



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**“DETECTOR DE ALCOHOLEMIA PARA CONDUCTORES QUE
ANALIZA VARIABLES FACIALES Y AMBIENTALES DEL AUTOMÓVIL
MEDIANTE EL APRENDIZAJE AUTOMÁTICO SUPERVISADO PARA
LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO”**

AUTORA: PORTILLA ARTEAGA LICETH GEOVANA

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2018

Detector de alcoholemia para conductores que analiza variables faciales y ambientales del automóvil mediante el aprendizaje automático supervisado para la reducción de Accidentes de Tránsito

Liceth Portilla¹, Ing Jaime Michlilena MSc.², Ing. Sandra Narváez³

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José MarÁa Córdova, Ibarra, Imbabura.

¹lgportilla@utn.edu.ec, ²jrmichilena@utn.edu.ec, ³snarvaez@utn.edu.ec

Resumen. *En el presente trabajo de titulación se realizará un detector de alcoholemia para conductores que analiza variables faciales y ambientales del automóvil mediante el aprendizaje automático supervisado, con el cual se pretende obtener una herramienta diseñada para la reducción de accidentes de tránsito a causa de conductores que se encuentran en estado etílico, el proyecto se encuentra desarrollado en base a la metodología del modelo en V con el cual se establecen los parámetros y funciones que se deben cumplir en cada una de sus fases. Dicho modelamiento se encuentra desarrollado en dos etapas, la primera tiene la finalidad recolectar la temperatura facial, diámetro de la pupila y nivel de alcohol en el aliento del conductor para crear un conjunto de datos que serán utilizados para el entrenamiento del algoritmo de aprendizaje automático supervisado basado en la clasificación del árbol de decisión, la segunda etapa del sistema verifica el estado del conductor haciendo uso del algoritmo mencionado cuyo resultado determinará si el vehículo se enciende o no, al finalizar la prueba se realiza el reconocimiento facial del conductor para evitar que exista una suplantación de identidad.*

Palabras Claves

Aprendizaje Automático, Conductor en estado etílico, Diámetro de la pupila, Temperatura Facial, Nivel de alcohol en el aliento.

Abstract. *In the present degree work will be developed a breathalyzer detector for drivers, which analyzes facial variables and environmental variables of the automobile through supervised machine learning, with which it is intended to obtain a tool designed for the reduction of traffic accidents due to of drunk drivers, the project is developed in base on the methodology of the V model with which the parameters and functions that must be met in each of its phases. Before mentioned modeling is developed in two stages, the first one has the purpose of collecting the facial temperature, diameter of the pupil and level of alcohol in the driver's breath, to create a set of data that will be used for the training of the supervised machine learning algorithm based on the Decision Tree Classification, the second stage of the system verifies the driver's status using the mentioned algorithm whose result will determine if the vehicle turns on or not, at the*

end of the breathalyzer test will be performed the facial recognition of the driver is performed to avoid identity impersonation.

Keywords.

Machine Learning, Drunk driver, Pupil Diameter, Facial Temperature, Alcohol Level in the driver's breath.

I. INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional de Tránsito ANT en las estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial ha clasificado los accidentes en siniestros, lesionados y fallecidos; dentro de los cuales existen 28 causas probables de accidentes automovilísticos a Nivel Nacional, siendo una de las principales causas Conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos. A pesar de que dentro del Código Orgánico Integral Penal COIP existen sanciones para la persona que conduzca en estado de ebriedad el porcentaje de siniestros de tránsito en el Ecuador ha incrementado de un 6,72% en el 2015 a un 7,23% en el 2017 [1], esto se debe a que un conductor ebrio presenta: un falso estado de euforia, un aumento del tiempo de reacción, la reducción del campo visual, la invasión de un carril sin motivo, lo que produce un alto número de siniestralidad en términos de pasajeros muertos, heridos y pérdidas materiales, ocasionando en la ciudadanía incertidumbre y preocupación a causa de personas imprudentes que conducen en estado de ebriedad [2].

En la actualidad en el mercado existe un gran número de métodos para la detección del nivel de alcohol en un conductor, uno de las técnicas más populares es el analizador de aliento; sin embargo, este no es infalible, ya que para determinar el efecto que tiene el etanol ingerido sobre la capacidad de conducir el conductor debe exhalar a través del analizador para tomar la muestra del aliento y medir la concentración de etanol en el aire exhalado [3], el inconveniente más relevante en dicha prueba es la dificultad que tiene para determinar que la persona que realiza la prueba es en realidad quien va a conducir el vehículo y no un pasajero que se encuentre en estado de sobriedad. Otra técnica empleada en Países desarrollados es el uso de tiras transductoras sobre la

calzada para delimitar carriles, no obstante, este sistema es muy costoso y existe la posibilidad de daños en los transductores cuando hay mucha fricción con las ruedas debido al exceso de velocidad [4]. También se proponen enfoques para la discriminación de una persona con altos niveles de alcohol usando imágenes infrarrojas térmicas con el fin de vigilar los cambios de la temperatura en las regiones cerca de la boca, nariz y frente, además de visualizar el aumento de actividad en los vasos sanguíneos faciales, debido al incremento de la temperatura en personas que consumen alcohol [5], el inconveniente que presenta la implementación de este sistema es su elevado costo de instalación de las cámaras térmicas para distinguir que una persona ha ingerido bebidas alcohólicas por medio de valores radiométricos en su rostro.

En el presente artículo científico se recopila la información necesaria para determinar los parámetros que se deben tomar en cuenta para la implementación del Detector de alcoholemia para conductores que analiza variables faciales y ambientales del automóvil mediante el aprendizaje automático supervisado para la reducción de Accidentes de Tránsito. Para lo cual se realizará un estudio sistematizado de los efectos del consumo de alcohol y los registros de accidentes de tránsito en el Ecuador, así como de los sensores utilizados en la identificación de conductores en estado etílico. También se abordan los principios de la Visión Artificial, con los principales algoritmos de reconocimiento facial y la biblioteca OpenCV. Finalmente se trata los conceptos de aprendizaje automático supervisado, los algoritmos y la biblioteca Scikit-learn, después se procederá a seleccionar la metodología de desarrollo más óptima que permita establecer los parámetros y funciones que se deben cumplir a lo largo del proyecto, el sistema será sometido a pruebas de funcionalidad con diferentes sujetos en estados etílicos y sobrios cuyos resultados demostraran la factibilidad del sistema y a su vez mediante un análisis de costo beneficio se demostrará la rentabilidad del proyecto. Este documento está estructurado de la siguiente manera, Sección I es una breve introducción al tema, Sección II presenta la Revisión bibliográfica, Sección III describe el Desarrollo Experimental, Sección IV contiene las pruebas de funcionamiento, Sección V Análisis Económico y Sección VI Conclusiones.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Registro de accidentes de tránsito a causa de conducir bajo los efectos de alcohol

Dentro de los datos oficiales proporcionados por la ANT¹, conducir bajo la influencia de alcohol es una de las principales causas de accidentes de tránsito a nivel Nacional que ocasionan lesiones, muertes y siniestros, debido al gran porcentaje que presentan se busca alternativas que permitan mejorar el transporte terrestre y la seguridad vial para el conductor, los tripulantes del

vehículo y peatones que sean víctimas de un conductor en estado de ebriedad. La Figura 1 muestra el porcentaje de accidentes a nivel Nacional ocurridos en los 3 últimos años [1].

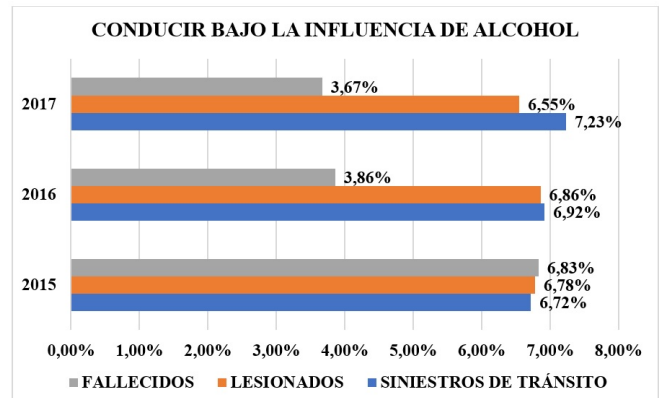


Fig. 1. Porcentaje que representa conducir bajo la influencia de alcohol sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos con relación a todos los accidentes ocasionados por las demás causas probables entre los años 2015 y 2017

Fuente: Adaptado de [1]

Para evitar accidentes en las autopistas ocasionados por conductores irresponsables es necesario conocer los efectos que produce la ingesta de bebidas alcohólicas debido a que afecta directamente el sistema nervioso central, provocando en los conductores alteración sobre la visión, la función psicomotora, cambios de activación-alerta, el comportamiento y la conducta [2].

- Con relación a la conducta visual se destaca la disminución del campo visual.
- Con respecto a las funciones psicomotoras el tiempo de reacción del conductor se extiende, siendo capaz de llegar a ser 2 o mas segundos.
- Con respecto a los cambios de activación y alerta el etanol hace que la fatiga muscular y sensorial sea mayor, disminuyendo considerablemente la alerta y vigilia.
- Debido a la cantidad ingerida de alcohol se ve alterado el comportamiento y la conducta, ya que los individuos en estado etílico presentan un menor sentido de la responsabilidad y la prudencia.

