



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“SISTEMA DE ALARMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DEL
ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE DOS EJES
MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: JEFFERSON ISRAEL ARMIJOS BENALCÁZAR

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

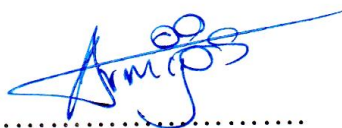
La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de identidad	1003646468
Apellidos y Nombres	Armijos Benalcázar Israel Jefferson
Dirección	Conjunto Pacari 1
E-mail	jiarmijosb@utn.edu.ec
Teléfono móvil	0995402992
DATOS DE LA OBRA	
Título	SISTEMA DE ALARMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE DOS EJES MEDIANTE VISION ARTIFICIAL
Autor	Jefferson Israel Armijos Benalcázar
Fecha	Febrero de 2017
Programa	Pregrado
Título	Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Jaime Michilena Calderón, MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.

Yo, Jefferson Israel Armijos Benalcázar, con cédula de identidad Nro.100364646-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma: 

Nombre: Armijos Benalcázar Jefferson Israel

Cedula: 1003646468

Ibarra, junio 2018

3. CONSTANCIAS.

Yo, JEFFERSON ISRAEL ARMIJOS BENALCAZAR declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, junio de 2018.

EL AUTOR



Jefferson Israel Armijos Benalcázar

CI: 1003646468



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Yo, Jefferson Israel Armijos Benalcázar, con cedula de identidad Nro. 1003646468, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado con el tema “SISTEMA DE ALARMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULO DE DOS EJES MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL.”. Que ha sido desarrollado con propósito de obtener el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Armijos', is written over a dotted line.

Jefferson Israel Armijos Benalcázar

100364646-8

Ibarra, junio 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, JEFFERSON ISRAEL ARMIJOS BENALCAZAR, con la cedula de identidad Nro. 100364646-8 declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se presentan en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de propiedad intelectual, reglamentos y normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

En la ciudad de Ibarra, junio de 2018.

EL AUTOR

A handwritten signature in blue ink, reading 'Armijos', is written over a horizontal dotted line.

Jefferson Israel Armijos Benalcázar

CI: 100364646-8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN.

INGENIERO JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE
TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “SISTEMA DE ALARMA ELECTRÓNICO
PARA LA DETECCIÓN DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE
VEHÍCULOS DE DOS EJES MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL.” Ha sido desarrollado por el
señor Armijos Benalcázar Jefferson Israel bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jaime Michilena', is written over a horizontal dotted line. The signature is stylized and somewhat abstract.

Ing. Jaime Michilena.

100219843-8

DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a mis padres Edith Benalcázar y Mauricio Armijos por todo el apoyo y sacrificio que han puesto en mi para hacer de mí un hombre de provecho, también retribuyo por el impulso que me manifestaron en los momentos más difíciles de mi carrera. Además, ellos son las dos personas que día a día me dan su ejemplo de cómo seguir adelante en la vida por más dura o simple se presente. Mis padres me heredaron el tesoro que siempre les estaré agradecido y ese es mi educación. De igual manera quiero reconocer a mis hermanos quienes me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera, igualmente agradezco a mi familia por estar siempre pendiente en mi desarrollo académico.

Tercero retribuyo este logro alcanzado a cada uno de mis profesores ya que sin sus conocimientos compartidos no estaría en estas instancias, también sé que todo lo aprendido y compartido en las aulas de clases será de mucha ayuda para poder ser un gran profesional.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA.

Dedicado a Luis Benalcázar, quien fue el que me oriento a corta edad por la Electrónica. Aunque no te encuentres en este momento tan importante tu recuerdo me acompaña siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.	I
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.	I
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.	II
3. CONSTANCIAS.	III
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.	IV
DECLARCIÓN.	V
CERTIFICACIÓN.	VI
AGRADECIMIENTO.	VII
DEDICATORIA.	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO	IX
INDICE DE FIGURAS.	XIII
INDICE DE TABLAS	XVI
RESUMEN.	XVII
ABSTRACT.	XVIII
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.	1
1.1. TEMA.	1
1.2. PROBLEMA.	1
1.3. OBJETIVOS.	2
1.3.1. Objetivo general.	2
1.3.2. Objetivos específicos.	3

1.4. ALCANCE.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Antecedentes	6
2.2. Distracción y Somnolencia.....	10
2.2.1. Distracción.....	10
2.2.2. Somnolencia	12
2.2.3. Somnolencia y la conducción.....	13
2.2.3.1. <i>El momento del Dia</i>	14
2.2.3.2. <i>Nivel de Actividad del conductor</i>	14
2.2.3.3. <i>Diferencias Individuales de los conductores</i>	14
2.2.3.4. <i>Horas de trabajo continuo</i>	14
2.3. Vehículos de transporte pesado.....	15
2.3.1. Vehículo de Carga.....	16
2.3.1.1. <i>Tipos de vehículos de carga</i>	16
2.4. Sistemas de detección de somnolencia.....	18
2.4.1. Sistema por medición de parámetros.....	19
2.4.2. Sistema por reconocimiento Facial	20
2.5. Tecnologías usadas para la detección de Somnolencia y Distracción.....	21
2.5.1. Tecnología Optalert.....	21
2.5.2. Detector de Fatiga Bosch (Volkswagen).....	22
2.5.3. Dispositivo Experimental para detectar la somnolencia	24

2.5.4.	Dispositivo y procedimiento para determinar el nivel de alerta del conductor.....	25
2.5.5.	Elemento para la detección de somnolencia en maquinaria o vehículos	25
2.6.	Dispositivos para la advertencia de somnolencia	27
2.6.1.	Alarma anti-somnolencia	27
2.6.2.	Aleta de sueño o fatiga del conductor	28
2.6.3.	Sistema DAS (Driver Alert System)	28
2.7.	Software Libre	28
2.7.1.	Java.....	29
2.7.2.	OpenCv.....	29
2.7.3.	Python.....	30
2.7.4.	Raspbian	30
2.8.	Hardware Libre	31
2.8.1.	Arduino.....	31
2.8.2.	Raspberry pi 3 model B.....	32
2.8.3.	Intel Galileo.....	33
2.9.	Comparación entre herramientas de Hardware Libre	34
CAPÍTULO III. DISEÑO		35
3.1.	Situación Actual	36
3.2.	Metodología.....	44
3.3.	Desarrollo del Proyecto	48
3.3.1.	Propósito del Sistema	48
3.3.2.	Ámbito del Sistema	49
3.3.3.	Partes Beneficiarias.....	49

3.3.4. Análisis de las características del conductor	51
3.4. Requerimientos.....	52
3.4.1. Requerimientos de Stakeholders	53
3.4.2. Requerimientos de Sistema	54
3.4.3. Requerimientos de Arquitectura.....	55
3.5. Selección de Hardware y Software del sistema.....	56
3.5.1. Selección de Software	56
3.5.2. Selección de Hardware	59
3.6. Diseño del Sistema.....	62
3.6.1. Arquitectura del sistema.....	63
3.6.2. Diagrama de Bloques	64
3.6.2.1. <i>Bloque 1: Arranque de la cámara y obtener imágenes</i>	65
3.6.2.2. <i>Bloque 2: Tratamiento de Imágenes</i>	69
3.6.2.3. <i>Bloque 3: Detección de: Rostro, Ojos y Parpadeo</i>	73
3.6.2.4. <i>Bloque 4: Análisis Fisiológico y Alerta</i>	78
3.6.2.5. <i>Bloque 5: Registro de Datos</i>	80
3.7. Diagrama de Flujo.....	83
3.8. Diagrama del circuito	88
3.9. Análisis de la ubicación del sistema.....	89
3.9.1. Ubicación de la cámara	89
3.9.2. Ubicación del convertor de voltaje	90
3.9.3. Ubicación de alerta de somnolencia	91
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	92

4.1. Pruebas del Sistema.....	92
4.1.1. Pruebas iniciales del sistema.....	93
4.1.2. Pruebas Finales del sistema.....	102
4.1.3. Análisis de Resultados.....	103
4.2. Conclusiones.	104
4.3. Recomendaciones.	105
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	111
Anexo 01. Programación del Sistema.....	111
Anexo 02. Formato de Entrevista realizada a conductores de transporte de mercadería.	113
Anexo 03. Entrevista dirigida a conductores de vehículos de carga de dos ejes.	114
Anexo 04. Datasheet de los componentes del sistema.....	117
Anexo 05. Fotografías de lo realizado.	118
Anexo 06. Imágenes de las Pruebas de Funcionamiento.....	120

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de vehículos involucrados en accidentes desde enero del 2017	8
Figura 2. Dimensiones de un camión de carga N2 (dos ejes).....	15
Figura 3. Clasificación de vehículos de carga pesada.....	17
Figura 4. Elementos usados por la tecnología para la detección de fatiga de los conductores.	22
Figura 5. Sistema detector de fatiga Bosch integrado por Volkswagen.	23
Figura 6. Forma de detección de fatiga en el conductor realizado por el dispositivo detecto.	24

Figura 7. a) Punto de presión b) Sensor infrarrojo volante c) Membrana de detección	25
Figura 8. Esquema de un sistema de detección de somnolencia a) Memoria y Unidad central del sistema b) Sensor del eje de transmisión c) Sensor de movimiento del volante d) Sensor de movimiento en el acelerador.....	26
Figura 9. Dispositivo de alarma Anti-somnolencia de Toschoi a) Volante y envoltura flexible b) Fuente de alimentación del sistema	27
Figura 10. Vista superior de una placa Raspberry Pi 3 modelo B.	33
Figura 11. Distribución máxima de carga dependiendo de los ejes del vehículo.	37
Figura 12. Vista externa de una cabina de un Camión de carga de dos ejes Hino serie 500.	38
Figura 13. Vista interior de un habitáculo de un camión de carga de dos ejes Hino serie 500. ...	39
Figura 14. Empresas según actividad económica Transporte y Almacenamiento.....	42
Figura 15. Metodología modelo en Cascada.....	45
Figura 16. Ciclo de vida de desarrollo de un sistema en base al modelo en V.....	46
Figura 17. Ciclo de vida del desarrollo de Software en base de un modelo Espiral.....	47
Figura 18. Presentación de las fases que contiene una metodología basada en el modelo en V..	48
Figura 19. Arquitectura del Sistema de detección de Somnolencia.....	63
Figura 20. Diagrama de bloques del sistema.	64
Figura 21. Activación de la cámara Pi v2 Raspberry.....	66
Figura 22. Opciones de Pi Cámara: Habilitar o Desactivar cámara.	66
Figura 23. Etapas de tratamiento de imágenes.....	69
Figura 24. (Izquierda) Imagen RGB (Derecha) Imagen transformada a escala de grises.	71
Figura 25. (Izquierda) Imagen a escala de grises, (derecha) Imagen ecualizada el Histograma. .	72
Figura 26. Binarización de una imagen.	73

Figura 27. Características de los clasificadores Haar para la detección de objetos.	74
Figura 28. Determinación del área para la detección.....	75
Figura 29. Análisis de detección en regiones faciales como rostro y ojos.	76
Figura 30. (Izquierda)Detección de los ojos abiertos (Derecha) Detección de los ojos cerrados.	78
Figura 31. Autenticación de Base de Datos Phpmyadmin.....	81
Figura 32. Base de datos CONDUCTORES.....	82
Figura 33. Envío de variables a Base de Datos CONDUCTORES.	82
Figura 34. Inicio de Cámara y Obtener la imagen.....	83
Figura 35. Proceso para el tratamiento de la imagen capturada.	84
Figura 36. Proceso para la detección del rostro y ojos del conductor.....	85
Figura 37. Proceso para determinar el conteo del parpadeo del conductor.	85
Figura 38. Proceso para la detección de somnolencia en el conductor.....	86
Figura 39. Diagrama de flujo del sistema.	87
Figura 40. Diagrama Circuitual del sistema de detección de somnolencia para conductores.	88
Figura 41. Ubicación estratégica de la cámara para la detección de somnolencia.	89
Figura 42. Ubicación estratégica de alerta de detección de somnolencia.	91
Figura 43. Información obtenida de las pruebas de la primera semana.....	98
Figura 44. Datos obtenidos en la prueba de la segunda semana de la cuarta etapa.	99
Figura 45. Datos obtenidos de la Tercera Semana de la Cuarta Etapa del cronograma.	101
Figura 46. Porcentaje de efectividad de la alerta.	101
Figura 47. Obtención de datos de las pruebas finales del sistema	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación por número de vehículos motorizados, según su clase y modelo.	7
Tabla 2. Tabla comparativa de Hardware libre en el mercado.	34
Tabla 3. Partes beneficiarias con el desarrollo del proyecto.	50
Tabla 4. Lista de stakeholders.	52
Tabla 5. Requerimientos de los Stakeholders.	53
Tabla 6. Requerimientos del sistema.	54
Tabla 7. Requerimientos de arquitectura (Software, Hardware y eléctricos) del sistema.	55
Tabla 8. Selección de Software de Tratamiento de imágenes.	57
Tabla 9. Selección de Software de programación.	58
Tabla 10. Selección de Hardware.	60
Tabla 11. Selección de la Cámara que usará el Sistema.	61
Tabla 12. Clasificación de estatura promedio en Latinoamérica y en Ecuador.	90
Tabla 13. Plan de actividades para realizar las pruebas del sistema.	94
Tabla 14. Resultados obtenidos en las pruebas de la Primera Etapa.	95
Tabla 15. Resultados obtenidos en las pruebas de la Segunda etapa.	96
Tabla 16. Resultados obtenidos en las pruebas de la Tercera etapa.	96
Tabla 17. Prueba en la Primera semana de la Cuarta Etapa.	97
Tabla 18. Prueba en la Segunda semana de la Cuarta Etapa.	99
Tabla 19. Prueba en la tercera semana de la Cuarta Etapa del cronograma.	100

RESUMEN.

Este proyecto trata de un sistema de alerta electrónico para la detección de somnolencia en conductores, en base al uso de la visión artificial para el monitoreo de los rasgos faciales como las coordenadas del rostro, los ojos y el pestañeo. El prototipo se desarrolla con el propósito de que no interfiera con la visibilidad del conductor y realice un trabajo continuo sin importar el periodo del día que se encuentre sea la mañana en la tarde o en la noche.

Los requisitos del proyecto son fundamentales para la elección de los elementos usados en el sistema. Igualmente se toma en cuenta el análisis de la situación actual donde se determina los parámetros para el diseño del proyecto. En cuanto al funcionamiento, el sistema monitorea la fisonomía, los ojos y el excesivo pestañeo del conductor (somnolencia) y si se presenta un cambio fisonómico o signos de somnolencia el sistema actúa de inmediato con una alerta auditiva. Asimismo, el sistema proporciona y almacena un registro de eventos dentro de una base de datos para un análisis de conducción dependiendo de los conductores que usen el sistema.

El sistema va en el habitáculo del vehículo con el fin de realizar las pruebas en el área de acción del conductor, con la intención de comprobar el funcionamiento del prototipo. Los resultados obtenidos en la etapa de pruebas concluyen que los conductores tienden al sueño en altas horas de la noche, esto por la carga horaria de trabajo. La respuesta que entrega el sistema frente a la presencia de somnolencia es la alerta auditiva, esto quiere decir que el número de falsos positivos que entrega el sistema es casi nulo, presentando a un prototipo perfectamente funcional.

ABSTRACT.

This project deals with an electronic alert system for the detection of drowsiness in drivers, based on the use of artificial vision for the monitoring of facial features such as the coordinates of the face, eyes and blinking. The prototype is developed so that it does not interfere with the visibility of the driver and perform continuous work regardless of the period of the day it is in the morning or evening.

The requirements of the project are fundamental for the choice of the elements used in the system. The analysis of the current situation is also considered the parameters for the design of the project are determined. As for the operation, the system monitors the physiognomy, the eyes and the excessive blinking of the driver (drowsiness) and if there is a physiognomic change or signs of drowsiness the system acts immediately with an auditory alert. In addition, the system provides and stores a record of events within a database for a driving analysis depending on the drivers that use the system.

The system goes in the passenger compartment of the vehicle to perform the tests in the area of action of the driver, with the intention of checking the operation of the prototype. The results obtained in the testing stage conclude that drivers tend to sleep late at night, due to the workload. The answer given by the system to the presence of drowsiness is the auditory alert, this means that the number of false positives delivered by the system is almost nil, presenting a perfectly functional prototype.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.

1.1. TEMA.

“SISTEMA DE ALARMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULO DE DOS EJES MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL”

1.2. PROBLEMA.

El cansancio y el sueño al momento de conducir se han determinado como motivos de los accidentes en las carreteras, esto se debe a que el conductor reduce paulatinamente la concentración llegando a perder la capacidad de respuesta frente a situaciones peculiares las cuales requieren una reacción inminente a la hora de manejar, es por eso que el pestañeo o somnolencia se manifiestan como señales de fatiga o sueño. (Josefa, 2014) Generalmente, los accidentes provocados en este tipo de condiciones poseen un alto grado de desgracia en relación a personas fallecidas, laceraciones y daños materiales.

Uno de los motivos que más muertes y perjuicios ocasionan son los incidentes causados por el estado de sueño que presenta un conductor. El Instituto Ferrero De Neurología y Sueño (IFN) declara que los incidentes ocasionados por causa de la somnolencia que presenta el conductor, es considerada una de las causas que menos se toman en cuenta y además una de las que más muertes y lesiones ocasiona. (Sueño, 2012) Es por esto que hay diversas formas de sospechar si un accidente en las vías fue producido por la somnolencia al momento de conducir, estas circunstancias se presentan por la privación de sueño, manejo a altas horas de la noche y el

uso de Medicamentos para contrarrestar el sueño. Reportes generados por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) declaran que los accidentes por somnolencia se ocasionan entre 00:00 – 7:00 am. y el horario de 13:00 – 15:00 pm (ANT, 2017), es en estos incidentes se evidencia que el conductor no realiza ninguna maniobra evasiva debido a que entra en un estado de sueño y la colisión del vehículo es inminente.

Por una parte, autos de una gama alta como es el nuevo Mercedes Benz, Tesla y el Passat CC constan con sistemas de asistencia para alertar un estado de somnolencia, pero estos automóviles semi-autónomos presentan un costo muy elevado de adquisición, pero por otro lado los automóviles tradicionales (gama baja) no cuentan con este tipo de sistemas, siendo estos más propensos a producir accidentes en las vías.

Mediante el desarrollo de este sistema de alarma se desea detectar la somnolencia en los conductores de vehículos de dos ejes comúnmente llamados “mulas”, esta detección de cansancio se define por el análisis de parámetros del conductor donde el sistema determinara si hay algún síntoma de fatiga o sueño e inmediatamente se enviara una señal de alerta sonora al conductor, esto se realizara con la finalidad de que el conductor pueda realizar maniobras evasivas las cuales permitan salvaguardar su integridad y la de los demás en casos más extremos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de alarma electrónico, mediante visión artificial para la detección de somnolencia en conductores de vehículos de carga de dos ejes.

1.3.2. Objetivos específicos.

Investigar la bibliografía relacionada con los sistemas de asistencia para conductores que detecten síntomas de somnolencia o sueño, con la finalidad de obtener bases teóricas las cuales ayudarán con el desarrollo del sistema.

Evaluar los signos y señales de somnolencia en conductores de vehículos de dos ejes.

Determinar los parámetros técnicos y métodos que posibiliten procesar signos de somnolencia en personas.

Plantear un prototipo con elementos electrónicos que proporcionen una advertencia al conductor que presenta síntomas de somnolencia, posterior a esto ejecutar pruebas de funcionamiento con referencia al prototipo.

1.4. ALCANCE.

Se desarrollará un sistema de alarma electrónico el cual consiste en poder detectar el estado de somnolencia en conductores de vehículos de carga de dos ejes, esto se logrará mediante el uso de visión artificial es decir que esto consiste en determinar algunos parámetros faciales del conductor para la determinación de somnolencia o sueño.

En base a las diferentes formas de detectar los signos de somnolencia en los conductores de carga de dos ejes, se tomará en cuenta las distracciones que tiene el conductor en el momento de conducir. Gracias a la visión artificial se puede analizar los rasgos de visión específicamente la zona de los ojos y además determinar los parámetros de conducta del conductor. En base a la

inteligencia artificial también se podrá saber a dónde va dirigida la visión y el parpadeo del conductor a la hora de tomar el volante.

Ya determinado el método de detección de somnolencia, se proseguirá con la elección de algún algoritmo adecuado que permita obtener la información de la conducta del conductor en tiempo real al momento de manejar el vehículo. De esta forma se logrará evaluar la conducta habitual del conductor cuando este conduzca el vehículo de carga, de igual manera como apoyo de asistencia para el sistema se incluirá una alarma auditiva la cual advertirá al conductor ante alguna eventualidad o signo que tenga que ver con el estado de somnolencia.

Como siguiente etapa se elaborará un prototipo el cual será comprobado en el área de acción del conductor, en este caso el escenario sería el vehículo de dos ejes en horarios de entrega de alguna carga o mercadería, sumado a esto se considerará el uso de cámaras de alta definición las cuales se encargarán de adquirir los datos de la zona de la vista, ojos y por ende el parpadeo de los mismos, con estos parámetros faciales se procederá a la evaluación de si el conductor presenta o no síntomas de somnolencia. Con el prototipo creado se realizará las pruebas pertinentes del sistema para determinar si el funcionamiento es el correcto y verificar las falencias que se tiene en el área de acción. Este tipo de sistemas más adelante ayudará a mejoras en el campo de los automotores para lograr reducir porcentualmente los accidentes en las vías.

1.5. JUSTIFICACIÓN.

El transporte de carga o mercadería para las empresas del país es necesario debido al comercio que se produce entre diferentes ciudades como por ejemplo en Quito, Ibarra, Lago Agrio, Guayaquil, Ambato, etc. Pero debido al tiempo de entrega en el trayecto del viaje se generan varios

peligros como la falta de concertación tras el volante y la falta de reacción frente acciones debidas a la somnolencia y como resultado generando múltiples daños tanto materiales como pérdidas humanas en casos más extremos, en cuanto refiriéndonos a empresas se tendrían pérdidas económicas, lo cual genera inconvenientes en un nivel económico dentro de las empresas perjudicadas por dichos accidentes, es por eso que se ha tomado en cuenta la mejor manera de poder alertar a los conductores frente los síntomas de sueño o somnolencia, por consiguiente se ha considerado el desarrollo de un sistema de alarma electrónico con visión artificial para la detección de somnolencia en los conductores de este tipo de vehículos que transportan mercadería, este sistema se basa en la evaluación de cambios en los rasgos faciales específicamente el momento del parpadeado de los ojos del individuo que está a cargo del vehículo.

Con el presente proyecto se busca alertar a los conductores de los vehículos de dos ejes que presenten somnolencia y desconcentración a la hora de conducir, con esto se está ayudando al usuario a tomar la decisión para la programación de un descanso y poder proseguir con su labor con más confianza, además este sistema no llegará a interferir con las labores que realiza el conductor al momento de conducir.

En este caso se busca beneficiar directamente a los conductores de los vehículos de dos ejes que transportan mercadería durante viajes largos en horarios inadecuados de conducción, por esto se contará con un sistema de alarma adicional que en muchos casos le salvará la vida. Por otro lado, se tiene los beneficiarios indirectos que son los demás pasajeros en el vehículo y como empresa que no se presentará perdidas económicas debido a un accidente por el descuido del conductor, igualmente se benefician los peatones que en muchos casos son los más perjudicados en este tipo de accidentes en las vías.

CAPÍTULO II. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

Los accidentes de tránsito simbolizan un peligroso problema para la salud y también para la economía en el mundo. En la actualidad se considera como un campo complejo, siendo un conjunto de causas humanas, ambientales y automovilísticas. Debido al complicado problema diversas disciplinas han llegado a abordar el complejo tema. Entre estas disciplinas se tiene la ingeniería, medicina, psicología y la educación las cuales han ayudado a disminuir el impacto del problema. Hablando de la distracción y somnolencia son circunstancias muy complicadas, ya que esto implica una decaída en los niveles de vigilia por parte del conductor. Estos estados, sobre todo la somnolencia acarrea incidentes que no se pueden evitar frente a una circunstancia de peligro. Según el subdirector de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) Alexis Eskandani, puntualizo que uno de los principales motivos de los accidentes o siniestros ocurridos es por la distracción del conductor, donde un 1.85% de estos accidentes ocurren por un estado de somnolencia o presentar malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga) (ANT, 2017). De acuerdo al Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) en Ecuador el parque automotor creció el 57% en los últimos 5 años, esto quiere decir que existe un aproximado de 1'925.368 vehículos motorizados matriculados en el país, donde hay un total de 88.948 vehículos de clase y modelo camión (vehículo de dos ejes). Como se puede verificar en la Tabla 1 se tiene la clasificación vehicular donde hace dos años se tiene un crecimiento en el número de camiones en el país.

Tabla 1. Clasificación por número de vehículos motorizados, según su clase y modelo.

CLASE	TOTAL	MODELO						
		2010 ANTERIORES	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TOTAL	1.925.368	1.095.079	157.338	161.345	161.434	159.247	167.327	23.598
AUTOMÓVIL	598.835	382.805	53.443	46.566	44.362	33.077	31.966	6.616
AUTOBUS	17.826	12.094	1.145	850	800	1.022	1.438	477
CAMIÓN	88.948	55.790	5.850	5.385	5.961	4.783	8.692	2.487
CAMIONETA	388.650	288.658	23.889	18.579	22.166	16.492	16.639	2.227
FURGONETA C	39.297	20.482	3.390	4.717	4.112	2.520	3.323	753
FURGONETA P	29.703	22.072	458	338	626	2.019	3.632	558
JEEP	302.228	172.077	29.336	24.789	26.142	22.042	23.045	4.797
MOTOCICLETA	431.215	122.642	38.171	58.162	54.887	75.347	76.576	5.430
TANQUERO	2.887	2.013	173	172	166	135	212	16
TRAILER	8.429	4.524	582	636	794	757	981	155
VOLQUETA	11.344	8.116	499	701	818	688	515	7
OTRA CLASE	6.006	3.806	402	450	600	365	308	75

Fuente: <http://www.ant.gob.ec/>

Los accidentes de tránsito se tratan de ocasiones eventuales o acciones que tienen efectos adversos esto debido por una o varias causas, estos incidentes por lo general son ocasionados en las vías. Las consecuencias adversas a los usuarios pueden ser la pérdida de vidas humanas, personas lesionadas y por otro lado se llega a tener pérdidas materiales.

Según estadísticas anuales entregadas por la Agencia Nacional de Tránsito en enero del 2017 se determinó que un 5% de los vehículos que causan accidentes en las vías del Ecuador son Camiones. (ANT, 2017)

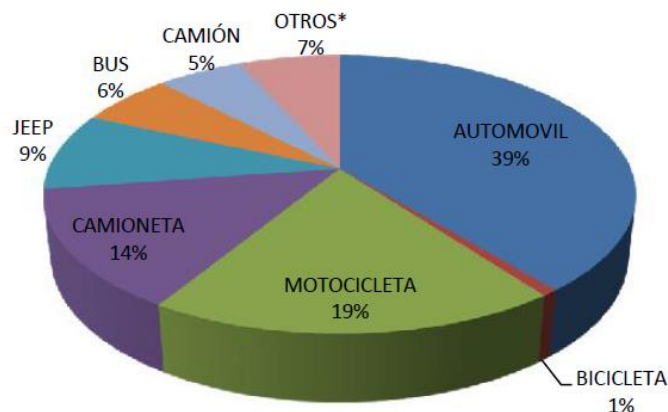


Figura 1. Porcentaje de vehículos involucrados en accidentes desde enero del 2017

Fuente: <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-2/nacional>

En base a los resultados extraídos por la Agencia Nacional de tránsito se determinó que el número de accidentes de tránsito o siniestros ocurrido en Enero del 2017 es de 2.428 accidentes registrados en todo el país. (ANT, 2017) Donde la impericia y negligencia de los conductores son factores que se implican en la mayor parte de los accidentes, por lo cual la negligencia de los conductores conlleva un peligro para uno mismo o a su vez para terceros, esto llega a ocurrir por ignorar lo que puede ocurrir frente al descuido tras el volante.

