fps y 640 x480 p 60/90
- Grabación Interfaz serie de cámara MIPI de 15 pines
- Tamaño: 25 * 24 * 9 mm / 0.98" * 0.94" * 0.35"
- Enfoque fijo: 1m hasta el infinito
- Color de la imagen: Negro



ANEXO E. HOJA DE DATOS SHIELD GSM, GPRS Y GPS 3G SIM808

Características generales:

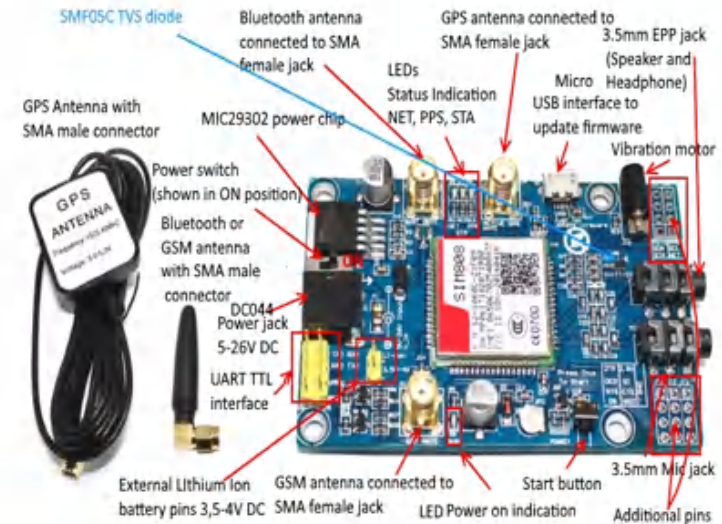
- Cuatribanda 850/900/1800/1900 MHz
- Clase de ranuras múltiples GPRS 12/10
- Estación móvil GPRS clase B
- Cumple con GSM fase 2/2 + (Clase 4 (2 W @ 850 / 900MHz; Clase 1 (1 W @ 1800 / 1900MHz))
- Bluetooth: compatible con 3.0 + EDR
- FM: bandas mundiales de 76 ~ 109 MHz con paso de sintonización de 50 kHz
- Dimensiones: 24.0 * 24.0 * 2.6 mm
- Peso: 3.30g
- Control mediante comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y comandos AT mejorados de SIMCOM)
- Rango de voltaje de suministro 3.4 ~ 4.4V
- Bajo consumo de energía
- Temperatura de funcionamiento: -40 °C ~ 85 °C

Especificaciones para datos GPRS:

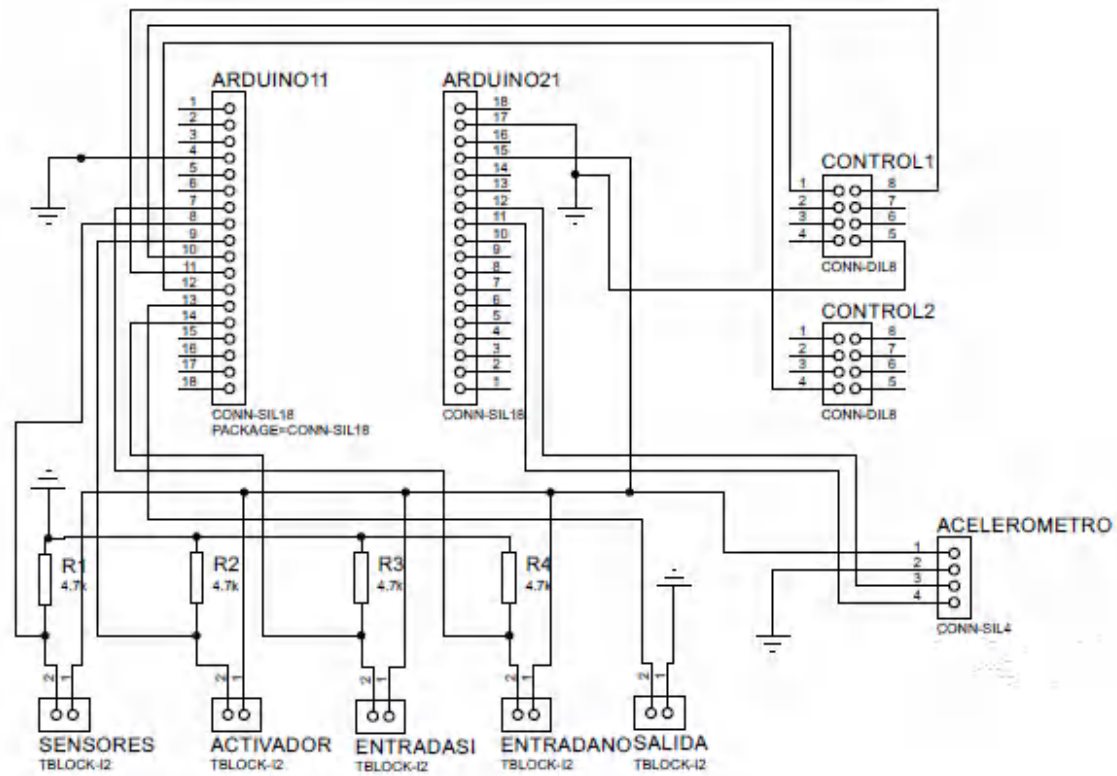
- Clase GPRS 12: máx. 85,6 kbps (enlace descendente / enlace ascendente)
- Soporte PBCCH
- Esquemas de codificación CS 1, 2, 3, 4
- Pila PPP
- CSD hasta 14,4 kbps
- USSD

Especificaciones para SMS a través de GSM / GPRS:

- Punto a punto MO y MT
- Difusión celular SMS
- Modo texto y PDU



ANEXO F. DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL PROCESADOR SECUNDARIO



ANEXO G. SOFTWARE DEL PROTOTIPO (CÓDIGO PYTHON)

```

import sys
import cv2
import numpy as np
from time import sleep
import dlib
import face_recognition
import csv
from numpy import array
import logging
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import picamera

GPIO.setmode(GPIO.BCM)

GPIO.setup(22, GPIO.IN)
GPIO.setup(18, GPIO.OUT)
GPIO.setup(17, GPIO.OUT)
GPIO.setup(23, GPIO.OUT)

GPIO.output(18, GPIO.LOW)
GPIO.output(17, GPIO.LOW)
GPIO.output(23, GPIO.LOW)

imagen_valeria1 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/val3.png')
imagen_valeria2 = cv2.resize(imagen_valeria1, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)

imagen_valeria2 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/val3.png')
imagen_valeria2b = cv2.resize(imagen_valeria2, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)

imagen_valeria3 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/val1.png')
imagen_valeria3 = cv2.resize(imagen_valeria3, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)

imagen_valeria4 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/val13.png')
imagen_valeria4 = cv2.resize(imagen_valeria4, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)
imagen_valeria5 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/val14.png')
imagen_valeria5 = cv2.resize(imagen_valeria5, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)

imagen_liseth1 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/lis4.png')
imagen_liseth1a = cv2.resize(imagen_liseth1, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)
imagen_liseth2 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/lis1.png')
imagen_liseth2a = cv2.resize(imagen_liseth2, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)
imagen_liseth3 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/lis2.png')
imagen_liseth3a = cv2.resize(imagen_liseth3, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)
imagen_liseth4 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/lis3.png')
imagen_liseth4a = cv2.resize(imagen_liseth4, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)
imagen_liseth5 = face_recognition.load_image_file('/home/pi/basedatos/lis4.png')
imagen_liseth5a = cv2.resize(imagen_liseth5, (0,0), fx=0.20, fy=0.20)

