



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema  
de alimentación del motor de vehículo**

Gonzalez Chiriboga, Julio Enrique y Villacis Ampudia, Walther David

Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro, M.Sc.

18 de agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos



Tesis Gonzalez Villacis\_Final.docx

### Scan details

Scan time:  
August 16th, 2023 at 18:19 UTC

Total Pages:  
95

Total Words:  
23738

### Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	1.2% 289
Minor Changes	0.3% 63
Paraphrased	3% 709
Omitted Words	0% 0

### AI Content Detection

Text coverage
AI text
Human text

N/A

### Plagiarism Results: (67)

- Análisis del funcionamiento en los sensores de inye...** 0.5%

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8638040>

Ayuda ¿En qué podemos ayudarle? × Buscar en la ayuda Buscar Consultar la ayuda ¿En qué podemos ayudarle? ×...
- Comprender Los Inyectores De Combustible: ¿Cómo...** 0.4%

<https://codigosdecoches.com/comprender-los-inyectores-de-...>

Javier Chirinos

Inicio Códigos De Averías Fallas Según Marca Abarth Acura Alfa Romeo Audi Baic Bentl...
- DETECCIÓN DE FALLAS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN...** 0.3%

<https://www.redalyc.org/journal/5055/505559510005/html/>

Artículo Científico DETECCIÓN DE FALLAS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN MEDIANTE INDICADORES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE INYEC...

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro

C. C.: 171848293-6



**Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Automotriz**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo”** fue realizado por los señores **Gonzalez Chiriboga, Julio Enrique** y **Villacis Ampudia, Walther David**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Latacunga, 18 de agosto del 2023**

-----  
Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro

C. C.: 171848293-6



**Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Responsabilidad de autoría**

Nosotros, **Gonzalez Chiriboga, Julio Enrique** y **Villacis Ampudia, Walther David** con cédulas de ciudadanía N° **172348631-0** y **050315961-8** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 18 de agosto del 2023**

-----  
Gonzalez Chiriboga Julio Enrique  
C.C.: 1723486310

-----  
Villacis Ampudia Walther David  
C.C.: 0503159618



## Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

### Carrera de Ingeniería Automotriz

#### Autorización de publicación

Nosotros **Gonzalez Chiriboga, Julio Enrique** y **Villacis Ampudia, Walther David** con cédulas de ciudadanía N° **172348631-0** y **050315961-8**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular “**Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Latacunga, 18 de agosto del 2023**

-----  
Gonzalez Chiriboga Julio Enrique  
C.C.: 1723486310

-----  
Villacis Ampudia Walther David  
C.C.: 0503159618

## **Dedicatoria**

El presente proyecto es dedicado especialmente a mis ejemplos a seguir como es mi padre y madre que gracias a ellos con la motivación y esfuerzo han sabido guiar y aconsejar para lograr las metas deseadas.

A mi hermana y sobrinos quienes cada día me aconsejan y logran motivar a ser una mejor persona.

A mis tíos y tías los cuales con cariño y respeto siempre supieron indicarme y motivarme para alcanzar metas deseadas.

A mis primos especialmente a quienes conforman mi generación que a través de su ejemplo han motivado a superarme y siempre dar lo mejor de mí.

Finalmente, a mis maestros y compañeros tanto de la vida universitaria como del colegio quienes han sido responsables de lograr esta meta.

**Julio González Chiriboga**

## Dedicatoria

Dedico este proyecto de titulación a toda mi familia, especialmente a mis padres Walther Villacis y Gloria Ampudia por haber sido un apoyo fundamental, a lo largo de todo este trayecto de mi vida, durante mi carrera y en un futuro, que estoy seguro que me van a seguir apoyando y aconsejando para que yo sea una excelente persona.

A mis hermanas Vanessa y Daniela que siempre me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, siendo mi motivo de inspiración para convertirme en un gran profesional y tratar de ser mejor cada día.

A mi sobrino Emilio por ser la luz y la alegría de esta casa, quien siempre nos saca una sonrisa con su alegría e inocencia, y siempre será un motivo para salir adelante.