En el Ecuador una de las principales causas de accidentes de tránsito es la distracción a la hora de manejar un vehículo, se ha verificado que distraerse (hablar, dormir, uso de celular) y conducir un automóvil se definen como funciones que no se lograrían realizar a la vez, esto debido a que el conductor llega a perder la concentración y produciría un accidente de tránsito.

De acuerdo a la Policía Nacional la distracción a la hora de conducir se define como negligencia. Según las infracciones de tránsito en el Capítulo V de las Contravenciones, Sección 2, en el artículo 140 literal m, detalla que el artífice o conductor se distraiga al manejar será

sancionado con una multa leve de 10% de su remuneración básica unificada y a su vez una reducción de 3 puntos en la licencia de conducir. Pero si la negligencia del conductor ocasiona daños materiales o a terceros la Justicia Ecuatoriana deliberara según la magnitud del accidente amparándose en las infracciones de tránsito.

Es algo muy importante definir el cómo más no el porqué de un accidente de tránsito, ya que es en donde se llega a determinar el diferente comportamiento entre los factores como son: conductor/vehículo/vía/entorno que se involucran directamente en todo un entorno, además se depende de las funciones que cumplen cada uno de estos componentes. Habitualmente cualquier automóvil en marcha, conducido por un individuo no se precisa como una función mecánica, es más los componentes conductores/vehículo se enfoca más al artífice (conductor) de la acción, el cual mide, considera y además determina acciones frente a las señales que percibe dentro de su rango natural de captación de datos lo cual le facilita la toma de decisiones.

La distracción y somnolencia que se presenta en el conductor se debe a varios factores, el conductor presenta señales de fatiga y cansancio, dando como resultado la reducción progresiva de la concentración a la hora de conducir, llegando al punto de perder la manera de responder frente a circunstancias que requieren repuestas instantáneas cuando se transita por las vías, por desgracia las consecuencias de este tipo de accidentes pueden llegar a la pérdida de vidas, personas heridas y por ultimo pérdidas materiales.

Frente a una situación así el conductor responsable lleva su capacidad de respuesta al límite, pero al momento de realizar una maniobra evasiva es demasiado tarde, porque los factores de cansancio y sueño resta el tiempo de respuesta para la reacción frente a una eventualidad.

Debido a este motivo la realización del proyecto con el cual se pretende alertar al conductor, por medio de visión artificial la cual funciona por medio de análisis de patrones, logrando determinar la somnolencia del conductor, esto se logrará gracias al algoritmo que examina la acción de los ojos, parpados e indicios de sueño en el individuo para que llegue al punto de activar una alerta si encuentra al conductor en estado de somnolencia.

2.2. Distracción y Somnolencia

2.2.1. Distracción

La distracción se produce cuando la atención del conductor llega a desviarse de la conducción ya sea por una acción secundaria que requiere centrarse en un objeto, evento o persona no relacionada con la tarea principal que es la conducción. Aunque la información ya existente no es adecuada y no es representativa para la población conductora, se llega a estimar que los conductores participan en acciones secundarias que potencialmente distraen al conductor del vehículo, aproximadamente el 30% de los conductores llegan a distraerse al momento que sus vehículos están en movimiento.

Frente a la distracción de la conducción se ha llevado a cabo múltiples estudios para llegar a su conceptualización, existen diversas definiciones donde unas se las definen parcialmente y otras se enfocan en los aspectos de algún fenómeno ocurrido como principios, efectos, elementos implicados, diferentes distracciones. Por otro lado, hay definiciones que llegan a limitar el significado de distracción, dando lugar a la acción de una actividad secundaria (uso de dispositivos

móviles). De acuerdo con la relación a una expresión cotidiana ha llegado a determinarse como un carácter abstracto, donde no se obtiene una sustentación científica.

Debido a las dudas para definir un concepto específico de distracción se ha llegado a la aceptación de que el descuido al momento de conducir se refiere a algún acontecimiento, acción, objeto o individuo, adentro o afuera del vehículo, interrumpen con la atención del conductor y no se realiza su acción primaria que es conducir. En la mayoría de los casos como resultado de la distracción se puede ocasionar accidentes de tránsito.

Existen varias causas que llegan a influir en la distracción al conducir tanto dentro y fuera del vehículo. Esto quiere decir que un conductor no asume el peligro que supone una distracción debido a la acción de actividades secundarias. La tarea de conducir conlleva que el conductor establezca y llegue a ordenar toda la información, estímulos que adquiere del entorno en el cual se encuentra. Por lo tanto, se exige que el conductor logre a conservar un nivel correcto de atención selectiva, mantenida y a su vez dividida al momento de conducir.

Durante la conducción el estado físico del conductor juega un factor importante ya que la información que se obtiene es grande y la capacidad de aceptación llega a ser afectada. El estado en el que se encuentre el conductor es muy determinante al momento de conducir, ya que puede llegar a tener sueño o fatiga y será más difícil que mantenga la atención. Es por esto que la capacidad de respuesta por parte del individuo llega a afectarse de una forma negativa, esto lleva a cometer errores y aun peor ocasionar un incidente.

2.2.2. Somnolencia

La somnolencia y el sueño al conducir se asimilan como las causas que se encuentran detrás de los accidentes inevitables e incidentes en las vías ocasionados por conductores supuestamente profesionales. Por varios años la fatiga se ha relacionado con los accidentes de tránsito debido a la conducción extensa o nocturna que realizan los conductores, pero informes de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) no diferencian si los siniestros ocurrían por somnolencia o fatiga. Durante los años 90 ya en base a estudios epidemiológicos se empezó a examinar la somnolencia además de la carencia de sueño como razones de varios accidentes en las vías. (ANT, 2017)

La somnolencia, el uso de medicamentos, la insuficiencia de sueño y además de conducir por la noche llegan a ser causantes del 20 % de accidentes en las vías. Estos trastornos de sueño en conductores profesionales deben llegar a ser estudiados sistemáticamente con el objetivo de reducir significativamente el riesgo de los accidentes. Conducir con sueño se define como un factor de riesgo donde el 15 y el 30 % de accidentes de tráfico se asocian con la somnolencia, esto quiere decir que se trata de un riesgo mayor que los efectos del alcohol. (Rosales Mayor, Rosales Mayor, & Rojas, 2013)

Los conductores somnolientos llegan a tener la falta de atención, la respuesta de sentidos y pueden caer dormidos al volante, así ocasionando algún tipo de accidente. Los eventos ocasionados por somnolencia pueden tener como consecuencia tres veces el número de víctimas mortales como los demás accidentes de tránsito.

Existen varias razones para la somnolencia habitual al conducir entre las más importantes están: la privación de sueño, trabajos realizados por la noche, cansancio mental, insomnio,

trastornos del movimiento periódico de las extremidades y también enfermedades de corazón. Pero sobre todo la razón más común se define como el síndrome de apnea-hipopnea del sueño (SAHS) y también la narcolepsia, este tipo de síndrome aumenta de 2 a 3 veces el riesgo de accidentes de tránsito. (Eguía & Cascante, 2015) Conductores con este tipo de síntomas de somnolencia son obligados a tomar descansos repetidos, o programar horarios para dormir.

2.2.3. Somnolencia y la conducción

La somnolencia en muchos casos perjudica a acciones simples psicomotoras y neurocognitivas, es decir en otras palabras afecta a los tiempos de reacción, capacidad visual, razón y la atención de un individuo, pero por otra parte también se pierde la capacidad de procesar información lo cual en este caso daría como un resultado devastador un accidente de tránsito para los conductores de vehículos. En diferentes situaciones los conductores llegan al pestañeo, cabeceo y por último al sueño durante sus horas de labor. La somnolencia en muchos casos establece una falta de capacidad de reacción frente a maniobras evasivas ante percances, lo cual conlleva un alto número de índices de mortalidad por evento. (REY DE CASTRO MUJICA & ROSALES MAYOR, 2009)

El quedarse dormido por un momento mientras se conduce puede ser una tendencia para los conductores y se puede presentar por los siguientes factores (DGT, 2016):

2.2.3.1. *El momento del Dia*

Las primeras horas de la mañana entre (3:00 – 5:00 am) y las primeras horas de la tarde (14:00 – 16:00 pm) son los periodos donde el sueño es más evidente en los conductores. Esto es independiente de las horas de descanso.

2.2.3.2. *Nivel de Actividad del conductor*

Las rutas monótonas de conducción favorecen a que el sueño se presente rápidamente en los conductores, es por eso que los conductores deben tener un nivel elevado de actividad como es hablar con el acompañante o a su vez escuchar música.

2.2.3.3. *Diferencias Individuales de los conductores*

La mayoría de los conductores realizan su labor en el día, pero también existen personas que son vespertinas y presentan su máximo rendimiento en las horas de la tarde, además existen horarios que no favorecen en a los conductores y esos son a altas horas de la noche/madrugada.

2.2.3.4. *Horas de trabajo continuo*

Cuanto más tiempo lleve despierto un conductor, más difícil será que él se resista al sueño ya que no ha contado con un periodo de descanso adecuado, donde las horas de recuperación no han sido completas. En estos casos la conducción se determina como una actividad peligrosa.

2.3. Vehículos de transporte pesado

En la actualidad con la globalización, todo se basa en un entorno muy importante en este caso sobre el transporte de carga o mercadería por parte de las empresas. El transporte lucrativo actual está a la prestación del beneficio público y además incluye todos los medios implicados en el movimiento de personal o recursos. La forma de transportar personas se define como servicio de pasajeros y el transporte de recursos como servicio de mercadería. Este proyecto se enfoca en el transporte de mercadería por medio de vehículos de dos ejes (N2) o vehículos de carga. Como se evidencia en la Figura 2 se tiene las dimensiones de un camión de carga de dos ejes.

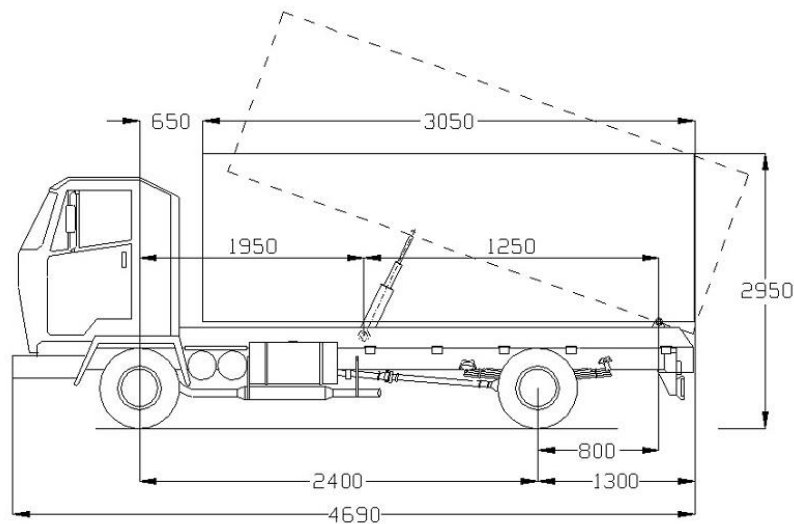


Figura 2. Dimensiones de un camión de carga N2 (dos ejes)

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn14.html>

Los elementos que conforma el medio de transporte para la carga de mercadería pesada son: chasis, cabina, área para colocar la carga, ejes, sistemas: eléctrico, hidráulico.

2.3.1. Vehículo de Carga

Vehículo de cuatro ruedas o a su vez más neumáticos, el cual es elaborado con el objetivo de transportar mercadería. Su cabina de carga no se encuentra integrada al resto de su carrocería constando con un estimado de 9 plazas incluyendo la cabina del conductor.

2.3.1.1. Tipos de vehículos de carga

- **Vehículos de Carga liviana:** Se define como vehículos de carga liviana (N1) este tipo de vehículos son desarrollados específicamente para el transporte de mercadería liviana.
- **Vehículos de Carga Media:** Estos vehículos son todos aquellos que constan de dos o tres ejes (N2, N3), además constan con un peso mayor a 5 Ton. En este tipo de vehículos también se puede incluir a las furgonetas de carga liviana. Todo vehículo cuyo peso máximo sea de 4 toneladas o menores se le considera vehículo de carga pesada.
- **Vehículo de Carga Pesada:** Se define a los vehículos que transportan carga Livia, pesada y son de clase $TCM < 4$ y $TCM > 5$. Como se muestra en el Figura 3 se tiene la clasificación de vehículos de carga pesada.


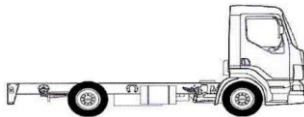
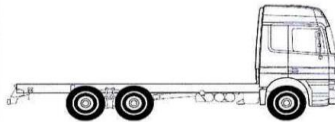
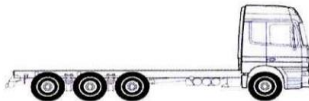
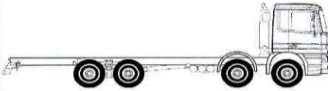
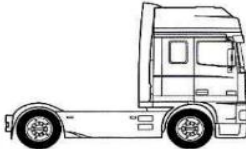

CODIGO	SUBCLASE	CLASE
CML	N1	CAMIÓN LIGERO 
		CAMIÓN MEDIANO 
CMM	N3	CAMIÓN PESADO 
		
		
TCM	N3	TRACTO CAMIÓN 
		

Figura 3. Clasificación de vehículos de carga pesada.

Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/clasificacion-vehiculos-carga.php>

2.4. Sistemas de detección de somnolencia

La industria automotora ha llegado a mostrar un interés por la conducta del conductor, esto se debe a la necesidad de poder adaptar el vehículo con el conductor (Human- Machine Interface). Esto se puede llevar acabo por medio de la programación de la información o a su vez facilitando mensajes que asistan cuando el conductor degrada el objetivo principal que es la experiencia de manejo.

En la actualidad se puede encontrar todo tipo de sistemas para detectar el cansancio y la fatiga del conductor, pero la diferencia de cada uno de los sistemas son los tipos de datos que se usan para establecer que el conductor está conduciendo sin perder la concentración o a su vez que le conductor entre en una etapa de somnolencia.

El estado del conductor se basa en dos campos la detección de distracción y también la identificación de somnolencia respectivamente, pero entre estas dos ramas existen conceptos relacionados ya que el argumento de la conducta del conductor asocia a la somnolencia y la distracción y da como resultado acciones realizadas por los humanos.

En base al seguimiento de la conducta del conductor se encuentran sistemas que emiten información del entorno del vehículo y también medidas de conducción. Por otro parte existen aquellos sistemas que específicamente se enfocan en monitorizar rasgos faciales del conductor al momento de conducir.

2.4.1. Sistema por medición de parámetros

Los sistemas que se enfocan en medir parámetros al conducir se orientan a la creación de un perfil específico de conducta del conductor. La información se obtiene en base a la carga de trabajo y de acuerdo con un nivel de actividad que realiza el conductor dentro del vehículo como puede ser el uso de controles del vehículo y su influencia en la conducción. La comparación de la información obtenida del entorno con el perfil de conducción se la hace constantemente entre estos parámetros de comparación se encuentra la variación de velocidad, aceleración, movimientos realizados en el volante, uso del acelerador y el freno, etc., por otro lado también se realiza la medición de influencias externas al entorno del vehículo como es el viento, medición del estado del color del semáforo o incluso reconocer los límites del carril para saber la posición de donde se encuentra el vehículo.

El seguimiento o monitorización de los parámetros al conducir han llegado a ser de mucha ayuda para los conductores, debido a que si el conductor conduce en un estado de fatiga los sensores del vehículo interpretan esta información para una posible corrección en la conducta de conducción del individuo. La información que es almacenada por los sensores es de utilidad ya que con esos datos la unidad de control crea el perfil de conducta del conductor, esto se realiza a pocos minutos que el conductor use los periféricos del vehículo. Los datos que son recogidos por la unidad de control del sistema llegan a ser procesados y comparados con el perfil de conducción del conductor, es ahí donde se determina si el conductor circula bajo el efecto de fatiga, si esto resulta cierto se advirtiera al conductor de la circunstancia por medio de una alerta visual como acústica.

2.4.2. Sistema por reconocimiento Facial

A parte de los sistemas que dan seguimiento a los parámetros de conducción, se tiene los sistemas que monitorean rasgos faciales, este tipo de sistemas se enfocan directamente en rasgos fisiológicos en este caso el proyecto se enfocará en el análisis de parámetros como los ojos y el parpadeo de los mismos, estos parámetros son usados como información para la detección de somnolencia o fatiga. Para la obtención de los datos se hace uso de cámaras ubicadas dentro del vehículo, mediante infrarrojos dirigidos a los ojos se realiza la monitorización de los rasgos fisiológicos, donde posteriormente esos datos se procesarán en la unidad de control (UC), esta información determinara si el conductor está en un estado somnoliento o de distracción.

El uso de estas cámaras hace que el sistema sea eficaz en cualquier tipo de ambiente como puede ser en el día, tarde e inclusive en un ambiente nocturno. Con este tipo de sistemas puede definir si el conductor ha llegado a dormirse o a su vez estar en un estado distraído. Para medir la somnolencia se realiza en base la medida de la frecuencia al parpadear, cuando este patrón sea igual al definido en la UC se advertirá al conductor. Habitualmente el conductor percibe la advertencia por medio de una alerta visual/auditiva en el control de mando del vehículo. Pero cuando el parpadeo no retorna, el sistema lo toma como signo de somnolencia o fatiga y llega a producirse la segunda alerta la cual es una advertencia acústica, la advertencia no se desactivará hasta que el conductor recupere su posición normal en la zona de enfoque de la cámara.

Para detectar la distracción del conductor, los sistemas de asistencia al conductor hacen uso de datos como la dirección de donde se encuentran dirigidos los globos oculares del conductor. Si se da el caso que el conductor no se encuentre concentrado hacia la zona frontal del vehículo, el sistema de monitoreo prepara un contador el cual define un tiempo donde la mirada del conductor

no está regida a la carretera. Si este tiempo es muy extenso el sistema advierte al conductor de distracción, esto se lo realiza normalmente con una señal visual en el panel del vehículo y una pequeña señal vibratoria en el asiento, la alerta se desactivará cuando el conductor retome la vista en la carretera.

Lo que hace que a estos tipos de sistemas sean tan precisos y eficaces son los infrarrojos que trabajan juntamente con las cámaras, permitiendo que el sistema pueda distinguir cuando el conductor está mirando los retrovisores o gira la cabeza por cualquier eventualidad, pero en estos casos los tiempos creados son más elevados para no producir alertas falsas.

2.5. Tecnologías usadas para la detección de Somnolencia y Distracción

Actualmente las tecnologías que llegan a relacionarse con la detección de somnolencia y distracción forman parte de la seguridad de los vehículos al igual que la de los conductores, el objetivo principal de estas tecnologías es reducir los accidentes de tránsito en las vías. Es por esto que en los últimos años se han creado dispositivos que logren determinar circunstancias que procedan de la somnolencia o la distracción del conductor al momento de conducir. Existen diferentes dispositivos en el mercado con diferentes modelos comerciales y además de nuevos sistemas en las empresas automotoras.

2.5.1. Tecnología Optalert

Este tipo de tecnología es capaz de medir en una forma precisa el nivel de somnolencia del conductor, además optalert se enfoca específicamente en el conductor y lo más relevante es que llega a determinar cuando el conductor está en riesgo de caer en un estado somnoliento. Optalert

se basa en un trabajo clave el cual rastrea la velocidad que tiene cada amplitud de parpadeo, las mediciones que realizan varían entre 0 y 10 en una escala de somnolencia. Esta tecnología en sus inicios creó gafas (OVS) con transmisores y receptores de luz (LED) pequeños que se encuentran en el marco de las gafas, además se crearon con un propósito específico el cual era medir cada parpadeo de la persona o conductor del vehículo en este caso. Pero en la actualidad la aplicación del algoritmo de Optalert en cámaras de video busca mayores retos y abrirse más campo en el mercado automotor. (Corbett, 2009)



Figura 4. Elementos usados por la tecnología para la detección de fatiga de los conductores.

Fuente: <https://mypostimp.wordpress.com/2010/06/24/optalert-fatigue-detection-technology-for-drivers-%C2%BB-2/>

2.5.2. Detector de Fatiga Bosch (Volkswagen)

Una de las principales causas de accidentes en las vías es la somnolencia y empresa de Volkswagen agregó el sistema de detección de fatiga de la marca Bosch, este sistema se incorporó en muchos de sus modelos automovilísticos como el Volkswagen Passat y el Passat Alltrack, pero a medida de las actualizaciones tecnológicas este sistema se ha venido agregando en muchos

modelos más, actualmente se encuentra en un Volkswagen Golf Variant. Con este sistema de asistencia se examina la conducta de conducción y también se descubre cambios drásticos que puedan ocurrir, esto gracias al algoritmo implantado en el sistema.

Al igual que optalert este sistema de detección de fatiga Bosch actúa cuando surgen variaciones referentes a la conducta normal de conducción, la forma de advertir al conductor se la realiza por medio de una alerta visual y también acústica. La información que recoge este sistema de detección es generada por una dirección servo electrónica o a su vez recoge datos de un sensor ubicado en el ángulo de giro del volante del conductor. Estos datos son procesados y también el sistema de detección de fatiga Bosch analiza los movimientos del volante al conducir, si existe alguna anomalía al conducir el sistema de ayuda recomienda al conductor tomar un descanso. Normalmente los síntomas de falta de concentración y de somnolencia al conducir son etapas donde el conductor maniobra el volante y combina movimientos bruscos/rápidos con movimientos de corrección de dirección del volante. En base a este tipo de parámetros el sistema de detección puede analizar un valor estimado de fatiga en el conductor. Si el valor estimado sobrepasa un valor definido en el sistema, una señal visual y acústica (taza de café en el tablero) advierte al conductor que debe tomar un pequeño descanso.



Figura 5. Sistema detector de fatiga Bosch integrado por Volkswagen.

Fuente: <http://noticiaslogisticaytransporte.com/empresas/06/11/2015/volkswagen-integra-detector-de-fatiga-bosch-en-sus-vehiculos/61187.html>

2.5.3. Dispositivo Experimental para detectar la somnolencia

En base de estudios de Harini Veeraraghavan y Nikolaos Papanikolopoulos en el departamento de ciencias computacionales de la Universidad de Minesota, llegaron a encontrar la forma de monitorear a un conductor somnoliento. Este sistema detecta en tiempo real la fatiga del conductor, además consta de una cámara de video que está dirigida directamente a la cara del conductor donde se vigila cuando un conductor se duerme por periodos cortos (3 a 4 segundos), también el sistema es capaz de analizar parámetros como color de piel y píxeles de la cara del conductor. De igual forma el sistema experimental estudia el estado de los ojos y determina si están o no abiertos, con estos datos el sistema es capaz de enviar una alertar que el conductor se encuentra en un estado somnoliento o con fatiga. El sistema en un inicio se probó con varias personas con diferente color de piel, rasgo facial y color de cabello; se obtuvo buenos resultados en cuanto a determinar el estado de somnolencia de un operador de algún vehículo.

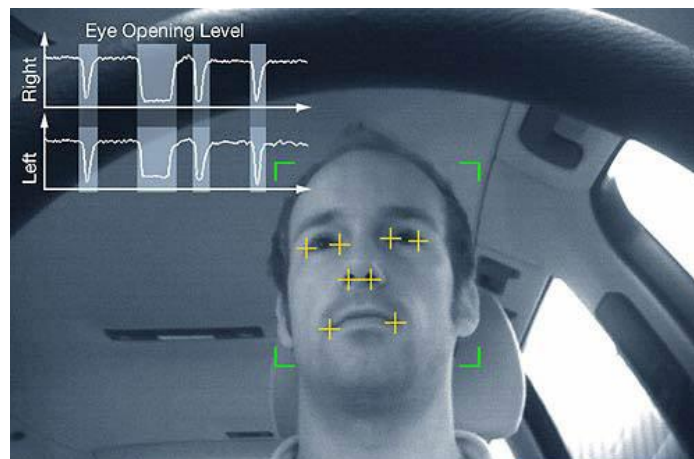


Figura 6. Forma de detección de fatiga en el conductor realizado por el dispositivo detecto.

Fuente: <http://gpstec.cl/sensor-de-fatiga/>

2.5.4. Dispositivo y procedimiento para determinar el nivel de alerta del conductor

Yoshinaka Kawakami, Yoshiharu Takigawa y cuatro más investigadores presentaron un dispositivo y un procedimiento que puede detectar por medio de presión el latido del corazón (frecuencia cardiaca) de un conductor, esto se logra por un sensor infrarrojo ubicado en las dos manos del conductor. La detección de frecuencia cardiaca se debe a una diferencia de potencial debido a la presión que realizan las manos del conductor. Si las medidas de presión son leves el dispositivo lo tomara como una respuesta que el conductor se encuentra en un estado de fatiga. (Kawakami, y otros, 1998)

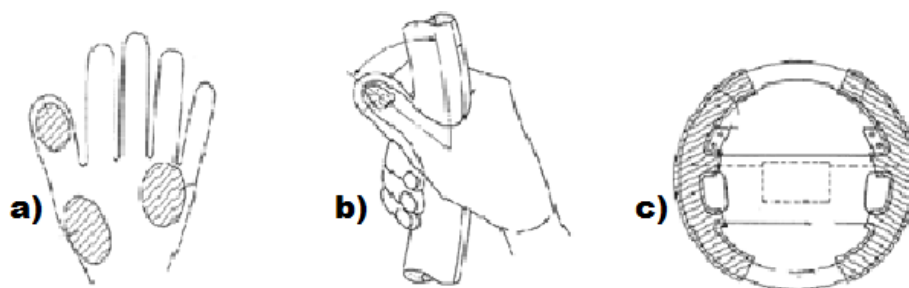


Figura 7. a) Punto de presión en la mano b) Sensor infrarrojo volante c) Membrana de detección de alerta.