Las sanciones o multas aplicadas para las personas que conduzcan en estado de ebriedad por infringir alguna contravención de tránsito en el Ecuador se establecen como detalla el COIP² en el artículo 385, en el cual se establece que la persona que conduzca un vehículo en estado de embriaguez será sancionada de acuerdo con una escala de niveles, en todos los casos la Aprensión del vehículo es de 24 horas. A continuación, en la Tabla 1 se muestra las sanciones señaladas:

¹Agencia Nacional de Tránsito

²Código Orgánico Integral Penal

Tabla. 1. Sanciones por Conducir en estado de Ebriedad

Nivel	CAS (gramos)	Multa Salario	Pérdida de puntos	Privación de libertad
1	0,3 a 0,8	1	5	5
2	0,8 a 1,2	1	10	15
3	Mayor 1,2	2 2 2	Suspensión licencia 60 días	30
Servicio Público	Nivel max. 0,1		30	90

2.2. Métodos para la detección de alcoholemia en conductores

Dentro de los métodos se encuentra el análisis alcohol en: sangre orina, saliva y el aliento; la prueba más empleada por los agentes de tránsito es el análisis de alcohol en el aliento esto se debe a que presenta iguales beneficios y fiabilidad que los métodos que se realizan en un centro de salud cuando se mide el CAS³ y presenta ventajas sobre la CAO⁴ dentro de las que se encuentran el hecho de no ser una prueba invasiva, la facilidad para obtener una muestra de aliento, además de que se puede obtener el resultado de manera inmediata. Sin embargo estudios preliminares presentan otro método para determinar si una persona se encuentra en estado etílico a través de la temperatura facial, la cual incrementa cuando una persona se encuentra en estado etílico y con el objetivo de vigilar los posibles cambios de la temperatura con el consumo de alcohol, Koukiou, G; Panagopoulos, G y Anastassopoulos, V en su artículo denominado Drunk person identification using thermal infrared images seleccionaron 20 puntos diferentes en el rostro de las personas y como resultados se obtuvo que los cambios más significativos de temperatura cuando una persona esta en estado de ebriedad se encuentran: en la nariz y frente [6]. A continuación en la Tabla 2 se indica la variación de temperatura existente.

Tabla. 2. Incremento de temperatura en las regiones de nariz y frente del rostro en una persona ebria.

	Sobrias		Ebrias		Variación Temperatura
	Frente	Nariz	Frente	Nariz	
A	230,5	221,1	214,7	233,9	28,7
B	230,4	226,5	197,2	226,7	33,3
C	229,7	183,8	193,4	232,3	84,8
D	220,0	218,7	190,8	227,4	37,8
E	233,7	186,4	220,1	218,3	45,5
F	212,7	219,2	200,0	232,6	26,2

Además de determinar que existen puntos del rostro que incrementan su temperatura, estudios preliminares realizados por Koukiou Georgia y Anastassopoulos Vasilis en su artículo denominado Eye temperature distribution in drunk persons using thermal imagery manifiestan que existe una distribución de la temperatura en todo el ojo antes y después del consumo de alcohol, para visualizar los resultados se hace uso de algoritmos simples de procesamiento de imágenes y técnicas

de modificación del histograma, con los cuales se determina que existe una diferencia de temperatura entre la esclerótica y el iris cuando alguien consume alcohol.

2.3. Visión por computador

El área de visión por computador se encarga de transformar de datos que se obtienen de una cámara fija o de video en una representación digital para procesar y entender imágenes y videos. El objetivo de la visión computacional es extraer características de una imagen para su descripción e interpretación en el computador [7].

Cada aplicación de visión artificial o por computadora tiene sus especificaciones, sin embargo, existen etapas comunes entre ellas y no necesariamente se debe cubrir todas las fases en una implementación concreta. En la Figura 2 se muestra las etapas de visión artificial generalizadas para el desarrollo del proyecto, en la cual existe un encadenamiento temporal de una etapa sobre otra.

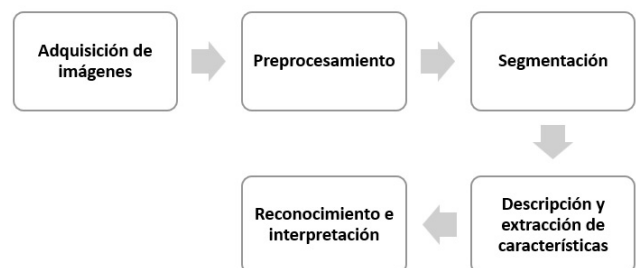


Fig. 2. Diagrama de bloques con las etapas de Visión Artificial

Fuente: Adaptado de [8]

Existen varios métodos para la detección facial con la finalidad de mejorar y reducir el tiempo de un sistema electrónico para detectar el rostro, sin embargo, el algoritmo de Viola-Jones, se lo considera como el más eficaz, obteniendo un mayor porcentaje de aciertos respecto a sus pares, además de detectar más rápido el rostro. Este algoritmo integra un nuevo concepto, la imagen integral, que junto con el algoritmo de boost como método de entrenamiento, forman un clasificador complejo y preciso [9]. El algoritmo de detección facial buscará características específicas que sean comunes en un rostro humano. Estas características por extraer son invariantes respecto al tamaño de la zona de búsqueda de la imagen. En la Figura 3 se muestran las más comunes.

³Concentración de alcohol en la Sangre

⁴Concentración de alcohol en la Orina

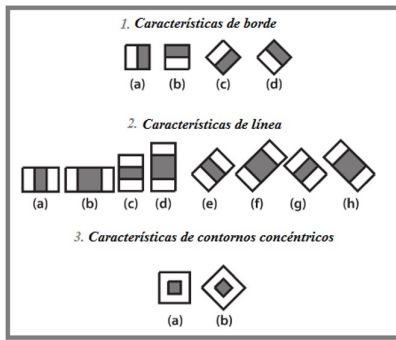


Fig. 3. Características principales que comprueba el detector Viola y Jones

Fuente: Adaptado de [10]

OpenCV⁵ es una librería de código abierto para el desarrollo de funciones de programación dirigidas principalmente a visión por computador y con un fuerte enfoque en aplicaciones que necesitan ser interpretadas en tiempo real. Esta librería dispone de varios algoritmos, dentro de los cuales se encuentra una clase para el reconocimiento de rostros denominada FaceRecognizer, con diferentes métodos basados en apariencia lineales como: Eigenfaces (basado en PCA), Fisherfaces (basado en FLD) y Local Binary Patterns Histograms.

2.3. Aprendizaje automático

El aprendizaje automático (Machine Learning) es una rama de la inteligencia artificial cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender. Un sistema puede aprender de un conjunto de datos mediante la extracción de ciertos patrones y luego ser capaz de responder a preguntas relacionadas con un nuevo conjunto de datos. Las aproximaciones metodológicas al diseño de las etapas de aprendizaje pueden ser: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje mediante refuerzo [11]. Para el desarrollo del proyecto se empleará un aprendizaje supervisado ya que los valores del conjunto de entrenamiento serán establecido mediante un prototipo electrónico que recolectará los atributos necesarios para la construcción del algoritmo.

Scikit-learn es la biblioteca de código abierto para el aprendizaje automático diseñada para el lenguaje de programación Python. La finalidad de esta es proporcionar herramientas de aprendizaje automático eficientes y bien establecidas dentro un entorno de programación accesible para los expertos en aprendizaje automático y reusable en varias áreas científicas. Esta biblioteca, incluye algoritmos de aprendizaje clásico, herramientas de evaluación y selección de modelos, así como procedimientos de preprocesamiento de datos [12]. Dentro de los beneficios que presenta construir un algoritmo de aprendizaje automático la biblioteca scikit-learn se encuentran:

- Interfaz consistente para los modelos de aprendizaje automático.

- Proporciona muchos parámetros de ajuste, pero con valores predeterminados razonables.
- Documentación excepcional.
- Amplio conjunto de funcionalidades para tareas complementarias.
- Comunidad activa para desarrollo y apoyo.

2.4. Sistemas de bloqueo del automóvil

Debido a que no es suficiente con que el conductor realice una prueba de alcoholemia y sea consciente de las consecuencias que conlleva manejar un vehículo en estado de ebriedad y no conduzca si la prueba marca un valor alto de contenido de alcohol, es indispensable implementar una etapa de bloqueo que lo obligue a salvaguardar su vida y la de los ocupantes del vehículo, a continuación, se detallan los siguientes sistemas de bloqueo:

- Sistema de bloqueo mecánico a través de la llave de contacto.
- Sistema de bloqueo a través de la bomba del combustible.
- Sistema de bloqueo de encendido mediante la función anti-arranque o anti-encendido.

III. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El modelo de desarrollo a emplearse para la realización de la investigación es el “Modelo en V”, el cual cumple con el proceso adecuado a través del cual se crea el proyecto, ya que este modelo relaciona las pruebas de validación con las fases de análisis, diseño y desarrollo del proyecto; de esta manera se puede identificar en qué fase se debe iniciar si alguna prueba falla, lo que garantiza altas posibilidades de éxito y minimiza los riesgos en la fase final. En la Figura 4 se muestra las dos áreas y los niveles en la que se encuentra dividido el Modelo en V; el área izquierda contiene el análisis, los requerimientos y el diseño del sistema hasta llegar a la implementación; mientras que el área derecha comprende las validaciones del proyecto diseñadas específicamente para cada fase.

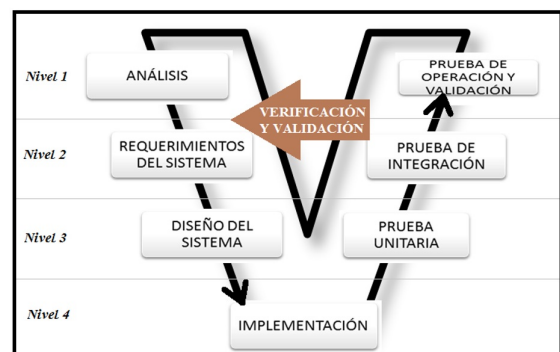


Fig. 4. Modelo en V para el desarrollo de Proyectos

Fuente: Adaptado de [12]

⁵Librería de Visión Computarizada de Código Abierto

3.2. Análisis

Para determinar los factores que intervienen en el desarrollo del Detector de Alcoholemia, se necesita realizar un análisis del entorno en el cual va a ser implementado el proyecto, en este caso un automóvil marca Chevrolet, modelo Corsa Evolution del año 2007; a partir del cual se obtendrá la información necesaria para determinar la ubicación y modelo del hardware a emplearse. A continuación, se indican las dimensiones del interior del vehículo, la finalidad de conocer dichas dimensiones es determinar en la parte de requerimientos del sistema el número de sensores y la ubicación del hardware. En la Figura 5 se muestra las líneas de cota, que serán especificadas en la tabla 3.

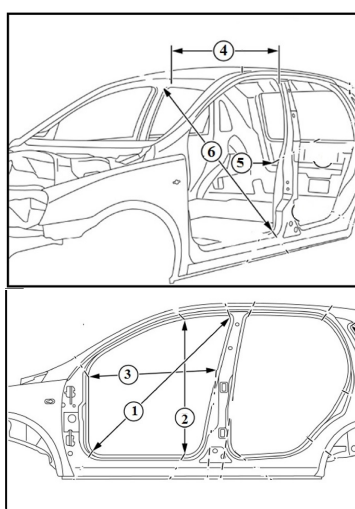


Fig. 5. Vista Interior del vehículo
Fuente: Adaptado de [13]

Tabla. 3.

Dimensiones principales de la vista Interior del vehículo

Vista Interior del vehículo		Dim. (mm)
1	Diagonal de la puerta delantera.	1308
2	Altura de la puerta delantera.	934
3	Recorte del bastidor de la puerta delantera	840
4	Separación entre las columnas de puertas delanteras (superior, interior)	1069
5	Separación entre las columnas del tope de puertas delanteras (centro).	1327

La etapa de análisis del entorno del vehículo es parte fundamental para el desarrollo del proyecto debido a que este permite recolectar información necesaria para determinar cuál debe ser la ubicación idónea para el hardware y los captadores de información; además permite detallar que las limitaciones del sistema con respecto al lugar de los sensores y la cámara. A continuación, se muestran las limitaciones que se deben tener presentes en el diseño del proyecto.

- Una de las limitaciones que se presentan es la ubicación de la cámara y el sensor térmico, debido a

que se debe considerar que la cámara y el sensor enfoquen el rostro frontalmente, además de que no obstaculice la visibilidad del conductor.

- Las ubicaciones de los sensores de gas deben ser lo más cerca al rostro del conductor para disminuir la sensibilidad de estos y de esta manera solo detectar el gas etanol del conductor y no de los tripulantes del vehículo.

3.3. Requerimientos del sistema

Para el análisis de los requerimientos del sistema se tomó como referencia el estándar ISO/ IEC / IEEE 29148: 2011 el mismo que contiene directrices para el proceso relacionado a la ingeniería de requisitos, específicamente ha sido desarrollado para ser implementado en los sistemas y productos de software y servicios a lo largo del ciclo de vida, ya que permite definir cada función que se requiere en el proyecto, las restricciones necesarias, y especificar los requisitos y funciones del sistema.

A continuación, se indican las consideraciones del estándar para el diseño de tablas que contengan la información relevante del proyecto, éstas contienen los requerimientos iniciales del sistema, requerimientos de arquitectura y los requerimientos de stakeholders, la finalidad de la elaboración de tablas es presentar de una manera resumida el contenido y que la información este clara para posteriormente realizar la selección de hardware y software a emplear en el desarrollo del proyecto. La tabla 4 muestra los acrónimos empleados para referirse de forma abreviada a cada requerimiento analizado.

Tabla. 4.

Definición de Acrónimos

Acrónimo	Descripción
SySR	Requerimientos iniciales del Sistema.
SRSR	Requerimientos de Arquitectura.
StSR	Requerimientos del Stakeholder.

Los criterios que se tuvieron en cuenta para determinar la prioridad de los requerimientos del proyecto fueron la importancia para el usuario, el rendimiento del sistema y el riesgo para el diseño y la implementación del proyecto.

En los requerimientos iniciales del sistema (SySR) se definen los límites funcionales del sistema en términos de comportamiento y propiedades del proyecto, para la captura de los requerimientos funcionales se analizaron las necesidades del proyecto, con la finalidad de dividirlos en categorías.

En los requerimientos de arquitectura (SRSR) se definen los requerimientos de hardware, software y el sistema eléctrico.

La definición de los requerimientos del stakeholder (StSR) tiene como finalidad identificar los requisitos de

los interesados para el sistema.

Una vez analizados los requerimientos del sistema se procede a realizar la selección del hardware y software a emplear en el proyecto.

Dentro del el hardware se seleccionó la placa Raspberry Pi 3 como sistema embebido, la Raspberry Pi camera module v2 (Pi Noir) como cámara para realizar el reconocimiento facial y la medición del diámetro de la pupila, el sensor MQ-3 como el sensor de gas empleado para detectar el nivel de alcohol, el sensor MLX90621 como sensor de temperatura para medir la temperatura facial del conductor y la placa Arduino Uno R3 para recibir la información de los sensores y enviarla a la placa Raspberry Pi 3; en cuanto al software se seleccionó OpenCv, python y el IDE de Arduino.

3.4. Diseño del sistema

El diseño se realiza con la finalidad de presentar una visión general del funcionamiento del sistema de una forma estructurada; para definir las directrices del diseño del sistema se deben considerar los criterios y limitaciones tomados en cuenta durante el análisis y los requerimientos del sistema que permitirán el desarrollo e implementación del detector de alcoholemia en vehículos.

Como parte del diseño del sistema se muestra a continuación el diagrama de bloques y diagrama diagrama de conexión que guiará el funcionamiento y los procesos para poder desarrollar adecuadamente los scripts y el algoritmo de aprendizaje automático, para posteriormente realizar la fase de prueba unitaria para realizar la verificación independiente de cada parte del proyecto, con la finalidad de realizar una adecuada implementación.

EL proceso de funcionamiento del sistema se presenta mediante un diagrama de bloque, que permite observar la estructura física del sistema, los elementos que lo componen destacando el tipo de Hardware y cómo este se conecta entre sí, además de la ubicación dentro del espacio físico. A continuación, en la Figura 6 se puede apreciar el diagrama de bloques general el cual se divide en 2 etapas: La primera etapa formada por la adquisición de datos, procesamiento, almacenamiento de la información y la construcción del algoritmo de aprendizaje automático y la segunda etapa constituida de la adquisición de datos, uso del algoritmo de aprendizaje automático, captura del conductor para realizar el reconocimiento facial o almacenar al conductor que se encuentra en estado etílico para proceder a bloquear o desbloquear el encendido del vehículo y accionamiento del botón de pánico según sea el caso.

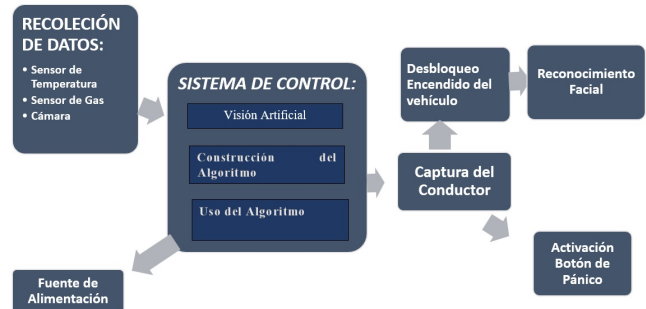


Fig. 6. Diagrama de Bloques General.
Fuente: Autoría

El diagrama de bloques que se presenta a continuación es el que comprende la primera fase, desarrollada para la construcción del algoritmo de aprendizaje automático para la detección de alcoholemia, la primera etapa está formada por 4 bloques los cuales a su vez contienen varios subprocesos; se han planteado los bloques dependiendo de las funciones que cada uno debe desarrollar. En la Figura 7 se puede observar el diagrama de bloques de la primera fase con cada uno de los subprocesos.