```

7/10

```

print('Resized Dimensions : ',imagen_valeria1.shape)
print('Resized Dimensions : ',imagen_valeria2.shape)
print('Resized Dimensions : ',imagen_liseth1a.shape)
print('Resized Dimensions : ',imagen_liseth1.shape)

Resized Dimensions : (1944, 2592, 3)
Resized Dimensions : (369, 518, 3)
"""

valeria_encodings1 = face_recognition.face_encodings(imagen_valeria1a)[0]#128 puntos
valeria_encodings2 = face_recognition.face_encodings(imagen_valeria2a)[0]#128 puntos
valeria_encodings3 = face_recognition.face_encodings(imagen_valeria3a)[0]#128 puntos
valeria_encodings4 = face_recognition.face_encodings(imagen_valeria4a)[0]#128 puntos
valeria_encodings5 = face_recognition.face_encodings(imagen_valeria5a)[0]#128 puntos

liseth_encodings1 = face_recognition.face_encodings(imagen_liseth1a)[0]
liseth_encodings2 = face_recognition.face_encodings(imagen_liseth2a)[0]
liseth_encodings3 = face_recognition.face_encodings(imagen_liseth3a)[0]
liseth_encodings4 = face_recognition.face_encodings(imagen_liseth4a)[0]
liseth_encodings5 = face_recognition.face_encodings(imagen_liseth5a)[0]

encodings_conocidos = [valeria_encodings1,valeria_encodings2,valeria_encodings3,valeria_encodings4,
                        valeria_encodings5,liseth_encodings1,liseth_encodings2,liseth_encodings3,
                        liseth_encodings4,liseth_encodings5]
nombres_conocidos = ["Valeria1","Valeria2","Valeria3","Valeria4","Valeria5",
                    "Liseth1","Liseth2","Liseth3","Liseth4","Liseth5"]

num_img=1
num_imgd=1
a=1
adminiada=0
denegado=0

GPIO.output(23, GPIO.HIGH)
time.sleep(1)
GPIO.output(23, GPIO.LOW)
time.sleep(1)
GPIO.output(23, GPIO.HIGH)
time.sleep(1)
GPIO.output(23, GPIO.LOW)

t=0
suma=0
try:

    while 1:

        video_capture = cv2.VideoCapture(0)
        if GPIO.input(22):
            s=0
            t=time.process_time()
            suma=0
            GPIO.output(23, GPIO.HIGH)

```



```

while video_capture.isOpened() and a==0:

    ok, frameC = video_capture.read()

    if not ok:
        logging.error("Could not read frame from camera. Stopping video capture.")
        break

    for encoding in encodings_rostros:

        coincidencias = face_recognition.compare_faces(encodings_conocidos, encoding)

        if True in coincidencias:
            nombre = nombres_conocidos[coincidencias.index(True)]
            admitido=admitido+1
            if(admitido==3):
                GPIO.output(18, GPIO.HIGH)
                cv2.imwrite("/home/pi/basedatos/1/admitido%d.jpg"%(num_imaga),frameC)
                time.sleep(3)
                GPIO.output(18, GPIO.LOW)
                a=1
                GPIO.output(23, GPIO.LOW)
                num_imaga=num_imaga+1

            else:
                nombre = None
                denegado=denegado+1
                if(denegado==3):
                    GPIO.output(17, GPIO.HIGH)
                    cv2.imwrite("/home/pi/basedatos/1/denegado%d.jpg"%(num_imgd),frameC)
                    time.sleep(3)
                    GPIO.output(17, GPIO.LOW)
                    a=1
                    GPIO.output(23, GPIO.LOW)
                    num_imgd=num_imgd+1

        [loc]-(loc_rostros)
        bottom = loc[0]#y2
        right= loc[1]#x2
        top = loc[2]#y1
        left = loc[3]#x1

        if nombre is None:
            nombre = 'Desconocido'
            color = (0, 0, 255)
        else:
            color = (0, 128, 0)

        cv2.rectangle(frameC, (left, top), (right, bottom), color, 2)