Fuente: <https://www.google.com/patents/US5769085>

2.5.5. Elemento para la detección de somnolencia en maquinaria o vehículos

Este dispositivo fue patentado por James Anthony Horne, Louise Ann Reyner, este elemento de asistencia para el conductor se basa en la monitorización de la conducta de conducción, específicamente se enfoca en la detección del estado de somnolencia del conductor. Este invento integra un monitor que toma en cuenta los parámetros circadianos (ritmos ambientales) y signos de sueño del conductor, a su vez analiza factores fisiológicos humanos

genéricos o habituales. Por otra parte, el dispositivo también es capaz de detectar el comportamiento, condición del camino y acción de manejo (aceleración, dirección, frenado), si se encuentra alguna anomalía en alguno de estos parámetros se advierte al conductor con una alerta audiovisual. El invento consta de una memoria de almacenamiento con un patrón fisiológico de información, este patrón trabaja juntamente con un algoritmo implementado en el sistema el cual analiza los datos obtenidos por la operación del vehículo. El dispositivo posee varios sensores ubicados estratégicamente dentro del vehículo, los sensores se encargan de recoger datos los cuales son procesados por la UC la cual define si el conductor se encuentra en un estado somnoliento esto se determina según la posición del volante, por ejemplo, otros sensores se encargan de los datos de temperatura y luminosidad del ambiente. (Horne & & Reyner, 2001)

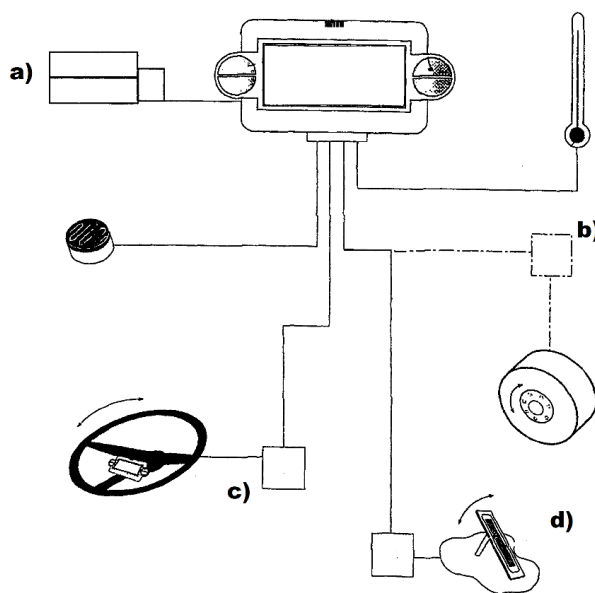


Figura 8. Esquema de un sistema de detección de somnolencia a) Memoria y Unidad central del sistema b) Sensor del eje de transmisión c) Sensor de movimiento del volante d) Sensor de movimiento en el acelerador

Fuente: Horne, J. A., & Reyner, L. A. (2001). U.S. Patent No. 6,313,749. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

2.6. Dispositivos para la advertencia de somnolencia

2.6.1. Alarma anti-somnolencia

Es común que en las tecnologías usadas para la detección de somnolencia se tiene sistemas de alarmas que alertan al conductor de muchos peligros al momento de conducir. La alarma anti-somnolencia responde automáticamente a cambios en la presión del volante por parte del conductor, el objetivo de esta alarma es alertar al conductor de su cansancio. Este tipo de dispositivo consta de una envoltura flexible que se adhiere al volante del vehículo, que por medio de señales eléctricas transmite una señal sonora al conductor por la actividad de un conmutador de presión. Es decir, este conmutador determina el nivel de presión que se acciona sobre la envoltura que se coloca en el volante.

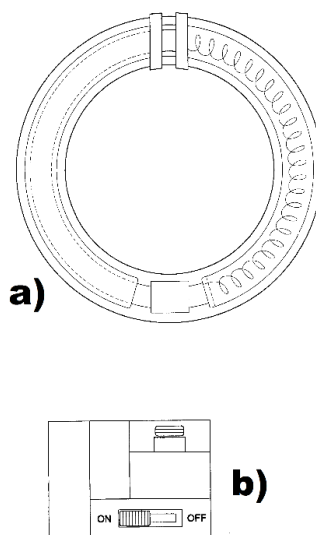


Figura 9. Dispositivo de alarma Anti-somnolencia de Toschoi a) Volante y envoltura flexible b) Fuente de alimentación del sistema

Fuente: Tschoi, J. S. (1999). U.S. Patent No. 5,969,616. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

2.6.2. Aleta de sueño o fatiga del conductor

Este tipo de alarma ocasiona la actividad cuando el conductor del vehículo entra en un estado de somnolencia, además posee espacios fijos en el volante donde se transmiten señales del conductor. Cuando el conductor se mantiene despierto los estos espacios transmisores de señal están en contacto firme con las manos del conductor y una leve corriente se conduce por las manos del individuo, pero si el conductor entra en estado de sueño el agarre firme de las manos no será el mismo, perdiendo el contacto con los transmisores de la señal y como resultado se activará la alarma.

2.6.3. Sistema DAS (Driver Alert System)

Este tipo de sistemas son desarrollados con el fin de ayudar al conductor a tal punto que el vehículo no llegue a desviarse de su carril. Es decir, corrige la conducta de conducción del conductor y del vehículo. DAS se encarga de monitorear la posición que se encuentra el vehículo sobre la vía o el carril, este sistema se activa al sobrepasar los 60 kmh y llega a desactivarse automáticamente cuando la velocidad decae de 60 kmh, además este sistema hace uso de cámaras laterales para determinar la pintura que está ubicada en la calzada de las vías.

2.7. Software Libre

Los Softwares libres se enfoca que cualquier programa sea usado por el bien de alguien o algún gestor de contenido, como un ejemplo se toma un software de domino público, cualquier persona puede modificar o alterar ese programa y realizar una versión mejorada por medio del programa inicial.

Pero también existen programas con licencias los cuales son distribuidos con permisos de alteración para un mejor desarrollo y muchas más versiones.

2.7.1. Java

Java se trata de un lenguaje y una plataforma de programación la cual fue comercializada en el año de 1995. Existen varias aplicaciones que no realizaran su trabajo si no cuentan con Java instalado en su sistema. Esta plataforma es muy flexible además de rápida y segura, es por esto que Java es la base de todos los tipos de aplicaciones de red, de igual forma es considerada el estándar mundial para el desarrollo y distribución de aplicaciones tanto móviles como también embebidas. Los desarrolladores del mundo han probado, recopilado y ampliado los códigos de Java dando como resultado un entorno programador factible para poder realizar aplicaciones portátiles contando con un elevado rendimiento. El código base de Java está basado en un lenguaje C++ con la combinación de programación orientada a objetos. Esa herramienta de programación posee numerosas librerías lo cual significa que es compatible con otras plataformas de programación (Oracle Corporation, s.f.).

2.7.2. OpenCv

OpenCv se determinó como una librería de visión por computador con un código abierto creada por Intel para el trabajo con visión artificial específicamente, además esta Librería presenta interfaces C++, C, Python y Java siendo compatible con Linux, Mac OS, iOS y Andorid. Opencv se desarrolló para la eficiencia computacional enfocándose en las aplicaciones de tiempo real. Además, esta librería llega a integrar más de 500 procesos para el reconocimiento y posición de los objetos, reconocimiento facial, calibración de módulos electrónicos (cámaras). El código base

es escrito en C/C++, lo cual quiere decir que esta biblioteca puede aprovechar el rendimiento y procesamiento de múltiples núcleos. OpenCv fue adoptado por todo el mundo con más 47 mil personas de la comunidad programadora (OpenCV, 2016).

2.7.3. Python

Esta herramienta de programación se la considera como un lenguaje de programación interpretado, interactivo y orientado a objetos. Donde se incorpora módulos, excepciones, tipos de datos tanto dinámicos y clases, Python también combina una potencia notable con una sintaxis muy clara y entendible para los usuarios. Igualmente, cuenta con interfaces para muchas peticiones y bibliotecas de sistema, así como para múltiples sistemas de ventanas y es una plataforma de programación extensible en C o C++. De igual manera se puede dar uso como un lenguaje de extensión para distintas aplicaciones que necesitan una interfaz programable. Python se define como un lenguaje portátil, esto quiere decir que se puede ejecutar en muchas variantes de Unix, Mac Os, Windows y versiones posteriores (Python Software Foundation, s.f.).

2.7.4. Raspbian

Es un sistema operativo el cual fue desarrollado para las placas de aplicaciones Raspberry Pi ya que esta optimizado para su hardware. Es una versión basada en una distribución de GNU/Linux denominada Debian. Este sistema operativo cuenta con 35000 paquetes para ser instalados en las placas Raspberry Pi, además Raspbian proporciona un software precompilado donde se incluye un formato agradable para un fácil uso e instalación en la Raspberry (Raspbian.org, s.f.).

2.8. Hardware Libre

Se define como un diseño que está disponible para todos lo puedan analizar, modificar y materializar. De hecho, el hardware libre hace uso de elementos disponibles, técnicas que son estandarizadas, medios que son de libre acceso, contenido libre y también utiliza herramientas de esquema gratuitas dando a los usuarios una posibilidad de poder controlar la tecnología, al mismo tiempo que se genera y comparte conocimiento además de fomentar el comercio por medio del intercambio libre de proyectos. Existen muchas ventajas que ofrece el hardware libre entre las más importantes están ofrecer a los usuarios sostenibilidad y dominación tecnológica, además de fortalecer la innovación y producción fundamentadas en hardware libre, pero también ayuda a incrementar el valor de la educación y el trabajo colaborativo. Como se evidencia en la Tabla 2 se tiene una comparativa de las distintas alternativas de Hardware basados en open source.

2.8.1. Arduino

Arduino es considerada un sistema embebido open source, la cual posee un chip microcontrolador, este sistema embebido fue desarrollado para facilitar el modo de uso de la electrónica y sus diferentes aplicaciones. Por otra parte, arduino utiliza su propio software de programación el cual es bootloader para poder ser ejecutado en la misma placa.

La facilidad de uso de este sistema ha posibilitado el desarrollo de diferentes aplicaciones autónomas que se conectan a distintos dispositivos y trabajan tanto con el hardware como el software. De igual forma Arduino facilita las librerías que son usadas en su IDE, la finalidad de esto es para que la comunidad pueda compartir conocimiento para poder elaborar nuevas librerías y publicar sus distintos proyectos realizados pueda ser recopilado y mejorado. La placa de Arduino

con un microcontrolador que pose diferentes características como la velocidad del reloj, memoria sea SRAM, Flash, EMPRON o ROM, entradas y salidas digitales, entradas analógicas, PWM, DAC, ADC, Buses. A esto Se le puede sumar que a la placa se le puede conectar un sin número de periféricos compatibles con el sistema Arduino (ARDUINO, s.f.).

2.8.2. Raspberry pi 3 model B

La placa Raspberry Pi 3 model B es una plataforma de aplicaciones reducida, con la finalidad de poder mejorar la forma de aprendizaje en los establecimientos educativos del Reino Unido, pero actualmente este sistema Rasoberry es usado en diferentes aplicaciones y no solamente en el área Educativa.

La Raspberry Pi 3 Modelo B es considerada la tercera generación de Raspberry Pi. Esta poderosa placa del tamaño de una tarjeta de crédito se puede usar para distintas aplicaciones de tal forma que llego a reemplazar el modelo original Raspberry Pi Modelo B + y Raspberry Pi 2 B. Mientras se mantiene el popular formato de tablero, el modelo Raspberry Pi 3 B te trae un procesador más poderoso, es 10 veces más rápido que la primera generación de la Raspberry Pi. Además, agrega conectividad LAN inalámbrica y Bluetooth por lo que es la solución ideal para diseños conectados potentes. Asimismo, la placa consta de un chip Broadcom BCM2387 con un procesador de cuatro núcleos a 1.2 GHZ (64 bits) de velocidad, también cuenta con un procesador multimedia Dual Core IV con decodificación de alto perfil de 1080p30, igualmente es capaz de soportar conexión inalámbrica LAN 802.11 b/g/n y bluetooth 4.1, del mismo modo la palca tiene una memoria de 1 Gb LPDDR2 de almacenamiento. El arranque de esta palca se lo realiza por medio de un sistema operativo Raspbian sobre una memoria SD ya que cuenta con un disco duro incorporado. El consumo energético de la Raspberry pi 3 modelo b es reducido ya que cuenta con

un administrador de energía el cual permite el trabajo con más conexiones USB. Como se muestra en la siguiente Figura se tiene la representación de una placa Raspberry Pi 3 Modelo B (Foundation Raspberry Pi, s.f.).

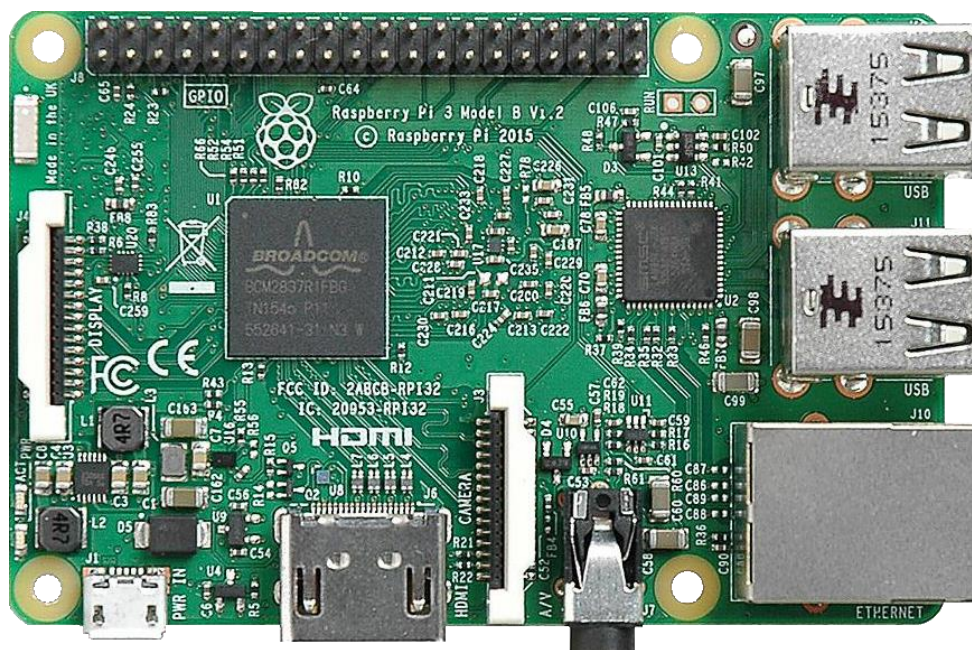


Figura 10. Vista superior de una placa Raspberry Pi 3 modelo B.

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/>

2.8.3. Intel Galileo

Galileo es una placa con un e microcontrolador que se basa en un procesador para aplicaciones Intel Quark SoC X1000. Es la primera placa basada en la arquitectura Intel diseñada para hardware y software compatible con Arduino. Por supuesto, la placa Galileo también es compatible con el software Arduino (IDE), lo que hace que la facilidad de uso y la introducción sean instantáneas.

La placa Galileo tiene varios puertos y funciones de E / S estándar de la industria de PC. Una ranura mini-PCI Express de tamaño completo, un puerto Ethernet de 100Mb, una ranura Micro-SD, un puerto serie RS-232, un puerto host USB, un puerto USB Client y un flash NOR de 8MByte vienen de serie en la placa (ARDUINO, s.f.).

2.9. Comparación entre herramientas de Hardware Libre

Tabla 2. Tabla comparativa de Hardware libre en el mercado.

Características	Arduino	Raspberry Pi Model 3 B	Intel Galileo
Precio	\$ 30	\$ 35	\$ 50
Dimensiones	7.6 x 1.9 x 6.4 cm	8.5 x 5.6 x 1.7	3.55 x 2.5 x 3.9 cm
Memoria	0.002 MB	1Gb LPDDR2	1 GB
GPIO	14	40	40
sincronización	16MHZ	1.2 GHZ	500MHZ,100MHZ
Conexión a internet	No tiene conexión	802.11 b/g/n	Dual- Band (2.4 and 5 Ghz) Wifi. Bluetooth 4.0
entrada de voltaje	7 y 12 v	5v	3.3 y 4.5 v
Micro SD	32KB	microSD card	4GB eMMC
Entrada USB	no tiene entrada USB	cuatro entradas USB	Una entrada USB
Sistema Operativo	ninguno	Linux	Linux v 1.6
Entorno de desarrollo Integrado	Arduino ID	Scratch, IDEL y Linux	Arduino ID, Eclipse, Intel XDK

Fuente: Autoría

CAPÍTULO III. DISEÑO

En este capítulo se da a conocer la situación actual donde se encuentra información sobre las normas que debe cumplir un camión (dos o más ejes) para el transporte de carga o mercadería en la red vial ecuatoriana, asimismo se incluye una entrevista que se realizó a varias personas del medio (conductores de vehículos de carga N2), con el fin de sustentar los requerimientos de usuarios que se presenten en el transcurso del proyecto. Igualmente, en esta sección se da referencia a las dimensiones que debe cumplir un camión de carga, por otra parte, también se muestra el entorno donde se implementaría este tipo de sistemas. Del mismo modo en este apartado se toma en cuenta las condiciones laborales del conductor profesional, basándose en los factores que influyen en el desenvolvimiento laboral de una persona. De igual manera se realiza un análisis de varias metodologías (en cascada, espiral, modelo en V), de las cuales se escogió la adecuada para el desarrollo del sistema de alarma para la detección de somnolencia.

En el desarrollo del proyecto se cuenta con varias etapas como el propósito del sistema, el ámbito del sistema, las partes que se benefician con el progreso de este proyecto, las características de un conductor (conducta de un conductor) y además los requerimientos que presenta este sistema. En las necesidades del proyecto se cuenta con requisitos de stakeholders (implicados), de sistema y de arquitectura.

Con los requerimientos ya establecidos se procede a la selección del hardware y del software donde se escoge los elementos necesarios que ayuden a cumplir con las necesidades que presenta el sistema de alarma para la detección de somnolencia. Por otro lado, se hace referencia al algoritmo que es capaz de la detección de rasgos faciales como el rostro, ojos y el tiempo que el

conductor cierra los ojos. Asimismo, se explica los scripts de órdenes realizados con Python y OpenCV que se realizaron para el funcionamiento del proyecto.

3.1. Situación Actual

En la situación actual se investigó información sobre los camiones de carga de dos ejes, de igual forma se hace mención a las dimensiones de un vehículo de carga como también se tiene la clasificación de los camiones de carga según su tonelaje. Del mismo modo se hace el análisis de las condiciones laborales a las que se enfrenta un conductor profesional, donde se encuentran factores temporales, factores psicosociales, factores humanos y de riesgo. Igualmente se evidencia la productividad de una empresa cuando hace uso del transporte terrestre de mercadería en el Ecuador. Esta investigación ayudará al diseño del sistema y contestará las inquietudes que se tengan frente al desarrollo de este proyecto, el objetivo de esto es respaldar el proceso que se realizará durante el proyecto. De igual forma se recolectó información directamente de los beneficiarios, en base a una encuesta realizada a varios conductores del medio.

Actualmente en base al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) – Subsecretaría de Transporte Terrestre y Ferroviario – Coordinación de Pesos y Dimensiones se tiene que los usuarios que transportan carga pesada o a algún tipo de empresa que se encargue de generar carga tanto en lugares terrestres y puertos marítimos deben cumplir con la clasificación vehicular que se encuentra en la Ley de Caminos y su reglamento, todo esto se debe a que no se destruya la red vial nacional (carreteras). Debido a esto el MTO realiza un estricto control especialmente a los vehículos de carga que tiene el País, como se muestra en la siguiente Figura 11 se tiene la distribución máxima de carga de por eje de un vehículo, en este caso se evidenciara las dimensiones especificara de un camión de dos ejes (MTO, 2016).

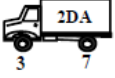
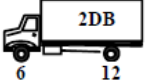
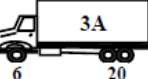

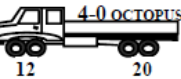
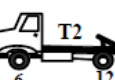

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE (Ton.)	DESCRIPCIÓN	Peso Bruto Vehicular PBV (Toneladas)	Peso Vehículo Vacio (Promedio)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
					Largo	Ancho	Alto
2DA		CAMION DE 2 EJES MEDIANOS	10.00	4.00	7.50	2.60	3.50
2DB		CAMION DE 2 EJES GRANDES	18.00	7.00	12.00	2.60	4.10
3-A		CAMION DE 3 EJES (TANDEM POSTERIOR)	26.00	11.00	12.20	2.60	4.10
4-C		CAMION DE 4 EJES (TRIDEM POSTERIOR)	30.00	12.00	12.20	2.60	4.10
4-0 OCTOPUS		CAMION CON TANDEM DIRECCIONAL Y TANDEM POSTERIOR	30.00	12.00	12.00	2.60	4.10
T2		TRACTO CAMION DE DOS EJES	18.00	9.00	8.50	2.60	4.10
T3		TRACTO CAMION DE TRES EJES	26.00	11.00	8.50	2.60	4.10

Figura 11. Distribución máxima de carga dependiendo de los ejes del vehículo.

Fuente: <http://www.obraspublicas.gob.ec/>

Un camión de carga pesada de dos ejes es un vehículo con un chasis de seis o más neumáticos, estos vehículos tienen un peso bruto vehicular de 18.00 toneladas, con 7.50m de largo. 2.60 de ancho, 3.50m de alto (MTOP, 2016). Por otra parte, el habitáculo es el módulo central del vehículo, este espacio del vehículo es diseñado con el objetivo de otorgar seguridad al usuario, el desarrollo de un habitáculo en cualquier vehículo debe ser de una manera muy rígida y que no se deforme en caso de un accidente.

Como claro ejemplo se tomó en cuenta un camión HINO serie 500 el cual cumple con el régimen de medidas de MTOP. Este vehículo cuenta con un habitáculo que tiene la capacidad de

carga de 7.300 kg., un cajón o remolque que es capaz de cargar 11.500 kg. Con una capacidad de arrastre de 33.755 kg. El habitáculo de estos camiones tiene 2.6m de ancho y 3.5m de alto, por lo general pueden variar un poco sus medidas dependiendo la marca y el diseño de la cabina. Como se puede comprobar en la Figura 12 se tiene la cabina de un camión de carga de marca Hino Serie 500 (HINO, 2017).



Figura 12. Vista externa de una cabina de un Camión de carga de dos ejes Hino serie 500.

Fuente: <http://grupomavesa.com.ec/hino/>

En la actualidad el diseño de los vehículos se enfocan en la seguridad de los ocupantes, esto es primordial ya que tanto los pasajeros como el conductor deben contar con la correcta ubicación dentro del habitáculo del vehículo, debido a que no exista obstaculización en los movimientos y visión del conductor, es por eso que los camiones de carga de dos ejes constan con parámetros de asistencia para el conductor; actualmente poseen un espacio de trabajo como un cómodo asiento, con un gran espacio visible de conducción, esto quiere decir que el conductor goza de una espléndida vista de su entorno como puede ser del salpicadero, botones y palanca que se encuentren al alcance de su mano para poder realizar un buen trabajo y además de su comodidad.

Los sistemas electrónicos también son importantes y no obstante los camiones de carga los tienen estos pueden ser el control de temperatura, control de iluminación, pero esto dependiendo del diseño de cada marca automotriz. En base a la investigación realizada se determinó que los vehículos de carga no cuentan con un sistema avanzado de asistencia para la detección de fatiga, distracción y a su vez de somnolencia, es por esto el motivo del desarrollo del presente proyecto. A continuación, en la siguiente Figura 13 se hace referencia de cómo se vería un habitáculo de un camión de carga de dos ejes Hino serie 500 (HINO, 2017).



Figura 13. Vista interior de un habitáculo de un camión de carga de dos ejes Hino serie 500.

Fuente: <http://grupomavesa.com.ec/hino/>

Los vehículos de carga de dos ejes se consideran un medio indispensable en el entorno laboral. Pero como toda maquinaria consta de diferentes riesgos y los resultados más adversos son los accidentes de tráfico. Es por eso que en base a los múltiples factores de riesgo del conductor que pueden ocasionar un accidente de tránsito, se enfocó en los factores que se asocian a las circunstancias de trabajo y a su vez causas afines con la conducción que está inmerso un conductor profesional.

Las condiciones laborales un conductor profesional comprenden varias áreas como son:

- Factores temporales: La organización de tiempo para trabajar juega un punto muy importante sobre la vida diaria del conductor. Ya que el número de horas y la distribución de estas son precisas para la acción laboral que se vaya a realizar. De conformidad la actividad laboral como la operación de los vehículos de carga deberían desarrollarse durante el día, por lo tanto, se define uno de los factores de riesgo al número excesivo de horas trabajadas por un conductor profesional. Por lo general los conductores de vehículos de carga llegan a conducir entre cuatro a siete horas diarias, considerando tiempo de descanso y pausas insuficientes dentro de su horario. De igual manera hay conductores que realizan su trabajo durante la noche, lo que es considerado un factor de riesgo laboral debido a que las circunstancias fisiológicas del conductor no responden de igual manera que cuando se conduce en el día.
- Factores psicosociales: En base a la Organización Internacional de Trabajo (OIT) este tipo de factores tienen que ver con la interacción entre parámetros laborales como el trabajo, medio ambiente, la satisfacción laboral y condiciones de la empresa u organización, pero sobre todo tienen que ver con la interacción entre las personas, las necesidades, su cultura

y también la situación personal del conductor dentro y fuera de la organización. Entre los factores de riesgo psicosociales se tienen al desequilibrio laboral, salario en función de la productividad, falta de reconocimiento laboral, falta de apoyo frente a sucesos en la ruta de entrega, ausencias largas, horarios extremos, encierro y aislamiento social. Además de estos factores también la carga mental y física de un conductor profesional son considerados determinantes en las condiciones laborales de un conductor de un vehículo de carga. (OIT, 2016)

- Factores Humanos: Los factores humanos son capacidades y destrezas condicionadas, además constanding con limitaciones biológicas y con costumbres que da una conducta de inseguridad. Es por esto que entre los diferentes riesgos laborales relacionados con conductores se tiene el consumo de medicamentos, alcohol y algún estupefaciente, además de esto también se considera como un riesgo a la fatiga, el sueño, la distracción, la velocidad y también el estado psicológico en que el conductor se encuentre. Las situaciones mencionadas determinan tres clases de condiciones del conductor como es la falta de conocimiento, falta de habilidades al conducir y conducta insegura del conductor, estas condiciones se presentan habitualmente al momento de conducir y a su vez es de difícil de corregir.
- Factores atmosféricos: Los riesgos de conducción aumentan con este tipo de factores principalmente en épocas invernales, por lo que el conductor debe tener extremas precauciones en un caso de lluvia, niebla, viento, granizo o a su vez hielo. Las precauciones de tránsito representan un reto ya que los accidentes de tránsito que se producen un 10% es los accidentes laborales. (OIT, 2016)

En el Ecuador se importa y exporta una amplia cantidad de mercadería o productos, por lo que el mercado de este tipo se ha vuelto muy competitivo. Por esto las empresas por lo general aumentan su eficiencia con el uso del transporte de mercadería terrestre, con el fin de trasladar la carga con seguridad, confianza y rapidez que evidencian un servicio con un valor agregado. El servicio del sector de transporte y carga se considera un sector importante de la economía del país, sea tanto por la contribución al desarrollo económico del país como también para la generación de fuentes de empleo, esto se puede certificar por el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), donde se declara que el 8.4% de las empresas en el Ecuador se destinan al transporte y almacenamiento de mercadería. Como se muestra en la siguiente Figura 10 se puede constatar de la clasificación de las empresas según la actividad económica. (INEC, 2017)

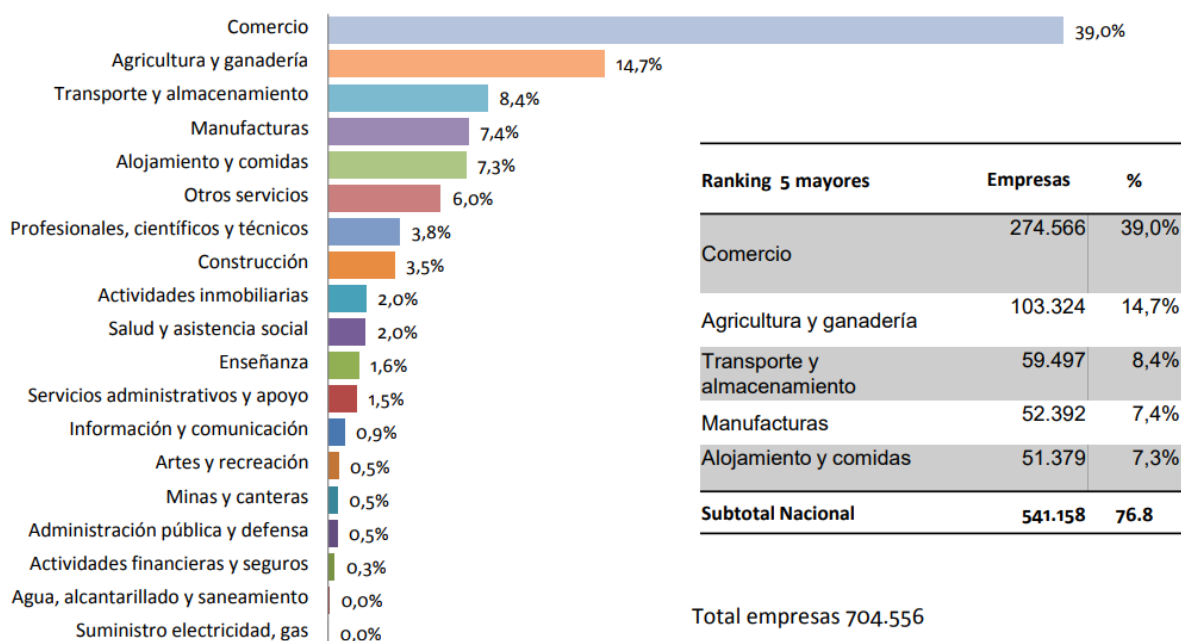


Figura 14. Clasificación de empresas según actividad económica – 4º puesto Transporte y Almacenamiento.