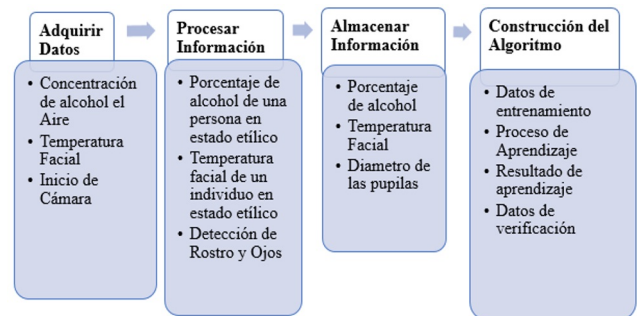


Fig. 7. Diagrama de Bloques Primera Etapa.
Fuente: Autoría

El diagrama de bloques de la segunda etapa del sistema se presenta con la finalidad de conocer el funcionamiento del detector de alcoholemia. La Figura 8 muestra el diagrama de bloques formado por 4 bloques con funciones que realiza cada uno.

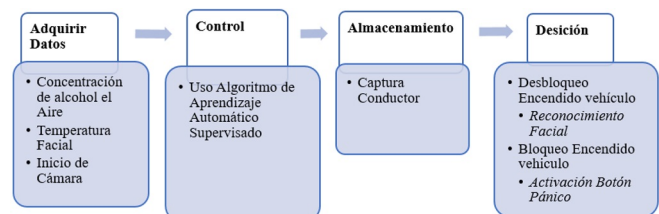


Fig. 8. Diagrama de Bloques Segunda Etapa..
Fuente: Autoría

Para el desarrollo del proyecto se emplean diversos dispositivos, por lo que es necesario realizar un diagrama de conexión que muestre los pines que se van a emplear en el sistema, para el funcionamiento del sistema se requiere el sistema embebido Raspberry Pi 3, el Raspberry camera module v2, la placa Arduino UNO R3, el sensor MQ-3, el sensor MLX90621 y la fuente de alimentación micro USB.. La Figura 9 muestra el diagrama de conexión del sistema.

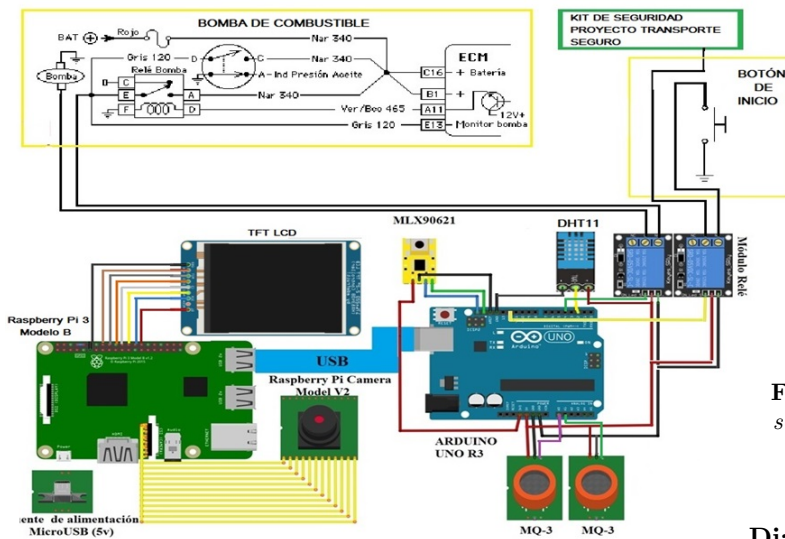


Fig. 9. Diagrama de conexión del Detector de Alcoholemia.
Fuente: Autoría

3.4.1. Desarrollo de software (programación) Primera Etapa.

El desarrollo del software de programación permite verificar cada parte del proyecto en la fase de prueba unitaria.

- Adquirir Datos, Procesar y Almacenar Información

Nivel de alcohol en el aliento.- Para la lectura del nivel de Alcohol se emplea el Sensor MQ-3, el cual está conectado a la placa Arduino R3 se procede a leer la salida analógica del sensor, posteriormente se convierte la lectura en un valor de voltaje, a continuación, se calcula la resistencia del sensor (R_s) y finalmente se emplea la ecuación de la curva de características de sensibilidad establecida en la Ecuación 1. Una vez adquirido el nivel de alcohol mediante comunicación serial a la placa Raspberry Pi 3. En la Figura 10 se muestra el montaje del sensor de Alcohol MQ3 y el sensor de Humedad DHT11 y la adquisición del nivel del alcohol en la placa Arduino UNO R3 y Raspberry Pi 3.

$$alcohol = 0.5491 * pow(R_s/5463, -0.682); \quad (1)$$

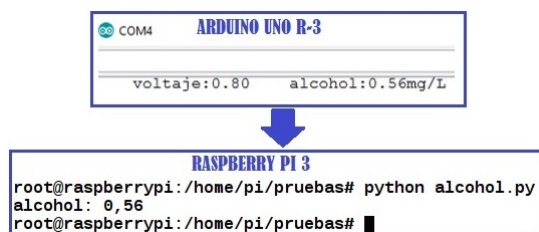


Fig. 10. Montaje del sensor de Alcohol MQ3 y el sensor de Humedad DHT11 y Lectura del nivel de alcohol.
Fuente: Autoría

Diámetro de la Pupila.- Para realizar la medición de la pupila se procede a adquirir una imagen, en la cual se emplea el script de Detección de rostro que hace uso de la herramienta OpenCV, la función que se emplea de OpenCV es cv2.CascadeClassifier el cual se basa en el clasificador faces.xml. para detectar un rostro en la imagen, posteriormente se le agrega el clasificador en cascada entrenado para la detección de ojos dentro del bucle que detecta el rostro, con la finalidad de disminuir la región de búsqueda, para finalizar debido a que la pupila del ojo es el círculo negro del centro del iris que deja que la luz entre al ojo, se utiliza esta relación geométrica para identificarla; para ello se hace uso de la función HoughCircles de OpenCV para detectar círculos, la cual vuelve como resultado el punto central del círculo en coordenadas (x, y) y el radio (r). Antes de aplicar la función para detectar círculos se procede a aplicar el filtro Gaussiano para reducir la detección de círculos no existentes. En la Figura 11 se muestra los resultados obtenidos de la adquisición del diámetro de la Pupila.

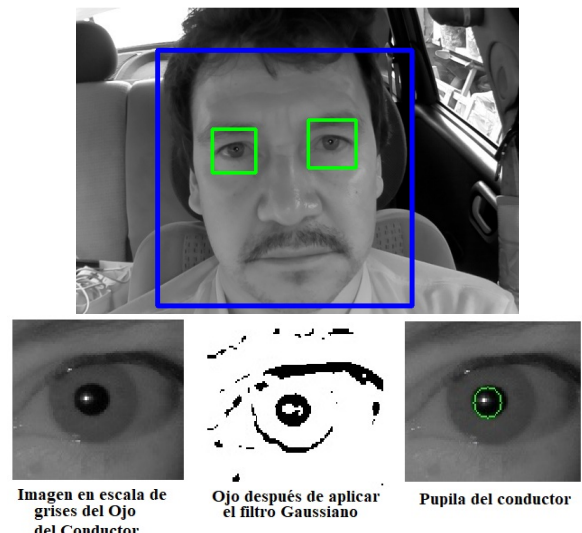


Fig. 11. Detectar el diámetro de la Pupila.
Fuente: Autoría

Temperatura Facial Para la adquirir la temperatura facial del conductor se realiza el siguiente procedimiento: primero se adquiere la imagen, se la convierte a escala de grises y se disminuye el ruido mediante la ecualización del histograma, luego se envía el carácter “A” a la placa Arduino UNO R3 para recibir la cadena con los datos de la temperatura del sensor MLX90621 a través del puerto serial, después de divide la cadena en una matriz 16X4 y se asigna un color a cada valor de temperatura, finalmente se procede a crear un vector que almacene los datos de la temperatura facial que agrupe los valores de temperatura que se encuentran sobre el rostro del conductor para ello se hace uso de las posiciones (x, y, w, h) del rostro detectado con el clasificador en cascada para establecer las posiciones de inicio y fin de las filas y columnas que contienen el rostro del conductor. Una vez creado el vector se procede a extraer la temperatura facial máxima y mínima del conductor. En la Figura 12 se muestra el resultado de adquirir la Temperatura Facial del Conductor y el montaje de la cámara, el sensor de temperatura MLX90621 y la luz infrarroja.