```

```

cv2.rectangle(frameC, (left, bottom - 35), (right, bottom), color, cv2.FILLED)
cv2.putText(frameC, nombre, (left + 6, bottom - 6), cv2.FONT_HERSHEY_DUPLEX, 1.0, (255, 255, 255), 1)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
    break

elapsed_time=time.process_time()-t
suma=suma+elapsed_time

video_capture.release()
cv2.destroyAllWindows()
denegado=0
admitido=0
a=1
GPIO.output(23, GPIO.LOW)

except KeyboardInterrupt:
    print("Keyboard interrupt")

except:
    print("some error")
finally:
    GPIO.cleanup()

```

ANEXO H. SOFTWARE DEL PROTOTIPO (CÓDIGO ARDUINO)

```
#include <SoftwareSerial.h> // gsm
SoftwareSerial SIM800(7, 8); // pines gsm
////////////////////////////////////////////////////
String data[5];
#define DEBUG true
String state, timegps, latitude, longitude; // variables gps
////////////////////////////////////////////////////
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include "Wire.h"
MPU6050 sensor;
int x, y, az;
////////////////////////////////////////////////////
int a = 5;
////////////////////////////////////////////////////
int entrada0 = 4;
int entrada1 = 11;
int salida = 10;
int activar = 6;
int sensor = 5;
int luces = 12;
char phone_num[] = "0987443097"; //numero de telefono
////////////////////////////////////////////////////
void setup() {
  pinMode(sensor, INPUT);
  pinMode(entrada0, INPUT);
  pinMode(entrada1, INPUT);
  pinMode(salida, OUTPUT);
  pinMode(activar, INPUT);
  pinMode(luces, OUTPUT);
  Serial.begin(19200);
  Wire.begin();
  sensor.initialize();
  if (sensor.testConnection()) Serial.println("Sensor iniciado correctamente");
  else Serial.println("Error al iniciar el sensor");
  SIM800.begin(19200);
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);
  delay(3000);
  Serial.println("OK");
  delay(10000);
  Serial.println("Esperando activación del sistema");

  sendData("AT+CGNSFWR=1", 1000, DEBUG);
  delay(10);
  sendData("AT+CGNSSEQ=RM", 1000, DEBUG);
  delay(10);
}

void loop() {
  if (digitalRead(activar) == 1)
  {
```

```

a=0;
Serial.println("SISTEMA ACTIVADO");
delay(5000); // tiempo de espera para activar el sistema
}
//-----//
if (a == 0)
{
  if (digitalRead(sensor) == 0)
  {
    analogWrite(salida, 120);
    delay(200);
    analogWrite(salida, 0);
    digitalWrite(luces, HIGH);
    //mensajeprueba();
    mensajeasasi();
    a=1;
  }
}
//-----//
if (a == 1)
{
  accelerometer();
  if (digitalRead(entrada1) == 1)
  {
    //mensajeprueba();
    digitalWrite(luces, LOW);
    mensajeasasi();
    a=1;
  }
  if (digitalRead(entrada0) == 1)
  {
    //mensajeprueba();
    mensajeasasi();
    analogWrite(salida, 120);
    delay(500);
    analogWrite(salida, 0);
    a=2;
  }
}
//-----//
if (a == 2)
{
  accelerometer();
  if (digitalRead(entrada1) == 1)
  {
    //mensajeprueba();
    mensajeasasi();
    a=5;
  }
}
//-----//
if (a == 5)
{
  analogWrite(salida, 0);
```

```

digitsWrite(haces.FLOW);
}
//-----//
if(n==6)
{
delay(5000);
n++;
}
}

void mensajeporta()
{
sendLabData("AT+CGSMS",1000,DEB,G);
// if (state!=0) {
Serial.println("State :"+state);
Serial.println("Time :"+timecsps);
Serial.println("Latitude :"+latitude);
Serial.println("Longitude :"+longitude);
Serial.println("PUERTA ABIERTA");
Serial.println("Enviando SMS ");
SIM808.println("AT+CMGF=1");
delay(1000);
SIM808.println("AT+CMGS=");
SIM808.println(phone_no);
SIM808.println("");
delay(1000);
SIM808.println("UNA PUERTA DEL VEHICULO HA SIDO ABIERTA. LOCALIZACION DEL VEHICULO:");
};
SIM808.println("http://maps.google.com/maps?q=");
SIM808.println(latitude);
SIM808.println(",");
SIM808.println(longitude);
delay(100);
SIM808.println((char)26);
delay(100);
SIM808.println();
Serial.println("SMS enviado");
void mensajeerror()
{
Serial.println("USUARIO NO RECONOCIDO");
Serial.println("Enviando SMS ");
SIM808.println("AT+CMGF=1");
delay(1000);
SIM808.println("AT+CMGS=");
SIM808.println(phone_no);
SIM808.println("");
delay(1000);
SIM808.println("****USUARIO INCORRECTO**** NO SE RECONOCE AL DUEÑO DEL VEHICULO ");
delay(100);
SIM808.println((char)26);
}
}