Fuente: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas

Por lo tanto, el transporte de carga o mercadería hace posible la transferencia a recursos, bienes, insumos, etc. Que por razones de distancia o ubicación no podrían ser accesibles. Es así como las empresas ayudan a diversificar y especializar la economía en el país, se puede decir que el transporte de mercadería mueve la economía, en Ecuador el sector de transporte de mercadería al igual que almacenamiento llega a representar el 7% del producto interno bruto (PIB). (INEC, 2017)

En otras palabras el transporte de mercadería es sumamente importante para una empresa u organización ya que este ayuda al desarrollo económico de la misma, no obstante cada empresa por la competencia en este tipo de mercado que es el transporte de mercadería busca obtener mayores beneficios, mientras más recursos, insumos y productos transporten mayores serán sus ingresos económicos y es ahí cuando entran los factores temporales donde se evidencian en la carga laboral de un conductor a su vez cada factor desencadena a otro, por ejemplo, si se tiene un número mayor de horas de trabajo o de conducción, el conductor llegara al punto de un desequilibrio laboral lo cual conlleva a un estado de estrés o también puede dar acción a otros factores de riesgos humanos y como resultado se tendría un trabajador (conductor) con una conducta insegura a la hora de realizar su trabajo.

Para definir como trabaja un conductor profesional se consideró en realizar una entrevista a varias personas que cuentan con la suficiente experiencia de conducción de camiones de carga para el transporte de mercadería. Esta entrevista se ha llevado a cabo ya que la información adquirida ayudará a certificar las causas de somnolencia o fatiga en los conductores. Este método de investigación tiene la finalidad de conocer el número de horas que están tras un volante y además del número de horas que toman descansos o pausas imprevistas. Es por esto del desarrollo

de ese tipo de proyectos, el cual consiste en poder realizar un sistema de asistencia conjuntamente con una alarma que ayude a reducir los accidentes en la red vial del país y a la misma vez tener más seguridad al momento de conducir. Los estudios basados en diferentes artículos declaran que existen diferentes causas por las que un conductor entra en un estado de somnolencia, por lo que las preguntas realizadas a los conductores en la entrevista ayudan a obtener información de primera mano y tener en cuenta información en base al contexto nacional. Estas preguntas fueron de respuestas cerradas como abiertas, por ejemplo, en las preguntas realizadas se encuentran cuantas horas de conducción y horas de descanso se realizan, al hacer este tipo de preguntas se está dando algún tipo de libertad al entrevistado de responder con total normalidad según sus hábitos cuando conduzcan, por esto se ha llegado a obtener respuestas con un gran nivel de importancia para el progreso del proyecto.

3.2. Metodología

La metodología para poder desarrollar el software se considera de una forma ordenada para realizar, tratar y gestionar un proyecto con el fin de poder realizarlo con una gran probabilidad de éxito. Esta forma ordenada determina como se dividirá el proyecto en fases más pequeñas denominadas etapas, las acciones que pertenecen a cada una de ellas ayudaran a definir las entradas y salidas para cada etapa, principalmente esto ayuda a normalizar la forma de cómo se gestionara el proyecto. A continuación, se hace referencia a las metodologías para realizar un proyecto, software y prototipos.

- Modelo en cascada

Es un modelo el cual fue propuesto por Winston Royce. Este tipo de metodología permite interactuar inversamente a un proceso secuencial. Esto quiere decir que en cada etapa se

hace una o diferentes observaciones para estar seguro de seguir con la siguiente etapa. De igual manera se define a este modelo como uno de los más rígidos y no flexibles contando que tiene muchas restricciones. Pero sobre todo el modelo en cascada es una base para el desarrollo de los demás modelos de desarrollo. Como se muestra en la Figura 15 el diagrama de un modelo en cascada.

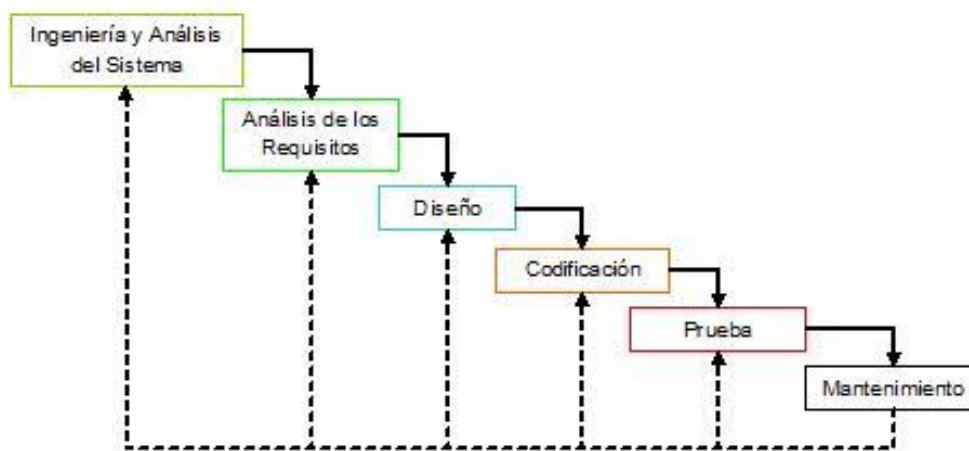


Figura 15. Metodología modelo en Cascada.

Fuente: <https://portal-ingenieriadesoftware.wikispaces.com>

- Modelo en V

Es un modelo diseñado por Alan Davis, el cual consiste en las mismas etapas del anterior modelo (cascada), pero a diferencia que en esta metodología se agregaron sub-etapas las cuales cumplen el trabajo de retroalimentación entre etapas de análisis y mantenimiento.

En la Figura 16 puede verse como es el ciclo de vida del modelo en V.

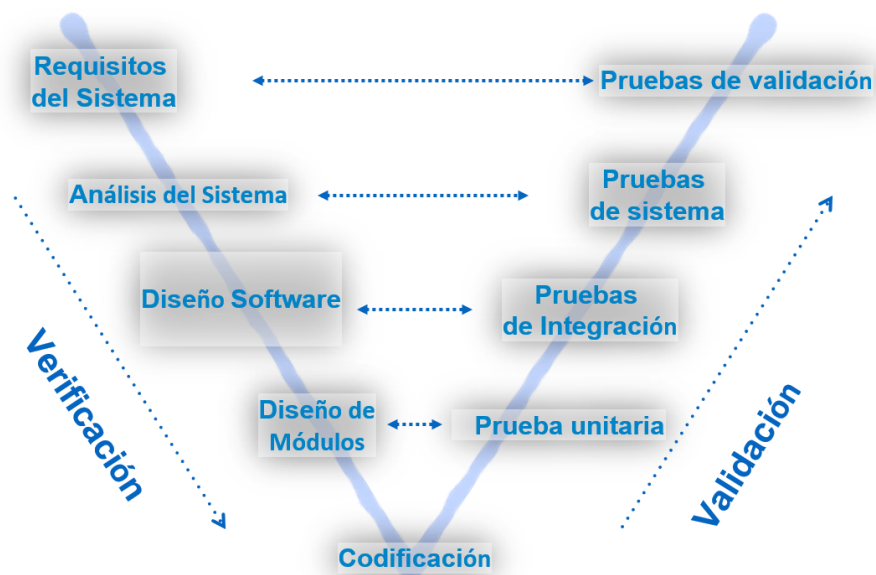


Figura 16. Ciclo de vida de desarrollo de un sistema en base al modelo en V.

Fuente: <http://www.tutorialspoint.com/>

- Modelo en Espiral

Modelo desarrollado por Boehm, este tipo de metodología es basada en una secuencia de ciclos que se repiten, con un fin de ganar madurez en el desarrollo del producto. Este modelo toma las inconsistencias que se generen de los requerimientos al inicio del proyecto o que se sugieran durante el desarrollo de este. Cada vez que se cumpla el ciclo se podrá obtener prototipos sucesivos que van consiguiendo satisfacción del usuario o del mismo cliente. En la Figura 17 se puede evidenciar el modelo en Espiral.

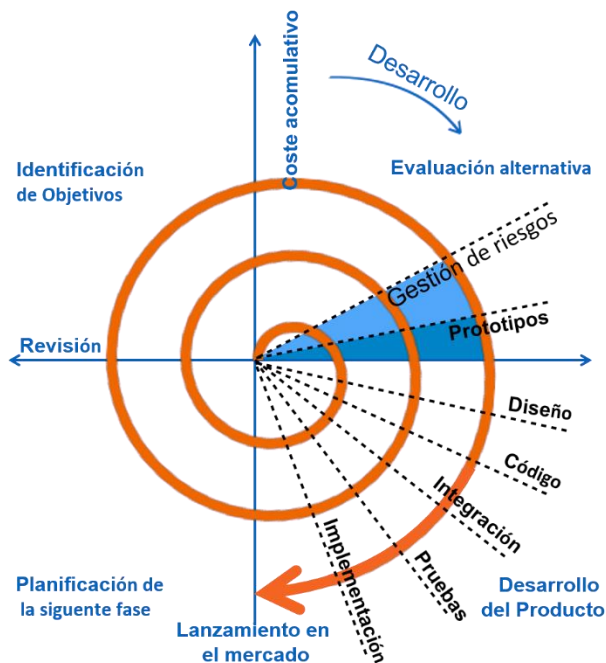


Figura 17. Ciclo de vida del desarrollo de Software en base de un modelo Espiral.

Fuente: <http://www.tutorialspoint.com/>

La selección de un procedimiento de desarrollo para un sistema, prototipo o software a menudo se centra en las prácticas y normas a las que un proyecto se encuentra atado. Pero debido a los múltiples procesos de desarrollo de software y las grandes contradicciones presentes en cada proyecto, la decisión de cual procedimiento a utilizar siempre depende del proyecto a realizar.

La metodología por utilizar en el presente proyecto se trata del modelo en V, ya que esta metodología cumple con un procedimiento conveniente para la exploración que se ejecuta y sobrelleva a cumplir de uno de los objetivos del Proyecto. A continuación, en la Figura 18 se presenta las etapas de que contiene un modelo en V.

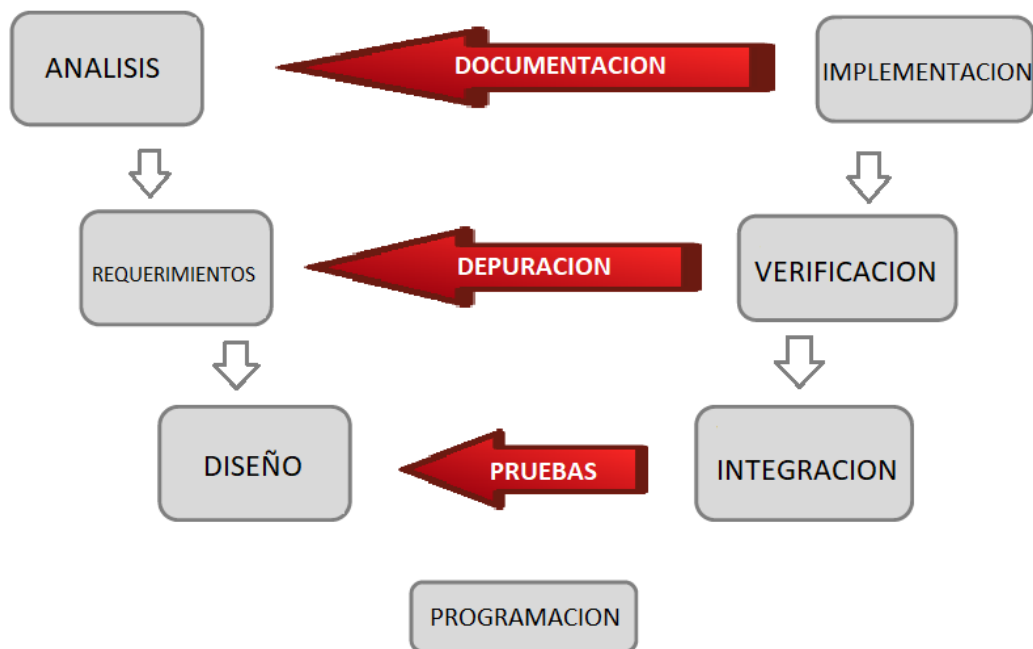


Figura 18. Presentación de las fases que contiene una metodología basada en el modelo en V.

Fuente: Autoría.

3.3. Desarrollo del Proyecto

En esta parte se presenta las pautas necesarias para tener claro la intención, beneficios, ámbito y el objetivo del desarrollo de este sistema de alarma electrónico. De tal forma también se llevó a cabo una investigación de información tanto en libros como revistas, pero sobre todo se buscó en artículos científicos que tengan referencia a este tipo de sistemas que detectan el estado de somnolencia de un conductor.

3.3.1. Propósito del Sistema

El propósito de este tipo de sistemas es poder entregar un sistema de alerta cuando un conductor entre en un estado de somnolencia, esto gracias al trabajo de la visión artificial y el

procesamiento de imágenes lo cual se considera la etapa de monitoreo ya que por medio de estos procesos se llega a determinar los síntomas de sueño del conductor. El objetivo de esto es poder verificar la conducta del conductor y los resultados de monitorización se hallarán alojados en la memoria del sistema de alarma.

3.3.2. Ámbito del Sistema

En este sistema de alarma electrónico para detectar el estado de somnolencia en los conductores de los vehículos de carga de dos ejes se consideró hacerlo a una escala de laboratorio ya que los resultados que se obtengan formaran parte de futuras implementaciones de este tipo de sistemas de asistencia para el conductor en vehículos de gama baja.

En base al estudio realizado por Gonzales Castellanos en el 2000 “Principios Básicos de Escalado” donde define que en la escala de laboratorio se obtiene información para realizar evaluaciones preliminares y también permite determinar varias propiedades las cuales son necesarias para efectuar cálculos ingenieriles como poder formular y comprobar modelos matemáticos (González & A., 2000). Al momento que se desarrolla un proyecto a escala de laboratorio se considera una escala menor que a una escala industrial.

3.3.3. Partes Beneficiarias

Como principales beneficiarios se consideró a los conductores y ocupantes de los vehículos de carga de dos ejes. Por otra parte, como beneficiario directo se consideró al conductor en turno del vehículo de carga. Ya que el sistema de alarma se lo diseñara para cumplir su trabajo dentro

de una cabina de un vehículo se instruirá a los conductores para que comprendan como es el funcionamiento de este sistema.

Las partes beneficiarias indirectamente serían los peatones y también los acompañantes en el vehículo de carga, de igual forma se tomarían en cuenta como beneficiarios a la comunidad ya que los accidentes de tránsito afectan generalmente a todos. Por otra parte, se tiene a la empresa que contrata los servicios de este tipo de vehículos como una beneficiaria debido a que no tendrá pérdidas materiales ni económicas. Como se presenta en la Tabla 3 se tiene las partes beneficiadas a partir del desarrollo del sistema de alarma para la detección de somnolencia.

Tabla 3. Partes beneficiarias con el desarrollo del proyecto.

Involucrados	Interés	Beneficio
Conductor	Es el que genera una experiencia de viaje seguro, eficiente, accesible y además mejoramiento continuo	Principalmente no pierde la vida bajo algún siniestro, por otra parte, no tendrá pérdidas económicas al no ocasionar un accidente.
Ocupantes	Contribuyen al proceso de un viaje seguro y también eficiente.	No tendría laceraciones al no ocurrir un accidente de tránsito.
Comunidad	Contribuyen a la calidad de vida de la sociedad, también aportan a la sociedad con su cultura y servicios urbanos.	Los peatones no correrían el riesgo en la red vial del país, debido a las precauciones de los conductores.
Empresas de transporte de mercadería	Aportan con el subministro de productos, servicios, insumos debido a la distancia y también de difícil adquisición.	No representaría pérdidas económicas para la empresa u organización.
Entorno Urbano	Aportar al desarrollo de la ciudad por medio del servicio de transporte de carga (mercadería, industria).	No existirían daños a la propiedad pública como privada y no representaría gastos para el país.

Fuente: Autoría

3.3.4. Análisis de las características del conductor

Los conductores de los vehículos de carga de dos ejes se considerarán un parte primordial del sistema, ya que ellos serán los actores principales de donde se recogerá la información necesaria para determinar los parámetros para definir el estado de somnolencia. Las características que demostrarán los conductores serán de gran importancia debido a que estas presentarán restricciones del sistema referentes a la conducta de conducir del usuario, antes de realizar el diseño se determinó las siguientes limitaciones del sistema.

- La primera limitación es en la ubicación de las cámaras las cuales deben estar ubicadas en zonas estratégicas, con el fin de que no interfieran con la visibilidad del usuario a la hora de conducir, por otra parte, también hay que tomar en cuenta la altura de las cámaras que deben ser adaptable según la estatura del conductor.
- Las cámaras estarán de forma visible para los conductores donde se debe tener el mayor cuidado de estos equipos asegurando la integridad de dicho Hardware.
- Estas limitaciones deben ser superadas en base a los criterios adecuados de diseño para que el conductor no interfiera con el sistema impidiendo su funcionamiento.
- El nivel de voltaje que maneja el sistema es mucho menor al que subministra el sistema eléctrico del automóvil, es por eso que se debe tener cuidado de la instalación del sistema en el vehículo.

Estas limitaciones serán tomadas en cuenta para el diseño del sistema electrónico, con el fin de mejorar el proceso del proyecto y también evitar los posibles problemas que se tengan en el apartado de pruebas y resultados.

3.4. Requerimientos

Como referencia para analizar los requerimientos del proyecto se consideró el estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2011, este estándar contiene disposiciones para los procesos concernientes con la ingeniería tanto para sistemas, productos y servicios de software a lo largo del ciclo de vida. Esta norma define como realizar un buen requisito, proporcionando atributos y características de los requerimientos tomando en cuenta el uso de una aplicación reiterativa a lo largo del ciclo de vida. Igualmente, el ISO/IEC/IEEE 29148:2011 facilita la orientación adicional para la aplicación de los requisitos de ingeniería y procesos de gestión para diferentes actividades. (Ortiz & Fernández, 2017)

La determinación de requerimientos tiene la función de relacionar a dos partes muy importantes como son las necesidades del usuario con la solución que se obtiene mediante el proceso del proyecto, con el propósito de conservar y establecer medidas que el dispositivo debe cumplir. En el proceso de desarrollo del sistema se toma en consideración a los implicados o también llamados Stakeholders, como se puede evidenciar en la Tabla 4.

Tabla 4. Lista de stakeholders.

LISTA DE IMPLICADOS O STAKEHOLDERS
1. Conductores de vehículos de carga de dos ejes.
2. Universidad Técnica Del Norte
3. Ing. Jaime Michilena Director Del Presente Trabajo de Titulación
4. Ing. Daniel Jaramillo Opositor Del Presente Trabajo de Titulación
5. Israel Armijos Desarrollador del Proyecto de Grado.
6. Ing. Luis Suárez Opositor Del Presente Trabajo de Titulación
















Fuente: Autoría.










Se definen requerimientos tanto de stakeholders, sistema y arquitectura, los cuales aportan a las necesidades del usuario y también establecen la funcionalidad de un sistema. Todo esto es tomado en cuenta para poder realizar el proyecto y además resolver las necesidades que se ven presentadas en el estudio elaborado.

3.4.1. Requerimientos de Stakeholders

La intención es determinar requerimientos de los interesados para un sistema que puede facilitar servicios con los que un usuario no cuenta en un medio específico. A estos requisitos se los estudia y se los convierten en un grupo común en el cual se presenta la interacción entre el sistema con el medio operativo, definiendo como una observación donde se valida cada servicio operativo resultante. A continuación, en la Tabla 5 se muestran los requisitos de los implicados o stakeholders.

Tabla 5. Requerimientos de los Stakeholders.

StSR				
REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS				
#	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD		
		Alta	Media	Baja
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES				
StSR 1	Las cámaras deberán estar ubicadas en zonas estratégicamente sin interrumpir la visibilidad del usuario, de preferencia a los costados.			
StSR 2	El dispositivo debe encenderse y esperar hasta que el sistema arranque			
StSR 3	El sistema debe estar colocado en el área de trabajo del usuario (conductor)			
StSR 4	El dispositivo debe permanecer activo durante las horas de conducción.			
REQUERIMIENTOS DE USUARIOS				
StSR 5	No convendría que el usuario manipule la cámara de la posición determinada.			






















StSR 6	El usuario deberá permanecer en la zona determinada de reconocimiento.			
StSR 7	El dispositivo cumplirá su cometido siempre y cuando el conductor tenga completamente los ojos cerrados			
StSR 8	Durante la noche la iluminación debe ser moderada.			

Fuente: Autoría.

3.4.2. Requerimientos de Sistema

En los requerimientos del sistema se concretan las limitaciones funcionales del proyecto, con referencia a los procedimientos y propiedades que se deben otorgar, además con estos requisitos se muestra las funciones a ejecutarse. En la Tabla 6 se determinan las limitaciones y operaciones permitidas de los resultados técnicos.

Tabla 6. Requerimientos del sistema.




























SySR					
REQUERIMIENTOS DE FUNCIONES					
#	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACION
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS DE USO					
SySR 1	Conexión a una batería de 12Vcc				
SySR 2	La conexión del sistema embebido con un conversor de 12Vcc a 5Vcc				
REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE					
SySR 3	Reconocimiento del rostro por medio de la cámara 8 megapíxeles				StSR 5
SySR 4	Tono de la alerta auditiva será definido por el usuario				StSR 8
REQUERIMIENTOS DE MODOS/ESTADOS					
SySR 5	La alerta auditiva debe desactivarse cuando el sistema detecte los ojos abiertos				StSR 2
SySR 6	El sistema debe volver al estado inicial de reconocimiento cuando la alerta se desactive.				StSR 2
REQUERIMIENTOS FISICOS					
SySR 7	Integración cámaras al sistema embebido (raspberry pi).				StSR 3 StSR 1

Fuente: Autoría

3.4.3. Requerimientos de Arquitectura

Los requisitos de arquitectura describen a los componentes que se toman en consideración para el proyecto. Además, en este tipo de requerimientos se define que hardware usar, el cual debe ser en función de las características que el sistema lo requiera. A continuación, en la Tabla 7 se presenta los requisitos de Arquitectura del sistema.

Tabla 7. Requerimientos de arquitectura (Software, Hardware y eléctricos) del sistema.

SRSH					
REQUERIMEINTOS DE ARQUITECTURA					
#	REQUERIMEINTOS	PRIORIDAD			RELACION
		Alta	Media	Baja	
REQUERIEIMINTOS DE SOFTWARE					
SRSH 1	El sistema demanda un sistema operativo basado en Open Source, además que sea compatible con el sistema embebido a usar.				
SRSH 2	Se necesita software que permita el tratamiento, el procesamiento de imágenes y además la clasificación de zonas específicas del rostro como los ojos.				
SRSH 3	Se pretende un software de programación que sea compatible con el programa de tratamiento de imágenes.				
SRSH 4	Además, se necesita software que permita ejecutar scripts desde un sistema embebido.				
REQUERIEIMINTOS DE HARDWARE					
SRSH 5	Se requiere un sistema embebido que cuente con entradas para una conexión de cámara de video.				
SRSH 6	El dispositivo electrónico necesita un procesador que sea capaz de procesar imágenes en tiempo real.				
SRSH 7	Se debe tomar en cuenta el tamaño y tipo de cámara antes de su elección.				
SRSH 8	Es necesario una cámara que tenga una entrada USB o a su vez sea compatible con el sistema embebido y con el programa de tratamiento de imágenes.				
REQUERIMEINTOS ELECTRICOS					
SRSH 9	Se requiere un conversor eléctrico de 12Vcc a 5vcc				

Fuente: Autoría.

3.5. Selección de Hardware y Software del sistema

Ya determinados los requerimientos del proyecto, se puede elegir el tipo de hardware y software que demanda el sistema. Es por esto que se precede a una estimación a cada una las potenciales alternativas sea tanto respectivos a sistemas electrónicos como software de programación, las alternativas con un alto valor de clasificación serán utilizadas para la ejecución del proyecto.

3.5.1. Selección de Software

Es importante iniciar con la selección del software ya que las distintas alternativas de software que reconocen la detección de objetos y procesamiento de imágenes son limitadas y hay que escoger la que más satisfaga los requisitos del sistema. Ya seleccionado el software el siguiente punto es escoger un hardware que sea compatible con las plataformas a usar, además de eso también se determinó seleccionar tanto hardware como software basados en open source.

En la tabla 8 se detalla las alternativas de software libre que existe en el medio, de igual forma en esta tabla se presenta los requisitos que deben ser examinados y también señalados con las iniciales correspondientes a que tabla previa se hace referencia, como punto final se tiene una evaluación total la cual presenta el valor adquirido por las opciones de software libre que se tiene. Para la estimación se ha determinado que si se coloca un valor de un 1 esto quiere decir que si se cumple el requerimiento y se coloca un valor de un 0 esto será que no cumple con el dicho requisito. En cada tabla de selección se tendrá una parte donde se dará a conocer la elección con su justificación correspondiente. En el caso de la Tabla 8 se tiene dos alternativas de software de

procesamiento para imágenes, estos dos tipos de software se apegan a los requerimientos antes señalados y esto será analizado en la siguiente tabla.

Tabla 8. Selección de Software de Tratamiento de imágenes.