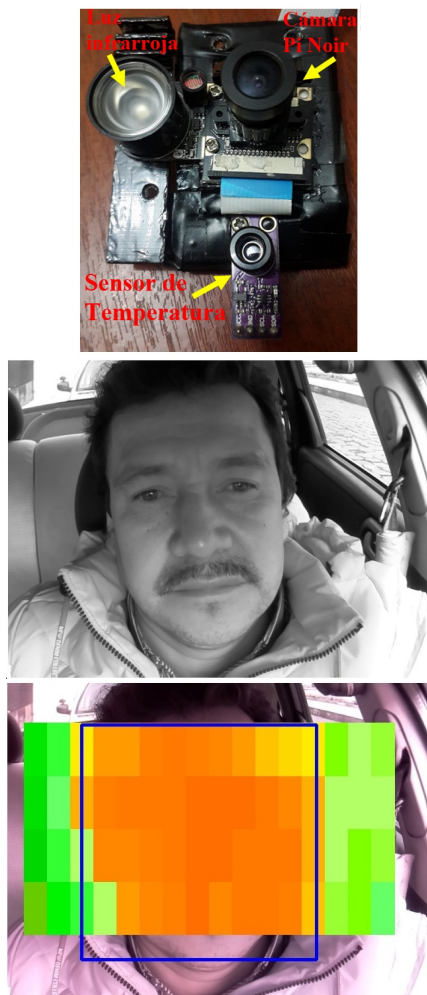


Fig. 12. Montaje de la cámara, el sensor de temperatura MLX90621 y la luz infrarroja y resultado de la Temperatura Facial del Conductor.

Fuente: Autoría

• Construcción del algoritmo

Construir un modelo de Aprendizaje Automático o Machine Learning, no se reduce solo a utilizar un algoritmo de aprendizaje o utilizar una librería de Machine Learning; sino que implica todo un proceso, a continuación, se describen los pasos que involucra el desarrollo de un modelo de aprendizaje automático.

- Se inicia con la recolección de los datos esto se lo realiza a través del prototipo electrónico, para ello se desarrolla un script denominado `iniciar.py`; en el cual se agregan los módulos creados para adquirir el nivel de alcohol, la temperatura ambiental, el diámetro de la pupila, la temperatura facial máxima y mínima. Después de llamar a cada función para adquirir la información se procede a escribir un fichero, el cual recopila la fecha, la hora, el porcentaje de alcohol en el aliento, la temperatura ambiental, las temperaturas faciales máxima y mínima, el radio de la pupila y el estado del conductor del vehículo. La información se almacena un archivo `.csv` para posteriormente realizar el preprocesamiento de los datos.
 - Para el preprocesamiento de los datos, inicialmente se procede a cargar el conjunto de datos. Dentro de la lista de atributos que incluye se encuentran: Nro, Fecha, Hora, Alcohol, TempAmbiente, TempFacialMax, TempFacialMin, RadioPupila y Estado (0=Sobrio, 1=Ebrio). Debido a que se tienen 7 atributos para cada clase del conjunto de datos se procede a disminuir el número de atributos considerando los más representativos, de los cuales se eligen los atributos: Alcohol, TempFacialMax y RadioPupila. Para finalizar con el preprocesamiento de los datos se procede a dividir el conjunto de datos en: conjunto de entrenamiento y conjunto de prueba. Para obtener los dos tipos de datos, se procede a dividir los datos muestrales en dos partes; la primera parte se emplea como conjunto de entrenamiento, con la finalidad de determinar los parámetros del clasificador y la segunda parte denominada conjunto de prueba se utiliza para estimar el error de generalización que debe ser pequeño, con el fin de evitar el sobreajuste, el cual consiste en una sobrevaloración de la capacidad predictiva de los modelos obtenidos; por lo que, no tiene sentido evaluar la calidad de un modelo sobre los datos que han servido para construirlo ya que esta práctica nos lleva a ser demasiado optimistas acerca de su calidad. [20]
- Para la división del conjunto de datos se hace uso de la función `train_test_split`, los parámetros que requiere esta función son los

atributos y las clases. Debido a que el conjunto de datos es pequeño el 80% se utiliza para entrenar al modelo de aprendizaje automático y el 20% se asigna como un conjunto de datos de validación. El resultado de esta función devuelve cuatro parámetros: X_train (x para entrenar), y_train (y para entrenar), X_test (x para pruebas) y y_test (y para pruebas). En la Figura 13 se indica que X_train es una matriz de 348x3 la cual especifica que se tienen 348 casos del Estado del conductor con 3 atributos, y_train es un vector de 348 que especifica las clases; mientras que X_test es una matriz de 87x3 la cual especifica que se tienen 87 casos del Estado del conductor con 3 atributos, y_test es un vector de 87 que especifica las clases.

```

Archivo Editar Pestañas Ayuda
root@raspberrypi:/home/pi/RecoleccionDatos/AprendizajeAutomatico#
esamientoDatos.py
////////////////X_ENTRENAMIENTO////////////////
(348, 3)
////////////////y_ENTRENAMIENTO////////////////
(348,)
////////////////X_PRUEBA////////////////
(87, 3)
////////////////y_PRUEBA////////////////
(87,)
root@raspberrypi:/home/pi/RecoleccionDatos/AprendizajeAutomatico#
    
```

Fig. 13. Atributos y clases del conjunto de entrenamiento y el conjunto de prueba.
Fuente: Autoría

- Para entrenar el algoritmo se analizan los dos algoritmos de aprendizaje automático supervisado empleados para la clasificación: K-VECINOS MÁS PRÓXIMOS (“K Nearest Neighbor”) y ÁRBOL DE DECISIÓN (“Decision Tree”).

Después de realizar el análisis se optó por seleccionar el método árbol de decisión, considerando que presenta una exactitud del 28,85%.

Es un método de aprendizaje supervisado no paramétrico utilizado para la clasificación. El objetivo es crear un modelo que prediga el valor de una variable objetivo mediante el aprendizaje de reglas simples de decisión inferidas a partir de las características de los datos.

Para la modelación matemática de este método se consideran el vector con los atributos del conjunto de datos mediante la Ecuación 3 y el vector con las clases mediante la Ecuación 4. La finalidad que tiene el método es particionar recursivamente el espacio de modo que las muestras con las mismas etiquetas se agrupen juntas.

$$x_i \in R^m, i = 1 \quad (2)$$

$$y \in R^l \quad (3)$$

Cuando el resultado de clasificación a través, del árbol de decisión toma los valores de

$K=0,1,2, 3,\dots,n$; para el nodo m que Representa una región R_m con N_m observaciones, el modelo matemático se describe en la Ecuación 5.

$$P_{km} = \frac{1}{N_m} \sum_{x_i \in R_m} I(y_i = k) \quad (4)$$

El módulo scikit-learn para aprendizaje automático en python implementa el clasificador de árbol de decisión: DecisionTreeClassifier, en el cual el aprendizaje se basa en la agrupación de las clases con los atributos que sean similares creando, condiciones para cada rama. Para entrenar el algoritmo se emplea la función fit. En la Figura 14 se muestra el resultado de la función score que representa que tan bien aprendió el algoritmo.

```

Archivo Editar Pestañas Ayuda
////////Exactitud con el clasificador Arbol de Desicion////////
0.988565747126
root@raspberrypi:/home/pi/RecoleccionDatos/AprendizajeAutomatico#
    
```

Fig. 14. Exactitud del algoritmo de aprendizaje automático supervisado mediante el clasificador de árbol de decisión.
Fuente: Autoría

Para almacenar en un archivo .dot la información del árbol de decisión que se crea con los datos de entrenamiento se hace uso de la función: export_graphviz. En la Figura 15 se muestra el árbol de decisión que se almacena en formato png después de graficarlo. La clasificación se realiza en cinco niveles.

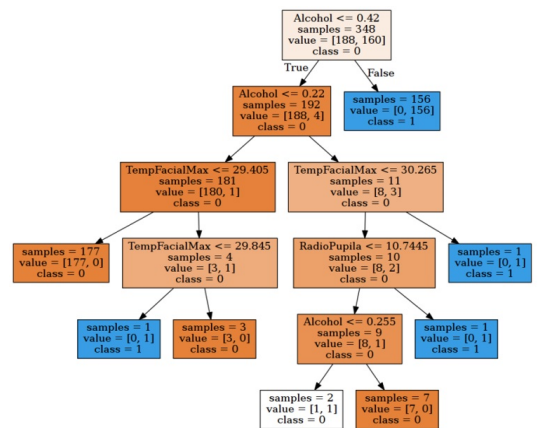


Fig. 15. Árbol de decisión mediante el cual el algoritmo clasifica si el conductor esta sobrio o ebrio.

Fuente: Autoría

El modelo de árbol posee la característica feature_importances, la cual permite conocer la importancia de cada atributo en específico para seleccionar a que clase pertenece. En la Figura 16 se puede observar el atributo que más tiene es el nivel de alcohol del conductor.

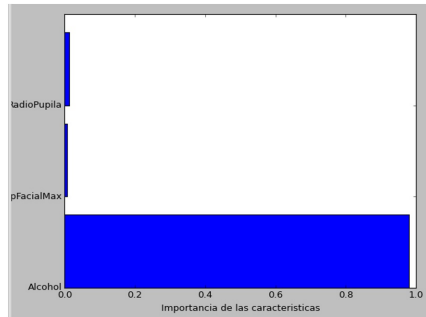


Fig. 16. Importancia de los atributos para seleccionar a que clase pertenecen.