```

```

delay(100);
SIM808.println();
delay(1000);
Serial.println("SMS enviado");
}
void mensajecarasi()
{
Serial.println("USUARIO RECONOCIDO");
Serial.println("Enviando SMS. ");
SIM808.println("AT+CMGF=1");
delay(1000);
SIM808.println("AT+CMGS=");
SIM808.println(phone_no);
SIM808.println("");
delay(1000);
SIM808.println("****USUARIO ENCONTRADO**** EL SISTEMA SE DESACTIVO");
delay(100);
SIM808.println((char)26);
delay(100);
SIM808.println();
delay(5000);
Serial.println("SMS enviado");
}

void mensajecomputadora()
{
Serial.println("ROBO COMPUTADORA");
Serial.println("Enviando SMS. ");
SIM808.println("AT+CMGF=1");
delay(1000);
SIM808.println("AT+CMGS=");
SIM808.println(phone_no);
SIM808.println("");
delay(5000);
SIM808.println("****ROBO**** LA COMPUTADORA DEL VEHICULO ESTA SIENDO ROBADA");
delay(100);
SIM808.println((char)26);
delay(100);
SIM808.println();
Serial.println("SMS enviado");
}

void acelerometro()
{
Sensor getAcceleration(&ax, &ay, &az);
float accel_ang_x=atan(ax/sqrt(pow(ay,2) + pow(az,2)))/(180/3.14);
float accel_ang_y=atan(ay/sqrt(pow(ax,2) + pow(az,2)))/(180/3.14);
// Serial.println("Inclinacion en X:");
// Serial.println(accel_ang_x);
// Serial.println("Inclinacion en Y:");
// Serial.println(accel_ang_y);
if((accel_ang_x < -40) || (accel_ang_x > 40) || (accel_ang_y > 40) || (accel_ang_y < -40))
{
}
}

```

```

/*****
 *
 *
 */
//no subject to start with
manager(computador);
n=5;
}
delay(10);
}

//*****
void sendTabData(String command, const int timeout, boolean debug){

    SIMBUS printf(command);
    long int time = millis();
    int i = 0;

    while((time-timeout) > millis()){
        while(SIMBUS available()){
            char c = SIMBUS read();
            if (c != '\n') {
                data[i] = c;
                delay(100);
            } else {
                i++;
            }
            if (i == 5) {
                delay(100);
                goto exitL;
            }
        }
    }
    exitL:
    if (debug) {
        data = data[1];
        time = data[2];
        latitude = data[3];
        longitude = data[4];
    }
}

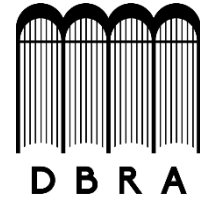
String sendData(String command, const int timeout, boolean debug){
    String response = "";
    SIMBUS printf(command);
    long int time = millis();
    int i = 0;

    while ((time-timeout) > millis()){
        while (SIMBUS available()){
            char c = SIMBUS read();
            response += c;
        }
    }
    if (debug) {
        Serial.println(response);
    }
    return response;
}

```



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: VALERIA MISHHELL MESTANZA CISNEROS
LIZETH SANDY MUYULEMA GUAYOLEMA

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Título a optar: INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1848-DBRA-UPT-2021