SOFTWARE TRATAMIENTO DE IMÁGENES	REQUERIMIENTOS		VALORACION TOTAL
	SRSH1	SRSH 2	
OpenCV	1	1	2
SimpleCV	1	0	1
Cumple			
1	-Cumple		
0	- No Cumple		

Elección:

El software simple CV también es de código abierto y además es compatible con el sistema embebido, pero la única diferencia es que no soporta la selección de algunos parámetros de los rasgos fisiológicos del rostro como por ejemplo los ojos y la boca. Pero por otro lado OpenCV tiene a su disposición una variedad de operaciones con el fin de detectar objetos y cuenta con clasificadores de ojos sea para imágenes fijas o video streaming. Estos clasificadores se denominan Haar y han sido inmersos en distintos sistemas de detección, reconocimiento y seguimiento de objetos. Por estas razones el software OpenCV se ha seleccionado como software de procesamiento de imágenes para el desarrollo del sistema.

Fuente: Autoría.

En cuanto a la selección del software de programación se ha encontrado dos alternativas muy convenientes para el desarrollo del software, estas dos opciones además son compatibles con el software de procesamiento de imágenes ya mencionado anteriormente (Open Cv) además son de código abierto, como se puede evidenciar en la siguiente Tabla 9 se presenta las dos alternativas de programación.

Tabla 9. Selección de Software de programación.

SOFTWARE DE PROGRAMACION	REQUERIMIENTOS		VALORACION TOTAL
	SRSH 3	SRSH 4	
Python	1	1	2
Java	1	0	1

Cumple
 1 -Cumple
 0 - No Cumple

Elección:

Enfocados en los requerimientos de software que se encuentran en la Tabla 7 se estudió estas dos alternativas como software de programación, pero el programa que cumple con los dos requerimientos es Python ya que para su ejecución usa un menor tiempo a diferencia de otros lenguajes de programación, esto se debe al uso de scripts para la ejecución. Esta propiedad especial que cuenta Python es una ventaja para el sistema de monitoreo debido a que con esto será posible el tratamiento de imágenes en un slot de tiempo menor que al emplear otro tipo software de programación.

Fuente: Autoría.

3.5.2. Selección de Hardware

Para poder llegar a conocer la mejor alternativa de Hardware se debe tener presente que, en primer lugar, la decisión que se tome también debe estar concatenada con la elección de software ya mencionada anteriormente y por otro lado de igual forma la elección de hardware debe estar basada en los requerimientos que serán analizados en la Tabla 7 en la sección de Requerimientos de Hardware. En este apartado se tiene las posibles alternativas de los sistemas embebidos y a partir de la elección de la placa embebida se procederá a la respectiva selección del periférico externo de la cámara, esto siempre y cuando sea compatible con la placa de procesamiento, ya que estos dos elementos se encargaran de la captar y analizar imágenes.

En relación a la elección del sistema embebido se examinó exhaustivamente el mercado, donde se encontró varias opciones de las cuales se escogieron cuatro, las que se consideró que más se ajustaban a los requisitos del sistema. La forma que tiene la tabla de análisis de selección de hardware es semejante a las anteriores ya descritas en el documento. Pero se cuenta con una diferencia en la cual se tiene dos requerimientos a cumplir y por consiguiente la estimación del valor será más alta. De igual forma al final de la tabla se presentará que sistema embebido fue elegido y sustentado del por qué fue elegido.

La Tabla 10 detalla cómo se valoró a los distintos sistemas embebidos, además se tomó mucho en cuenta que se cumplan los requisitos de hardware presentados con anterioridad.

Tabla 10. Selección de Hardware.

HARDWARE SISTEMA EMBEBIDO	REQUERIMIENTOS		VALORACION TOTAL
	SRSH 5	SRSH 6	
Raspberry Pi 3 Modelo B	1	1	2
Arduino MEGA	1	0	1
Intel Glileo	0	1	1
PC Duino	1	0	1

1 -Cumple
0 - No Cumple

Elección:

Se selecciona el sistema embebido Raspberry Pi 3 Modelo B ya que este cumple con los requerimientos de arquitectura que se tiene en la Tabla 7 y también ha obtenido el valor más alto de estimación en comparación con otros sistemas embebidos del mercado. La principal propiedad de esta plataforma de aplicaciones es su procesador, el cual consta con la capacidad de procesamiento de imágenes necesario para el desarrollo de este sistema. A continuación, se presentará las características técnicas del equipo:

- Procesador a 1,2 GHz de 64 bits con cuatro núcleos ARMv8.
- 1GB de Memoria.
- 802.11n Wireless LAN.
- Bluetooth 4.1.
- Bluetooth Low Energy (BLE).
- 4 puertos USB.
- 40 pines GPIO.
- Puerto Full HDMI.
- Puerto Ethernet.
- Conector combo compuesto de audio y vídeo de 3,5 mm.
- Interfaz de la cámara (CSI).
- Interfaz de pantalla (DSI).
- Ranura para tarjetas microSD (ahora push-pull en lugar de push-push).
- Núcleo de gráficos VideoCore IV 3D.
- Dimensiones de placa de 8.5 por 5.3 cm.

Fuente: Autoría

Ya seleccionado el sistema embebido, también se indagó en el mercado las alternativas de cámaras que sean compatibles con Raspberry Pi 3 B, por este lado se puede dar uso a los puertos USB del dispositivo con una cámara USB, o a su vez optar por las cámaras originarias de los modelos Raspberry pi. A continuación, en la Tabla 11 se mencionan cuatro cámaras que se encuentran disponibles en el mercado.

Tabla 11. Selección de la Cámara que usará el Sistema.

HARDWARE CAMARA	REQUERIMIENTOS		VALORACION TOTAL
	SRSH 7	SRSH 8	
La Raspberry pi camara V2	1	1	2
La Raspberry pi NoIr camera V2	1	1	2
D-Link DCS-932L	0	1	1
Canyon CNR-WCAM820	0	1	1
1 -Cumple			
0 - No Cumple			

Elección:

Entre estas opciones se tiene dos modelos de cámaras que cumplen con los requerimientos de hardware en la Tabla 8, debido a que son compatibles con el dispositivo Raspberry pi 3 modelo B y también son cámaras de resolución de 8 mega pixeles, pero la única diferencia entre la cámara La Raspberry pi NoIr camera V2 tiene la condición de visión nocturna y la la Raspberry pi cámara V2 carece de esta característica, por lo cual se ha considerado el uso de la cámara NoIr v2 ya que también cuenta con un tamaño reducido permitiendo al sistema tener un diseño compacto y una facilidad de implementación.

Fuente: Autoría.

3.6. Diseño del Sistema

En base a la información detallada en previos capítulos se realizó el estudio que permitió determinar la orientación correcta para poder llevar a cabo el diseño del sistema. Posterior a esto se detallan las pautas que fueron tomadas en cuenta para el desarrollo e implementación del sistema de alarma y de monitoreo facial.

- Este sistema basa su funcionalidad en la detección de los rasgos fisiológicos de fatiga de un conductor al momento de conducir, este criterio se debe a que en la entrevista realizada a los conductores de camiones de carga se obtuvo que la principal causa de sueño o fatiga es el elevado número de horas de conducción y por falta de horas descanso. Las circunstancias de fatiga y cansancio fueron mencionadas en los estudios de (Philip, P. (2014). Sleepiness of occupational drivers). (Philip, 2014).
- Al definirse como un objetivo de este proyecto brindar algún tipo de advertencia al conductor cuando este llegue a caer en un estado de sueño o somnolencia, dando como respuesta inmediata a esto una alerta auditiva.
- En el diseño del sistema hay que estimar las limitaciones de las características de los usuarios, en la parte 3.2.4 Análisis de características del conductor de este proyecto, es por esto que posteriormente se hará un estudio o análisis de la ubicación conveniente del sistema para que este pueda acondicionarse a las diferentes características del usuario.

Una parte fundamental en el diseño es una muestra del diagrama de bloques y a su vez el diagrama de flujo, la finalidad de esto es guiar el funcionamiento y los procesos para lograr desarrollar correctamente los scripts del software de procesamiento de imágenes.

3.6.1. Arquitectura del sistema

En la siguiente Figura 19 se muestra la arquitectura del sistema de alarma electrónico para la detección de somnolencia en los conductores de vehículos de dos ejes, se tiene la conexión de la cámara que se encargara del monitoreo facial del conductor conectada por medio de un cable de datos I2C a la placa raspberry pi 3 model b, por otra parte internamente por medio del empleo del algoritmo se realiza el procesamiento de las imágenes para determinar si el individuo muestra el estado de somnolencia, siendo este caso se llegará a activar la alerta sonora que estará conectada a la placa en los puertos GPIO.

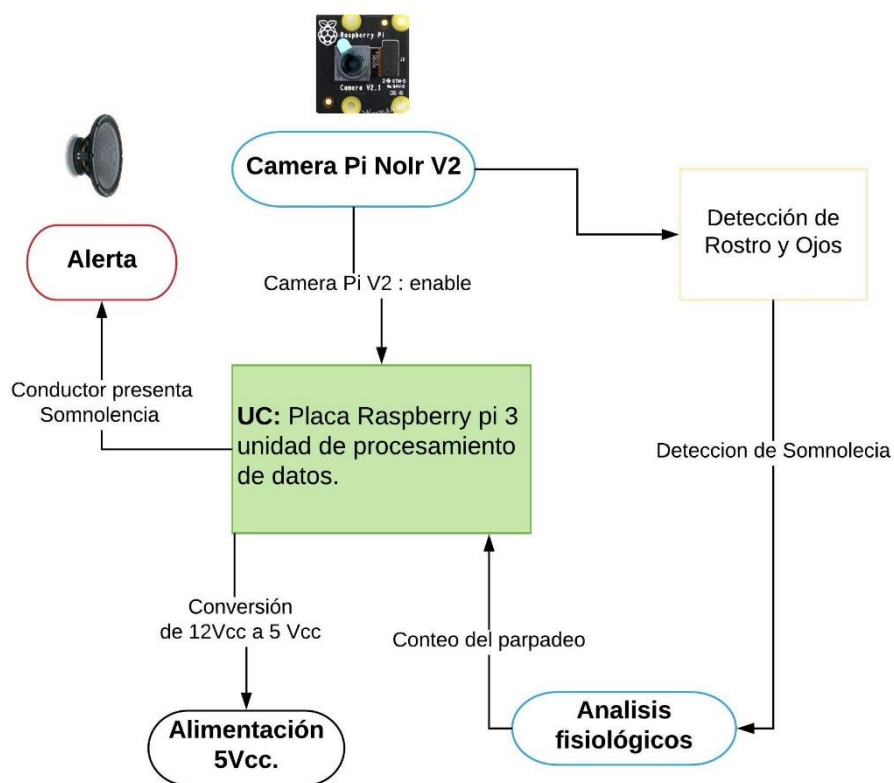


Figura 19. Arquitectura del Sistema de detección de Somnolencia en Conductores de vehículos de dos ejes.

Fuente: Autoría.

3.6.2. Diagrama de Bloques

En este apartado se muestra el diagrama que contiene las etapas realizadas en el diseño, está conformado por cinco bloques en donde estos se forman por diferentes subprocesos, se ha determinado cada bloque en base a su cometido que cada uno de ellos debe realizar. En la siguiente Figura 20 se puede evidenciar a cada uno de ellos.

Detección y procesamiento de rostro y ojos.

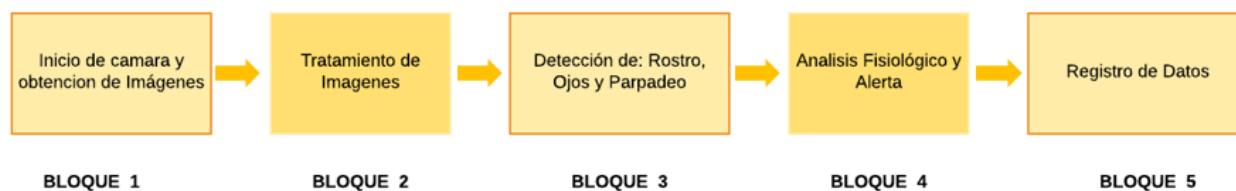


Figura 20. Diagrama de bloques del sistema.

Fuente: Autoría.

Como inicio en el bloque 1 se realiza la obtención de los datos, además aquí es donde el sistema se encarga que la cámara inicie su trabajo y de igual forma obtenga las imágenes, para esto se debe realizar un script en Python para poder arrancar la cámara. Ya en el bloque 2 se da uso de la herramienta OpenCV, es por medio de esta herramienta se detecta el rostro y se llega a crear una región de interés más comúnmente llamada ROI, estas funciones autorizan el enfoque específicamente en un lugar de la imagen para poder aprovechar las características de más importancia. La región de interés definida para la imagen obtenida concede enfocar la parte superior del rostro del conductor y poder detectar la zona más relevante que son los ojos y por consecuente el tiempo de parpadeo. Para el bloque 3 se define la detección del rostro, de los ojos

y del tiempo de parpadeo y es ahí cuando inicia un contador donde se define un tiempo prudencial para definir un tiempo umbral de parpadeo.

Con el análisis realizado en el bloque 2 y 3 se obtiene datos que permiten hacer un proceso donde se estudia los aspectos fisiológicos que presenta el conductor, con la finalidad de poder determinar si el individuo monitoreado presenta un estado de somnolencia o a su vez sueño, si el individuo cae en estado de sueño se activara una alerta la cual se desarrolla en el bloque 4. Como punto final en el Bloque 5 finalmente el análisis de los datos obtenidos se los podrá realizar mediante un registro de eventos los cuales se almacenarán en una base de datos.

3.6.2.1. Bloque 1: Arranque de la cámara y obtener imágenes

- **Inicio de la cámara**

Conectada la cámara al sistema embebido Raspberry Pi 3 B, se debe estar consiente que la cámara se encuentra en una situación de reposo dado que aún no ha sido habilitada en el sistema Raspbian. Cuando se requiere dar uso de la Camera Pi v2 se necesita habilitar la cámara, para lo cual se debe ingresar al terminal y digitar *sudo apt-get install python-picamera* al ejecutar este comando se desplegará las opciones de configuración del sistema Raspbian como se presenta en la Figura 21.

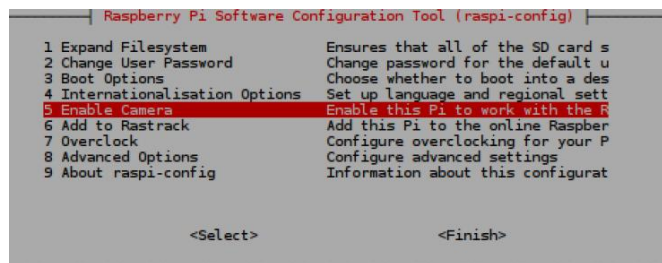


Figura 21. Activación de la cámara PiNoir v2 Raspberry.

Fuente: Autoría.

Ejecutamos la opción enable Camera y nos desplegará la opción de activar la cámara pi v2, damos clic en la opción enable para finalizar la operación como se muestra en la Figura 22.

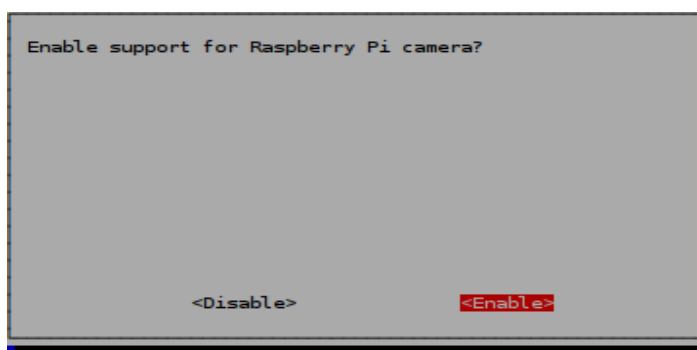


Figura 22. Opciones de Pi Cámara: Habilitar o Desactivar cámara.

Fuente: Autoría.

Ya habilitada la cámara del raspberry pi 3 B se tiene que incluir en los ficheros las librerías de Python time-picamera. El uso de estas librerías permitirá grabar un video por un tiempo determinado o también en un slot de tiempo que se desea capturar una imagen, la librería picamera realiza el llamado a la cámara del módulo raspberry pi.

Seguido de esto dentro del script se debe designar a la librería picamera con el fin de especificar su nombre para poder configurar varios parámetros de la cámara como: brillo, saturación, nitidez, velocidad y resolución. Ya con el objeto creado en el script se procede a la obtención de imágenes como ejemplo se tiene *with picamera.PiCamera()* as “Practica”. A continuación, se mencionan las instrucciones más importantes de configuración del módulo PiCamera empleando el nombre que sea definido para el uso del comando.

- *Practica.start_preview ()*: Este comando se usa para realizar una vista previa de la imagen en tiempo real y el método para suspender la vista previa sería *Practica.stop_preview()*.
- Para poder computar una imagen en un archivo es simple tal como especificar el nombre del archivo como por ejemplo *Practica.capture('Foto.jpg')*.
- Para la grabación de un video en un archivo primero se debe dar uso del método *Practica.start_recording('Mi video')*, pero si se quiere tener un tiempo específico de grabación se usara el *with_recording()* con este código se verificara continuamente si existen errores de grabación como ejemplo una condición sin disco. Para finalizar la grabación se hace uso del *stop_recording()*.
- Para realizar ciertos ajustes a las propiedades de la Picamera se utiliza algunos métodos como *Practica.resolution = (640, 480)*
- Para un caso de poca luz la cámara puede ser configurada para que tenga una alta ganancia y a su vez en un tiempo largo de exposición. Esto es posible gracias al código *Practica.framerate = Fracción (1, 6)* el cual permite dar un framerate muy lento de 1/6 fps y una velocidad de 6 segundos con el *Practica.shutter_speed = 6000000*.

- **Obtención de imágenes**

Para la obtención de información se procura que las imágenes a capturar tengan una buena luminosidad, no cuente con obstrucciones o a su vez imperfecciones y ningún tipo de cambio en su escala. Si la imagen adquirida cumple con este tipo de propiedades de calidad el reconocimiento de los rasgos faciales será exitoso. La imagen que proporciona la Picamera será una captura RGB.

Para que el sistema pueda ejecutar estas características de calidad se debe tener presente que la Picamera tiene como principal objetivo transformar las señales luminosas en señales analógicas. Una cámara cuenta con un sensor digital que está conformado de celdas fotosensibles, las cuales analizan la luz que arriba a las celdas y es ahí donde se capta una pequeña escena de la imagen que se requiere obtener en forma de señales luminosas para más luego poder transformarlas en señales analógicas, además poseemos la parte óptica que realiza la función de preparar elementos a una distancia focal prudencial.

La cámara Raspberry Pi HD Pi NoIR que fue seleccionada anteriormente para este proyecto tiene la capacidad de conectarse a cualquier placa Raspberry Pi con el fin de producir fotografías y también videos HD. Este elemento (pi NoIR) da uso de un sensor de imagen IMX219PQ de Sony otorgando al usuario capturas de alta velocidad y alta sensibilidad (ideal para ambientes bajo la oscuridad), de igual forma posee un enfoque fijo de 8 megapíxeles compatibles con 1080p, 720p60 y VGA90. La conexión de la pi NoIR se la realiza por medio de un cable plano de 15 cm que va dirigido directamente a las ranuras en el puerto de interfaz serie de la cámara Pi.

3.6.2.2. Bloque 2: Tratamiento de Imágenes

Ya obtenida la imagen se sigue con el proceso que se basa en el tratamiento de la imagen, lo que requiere en este apartado es poder disminuir el ruido de la imagen, esto producido por los cambios de luminosidad o distorsión a la calidad de la imagen. Dentro del tratamiento de la imagen también se puede descartar algunos objetos dentro de la misma, estos objetos no logran ser de interés para el proyecto. A continuación se presenta las distintas técnicas usadas en el tratamiento de imágenes:

En el manejo de librerías de OpenCv se cuenta con cuatro módulos que son:

- CV: Contiene: Las diferentes funciones principales de la biblioteca.
- CAUX: Este módulo posee funciones auxiliares (uso experimental).
- CXCORE: Aquí se cuenta con estructuras de datos y funciones de Álgebra Lineal.
- HIGHGUI: Mejoramiento de la GUI.

Las etapas del tratamiento de imágenes se basan en:

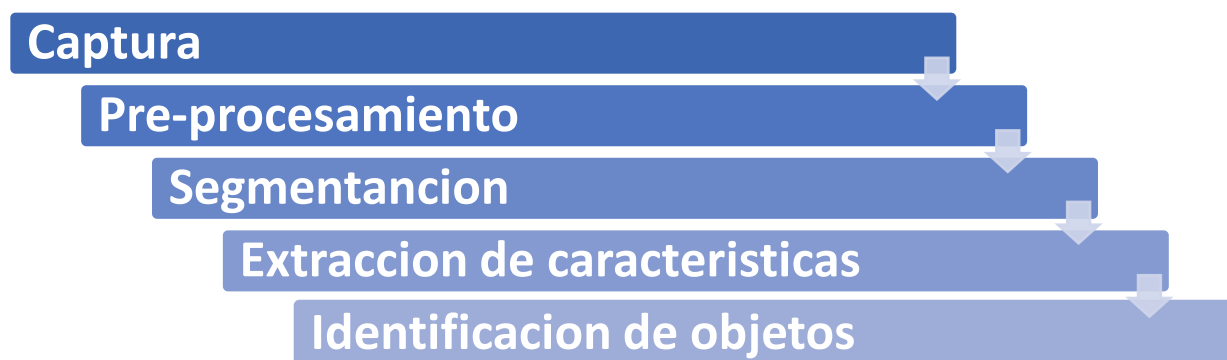


Figura 23. Etapas de tratamiento de imágenes.

Fuente: Autoría.

- **Captura:** Para esto es necesario contar con un sensor y un digitalizador, con esto se trata de cambiar una imagen, en un archivo apto para ser procesado por la unidad de procesamiento. La captura en este caso se realiza por medio de la cámara NoIR del raspberry pi.
- **Pre-procesamiento:** ya obtenida y digitalizada la imagen se cuenta con un dato donde se tiene varias fases de operación donde su origen es una imagen y su final también es otra imagen.
- **Segmentación:** En esta etapa la imagen llega a dividirse en segmentos, este proceso se realiza debido a que por medio de las regiones divididas se reconoce la información que se espera conseguir. En este paso juega un papel muy importante los niveles de grises ya que por medio de estos se detectan los contornos de la imagen captada. La segmentación es una etapa difícil porque se demanda una operación automática.
- **Extracción y descripción:** Se hace uso del algoritmo para seleccionar los objetos de la imagen ya segmentada. Para la descripción, se consigue reconocer los objetos elegidos en la segmentación de la imagen, de este modo se obtiene la información requerida en base a las características particulares de dichos objetos. Estas características pueden ser la dimensión, forma, propiedades de forma geométrica, etc., asimismo en la descripción se extrae las propiedades adecuadas para poder asemejar los objetos o en este caso rasgos deseados.
- **Reconocimiento:** La información obtenida en los previos procesos es comprobada con un algoritmo el cual se encarga de tomar decisiones proporcionadas por el usuario que elabora la tarea de procesamiento de la imagen.

- **Métodos usados para imágenes digitales**

Estos métodos son un conjunto de técnicas aplicadas al procesamiento de imágenes digitales con la finalidad de mejorar la calidad de la imagen, también con estas técnicas es más fácil el análisis de información, entre estos métodos se tiene:

- **La conversión de colores:** La conversión de colores a escala de grises ayuda a saber cuáles son las fronteras de la imagen a analizar, esta técnica se halla dentro de las operaciones de OpenCV dando uso de la función `cvtColor` se puede dar o realizar varias transformaciones a una imagen, entre estas se encuentran: `CV_BGR2GRAY` `CV_RGB2GRAY`, `CV_GRAY2BGR`, `CV_GRAY2RGB`. Según el canal requerido en las funciones de OpenCv se usa el principio para la conversión a escala de grises el cual está relacionado con la ecuación de la luminancia.

$$RGB[A] \text{ to Gray: } Y \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

Como se puede evidenciar en la Figura 24 se muestra la conversión de una imagen RGB a escala de grises dando uso de la función `cvtColor` con el comando `ctv (src, bwsr, CV_RGB2GRAY)`.



Figura 24. (Izquierda) Imagen RGB (Derecha) Imagen transformada a escala de grises.

Fuente: Autoría.

- **Ecualizar el histograma de una imagen:** En OpenCv.org se declara que el Histograma de una imagen es una representación gráfica de la distribución de intensidad de una imagen, también cuantifica el número de píxeles para cada valor de intensidad considerado (OpenCV, 2016).

Por otra parte, la ecualización de una imagen es el método de mejorar el contraste de una imagen con la finalidad de extender el rango de intensidad de esta (OpenCV, 2016).

El método usado en OpenCv para ecualizar el histograma de una imagen es *cv2.equalizeHist (src,dst)*, como se puede ver en la Figura 25 se evidencia la imagen en escala de grises y la misma imagen a la cual se aplicó la ecualización del histograma.

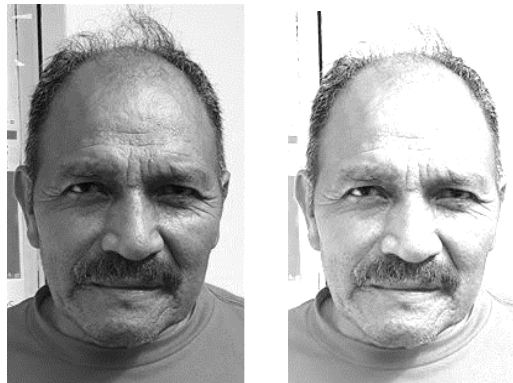


Figura 25. (Izquierda) Imagen a escala de grises, (derecha) Imagen ecualizada el Histograma.

Fuente: Autoría.

- **Binarización de una imagen:** Se trata de un procedimiento donde se convierte los píxeles a binario 1,0 (0 o 255). De igual forma se hace uso de un valor umbral para distinguir si se cambia o no el píxel. Por lo tanto, con OpenCv se compara los valores con el valor umbral, esto se realiza automáticamente dando uso al código *cv2.threshold*, este método es muy

factible al momento de descartar el ruido de una imagen, como se muestra en la Figura 26 se define la binarización de una imagen

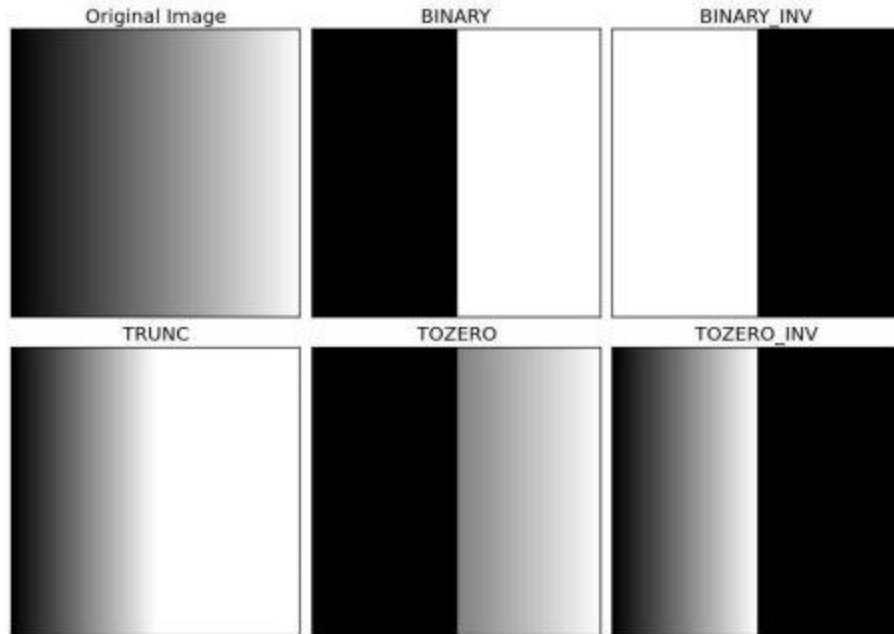


Figura 26. Binarización de una imagen.