Fuente: Autoría

Para predecir un nuevo dato se hace uso de la función predict, sobre la variable que se empleó para seleccionar el clasificador. En la Figura 17 se indica el vector que se emplea para predecir y el resultado de la clase a la que pertenece los datos.

```

pi@raspberrypi: ~
┌───[ Archivo  Editar  Pestañas  Ayuda
└───[ ////////////////////////////////////////////////////////////////////
      [ [ 1.41  23.33  7.5 ]
      [ ////////////////////////////////////////////////////////////////////
      [ ////////////////////////////////////////////////////////////////////
      [ ////////////////////////////////////////////////////////////////////
      [ [ 1. ]
└───[ root@raspberrypi1:~/home/pi/RecoleccionDatos/AprendizajeAutomatico#

```

Fig. 17. Predicción de la clase a la que pertenecen los atributos dados en el vector.

Fuente: Autoría

3.4.2. Desarrollo de software (programación) Segunda Etapa.

- **Adquirir datos** El bloque adquirir datos de la segunda etapa comprende la adquisición de datos y se realiza de igual manera que la primera etapa, las funciones a realizar en este bloque son: medir la concentración de alcohol en el aire a través del sensor MQ3, medir la temperatura del conductor y ambiental mediante el sensor MLX90621; además de aplicar técnicas de visión artificial para medir el diámetro de la Pupila.
- **Control** El bloque de control comprende la etapa en la cual se aplica el algoritmo de aprendizaje automático, construido en la primera etapa del proyecto, la función que realiza este bloque es determinar el estado del conductor. Considerando la exactitud de los dos clasificadores y las características que presenta cada uno se selecciona como algoritmo de aprendizaje automático supervisado el modelo de árbol de decisión ya que además de tener un 97.43% de exactitud al predecir un nuevo dato, tiene la característica de seleccionar el atributo que posee mayor importancia dentro del conjunto de datos.
- **Almacenamiento** El bloque de almacenamiento se encarga de almacenar la información del conductor designado, se procede a guardar el rostro del conductor y para ello es necesario que crear una pequeña base de datos con los rostros del conductor para que el algoritmo de reconocimiento tra-

baje con mayor exactitud es necesario que se almacenen 30 imágenes. Se inicia el almacenamiento del conductor con el script que detecta el rostro, después de encontrar el rostro se procede a recortarlo de la imagen y almacenarlo en una carpeta. La Figura 18 muestra los rostros del conductor almacenados, es necesario que las imágenes sean guardadas en formato .pgm para realizar el reconocimiento esto se debe a que este formato se emplea específicamente para imágenes en escala de grises.

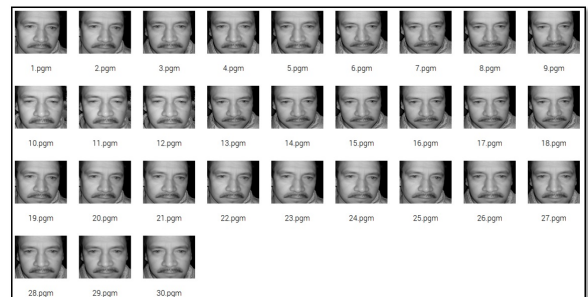


Fig. 18. Rostros del conductor para el reconocimiento facial.

Fuente: Autoría

- **Decisión** Finalmente, en el bloque de decisión realiza la función de bloquear o desbloquear el encendido del vehículo, para posteriormente ejecutar el reconocimiento facial si se ha determinado que el conductor es apto para conducir o se procede a activar el botón de pánico si se ha detectado alcohol en el aire.

– Conductor en estado de ebriedad

Después de analizar las ventajas y desventajas de los sistemas de encendido del automóvil se procede a seleccionar el Sistema de bloqueo a través de la bomba de combustible, el inconveniente que presenta de que puede ocasionar pérdida de potencia del vehículo causada por la falta de tensión, se lo soluciona verificando el voltaje a la salida del módulo Relé que se emplea para la activación y desactivación de esta. Para controlar la activación de la bomba de combustible se procede a empalmar los cables de alimentación de esta. Al finalizar el empalme se procede a realizar la conexión de los cables al módulo relé de dos canales con el objetivo de activar o desactivar de manera automática a la bomba de combustible. La Figura 19 muestra el empalme de los cables de alimentación y tierra de la cámara de combustible que se encuentra ubicada debajo del asiento de la parte posterior del vehículo y la conexión al módulo relé.



Fig. 19. Empalme de los terminales de la cámara de combustible y conexión del módulo relé que activa o desactiva la bomba de combustible.

Fuente: Autoría

Cuando el conductor se encuentra en estado de ebriedad la bomba de combustible permanece desactiva al finalizar la prueba y se activa una alerta visual y auditiva indicando que el encendido del vehículo permanecerá bloqueado y que se cambie de conductor. En la Figura 20 se muestra la imagen de la alerta visual y el texto que contiene la alerta auditiva.



Fig. 20. Alerta visual y auditiva cuando el conductor se encuentra en estado de ebriedad.

Fuente: Autoría

- **Conductor en estado de sobriedad**
 Cuando el conductor es detectado apto para conducir es decir que se encuentra en sobrio se procede a activar una alerta visual y auditiva indicando que ya puede encender el automóvil. En la Figura 21 se muestran dichas alertas, después de desbloquear el encendido existen cuatro procedimientos que se realizan.



Fig. 21. Alerta visual y auditiva cuando el conductor se encuentra en sobrio.

Fuente: Autoría

- * **Activación de la bomba de combustible a través del módulo relé**

- * **Reconocimiento Facial** El algoritmo de reconocimiento que se emplea es el Fisherfaces, este algoritmo de Fisherfaces aprende una matriz de transformación específica de clase, por lo que no capturan la iluminación tan obviamente como el método de Eigenfaces, por lo que emplea el Análisis discriminante para encontrar las características faciales y discriminar entre las personas. El rendimiento de este algoritmo depende en gran medida de los datos de entrada es por esto por lo que es necesario capturar como mínimo 30 rostros del conductor que está realizando la prueba. La Figura 22 muestra el resultado del reconocimiento del conductor designado. Mientras que en la Figura 23 al cambiar de conductor es detectado como Desconocido.



Fig. 22. Verificación del conductor designado a través del Reconocimiento facial.

Fuente: Autoría

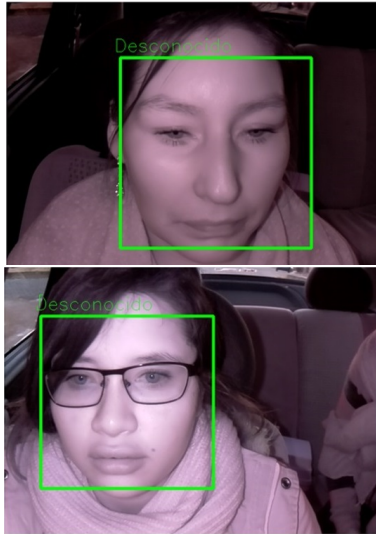


Fig. 23. Conductor detectado como desconocido a través del Reconocimiento Facial.

Fuente: Autoría

El reconocimiento facial se lo realiza en tiempo real e inicia al finalizar la prueba de alcoholemia cuando el conductor haya sido detectado como sobrio.

- * **Suplantación del Conductor** Si el sistema determina que el conductor ha sido suplantado mediante el reconocimiento facial se procederá a emitir una alerta auditiva y se desactivará la bomba de combustible con la finalidad de que el vehículo proceda a apagarse.

Si después de transcurrir 10 segundo y no se ha detectado ningún rostro al realizar el reconocimiento facial de igual manera se procederá a desactivar la bomba de combustible.

- * **Activar el botón de pánico del ECU 911** Este último procedimiento se realizará cuando el conductor proceda a ingerir bebidas alcohólicas después de haber encendido el vehículo, se consideró esta opción solo en el caso en el cual al momento de realizar la prueba de alcoholemia el conductor se encuentre sobrio pero luego de haber encendido el vehículo proceda a ingerir alcohol. Para realizar la activación del botón de pánico se procede a activar el segundo canal del módulo relé por 3 segundos, de emitir una alerta auditiva de que se ha detectado alcohol en el aire y se procede a desactivar la bomba de combustible conectada al canal uno del módulo. En la Figura 24 se muestra la conexión del módulo relé al botón de pánico implementado por el Servicio Integrado de Seguridad ECU 911.



Fig. 24. Conexión del botón de pánico al canal dos del módulo relé.

Fuente: Autoría

3.4.3. Desarrollo de Hardware

En la fase de implementación de la metodología de desarrollo en base al modelo en V se materializa el diseño del proyecto y la unificación del sistema, para ello se realiza el desarrollo del hardware que permite la integración de las partes que requiere el sistema en las distintas secciones, para lo cual se realiza el montaje de las placas, la conexión eléctrica para la alimentación de estas en el vehículo y la conexión eléctrica para la activación de la bomba de combustible y el botón de pánico.

Conexión eléctrica para alimentación de la placa Raspberry Pi 3 Para la alimentación del sistema se procede a conectar el convertidor de 12 V CD a 5 V CD a través del encendedor del vehículo, para que el sistema funcione solo cuando el automóvil se encuentre encendido. La Figura 25 muestra la realización del empalme de los dos terminales y la comprobación de voltaje.



Fig. 25. Empalme los terminales positivo y tierra del Encendedor de cigarrillos y Comprobación del voltaje.