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/>

3.6.2.3. Bloque 3: Detección de: Rostro, Ojos y Parpadeo

- **Detección de Rostro y Ojos**

Iniciando con el bloque 3 se comienza con la detección del rostro del individuo en este caso el conductor del vehículo, con respecto a lo que se trata el reconocimiento facial la herramienta OpenCv emplea clasificadores en cascada los cuales se basan en propiedades Haar-like Features, (OpenCV, 2016). Los clasificadores de las zonas faciales tanto para el rostro y los ojos son:

- `faceCascade=cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml")`
- `eyesCascade= cv2. CascadeClassifier("haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml")`

Con el uso del clasificador haar cascade eye tree eyeglasses el sistema podrá detectar la zona de los ojos de personas con lentes y también personas sin lentes, con la finalidad de que el sistema sea óptimo para la detección de somnolencia en conductores con lentes. Como se muestra en la siguiente Figura 27 las características de los clasificadores se dividen en:

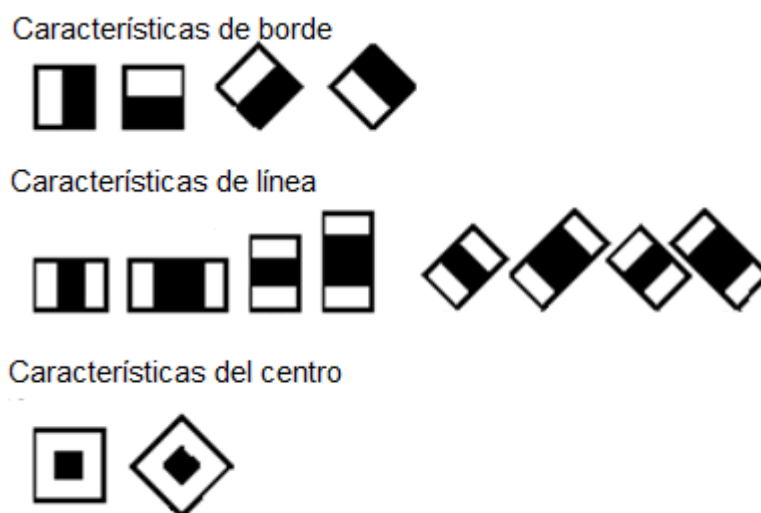


Figura 27. Características de los clasificadores Haar para la detección de objetos.

Fuente: http://robologs.net/wp-content/uploads/2014/05/haar-like_features.png

El algoritmo para la detección de objetos en este caso facial ha sido propuesto por Paul Viola y además mejorado por Rainer Lienhart, este algoritmo es un enfoque de aprendizaje automático donde el proceso que realiza la función cascada está preparado en base a múltiples imágenes auténticas y negativas. Los clasificadores Haar-Like Features se basan en el trabajo que realiza sus características donde cada una de ellas se sobrepone en la imagen, con el objetivo de ir

colocándolas en diferentes formas hasta aproximarse a la captura del rostro del individuo a monitorear.

Para el uso combinado de OpenCv y Python se procedió primero a expandir el sistema de archivos en la Raspberry pi 3 B, esto se hace para incluir todo el espacio disponible en su tarjeta microSD, como siguiente paso se instala las dependencias para que OpenCv corra sin ningún problema. Igualmente, para poder monitorear el rostro del conductor dentro de una figura geométrica (rectángulo) se dio uso del comando `cv2.CascadeClassifier` y `faces.xml` como clasificador de OpenCv, con la utilización de estos dos parámetros se consigue delimitar la zona ROI donde se aplicará el archivo para determinar los ojos y el parpadeo de estos.

Lo que deriva del scrip para la detección del rostro se muestra en la siguiente Figura 28 donde se evidencia que el rostro del individuo está delimitado por un rectángulo.



Figura 28. Determinación del área para la detección.

Fuente: Autoría.

Siguiendo con el proceso en el Bloque 3 se desarrolló el algoritmo para poder detectar la zona de los ojos del conductor, para lograr esto se realiza un script donde se describe el aspecto del ojo, esto se lo realiza con el mismo script descrito anteriormente.

En el script una de las partes más importantes es el uso de las funciones Haar-like Features para la detección del rostro al igual que los ojos. En esta parte entra a trabajar el archivo de las funciones de Opencv donde la función cascadeClassifier realiza el llamado al archivo exacto donde se encuentra el método de clasificación.

El resultado obtenido a partir de la ejecución del script se puede observar en la Figura 29 donde se muestra como el sistema es capaz de detectar el rostro y los ojos del individuo a monitorear.

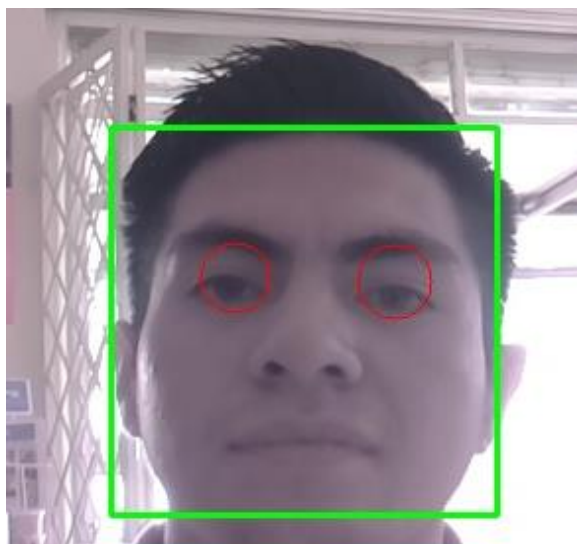


Figura 29. Análisis de detección en regiones faciales como rostro y ojos encerrado en un rectángulo.

Fuente: Autoría

▪ **Detección de Parpado Cerrado**

En este bloque se determina cuando el parpado está cerrado, la finalidad de esta etapa es identificar si el conductor presenta el síntoma de la somnolencia o sueño. Continuando en el algoritmo de detección de somnolencia se procura ocupar el anterior script en donde ya se tiene detectado las zonas del rostro y los ojos. La combinación de funciones se las hace por el simple motivo que todos los factores de detección funcionen al mismo tiempo.

Dando uso a las herramientas de Opencv y Python se procedió a la detección de parpadeos con los puntos de referencia faciales, donde la función *eye_aspect_ratio(eye)* por medio de coordenadas o puntos de referencia calcula la distancia de puntos horizontales y verticales del ojo. Para poder detectar si se produce un parpadeo, se debe calcular la relación del aspecto del ojo. Bien, si la relación del aspecto del ojo cae por debajo de un determinado umbral y posterior a esto se eleva por encima del umbral, es ahí donde se registrará un parpadeo. El umbral se lo puede configurar dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar.

Como se esperó se tuvo respuesta del script creado en este caso se podrá evidenciar en la Figura 30 donde se puede ver que el sistema es capaz de detectar la zona de los ojos en personas que usen lentes, logrando sobrepasar esa limitación. Además, en esta Figura se evidencia la detección de parpadeo del individuo.

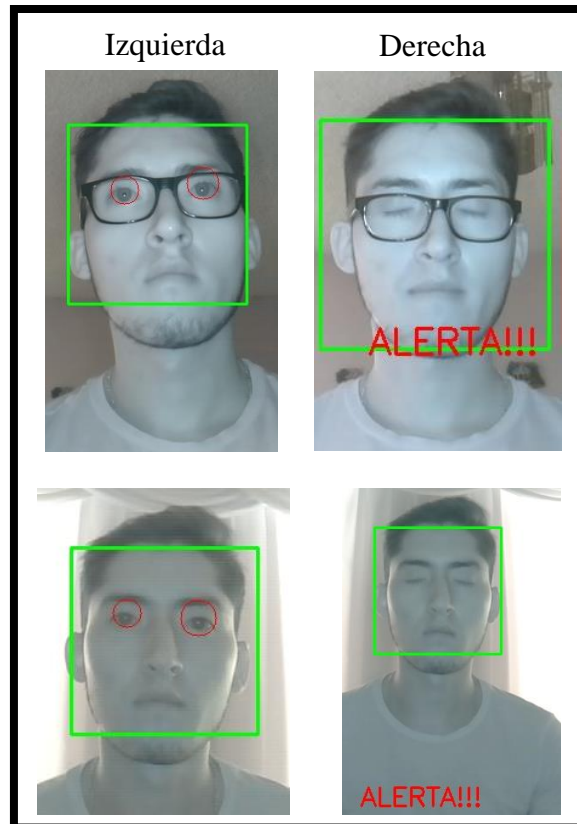


Figura 30. (Izquierda) Detección de los ojos abiertos (Derecha) Detección de los ojos cerrados.

Fuente: Autoría.

3.6.2.4. Bloque 4: Análisis Fisiológico y Alerta

El desarrollo del algoritmo para detectar la somnolencia en base al monitoreo del rostro y los ojos del conductor se enfoca en realizar un estudio minucioso de las propiedades de cada etapa de detección. Ya determinada la zona de los ojos se proseguirá a la ejecución de un contador de pestañeo el método usado es *CONT* este contador se guía por el tiempo que la etapa de detección de la relación de los ojos no detecta a estos abiertos.

Al usar las funciones de opencv como *eyesCascade.detectMultiScale* se debe tener la proporción de los puntos de referencia verticales del ojo y también las distancias de los puntos de referencia del ojo horizontal. A este punto el aspecto del ojo debe ser aproximadamente constante cuando el ojo está abierto este valor se logra verificar por medio de *print eyes*. El valor llegará a disminuir hacia cero cuando el ojo se esté cerrando durante un parpadeo este valor no será en cuenta la muestra de los datos del script. En este caso el proyecto se enfoca a que los ojos del conductor estén completamente cerrados, por este motivo se monitorea la relación del aspecto del ojo para verificar si el valor disminuye o aumenta, si el valor de relación disminuye quiere decir que la persona ha cerrado los ojos.

Como ya se comentó anteriormente se debe definir algunas variables donde *eyesCascade.detectMultiScale* se encarga de que si la relación de aspecto del ojo decae se comenzara a contar el tiempo cuando la persona haya cerrado los ojos. La función *len(eyes) >= 2* se encarga de definir la condición donde se determina si la persona tiene los ojos cerrados, si se cumplió la condición que la persona ha cerrado los ojos se procederá a la activación de la alerta. Los valores que se dé a las variables pueden cambiar dependiendo de las aplicaciones que se las quiera dar. Para verificar si la persona monitoreada está comenzando a mostrar síntomas de somnolencia se llegara a realizar principalmente la comprobación de la relación del aspecto del ojo, si esta relación está por debajo de lo establecido en la condición de *len(eyes) >= 2* se incrementa el contador, si este mismo contador excede el valor definido en el script se supone que la persona se está quedando dormida, entonces es ahí cuando el método de la activación de alerta entra en trabajo llegando advertir al conductor que se está quedando dormido.

- **Alerta**

Como principal función del sistema es poder detectar el instante de sueño de una persona, cuando un conductor llegue a dormirse por fracciones de segundos la unidad procesadora en este caso la Raspberry pi 3 B llega a alertar al conductor cuando entre en un estado de somnolencia. Esta alerta se la realizará por medio de un buzzer que será conectado al puerto 16 (negativo) y puerto 18 (positivo) del GPIO de la placa, la alarma será activada por medio de un pulso eléctrico definido en la programación del sistema, dependiendo de las condiciones fisiológicas que presente el conductor.

3.6.2.5. Bloque 5: Registro de Datos

Los datos recogidos serán mostrados con claridad por medio de la generación de registros dentro de una base de datos (phpmyadmin), la información que se almacenará en la base datos consistirá en el nombre del conductor, la placa, la ruta de entrega de mercadería y la fecha de los eventos ocurridos en ese trayecto, esta información se enviará en tiempo real desde el sistema de detección de somnolencia hacia la base de datos mediante el uso de un script del programa Python.

Para la creación de la base de datos se necesitará actualizar los archivos del sistema con la línea de comando **sudo apt-get update**, luego de tener los ficheros actualizados en el sistema se procederá a la instalación de phpmyadmin con el comando **sudo apt-get install phpmyadmin**, igualmente se pedirá una contraseña de la cuenta de administrador (*****), con esto el programa estará instalado. Para poder hacerlo visible desde cualquier dispositivo con acceso a internet se deberá modificar el fichero del servidor web Apache2 con el comando **sudo nano**

`/etc/apache2/apache2.conf`, al final de este archivo se deberá colocar la siguiente línea **Include** `/etc/phpmyadmin/apache.conf`.

Para el acceso a la base de datos solamente se deberá reiniciar el sistema para que los cambios realizados tomen efecto y con el uso de un Usuario: root y una Contraseña: 19920809 se accederá a la base de datos se colocará la dirección IP de la misma acompañada de phpmyadmin (192.168.1.13/phpmyadmin) y se desplegará una ventana como se muestra en la Figura 31



Figura 31. Autenticación de Base de Datos Phpmyadmin

Fuente: Autoría

Una vez se ya ingresados en la cuenta de Phpmyadmin se podrá observar las bases de datos que fueron creadas en este caso se creará una base de datos CONDUCTORES como se evidencia en la Figura 32, en esta base de datos serán almacenados la información que se obtendrá del sistema de detección de somnolencia.

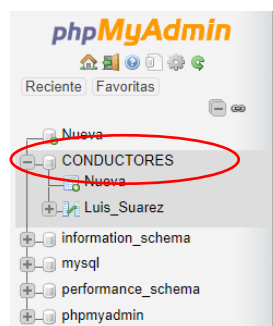


Figura 32. Base de datos CONDUCTORES

Fuente: Autoría

Los datos que recogerá la base de datos serán directamente del dispositivo raspberry por medio del conector mysql instalado en sistema. Una vez iniciado el script en el sistema podemos ir verificando la actualización las variables en tiempo real en la base de datos, el proceso de envío de variables se podrá evidenciar en ANEXO A. Programación del sistema. En la Figura 33 se muestra como las variables son subidas a la Base de datos CONDUCTORES, donde se tiene la cedula del conductor, la ruta de entrega, placa, fecha y hora además se evidencia la imagen en formato BLOB de los eventos ocurridos durante el trayecto de la entrega de la mercadería.

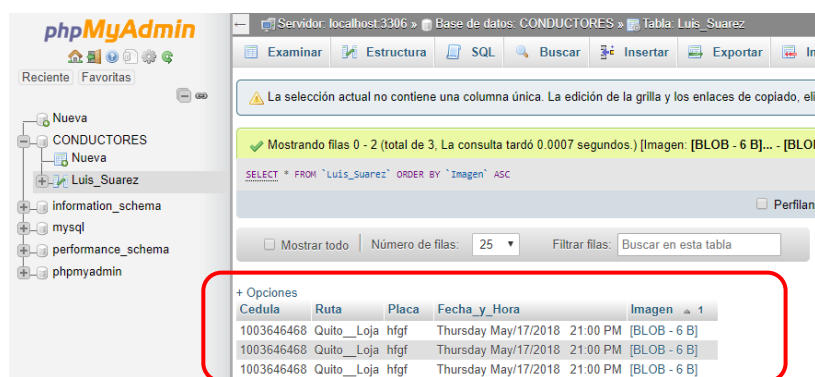


Figura 33. Envío de variables a Base de Datos CONDUCTORES.

Fuente: Autoría

3.7. Diagrama de Flujo

En base al diagrama de flujo del sistema se ha desarrollado las diferentes instrucciones de programación del script antes desarrollado. Las variables, contadores y también condiciones de cómo detectar el estado de somnolencia en un conductor se presenta en el siguiente proceso que realizo en cada bloque del sistema.

- **Proceso de inicio de Cámara y Obtención de la imagen**

Como se muestra en la Figura 34 del diagrama de flujo se instala la librería necesaria para que la cámara sea reconocida por el software de procesamiento de imágenes. Seguido de esto se podrá obtener las imágenes con el módulo Camera Pi V2.1.

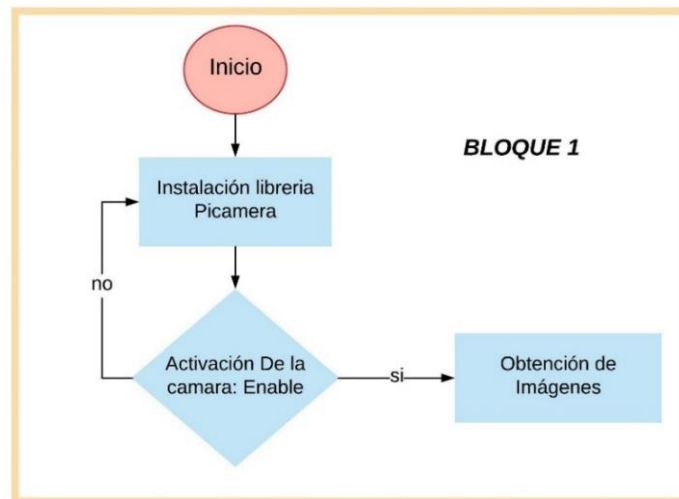


Figura 34. Inicio de Cámara y Obtener la imagen.

Fuente: Autoría

- **Proceso realizado para el tratamiento de la imagen**

En la Figura 35 del diagrama de bloques se calibra la imagen obtenida por la cámara pi, donde se ecualizará el contraste y brillo, además también se puede realizar de la binarización de la imagen para obtener un resultado sin obstrucciones ni deformaciones.

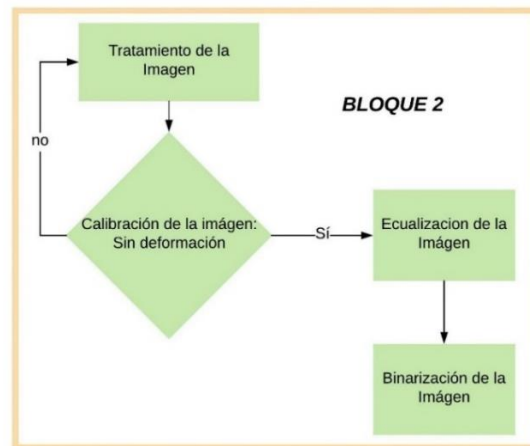


Figura 35. Proceso para el tratamiento de la imagen capturada.

Fuente: Autoría

- **Proceso desarrollado para la Detección del rostro y ojos**

Para la Figura 36 del diagrama de bloques se realiza el proceso para la detección del rostro del conductor esto se logrará por medio del uso de las librerías de detección facial y de los clasificadores Haar (*haarcascade_frontalface_default.xml*). De la misma forma se logra detectar la zona de los ojos con el uso del clasificador eyes (*haarcascade_eye.xml*).

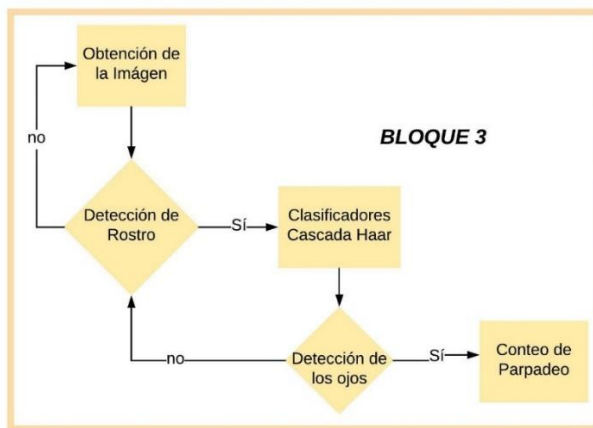


Figura 36. Proceso para la detección del rostro y ojos del conductor.

Fuente: Autoría.

- **Proceso para el conteo del parpadeo del conductor.**

Con el rostro y la zona de los ojos, se procede a detectar si el conductor abre o cierra los ojos esto se lo realizará por medio de un contador el cual permita determinar cuánto tiempo cierra los ojos el individuo como se muestra en la Figura 37 del diagrama de bloques si el parpadeo sobrepasa el umbral (3s) esto se determinará como somnolencia por parte del conductor.

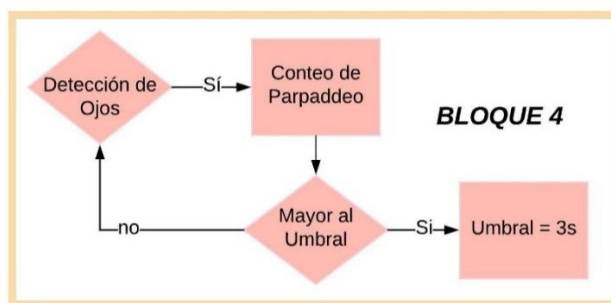


Figura 37. Proceso para determinar el conteo del parpadeo del conductor.

Fuente: Autoría.

- **Proceso realizado para el análisis fisiológico y activación de la alarma.**

Como se puede ver en la Figura 38 la activación de la alarma se realizará cuando el coconductor sobrepase el umbral de parpadeo definido en la programación del sistema de detección de somnolencia.

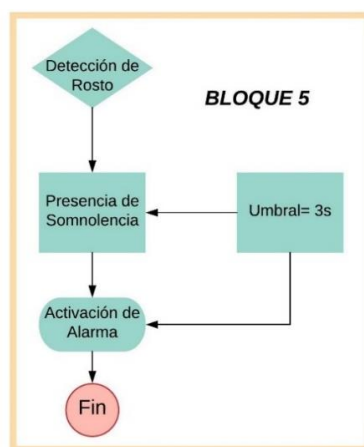


Figura 38. Proceso para la detección de somnolencia en el conductor.

Fuente: Autoría.

Para poder detectar que el conductor ha cerrado los ojos o a su vez presenta señales de somnolencia, se tomó en cuenta la captura del rostro del conductor esto es posible gracias al uso de clasificadores Haar que cuentan con librerías para detectar el rostro dentro de un rectángulo. Ya obtenidas las imágenes del rostro se calibra la imagen, esta etapa se debe a que la imagen no debe presentar deformaciones para poder detectar los rasgos faciales como los ojos. Detectados los ojos se usará un contador el cual se encargará de sumar cuando los ojos se encuentren cerrados, si los ojos están cerrados por encima del umbral definido en la programación del proyecto, el sistema

tomara esto como somnolencia y se activará la alerta para la prevención del conductor. El desarrollo del proceso de programación se presenta en el siguiente diagrama en la Figura 39.

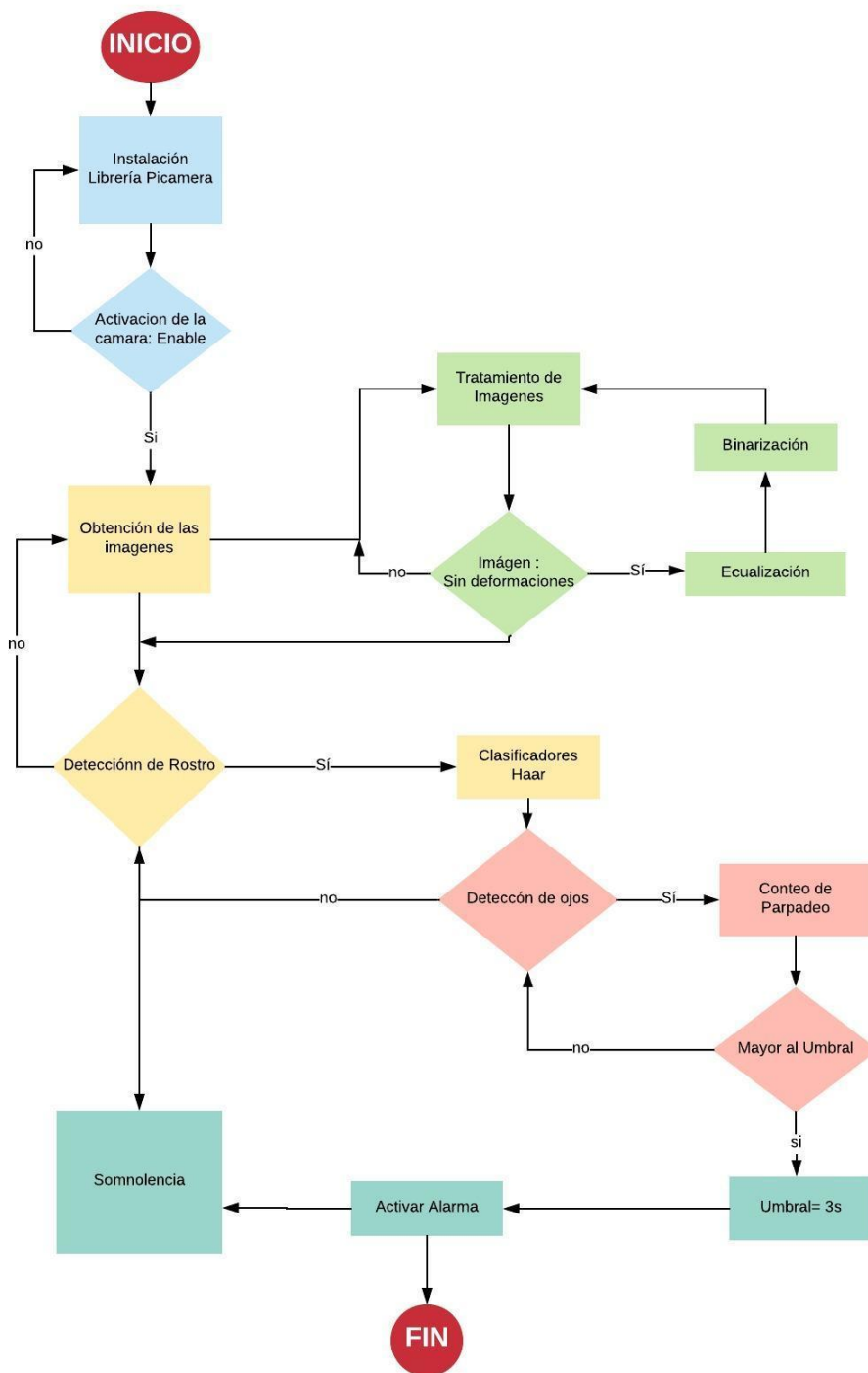


Figura 39. Diagrama de flujo del sistema.
Fuente: Autoría.

3.8. Diagrama del circuito

En la Figura 40 se muestra el diagrama circuital del sistema, para el funcionamiento de este proyecto se consideró el uso de una placa Raspberry pi 3 modelo B con su respectiva cámara (Pi NoIR Camera v2) con una fuente de alimentación de conexión micro USB, para la implementación en el vehículo se tomó en cuenta el uso de un convertor de voltaje.

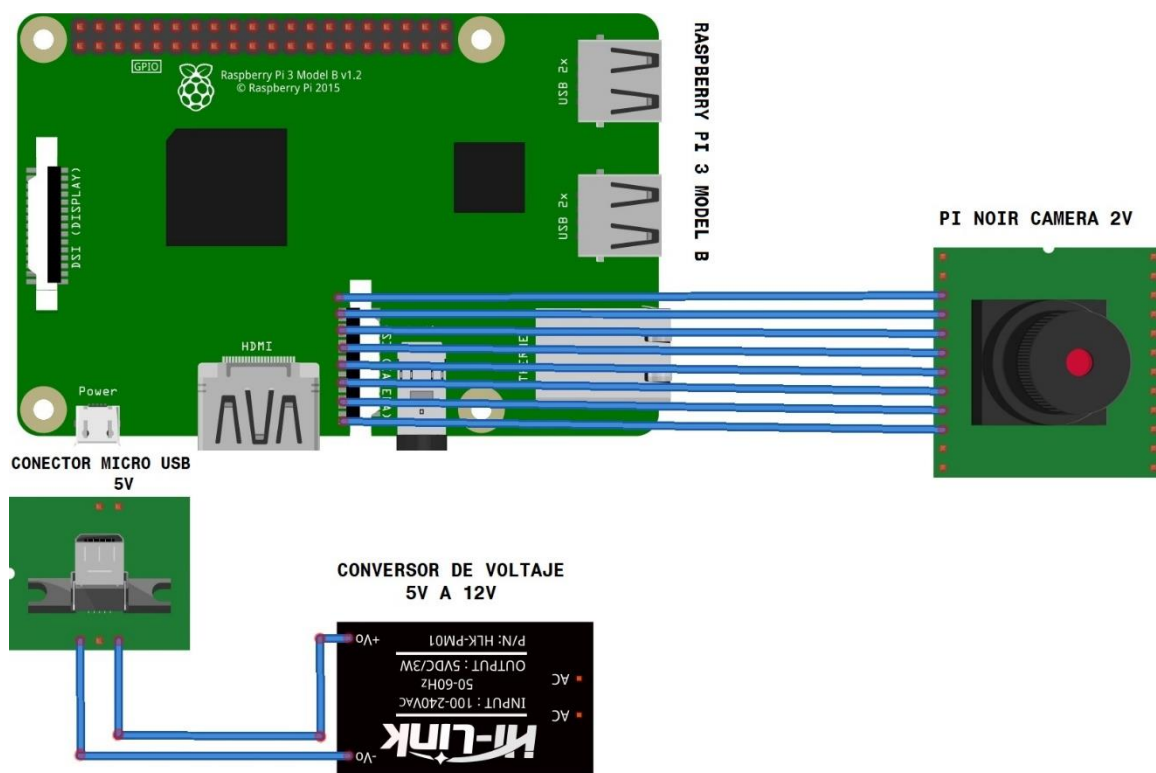


Figura 40. Diagrama Circuital del sistema de detección de somnolencia para conductores.

Fuente: Autoría

3.9. Análisis de la ubicación del sistema

3.9.1. Ubicación de la cámara

La ubicación de la cámara en el habitáculo del vehículo de dos ejes es muy importante, ya que este elemento no debe obstruir la visión del chofer mientras conduzca. Por lo tanto, se consideró que la cámara debe ser situada en la parte frontal del vehículo, entre el volante y el tablero de indicaciones del vehículo como se muestra en la Figura 41 se tiene la cámara Noir dirigida al conductor para tener un mejor panorama de monitoreo.



Figura 41. Ubicación estratégica de la cámara para la detección de somnolencia.

Fuente: Autoría.

Esta ubicación estratégica es para que la cámara pueda detectar la zona de los ojos del conductor, por otra parte, también se tomó en cuenta la altura de la ubicación de la cámara con el fin de tener un mejor enfoque y se pueda detectar lo requerido.

Igualmente se consideró las características físicas del conductor para este proyecto, ya que cada conductor de este tipo de vehículos debe tener una estatura promedio para poder conducir un camión de carga de dos ejes. Para esto se investigó sobre información general como es la estatura promedio de un ecuatoriano. Estudios realizados por la OMS sobre la estatura promedio en países latinoamericanos donde se incluye Ecuador se presenta en la Tabla 12 se puede comprobar la estatura según el género y la etnia de los ecuatorianos. (OMS, 2014)

Tabla 12. Clasificación de estatura promedio en Latinoamérica y en Ecuador.

Estatura países Latinoamericanos		
País	Genero	
	Hombre	Mujeres
Venezuela	1.71 mts	1.57 mts
Ecuador	1.68 mts	1.55 mts
Colombia	1.69 mts	1.56 mts
Perú	1.65 mts	1.52 mts
Estatura según su Etnia en Ecuador		
Etnia	Genero	
	Hombres	Mujeres
Mestizos	1.55 mts	1.45 mts
Indígenas	1.80 mts	1.65 mts
Afro-Ecuatorianos	1.68 mts	1.55 mts
PROMEDIO	1.68 mts	1.55 mts

Fuente: Adaptado de (OMS, 2014)

3.9.2. Ubicación del conversor de voltaje

Debido a que el vehículo de dos ejes consta de una batería que alimenta todo el sistema eléctrico con un voltaje de 12Vcc y el sistema solamente necesita un voltaje de 5Vcc se tomó en cuenta el requerimiento del apartado 3.3.2 Requerimientos del sistema donde se declara que se necesitara un conversor de voltaje de 12Vcc a 5Vcc para un buen funcionamiento. La ubicación del conversor puede ser directamente a la batería de 12v o también se puede conectar al tablero del

vehículo, en este caso se ha conectado en la parte del tablero eléctrico en una de las tomas corriente. El consumo de voltaje de la placa Raspberry pi dependerá de los periféricos integrados al sistema, ya que en el proyecto se da uso de una cámara y una pequeña bocina para la alerta el consumo no será tan elevado.

3.9.3. Ubicación de alerta de somnolencia

Sobre la alerta que se va a enviar al conductor será de una forma auditiva la cual será alimentada por un pulso eléctrico cuando el conductor presente una situación inadecuada en su conducta, esta conducta será evaluada por la unidad de procesamiento que será la placa Raspberry pi, al momento de cerrar los ojos mientras el individuo este conduciendo el vehículo se considera que el conductor ha caído en un estado de somnolencia y es el detonante para la activación de la alerta. La ubicación que se determinó para la alerta será detrás de la cabeza del conductor en la parte del asiento donde será apoyada la cabeza del conductor, este lugar es ideal debido a que el nivel auditivo de la alerta será percibido directamente por el sentido del oído. Como se muestra en la Figura 42. Se tiene la ubicación estratégica del dispositivo de alerta para la detección de somnolencia del conductor.



Figura 42. Ubicación estratégica de alerta de detección de somnolencia.

Fuente: Autoría.

CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo consta de la etapa de pruebas las cuales fueron ejecutadas con el sistema de monitoreo facial en diferentes conductores, de igual manera se realizó el chequeo del sistema en un ambiente diurno y también nocturno. Igualmente se realizó las pruebas en diferentes horarios con la finalidad de tener una mejor relación entre los resultados obtenidos por el monitoreo y el horario de conducción de un conductor. Además, en este capítulo se presenta una etapa de prueba por cada bloque que se ha desarrollado en la etapa del diseño, una etapa de pruebas iniciales, otra etapa de las pruebas conclusivas y por otra parte el análisis de los resultados de las pruebas ejecutadas.

Con las pruebas ya realizadas, se llega a concluir sobre los resultados logrados por el sistema de monitoreo al finalizar el presente proyecto. Esto define si el sistema cumple con los objetivos propuestos en un inicio y también como se fueron superando las restricciones mientras se realizaba el proyecto.

4.1. Pruebas del Sistema

Con la fase del diseño concluida se puede realizar la etapa de las pruebas, donde se valida la funcionalidad del sistema. La finalidad con la que se realizan este tipo de pruebas es poder verificar si el sistema realiza el monitoreo facial a los conductores los cuales tendrán diferentes propiedades físicas, esto se realizó en diferentes horarios de conducción.

Las pruebas se las hace para la verificación de un adecuado funcionamiento en situaciones donde el conductor pueda caer en un estado de somnolencia. Estas situaciones se las considera

como escenarios controlados como pueden ser el habitáculo del vehículo, ya mencionados en el apartado 3.4.1 Requerimientos de Stakeholders en la Tabla 5. Al momento de realizar las pruebas se cuenta con la posibilidad de descubrir posibles fallas que se presenten a la hora de la implementación del sistema en el vehículo.

Para la comprobación del presente sistema se plantea dos tipos de pruebas: como la de funcionalidad y la de uso.

- **Comprobar la funcionalidad:** Serán las que examinan si el sistema llega a cumplir con los objetivos propuestos en el diseño y también cumple con los requerimientos.
- **Las pruebas de uso:** Serán las que posibiliten conocer que tan amigable es el manejo del sistema dentro del vehículo para los diferentes usuarios de prueba.

4.1.1. Pruebas iniciales del sistema

En base al desarrollo del proyecto se determinó la realización de distintas pruebas para la verificación de funcionalidad de cada bloque, de igual manera aparte de las últimas pruebas se realizaron otras, las cuales se centraron en verificar el trabajo que realiza el algoritmo del sistema para el monitoreo facial. La forma de realizar las pruebas se las realizó en base al siguiente plan de actividades que se indica en la Tabla 13 la cual contiene los individuos de prueba, sitio donde se desarrollará las pruebas, resultados y también el tiempo de duración de las pruebas.

Tabla 13. Plan de actividades para realizar las pruebas del sistema.

Plan de actividades para las Pruebas del sistema					
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Tipo de Prueba	Comprobar la calidad de la imagen capturada por la cámara Pi noIr v2, tomando en cuenta los distintos horarios de conducción.	Detectar el área del rostro	Detectar la zona de los ojos	Comprobar el contador pestaño	Alerta de
Sujeto de Prueba	Conductores de los vehículos de carga de dos ejes	Conductores de vehículos de carga de dos ejes	Conductores de vehículos de carga de dos ejes	Conductores de vehículos de carga de dos ejes	Conductores de vehículos de carga de dos ejes
Sitio para el desarrollo de la prueba	Habitáculo o cabina del vehículo	Habitáculo o cabina del vehículo	Habitáculo o cabina del vehículo	Habitáculo o cabina del vehículo	Habitáculo o cabina del vehículo
Resultados deseados	Se busca verificar la calidad de la imagen capturada la cual debe ser óptima para el procesamiento por OpenCv	Se espera saber el porcentaje en cuanto a la efectividad de la detección facial.	Se busca que el sistema sea capaz de detectar la zona de los ojos de los conductores instantáneamente.	Se comprobará que los contadores usados en la programación realicen su trabajo	Se espera alertar al conductor cuando este se encuentre dormido.
Duración	2 semanas	2 semanas	3 semanas	3 semanas	3 semanas

Fuente: Autoría

En la primera etapa del cronograma se consiguió un (8%) de fallas, esto se debe a la iluminación dentro del habitáculo especialmente en las horas de la mañana cuando el conductor conduce el vehículo. Esto quiere decir que la luminosidad excesiva hace que la imagen captada por la cámara se degrada o existan deformaciones en la imagen procesada por el sistema. Como era de esperarse el porcentaje de error en la segunda prueba disminuyó (6%) ya que se la realizó en horas de la tarde donde se contaba con una luminosidad adecuada. Pero se realizó una última prueba a altas horas de la noche y se obtuvo un porcentaje de error de un (10%) de fallas, para rectificar estos errores en la noche se dio uso de la cámara pi NoIr para el enfoque de objetos con poca luz. En la Tabla 14 se muestra el resumen de las pruebas realizadas en la Etapa 1.

Tabla 14. Resultados obtenidos en las pruebas de la Primera Etapa.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Total
Horario	Día	Tarde	Noche	
N° De pruebas	50	50	50	150
Pruebas Exitosas	40	45	45	130
Pruebas Fallidas	10	5	5	20
% Aciertos	92.00%	94.00%	90.00%	92.00%
% Errores	8.00%	6.00%	10.00%	8.00%

Fuente: Autoría.

Las pruebas de la segunda etapa se basan en la detección del rostro del conductor del vehículo, estas pruebas se las realizó en el habitáculo del automotor el resultado de estas pruebas fue de un (90%) de éxito en el día, esto se debió a que la luz dentro del habitáculo influye en el procesamiento de las imágenes. Pero en la tarde y noche se obtuvo también un (95%), esto refleja que el número de falsos positivos que puede dar el sistema es mínimo, esto quiere decir que la

detección facial tendrá un alto grado de efectividad. En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 15. Resultados obtenidos en las pruebas de la Segunda etapa.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Total
Horario	Día	Tarde	Noche	
N° De pruebas	100	100	100	300
Pruebas Exitosas	90	95	95	280
Pruebas Fallidas	10	5	10	25
% Aciertos	90.00%	95.00%	95.00%	93.33%
% Errores	10.00%	5.00%	5.00%	6.66%

Fuente: Autoría

Las pruebas de la tercera etapa se centran específicamente en la detección de la zona de los ojos del conductor. El resultado obtenido en estas pruebas fue de un (92%) de éxito en el día, en la tarde un (95%), pero por la noche cae a un (90%), donde se refleja que el número de falsos positivos que puede dar el sistema es mínimo, lo que quiere decir que la detección facial tendrá un alto grado de efectividad. En la Tabla 16 se presentan los resultados obtenidos en esta prueba.

Tabla 16. Resultados obtenidos en las pruebas de la Tercera etapa.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Total
Horario	Día	Tarde	Noche	
N° De pruebas	100	100	100	300
Pruebas Exitosas	92	95	90	277
Pruebas Fallidas	8	5	10	23
% Aciertos	92.00%	95.00%	90.00%	92.33%
% Errores	8.00%	5.00%	10.00%	7.66%

Fuente: Autoría

En cambio, en la cuarta etapa se verifica si la detección de pestañeo se realiza durante una semana con un conductor y las otras dos semanas de igual forma, pero con distintos individuos de prueba, esto se debe a que el sistema debe enfrentar el procesamiento con diferentes rasgos fisiológicos para el monitoreo. Los resultados se muestran en la Tabla 17 donde se detalla las pruebas realizadas en la primera semana.

Tabla 17. Prueba en la Primera semana de la Cuarta Etapa.

Prueba de la Cuarta Etapa: Sistema de detección de Somnolencia		
Semana: Uno	Localización:	Vehiculó de carga de dos ejes, específicamente transporte de mercadería (arroz, sema,etc.)
	Sujeto de prueba:	Conductores de vehículos de dos ejes
	Horario de monitoreo:	El monitoreo se lo realizo en: La Mañana, la tarde y también la noche
	Tiempo de montero:	30 minutos cada conductor
Observaciones: El sistema de monitoreo para la detección de somnolencia en el conductor funciono adecuadamente, donde se detectó la zona de los ojos y también del rostro.		

Fuente: Autoría

En la Figura 43 se muestra donde los conductores presentan más presencia de somnolencia durante la conducción. El sueño se determina mediante cuantas veces ha cerrado los ojos según la hora de conducción o las horas que un conductor es más propenso a quedarse dormido, esto se sustenta gracias a la referencia que se obtuvo de varios conductores que transportan mercadería en base a una entrevista que se encuentra en Anexos. Los conductores de vehículos de carga de dos ejes están atados a horarios de trabajo extensos ya que regularmente se demoran entre 3 a 4 horas

en la carga de mercadería y mínimo unas 8 horas en el transporte de esta. En la gráfica se evidencia en el eje de las x las horas en las cuales los conductores pueden ser más propensos a caer en un estado de sueño. En el eje y se tiene los valores de más alto grado de parpadeo excesivo.

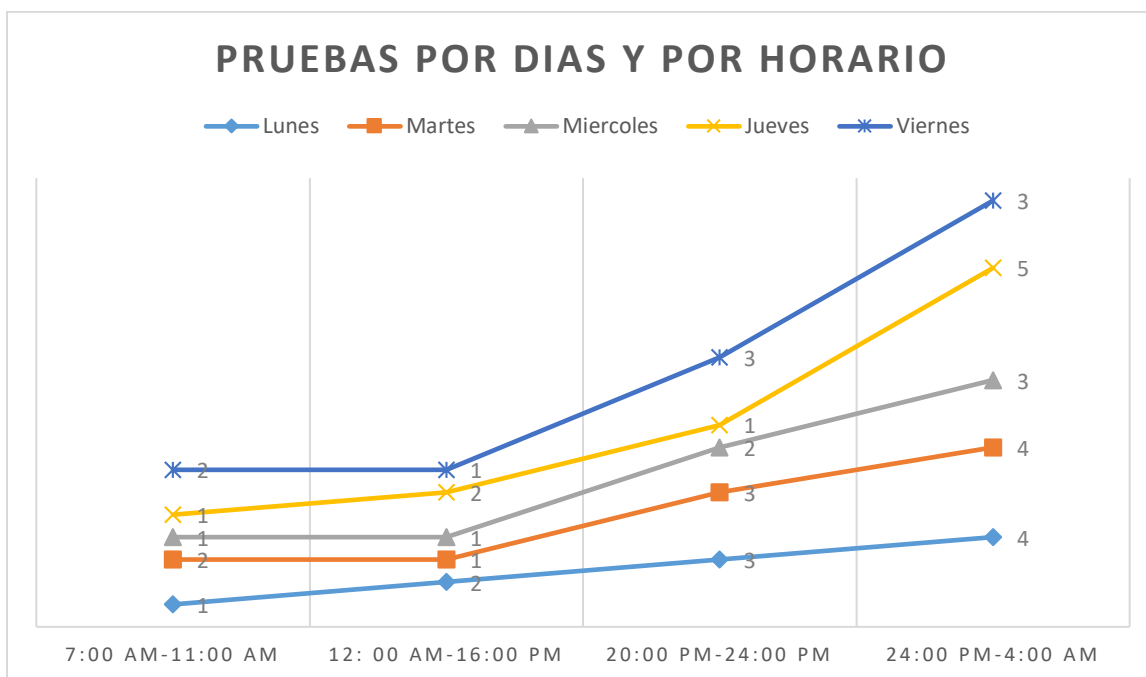


Figura 43. Información obtenida de las pruebas de la primera semana.

Fuente: Autoría.

De igual forma para la segunda semana se realizó la misma prueba, pero con un conductor distinto presentando rasgos faciales diferentes pero esta vez se la realizó en un vehículo de carga que transporta mercadería que no sobrepase el perímetro de una ciudad. En la Tabla 18 se detalla cómo se llevó a cabo esta prueba de la segunda semana de la cuarta etapa.

Tabla 18. Prueba en la Segunda semana de la Cuarta Etapa.

Prueba de la Cuarta Etapa: Sistema de detección de Somnolencia

Semana: Dos	Localización:	Vehiculó de carga de dos ejes, específicamente transporte de mercadería interno (arroz, sema,etc.)
	Sujeto de prueba:	Conductores de vehículos de dos ejes
	Horario de monitoreo:	El monitoreo se lo realizo en: La Mañana, la tarde y también la noche
	Tiempo de montero:	30 minutos cada conductor

Observaciones: El sistema de monitoreo para la detección de somnolencia en el conductor funciono adecuadamente, donde se detectó la zona de los ojos y también del rostro.

Fuente: Autoría.

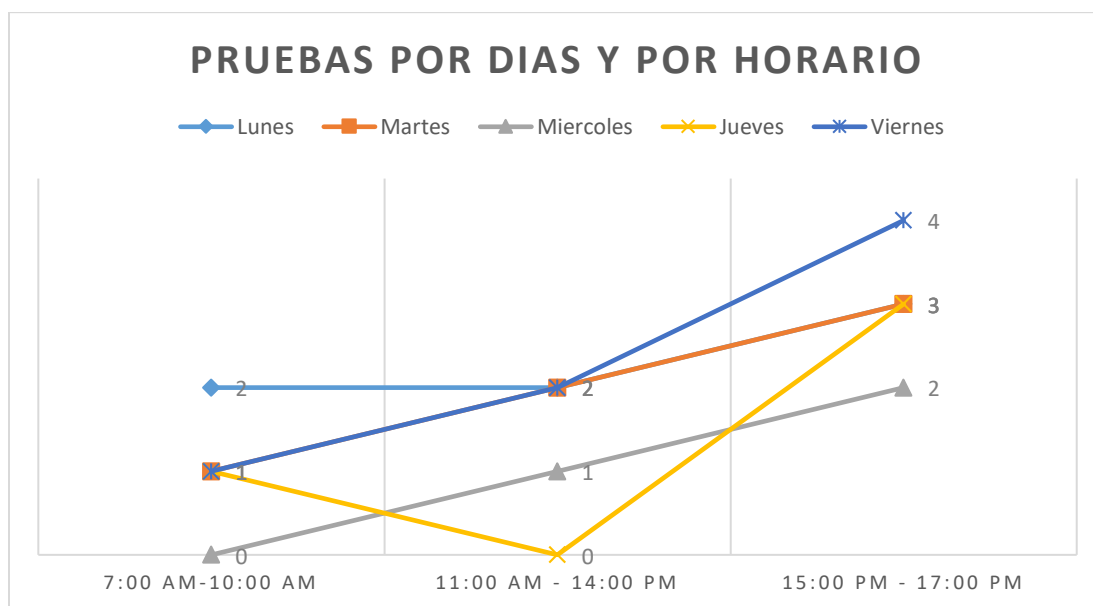


Figura 44. Datos obtenidos en la prueba de la segunda semana de la cuarta etapa.

Fuente: Autoría.

Como se puede ver en la segunda semana en la prueba en conductores de mercadería el nivel de cansancio aumenta a lo último de la semana, esto quiere decir que el conductor puede caer en un estado de sueño en los últimos días debido a la fatiga acumulada durante su trabajo realizado.

Siguiendo con la etapa de pruebas se como se muestra en la Tabla 19 la descripción de la tercera semana de pruebas del sistema de detección de somnolencia.

Tabla 19. Prueba en la tercera semana de la Cuarta Etapa del cronograma.

Prueba de la Cuarta Etapa: Sistema de detección de Somnolencia		
Semana: Tres	Localización:	Vehiculó de carga de dos ejes, específicamente transporte de mercadería (arroz, sema, etc.)
	Sujeto de prueba:	Conductores de vehículos de dos ejes
	Horario de monitoreo:	El monitoreo se lo realizo en: La Mañana, la tarde y también la noche
	Tiempo de montero:	30 minutos cada conductor
Observaciones: El sistema de monitoreo para la detección de somnolencia en el conductor funciono adecuadamente, donde se detectó la zona de los ojos y también del rostro.		

Fuente: Autoría.

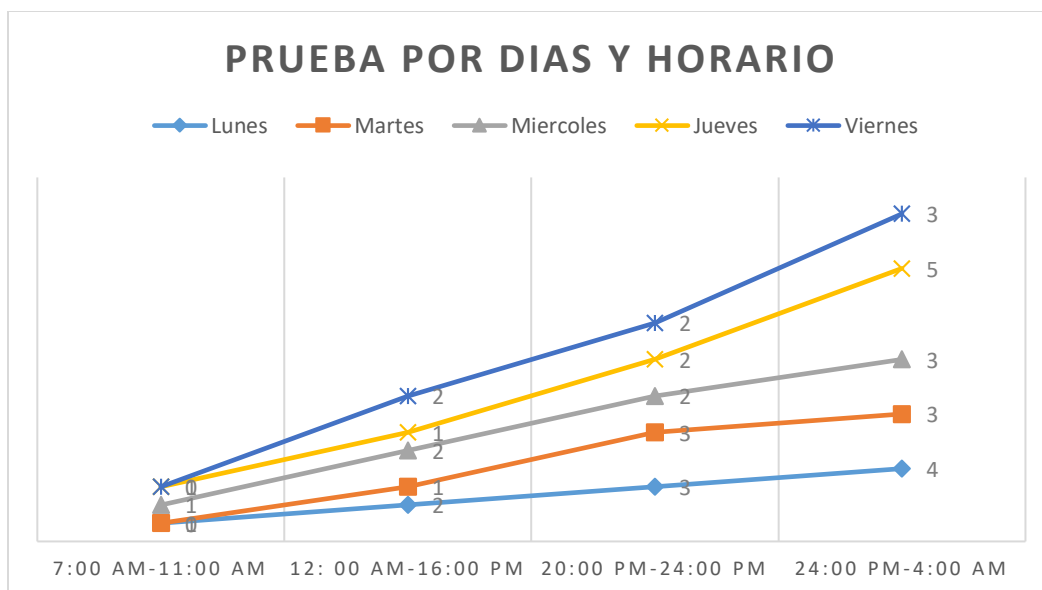


Figura 45. Datos obtenidos de la Tercera Semana de la Cuarta Etapa del cronograma.

Fuente: Autoría.

Finalizando la fase de pruebas de cada bloque se determinó la efectividad de la alerta en los casos que el conductor se quedó dormido a lo largo de la etapa de pruebas del sistema. Como se muestra en la Figura 46 el porcentaje de efectividad de la alerta en el transcurso de las tres semanas de pruebas.

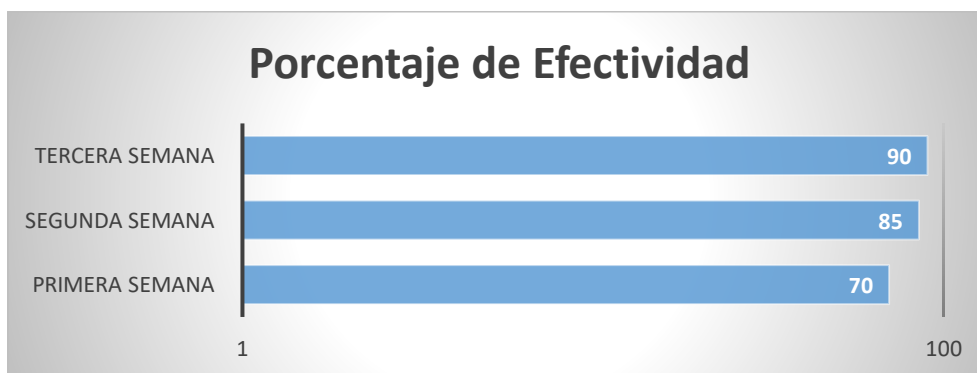


Figura 46. Porcentaje de efectividad de la alerta.

Fuente: Autoría.

4.1.2. Pruebas Finales del sistema

Para las instancias finales de las pruebas se realizó intentos en conductores de vehículos de carga de dos ejes, estos vehículos los cuales están destinados al transporte de mercadería (arroz, seña, sal, panela, etc.). El monitoreo facial para la detección facial del conductor se lo realizó durante una semana de trabajo de dicho individuo por intervalos de tiempo ya que los conductores no conducen por un horario continuo, en el monitoreo de los rasgos faciales especialmente la zona de los ojos se obtuvo un conjunto de datos en la memoria de la placa Raspberry pi 3 modelo B con más de 100 datos del tiempo de parpadeo. Como se puede ver en la Figura 47 se detalla una gráfica en la cual se tiene en el eje y los valores de cuantas veces ha llegado al parpadeo excesivo (ejemplo viernes ha cerrado los ojos 5 veces) este contador se define en la programación del sistema y en el eje x se tiene los horarios de monitoreo de los rasgos faciales del conductor, este horario se definió en base a las horas en las cuales el conductor es más propenso a quedarse dormido.