Fuente: Autoría

Montaje del botón para iniciar el sistema

Se realiza la implementación de un botón para que inicie la prueba de alcoholemia, debido a que se considera que no siempre el conductor va a encender el automotor al momento de subirse. En la Figura 26 se muestra el montaje del botón de activación en el vehículo, el cual se encuentra ubicado en el armazón de la puerta del conductor cerca al parabrisas.



Fig. 26. Montaje del botón de activación del sistema.
Fuente: Autoría

Implementación del Detector de Alcoholemia en el vehículo

Se toma como referencia la Tabla 5 en la cual se encuentran las dimensiones de la vista interior del vehículo. Para la implementación del sensor de temperatura y la cámara se considera el alto, ancho y la profundidad. En la Figura 27 se muestra las dimensiones que se toma en cuenta para la implementación.



Fig. 27. Alto ancho y profundidad para instalar la cámara y el sensor de temperatura.
Fuente: Autoría

Finalmente, en la Figura 28 se muestra todos los elementos que intervienen en la fase de pruebas de integración de la metodología de desarrollo del modelo en V, en la cual se realiza la unificación de las partes que se verificaron en la fase de prueba unitaria. La Tabla 5 contiene los nombres de las partes que se indican en la Figura 28.

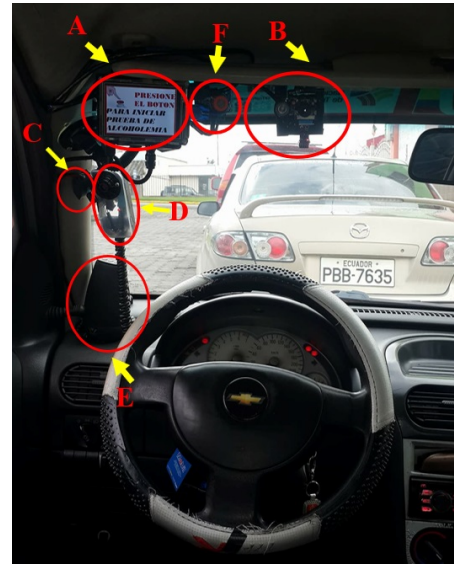


Fig. 28. Elementos que intervienen en el Detector de alcoholemia.
Fuente: Autoría

Tabla. 5. Partes del Detector de alcoholemia.

	Nombre
A	Pantalla LCD para mostrar los mensajes visuales
B	Sensor de Temperatura y módulo cámara Pi Noir
C	Botón de activación del Sistema
D	Parlante para los mensajes auditivos
E	Sensor de MQ-3 y sensor de Humedad
F	Sensor MQ-3 para medir nivel de alcohol en el aire

IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Para conocer los resultados obtenidos y la aceptación de los conductores del trabajo de titulación se emplea el método de la investigación descriptiva para recolectar los datos necesarios. Se selecciona la encuesta debido a que se requiere conocer las ideas, opiniones y datos reales acerca de la aceptación que tiene el proyecto.

Encuesta Se establece como población la Cooperativa de taxis Atahualpa de la ciudad de Tulcán la cual esta dividida en tres grupos A, B y C, por lo que para la encuesta se toma como muestra a los señores conductores del grupo C, debido a que el vehículo en el cual se implementa el proyecto es parte de este grupo. En la Figura 29 se indica el momento en el que un conductor del grupo C realiza la prueba de funcionamiento del sistema.



Fig. 29. Prueba de funcionamiento del Detector de Alcoholemia.
Fuente: Autoría

Identificación de la población Para determinar la población a la cual se va a aplicar la encuesta se utiliza la Ecuación 6 la cual corresponde a la fórmula propuesta por Fisher y Navarro.

$$n = \frac{N x K^2 x p x q}{(e^2 x (N - 1) + K^2 x p x q)} \quad (5)$$

Para este caso de estudio se tiene un tamaño de la población de 135 señores conductores del grupo C de la Cooperativa de taxis Atahualpa de la ciudad de Tulcán. Los parámetros considerados para la fórmula de Fisher y Navarro son los siguientes: el valor de N corresponde a los 120 señores conductores, para el nivel de confianza K se ha tomado un valor del 95,5% (K=2) esperando que únicamente el 4,5% de los resultados obtenidos no correspondan a información verídica; tanto para el valor de la probabilidad a favor p como el valor de la probabilidad en contra q se tomó el valor de 0,5 considerando obtener datos reales de los encuestados, el error porcentual e con un valor de e=0,10 teniendo un porcentaje de respuestas correctas del +-10% de los resultados totales obtenidos.

Según el cálculo de muestra se determina que el número de conductores encuestados debe de ser aproximadamente 58 conductores de taxis.

Análisis de la encuesta Una vez aplicada la encuesta a los 58 señores conductores del grupo C de la Cooperativa de taxis Atahualpa de la ciudad de Tulcán; se obtuvo resultados que fundamentan la aceptabilidad de este proyecto, a continuación, se indican las conclusiones derivadas de la encuesta.

El 83% de los encuestados consideran que la implementación de un detector de alcoholemia en un vehículo ayuda a disminuir los accidentes de tránsito entre un 50 y 80 %, esto indica que es factible la implementación del proyecto, el cual permita disminuir los accidentes de tránsito.

El 76% de los usuarios encuestados considera que las instrucciones que proporciona el sistema para verificar el estado en que se encuentra el conductor son muy buenas y el 24% restante buenas, obteniendo como conclusión que los usuarios captaron las instrucciones del proyecto de manera clara y no es necesario realizar modificaciones en las mismas.

El 84% de la muestra afirma que no tuvieron dificultades al realizar la prueba de alcoholemia y el 16% restante considera que la realización de la prueba fue de mediana dificultad, por lo que se concluye que los señores conductores pueden finalizar la prueba de alcoholemia sin dificultades.

El 28% de los encuestados indica que solo se debería medir el nivel de alcohol en el aliento, seguido de un 21% que establecen que se debería tomar en cuenta todas las variables, por tal razón se determina que el

uso los parámetros que se analizan en el proyecto son los correctos.

El 86% de los señores encuestados afirmaron que la ubicación del detector de alcoholemia no obstaculiza la visión, de manera que se concluye que no es necesario realizar ningún cambio en la ubicación del proyecto en el vehículo.

El 59% de la muestra afirma que de los mensajes de alerta que emite el detector de alcoholemia los dos mensajes son necesarios, de manera que se puede concluir que para emitir alertas o dar instrucciones al conductor de cómo realizar la prueba los dos mensajes ayudan a que sea captadas las ordenes.

El 95% de la muestra está de acuerdo con bloquear o desbloquear el encendido del vehículo según el estado en que se encuentre el conductor y de las razones del porque los usuarios están de acuerdo, el 31% considera que se debe bloquear el encendido para prevenir o evitar accidentes de tránsito. Con estos resultados se concluye que el proyecto puede ser rentable ya que ningún usuario no se opuso a la medida de prevención que se asignó en el proyecto para evitar accidentes de tránsito.

El 93% está totalmente de acuerdo con la activación del botón de pánico del ECU 911, en el caso de que el conductor del vehículo proceda a ingerir bebidas alcohólicas después de haber desbloqueado el encendido del automotor y la razón principal por la que están de acuerdo es que es necesario poner en conocimiento a las autoridades competentes cuando se cause alguna infracción que dañe a la sociedad. Con estos resultados se concluye que el proyecto permite que la sociedad tenga seguridad en las vías al comunicar del evento a las autoridades competentes.

El 98% de la muestra manifiesta estar de acuerdo con la implementación del detector de alcoholemia en un taxi y la principal razón es que la implementación de un detector de alcoholemia en vehículos permite evitar accidentes de tránsito y salvar vidas. Con estos resultados se concluye que la realización del proyecto permite cumplir con la finalidad del sistema que es reducir los accidentes de tránsito.

V. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico se considera el monto referencial del presupuesto que se invirtió en el diseño y la implementación del proyecto, y las etapas que se realizan para evaluar el Costo-Beneficio de este.

Debido a que se está realizando el análisis de costos de un proyecto se tienen solo costos directos en los cuales se incluyen: Costo de Hardware en este punto se consideran los elementos electrónicos, costo de software y los costos de la implementación en el automóvil. En la Tabla 6 se pueden apreciar los Costos del proyecto.

Tabla. 6. *Costos del proyecto.*

Descripción	Valor
Costos de los elementos electrónicos	\$ 345,70
Costo de los materiales para la implementación en el vehículo	\$ 29,00
Costo de Software	\$ 0,00
COSTO TOTAL	\$ 376,70

Análisis de los Beneficios. Para realizar el cálculo de los beneficios del proyecto se consideran los Stakeholder o involucrados en el proyecto y se tienen los siguientes beneficios: los percibidos por las personas y los beneficios monetarios.

• **Beneficios Sociales.**

Las personas involucradas para determinar estos beneficios son: el conductor del vehículo, los tripulantes, el director, la codirectora y la desarrolladora del presente trabajo de titulación. En este punto se analiza la calidad y la eficiencia del proyecto. Este proyecto tiene como finalidad principal reducir Accidentes de tránsito, por lo que es considerado como un proyecto social, en el cual existe una inversión económica pero el beneficio que se obtiene no es monetario. A continuación, se mencionan los beneficios enfocados los stakeholders después de la implementación en el vehículo.