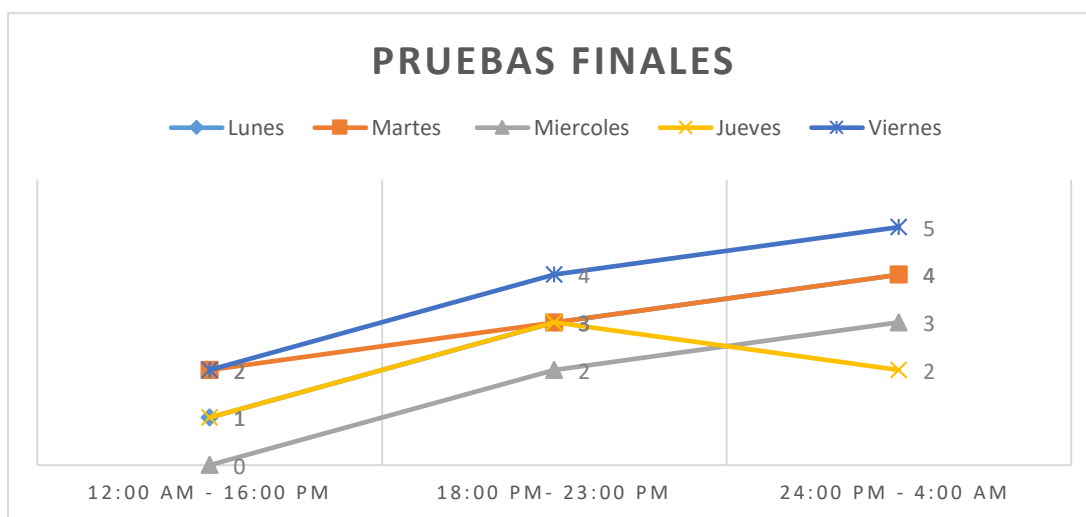


Figura 47. Gráfica de obtención de datos de las pruebas finales del sistema de detección de somnolencia.

Fuente: Autoría

4.1.3. Análisis de Resultados

En la información obtenida en las pruebas existe una constante la cual es que en los horarios finales es decir cuando el conductor ya ha transcurrido casi todo el día conduciendo llega a entrar en un estado de somnolencia, tal es el caso en los horarios 18:00 a 23:00 horas, pero también existe un gran número de datos de parpadeo en las horas después de la comida (almuerzo) entre 12:00 pm y 16:00 pm. El monitoreo en el horario de la noche el contador de parpadeo llegó a aumentar lo cual se define que también existe una tendencia donde el conductor puede caer en un estado de somnolencia.

Pero los valores más elevados fueron detectados desde altas horas de la noche como entre las 24:00pm y 4:00am horas donde el estado de somnolencia se hizo mucho más evidente hasta el punto de que el conductor pierde el control y la concentración tras el volante. El análisis de estos resultados se basa en las figuras 43, 44,45. Además en las pruebas iniciales y también finales se pudo estar al tanto de las fallas que tiene el sistema de detección de somnolencia y de igual forma poder solucionar esos problemas, por otra parte, el sistema presentó la certeza de poder detectar rasgos faciales en este caso específicamente los ojos de un individuo. Sobre todo, el sistema presentó que existe mayor tendencia en quedarse dormido tras el volante en los horarios de 24:00pm a 4:00 am, pero a medida que el conductor llegue a caer en el estado de sueño el sistema puede asistir por medio de una alerta la cual significara que el usuario debe tomar un descanso mínimo de 4 horas.

Este sistema de asistencia para los conductores no podrá eliminar los accidentes de tránsito en las vías, pero si llegara a reducir significativamente el riesgo de tener accidentes viales.

4.2. Conclusiones.

- En base a sistemas de asistencia para conductores se desarrolló un sistema de alarma electrónico para el monitoreo de detección de somnolencia en conductores de vehículos de dos ejes, utilizando herramientas de procesamiento de imágenes en base a visión artificial y desarrollado en una placa Raspberry Pi 3 model B.
- Se determinó que las principales causas por las que un conductor de cualquier vehículo pierde la concentración y llega a caer en un estado de somnolencia debido al uso de fármacos, el uso de estupefacientes, un largo horario de trabajo y además la falta de sueño. Los resultados respaldaron el desarrollo del proyecto el cual permite un monitoreo facial para la detección de somnolencia en conductores de vehículos de dos ejes.
- Se consiguieron las pautas teóricas e información necesaria relacionada con este tipo de sistemas de asistencia mediante el uso de la visión artificial para conductores, toda esa información teórica fue la que sustentó las razones de diseño definidas en este sistema de alarma para la detección de somnolencia.
- Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se realizó una etapa de pruebas en las cuales se realizó el monitoreo a varios conductores profesionales en distintos ambientes de trabajo, donde se pudo constatar que la detección de los rasgos faciales en especial los ojos se consiguieron con éxito y de igual manera los contadores de parpadeo funcionaron adecuadamente.
- Para el desarrollo del sistema se seleccionó el software y hardware correcto para el monitoreo y detección facial en los conductores, estos elementos fueron elegidos en base a los requerimientos del sistema y se realizó un estudio de mercado en cuanto a este tipo de elementos a necesitar. Como resultado se obtuvo que la Raspberry pi 3 modelo B, la

camara PiNoir V2, el software de procesamiento OpenCv y la plataforma Python fueron las alternativas más aptas para el desarrollo del sistema.

- Las herramientas de visión artificial fueron usadas para el diseño del sistema de detección de somnolencia, donde se logró determinar el pestañeo de los individuos de prueba. El sistema se enfocó en el uso de clasificadores Haar encontrados en las librerías de OpenCv, estos clasificadores permitieron la detección de la zona facial y la zona de los ojos de los conductores.
- Mediante el almacenamiento de los eventos en la base de datos se puede generar una bitácora de conducción de cada conductor que utilice el sistema de detección de somnolencia, ya que por medio de esta bitácora se podrá verificar cuales son las rutas de entrega más riesgosas y en las cuales los conductores pueden caer en un estado de sueño, esta generación de registros se la realizó con la finalidad de no tener percances durante la conducción o a su vez algún siniestro en las vías.
- En las etapas finales del proyecto se determinó información muy relevante donde indicaba que la tendencia de que un conductor presente somnolencia es en altas horas de la noche en un horario de 24:00 pm a 4:00 am. En cuanto el conductor caiga en un estado de sueño el sistema de alarma realizara su trabajo alertando al usuario con la finalidad de que él tome las medidas respectivas frente alguna eventualidad desfavorable.

4.3. Recomendaciones.

- El sistema de detección de somnolencia debe estar ubicado correctamente dentro de habitáculo del vehículo, esto se debe a que el sistema no debe interferir con la visibilidad del conductor durante sus horas de trabajo.

- Es recomendable usar un conversor de voltaje para la instalación eléctrica del sistema con el vehículo ya que el automotor trabaja con 12 Vcc y el sistema de 5 a 9 Vcc. Si no es así los elementos del sistema podrían ser afectados por el cambio brusco de voltaje.
- Es necesario tener en cuenta la versión de software se está usando, debido a que existen librerías de OpenCv ya obsoletas, pero se llegarían a usar otro tipo de librerías.
- Se recomienda ubicar el sistema de tal forma que no interfiera con la visibilidad del conductor, ya que la cámara deberá monitorear los rasgos fisonómicos del conductor.
- La actualización de información en la base de datos del sistema se debe realizar mediante una conexión en una misma red, ya que el sistema funciona de manera local.
- Se requiere estar al corriente de los datos del conductor y del vehículo en el cual se va a instalar el sistema, ya que será esa información la que se muestre en el registro de eventos en la base de datos del sistema.
- Para este tipo de aplicaciones es recomendable usar una placa Raspberry pi con su respectivo sistema operativo, debido a que este tipo de sistemas embebidos cuentan con las características técnicas adecuadas para convertirlos hasta en un pequeño computador; esto se debe a su robustez como plataforma de aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ANT. (2017). *Agencia Nacional De Transito*. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/>

Araya, L. V. (2016). Técnicas computacionales aplicadas a la asistencia en la conducción de vehículos.

ARDUINO. (s.f.). *ARDUINO*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>

Batchu, S., Kumar, &, & P, S. (2015). Driver Drowsiness Detection to Reduce the Major Road Accidents in Automotive Vehicles. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2, 345-349.

Corbett, M. A. (2009). Science & Technology Watch: A Drowsiness Detection System for Pilots: Optalert®. 149-149.

DGT, D. N. (2016). *DGT*. Obtenido de <http://www.dgt.es/es/>

Ecuador, P. N. (2016). *Policia Nacional Del Ecuador*. Obtenido de <http://www.policiaecuador.gob.ec/>

Eguía, V. M., & Cascante, J. A. (2015). Síndrome de apnea-hipopnea del sueño. Concepto, diagnóstico y tratamiento médico. *SciELO Analytics*.

Fabricio, G. M., Alfonso, &, & L., O. S. (2017). Desarrollo Y Evaluación De Técnicas De Visión Artificial Aplicadas A Un Problema De Reconocimiento Facial Utilizando Opencv Y Android Studio . *Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales*.

Fernández, E. V. (2015). écnicas de visión artificial robustas en entornos no controlados. *Doctoral dissertation, Universidade de Vigo*.

- Flores, M. J. (2011). Sistema avanzado de asistencia a la conducción para la detección de la somnolencia. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 216-228.
- Fogelton, A., & Benesova, W. (2016). Eye blink detection based on motion vectors analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 148, 23-33.
- Foundation Raspberry Pi. (s.f.). *RASPBERRY PI.ORG*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>
- González, & A., R. (2000). Principios básicos de escalado. *Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba*.
- HINO, G. M. (2017). *HINO*. Obtenido de Grupo Mavesa: <http://grupomavesa.com.ec/hino/>
- Horne, J. A., & Reyner, L. A. (2001). U.S. Patent No. 6,313,749. Washington. DC: *U.S. Patent and Trademark Office*.
- INEC, I. N. (2017). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INEN. (2012). *Instituto Ecuatoriano De Normalizacion*. Obtenido de INEN: <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- Josefa, V. (2014). Distracción al Volante. *DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO* , 1-20.
- Kawakami, Y., Takigawa, Y., Kamiya, K., Hamatani, K., Sato, E., & Sekine, Y. (1998). U.S. Patent No. 5,769,085. Washington. DC: *U.S. Patent and Trademark Office*.
- Manning, J. (1981). U.S. Patent No. 4,259,665. Washington. DC: *U.S. Patent and Trademark Office*.

- Montes, S. A., Ledesma, R. D., & Poó, F. M. (2014). Estudio y prevención de la distracción e inatención en la conducción. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 115-129.
- MTOP, M. d. (2016). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Obtenido de <http://www.obraspublicas.gob.ec/>
- OIT, O. M. (2016). *Organizaion Mundial del trabajo*. Obtenido de <http://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>
- OMS. (2014). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/es/>
- OpenCV. (2016). *OpenCv.org*. Obtenido de <https://docs.opencv.org/>
- Oracle Corporation, J. (s.f.). Obtenido de <https://java.com/es/>
- Ortiz, F., & Fernández, J. D. (2017). Modelo de análisis de requisitos orientados al desarrollo de recursos tiflo-tecnológicos. *DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA*, 149.
- Pérez, L. (2016). *MYSQL para Windows y Linux*.
- Philip, P. (2014). Sleepiness of occupational drivers. *Industrial health*, 43(1), 30-33.
- Pimplaskar, D., Nagmode, M. S., & Borkar, A. (2015). Real Time Eye Blinking Detection and Tracking Using Opencv. *technology*, 13(14), 15.
- Pollo Cattaneo, M. F. (2010). Metodología para especificación de requisitos en proyectos de explotación de información. *In XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* .
- Python Software Foundation, P. (s.f.). *PYTHON*. Obtenido de <https://www.python.org/community/>
- Raspbian.org. (s.f.). *RASPBIAN*. Obtenido de Bytemark Hosting: <https://www.raspbian.org/>

- REY DE CASTRO MUJICA, J., & ROSALES MAYOR, E. y. (2009). Somnolencia y cansancio durante la conducción: accidentes de tránsito en las carreteras del Perú. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*, 48-54.
- Rosales Mayor, E., Rosales Mayor, E., & Rojas, E. (2013). Accidentes de carretera y su relación con cansancio y somnolencia en conductores. *Revista Médica Herediana*, 48-59.
- Russell, S. J., & Norvig, &. (2016). Artificial intelligence: a modern approach. Malaysia. *Pearson Education Limited*.
- Sueño, I. F. (2012). El sueño y los accidentes de tránsito. *Fundación Argentina de Estudio del Cerebro*.
- Thomas, R. (2008). Driver distraction: A review of the current state-of-knowledge . 1-32.
- Zhiqiang, L., Peng, W., & & Jingjing, Z. (July de 2010). The Study of Driver Distraction Characteristic Detection Technology. In Information Technology and Applications (IFITA). *2010 International Forum on (Vol. 2)*, 188-191.

ANEXOS

Anexo 01. Programación del Sistema

```

##LIBRERIAS USADAS EN EL SISTEMA
from picamera.array import PiRGBArray
from picamera import PiCamera, Color
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import cv2
import mysql.connector

##CONEXIÓN CON EL SERVIDOR LOCAL MYSQL
con=mysql.connector.connect(
    user="root",
    password="19920809",
    host="127.0.0.1",
    database="CONDUCTORES")
cursor = con.cursor()

##CREACION DE LA TABLA DEL CONDUCTOR
cursor.execute("
        CREATE TABLE Juan (
            Num INT auto_increment,
            CedulaVARCHAR(100),
            RutaVARCHAR(100),
            PlacaVARCHAR(100),
            Fecha_y_Hora VARCHAR(100),
            Imagen LONGBLOB,PRIMARY KEY (Num))")

con.commit()
con.close()

##ACTIVACIÓN DE PUERTOS GPIO DE LA PLACA RASPBERRY PARA LA ALERTA.
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(18,GPIO.OUT)

##CLASIFICADORES HAARCASCADE USADOS EN EL SISTEMA
face_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml') // clasificador para detección de rostro frontal
eyes_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml') // clasificador para detección de los dos ojos
eyeL_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_lefteye_2splits.xml') // clasificador para detección del ojo izquierdo
eyeR_cascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_righteye_2splits.xml') // clasificador para detección de ojo derecho

##INICIAR LA CAMARA CON UNA RESOLUCION DE 320 x 480
camera = PiCamera() //Nombre de la cámara
camera.resolution = (320, 480) //Resolución de la cámara
camera.brightness = 57 //Brillo de la cámara
camera.exposure_mode = 'night' //Exposición de ambiente de la cámara
camera.framerate = 32 //Tamaño de la Frame para obtener las imágenes
rawCapture = PiRGBArray(camera, size=(320, 480)) //captura de la cámara y su resolución

##TIEMPO DE ESPERA PARA QUE LA CÁMARA ARRANQUE
time.sleep(0.05)

```

```

##INICIALIZAMOS EL PRIMER FRAME A VACÍO
fondo = None

##INSTRUCCION DONDE USAMOS LA FRAME PARA LAS IMAGENES CAPTURADAS
for frame in camera.capture_continuous(rawCapture, format="bgr", use_video_port=True):

    image = frame.array
    gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)           //Conversión de la imagen RGB a escala de grises

##INSTRUCCIÓN PARA LA DETECCIÓN DE ROSTRO
    faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.3, minNeighbors=5, minSize=(55, 55))

##CARPETA DONDE SE GUARDARA LAS IMAGENES DE EVENTOS
    carpeta = '/home/pi/Downloads/Evento'

##EL ROSTRO SE ENCERRARA CON UN RECTANGULO
    for (x, y, w, h) in faces:
        cv2.rectangle(image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2)           //Rectángulo dibujado según la zona a detectar
        roi_gray = gray[y:y + h, x:x + w]                                       // escala de grises
        roi_color = image[y:y + h, x:x + w]                                       // RGB a imagen adquirida por el modulo
        eyes = eyes_cascade.detectMultiScale(roi_gray)                             //detección de ojos
        eyeL = eyeL_cascade.detectMultiScale(roi_gray)                             //detección de ojo izquierdo
        eyeR = eyeL_cascade.detectMultiScale(roi_gray)                             //detección de ojo derecho

##DETECTAR LOS OJOS (IZQUIERDO/DERECHO) ENCERRAR LA ZONA EN UN CIRCULO
    for (ex, ey, ew, eh) in eyes:
        for (ex, ey, ew, eh) in eyeL:                                           //detección ojo izquierdo

            center = (int(ex + 0.51 * ew), int(ey + 0.54 * eh))
            radius = int(0.18 * (ew + eh))
            color = (0, 0, 255)
            thickness = 1
            cv2.circle(roi_color, center, radius, color, thickness)

        for (ex, ey, ew, eh) in eyeR:                                           //detección ojo derecho

            center = (int(ex + 0.51 * ew), int(ey + 0.54 * eh))
            radius = int(0.18 * (ew + eh))
            color = (0, 0, 255)
            thickness = 1
            cv2.circle(roi_color, center, radius, color, thickness)

##SE MUESTRA LA IMAGEN QUE SE VA A CAPTURAR
    cv2.imshow("Conductor", image)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    rawCapture.truncate(0)

##CON LA LETRA a SE FINALIZA EL PROCESO
    if key == ord("a"):
        break

```

Anexo 02. Formato de Entrevista realizada a conductores de transporte de mercadería.



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

ENTREVISTA DIRIGIDA A CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE CARGA DE DOS EJES

El objetivo de la presente entrevista es establecer las posibles causas de somnolencia de los conductores de vehículos de carga de dos ejes.

¿Cuánta experiencia tiene usted en conducir este tipo de vehículos?

.....
.....

¿Cuántas horas usted dedica a descansar?

.....

¿Cuántas horas usted está tras el volante durante la entrega de mercadería?

.....

¿Cuáles cree usted que son causas de sueño o somnolencia durante las horas de conducción?

.....

.....

.....

Anexo 03. Entrevista dirigida a conductores de vehículos de carga de dos ejes.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

ENTREVISTA DIRIGIDA A CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE CARGA DE DOS EJES

El objetivo de la presente entrevista es establecer las posibles causas de somnolencia de los conductores de vehículos de carga de dos ejes.

Cuánta experiencia tiene usted en conducir este tipo de vehículos?

El señor conduce camiones de carga desde los 18 años y tiene más 18 años conduciendo este tipo de Camiones

Cuántas horas usted dedica a descansar?

Descansa de 6 a 7 horas antes de Conducir

Cuántas horas usted está tras el volante durante la entrega de mercadería?

El conduce entre 10 a 12 horas al día, una de sus experiencias fue de Baguillas - Tulcan con un aproximado de 20 horas de Conduccion

Cuáles cree usted que son causas de sueño o somnolencia durante las horas de conducción?

Muchas horas Conduciendo

Fatiga, Cansancio Físico

Haber Tomado (Chuchaqui)

Uso de Medicamentos.



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

ENTREVISTA DIRIGIDA A CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE CARGA DE DOS EJES

El objetivo de la presente entrevista es establecer las posibles causas de somnolencia de los conductores de vehículos de carga de dos ejes.

Cuánta experiencia tiene usted en conducir este tipo de vehículos?

Llevo manejando este tipo de vehículos más de 12 años

Cuántas horas usted dedica a descansar?

Entre 8 y 6 horas dependiendo de la ruta de entrega

Cuántas horas usted está tras el volante durante la entrega de mercadería?

Si se está dentro de la ciudad de 6 a 7 horas pero si es fuera de la ciudad entre 10 a 12 horas

Cuáles cree usted que son causas de sueño o somnolencia durante las horas de conducción?

Falta de descanso

Mucha carga laboral

Mala alimentación

Mala distribución de rutas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

ENTREVISTA DIRIGIDA A CONDUCTORES DE VEHÍCULOS DE CARGA DE DOS EJES

El objetivo de la presente entrevista es establecer las posibles causas de somnolencia de los conductores de vehículos de carga de dos ejes.

Cuánta experiencia tiene usted en conducir este tipo de vehículos?

Manejando vehículos de carga de 2 ejes tengo 19 años de experiencia.

Cuántas horas usted dedica a descansar?

Por lo general descanso 6 horas o menos.

Cuántas horas usted está tras el volante durante la entrega de mercadería?

Dependiendo de la ruta de entrega pero generalmente viajo de 8 a 10 horas.

Cuáles cree usted que son causas de sueño o somnolencia durante las horas de conducción?

Cansancio

Estres

Ansiedad

Fatiga

Anexo 04. Datasheet de los componentes del sistema.



Raspberry Pi

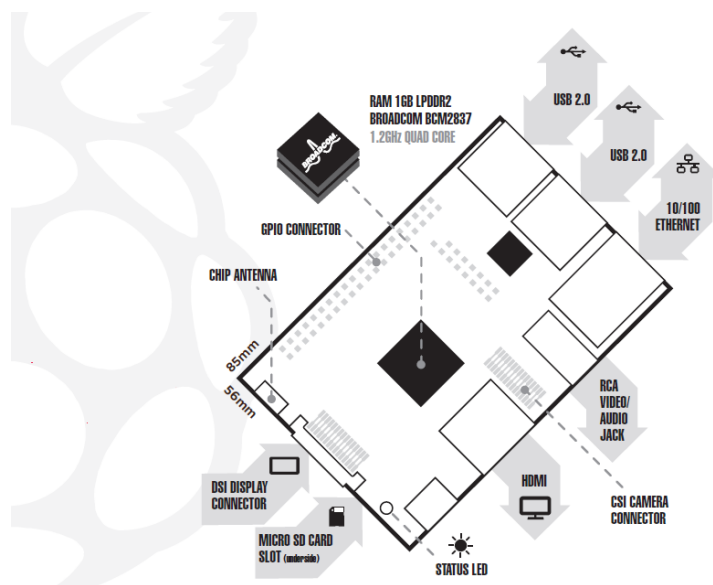


Raspberry Pi 3 Model B

Product Name Raspberry Pi 3

Product Description The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

RS Part Number 896-8660





Pi NoIR

Product Name	Pi NoIR - Raspberry Pi Infrared Camera Module
Product Description	Featuring the same 5 megapixel image sensor as the standard Raspberry Pi camera with the infrared cut-off filter removed to increase IR light sensitivity. The Pi NoIR is compatible with Raspberry Pi model A & model B and provides high definition, high sensitivity, low crosstalk and low noise image capture in an ultra small and lightweight design. The camera module connects to the Raspberry Pi board via the CSI connector which is capable of extremely high data rates and it exclusively carries pixel data to the BCM2835 processor.
RS Part Number	790-2811
Specifications	
Image Sensor	Omnivision 5647 CMOS image sensor in a fixed-focus module with IR blocking filter removed
Resolution	5-megapixel
Still picture resolution	2592 x 1944



Accessories



▲ Raspberry Pi Model B - **756-8308**



▲ Camera case **784-6193**



▲ 8GB SD card pre-programmed with NOOBS - **779-6770**



▲ Expansion board **772-2974**

Anexo 05. Fotografías de lo realizado.

- Elemento 1 Unidad de procesamiento de datos Placa Raspberry pi 3 modelo B



- Elemento 2 Módulo Camara Pi NoIr V2 debe ir conectado con la placa raspberry pi 3 modelo b.



- Elemento 3 Alerta auditiva debe ir conectada a los puertos GPIO de la Placa Raspberry pi (puerto 18 (+) – puerto 20(-)).



- Elemento 4 Conversor de voltaje de 12Vcc a 5Vcc debe ser conectado a la entrada de voltaje de la Placa Raspberry Pi.



- Todos los Elementos unidos en un solo sistema.



Anexo 06. Imágenes de las Pruebas de Funcionamiento.

- Vehículos de carga de dos ejes utilizados para las pruebas del Sistema.





- Resultados de las Pruebas realizadas.



Resultado de la primera semana



Resultado de la primera semana

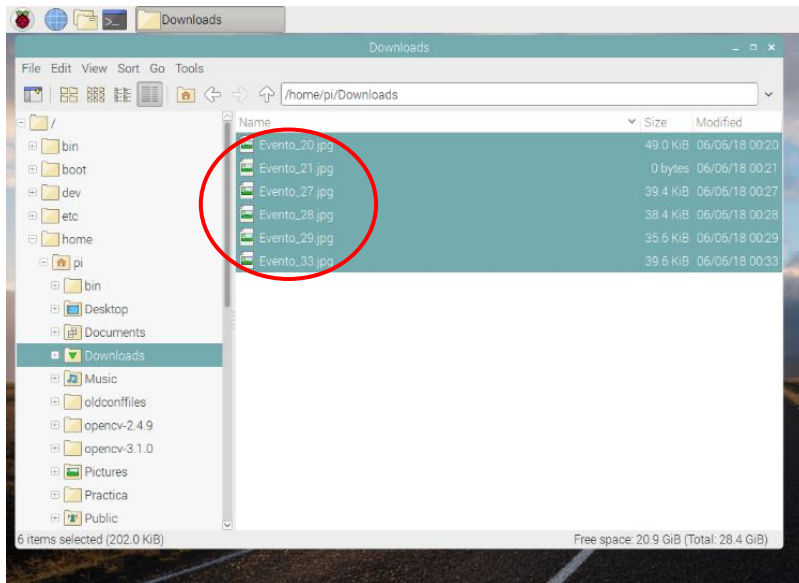


Resultado de la segunda semana

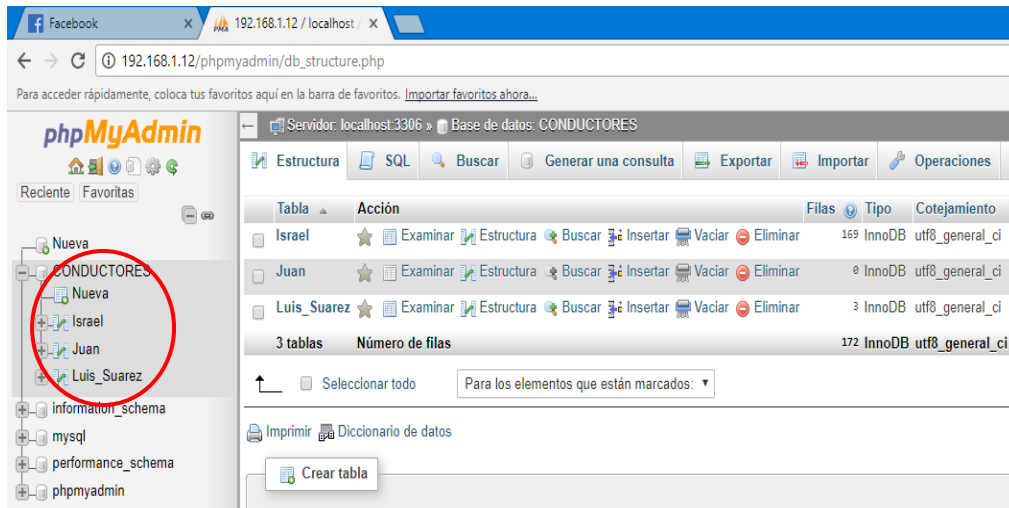


Resultado de la tercera semana

- Almacenamiento de imágenes de los eventos capturados.



- Registro de información de los eventos por conductores.



- Datos obtenidos en la etapa de pruebas del sistema.

Para acceder rápidamente, coloca tus favoritos aquí en la barra de favoritos. [Importar favoritos ahora...](#)

phpMyAdmin

Reciente Favoritas

Base de datos: CONDUCTORES » Tabla: Israel

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar Importar Privilegios

Mostrar todo Número de filas: 25 Filtrar filas: Buscar en esta tabla Ordenar

+ Opciones

	Num	Cedula	Ruta	Placa	Fecha_y_Hora	Imagen
<input type="checkbox"/>	1	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Monday May/21/2018 21:46 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	2	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Tuesday May/29/2018 17:21 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	3	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Thursday May/31/2018 12:15 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	4	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Thursday May/31/2018 12:15 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	5	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Thursday May/31/2018 12:15 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	6	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:37 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	7	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:37 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	8	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	9	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	10	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	11	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	12	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	13	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Friday June/01/2018 17:52 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	14	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Monday June/04/2018 19:18 PM	[BLOB - 629 B]
<input type="checkbox"/>	15	1003646468	Quito__Loja	CBC_530	Monday June/04/2018 19:18 PM	[BLOB - 629 B]