- El principal beneficio del Detector de Alcoholemia es prevenir accidentes de tránsito, especialmente causados por personas irresponsables que no miden el riesgo de conducir en estado de ebriedad, este beneficio no solo favorece a los involucrados en el proyecto, sino que permite que los peatones puedan caminar sin riesgos de ser atropellados en las vías.
- La implementación de este proyecto es una gran opción para que los dueños de los vehículos tengan a la mano una nueva herramienta para combatir las muertes causadas por conductores ebrios.
- Este proyecto también contribuye a la seguridad vial, esto se logra gracias al bloqueo del encendido del vehículo cuando una persona se encuentra en estado etílico, lo que garantiza que los tripulantes y el conductor lleguen a salvo a su destino.
- El desarrollo de este proyecto permite a los involucrados hacer uso de las herramientas de visión artificial y aprendizaje automático para determinar el estado en el que se encuentra el conductor antes de salir de viaje.
- La implementación de mensajes visuales y auditivos permiten informar al señor conductor el estado en el que se encuentra, mientras que

la activación del botón de pánico del ECU911 garantiza que conductores necios insistan en movilizarse en el automotor.

- El reconocimiento facial garantiza que no se cambie de conductor sin realizar la prueba respectiva para verificar el estado en el que se encuentra antes de encender el vehículo. Además de incrementar la confiabilidad de los pasajeros en los transportes de servicio público.

• **Beneficios monetarios**

El único stakeholder que hace uso de este beneficio es el conductor del vehículo, ya que gracias a la implementación del Detector de alcoholemia se elimina el costo de infracciones de tránsito por conducir en estado de ebriedad. En la Tabla 7 se detallan los montos, con relación al Acuerdo Ministerial MDT-2017-0195, el cual establece: “Fijar a partir del 1 de enero del 2018 el salario básico unificado del trabajador en general, incluidos los trabajadores de la pequeña industria, trabajadores agrícolas y trabajadores de maquila; trabajadora o trabajador remunerado del hogar, operarios de artesanía y colaboradores de la microempresa en \$ 386,00 dólares de los Estados Unidos de América, mensuales” (Ministerio del Trabajo, 2017, p.3).

Tabla. 7. *Beneficio monetario.*

Concentración de Alcohol	Valor
0,3 a 0,8	\$ 386,00
0,8 a 1,2	\$ 772,00
Mayor 1,2	\$ 1158,00

Análisis de la relación Beneficio-Costo Debido a que para la implementación de Detector de Alcoholemia no se espera obtener una tasa por la inversión hecha es decir no se tiene establecida una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR), se procede a calcular la relación beneficio costo (B/C), haciendo uso de la suma de los beneficios y se divide para la suma de los costos totales. Se procede a calcular la relación beneficio costo a través de la Ecuación 7.

$$B/C = \frac{\sum \text{Beneficios monetarios}}{\sum \text{Costos directos}} \quad (6)$$

En la Tabla 8 se muestra el resultado de la relación beneficio costo haciendo referencia a cada nivel de concentración de alcohol.

Tabla. 8. *Relación Beneficio Costo.*

Concentración de Alcohol	Beneficios monetarios	Costos directos	B/C
0,3 a 0,8	\$ 386,00	\$376,70	\$ 1,05
0,8 a 1,2	\$ 772,00	\$376,70	\$ 2,049
Mayor 1,2	\$ 1158,00	\$376,70	\$ 3,074

De acuerdo con la relación beneficio costo que se calculó se demuestra que el proyecto es monetariamente viable, ya que para todos los casos que se consideró que podrían aplicarle un sanción al conductor esta relación es mayor a 1 incrementando su valor según la concentración de alcohol en la que se encuentre; con cada dólar invertido en la implementación se puede ganar, sin embargo, este valor puede variar dependiendo del número de infracciones de tránsito que cometa el conductor y la concentración de alcohol.

VI. CONCLUSIONES

Con la implementación del Detector de Alcoholemia se demostró que se puede determinar el estado del conductor haciendo uso del aprendizaje automático supervisado basado en el árbol de decisión; los resultados y la aceptación del proyecto por parte de los señores conductores contribuyó a que el desarrollo de este proyecto tenga implicaciones significativas al momento de disminuir los accidentes de tránsito a causa de conductores en estado de ebriedad con el bloqueo del encendido del automóvil y la activación del botón de pánico implementado por el Servicio Integrado de Seguridad ECU 911.

La recopilación de los diferentes métodos para determinar si una persona ha consumido alcohol garantizó la selección adecuada de las variables que se deben tomar en cuenta al momento de entrenar al algoritmo de aprendizaje automático supervisado basado en el árbol de decisión.

La aplicación de la metodología de desarrollo basada en el modelo en V permitió que se realice el diseño adecuado de un prototipo de detección de alcoholemia para la recolección de las variables que el sistema analiza para determinar el estado del conductor.

La selección de la temperatura facial máxima, el diámetro de la pupila y el nivel de alcohol en el aliento como atributos del conjunto de datos facilitó el desarrollo del algoritmo de aprendizaje automático supervisado basado en árboles de decisión, debido a que ayudó a que la agrupación de la clase 1 que corresponde a los conductores ebrios o la clase 0 que identifica a los conductores sobrios con los atributos que contienen características similares.

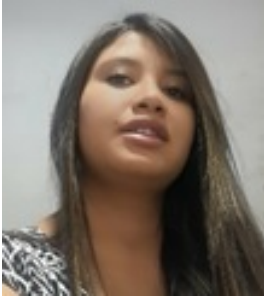
La fase de la prueba unitaria en donde se verificó de manera independiente el funcionamiento de cada parte del proyecto y la prueba de integración que avaló que el sistema se encuentre unificado, garantizaron que en la prueba de operación y validación no se presenten inconvenientes por lo que al finalizar la metodología de desarrollo basada en el modelo en V se concluyó que en el Detector de Alcoholemia no se debe realizar ninguna corrección.

REFERENCIAS

- [1] Agencia Nacional de Tránsito, Estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial: Estadísticas sobre Accidentes de Tránsito. Ecuador. Recuperado de: <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas>, 2017 #.WOUN22jhC03
- [2] Lóor López, G. E., Herramientas de Colaboración Digital: El alcohol y sus efectos nocivos, 2012.
- [3] SIDALC, BD NORTEC, Evidential Breath Alcohol Analysis Instruments. Recuperado de: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/362271/MEBTIguideV2.pdf, 2013.
- [4] ARAVIND, S. KARTHICK, T. & SAKTHIVEL, U., E-Eyanthra Perspiration based drunken driving prevention system. Department of Electronics & Communication Engineering, Sri Sairam Engineering College, West Tambaram, Chennai-600044, India.
- [5] KOUKIOU, G., & ANASTASSOPOULOS, V., Eye temperature distribution in drunk persons using thermal imagery. In BIOSIG (pp. 233-240), 2013.
- [6] Koukiou, G., Panagopoulos, G., & Anastassopoulos, Drunk person identification using thermal infrared images. Digital Signal Processing, 2009 16th International Conference on., V. (5-7 de Julio de 2009).
- [7] Sucar, E., & Gómez, G. (2011). Visión Computacional. Puebla.
- [8] Platero, C., Introducción a la Visión Artificial, (27 de Enero de 2014). Obtenido de Robótica y Visión Artificial: http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP_VisionArtificial/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf.
- [9] Yang, M.-H., Kriegman, D. J., & Ahuja, N., Detecting Faces in Images: A Survey. Washington, DC: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence., 2002.
- [10] Bronte Palacios, S., Sistema de Detección y Reconocimiento Facial de Conductores Mediante Sistemas de Visión Computacional. Madrid. 2008.
- [11] García Chang, M. E. Diseño e implementación de una herramienta de detección facial. Mexico. 2009.
- [12] Gutierrez, D. Métodos de Desarrollo de Software 2011. Obtenido de Métodos de Desarrollo de Software: http://www.codecompiling.net/files/slides/IS_clase_13_metodos_y_procesos.pdf.

[13] Chevrolet. Manual del propietario Corsa. MAXI-
GRAF S.A. Obtenido de Manual del Propietario Corsa.
2007.

Sobre los Autores.



Liceth G. PORTILLA
ARTEAGA. Nació en Tulcán
el 15 de septiembre de 1993.
Realizó sus estudios primar-
ios en la Escuela “Coro-
nel Jorge Narváez” Los es-
tudios secundarios los re-
alizó en el “Instituto Tec-
nológico Tulcán”, obteniendo
el título de Bachiller en Físico
Matemático. Actualmente,
está realizando su proceso de

titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Co-
municación, Universidad Técnica del Norte - Ecuador.



Jaime R. MICHILENA
CALDERON. Nació en
Atuntaqui - Ecuador el 19
de febrero del año 1983. In-
geniero en Electrónica y Tele-
comunicaciones en la Escuela
Politécnica Nacional en el
año 2007. Actualmente es
docente de la Carrera de In-
geniería en Electrónica y Re-
des de Comunicación de la

Universidad Técnica del Norte, Obtiene su Maestría
en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad
Católica del Ecuador en el año 2016 Quito - Ecuador.