A mis tíos/as y mis primos/as y en general a toda mi familia, que gracias a sus consejos y palabras de aliento me animan y me reconfortan para seguir en esta lucha diaria por convertirme en profesional.

**Walther David Villacis Ampudia**

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer fundamentalmente a mi núcleo familiar como mi padre, madre, hermana y sobrinos quienes me apoyaron no solamente emocionalmente si no también económicamente durante mi vida universitaria y me inculcaron valores muy importantes.

A mi compañero de tesis que con su dedicación y esfuerzo logramos sacar este proyecto adelante.

A mi tutor de tesis por su guía y apoyo durante el periodo de investigación del presente proyecto.

A docentes del departamento de energía y mecánica por compartir cada uno de sus conocimientos y experiencias para crecer tanto profesionalmente como personalmente.

Finalmente quiero agradecer a todos compañeros, amigos de la universidad de las fuerzas armadas ESPE quienes han formado parte de mi vida y han compartido un pedazo de sus vidas con mi persona.

**Julio González Chiriboga**



## **Agradecimiento**

Al finalizar este trabajo quisiera agradecer primeramente a Dios por haberme dado vida y unos magníficos padres que siempre me apoyaron a lo largo de este camino y por tantas bendiciones derramadas sobre mí y mi familia.

A mis queridos padres, Walther y Gloria por haberme apoyado y ayudado en este largo trayecto de mi vida universitaria, quiero agradecerles de manera infinita.

A mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L por haberme dotado de todo el conocimiento durante estos años, otorgándome la oportunidad de alcanzar mi meta académica.

Mi agradecimiento y reconocimiento a todos los docentes del departamento de energía y mecánica por haber compartido todos sus conocimientos con mi persona para poder llegar a ser un excelente profesional.

A mis amigos que, gracias a su amistad y sus palabras de ánimo, me han motivado para poder terminar mi carrera con amistades verdaderas, gracias por todo el apoyo brindado.

**Walther David Villacis Ampudia**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenido.....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>17</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>20</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>21</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>23</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>23</b>
<b>Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>24</b>
<b>Justificación e importancia.....</b>	<b>24</b>
<b>Descripción del proyecto .....</b>	<b>25</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>26</b>

<i>Objetivo general</i> .....	26
<i>Objetivos específicos</i> .....	26
<b>Variables de investigación</b> .....	26
<i>Variable independiente</i> .....	26
<i>Variable dependiente</i> .....	26
<b>Hipótesis</b> .....	26
<b>Capítulo II: Fundamentación teórica</b> .....	27
<b>Regresión lineal</b> .....	27
<b>Sistema de alimentación combustible</b> .....	27
<b>Sistema de alimentación de aire</b> .....	28
<b>Componentes</b> .....	29
<b>Tipos de sistema de alimentación</b> .....	30
<i>Carburador</i> .....	30
<i>Inyección de gasolina</i> .....	31
<b>Funcionamiento del sistema de alimentación</b> .....	32
<b>Fallas y averías</b> .....	33
<b>Mantenimiento sistema de alimentación</b> .....	34
<b>Sensores automotrices</b> .....	34
<b>Sensor MAF</b> .....	35
<b>Sensor IAT</b> .....	36
<b>Caudalímetro YFS-401</b> .....	37

Transductor de presión .....	38
Flotador de combustible.....	39
Scanner automotriz.....	39
Arduino mega .....	41
Filtro de combustible .....	42
Bomba de combustible.....	43
Filtro de aire .....	45
Pantalla Nextion 3.5 in .....	45
Módulo Df player mini mp3 .....	47
Batería.....	47
Relé .....	48
<b>Capítulo III: Diseño y construcción del sistema de alarma temprana, monitoreo y control .....</b>	<b>50</b>
<b>Diseño del sistema.....</b>	<b>50</b>
<i>Necesidad</i> .....	50
<i>Requerimientos</i> .....	50
<i>Restricciones</i> .....	51
<i>Ideas de diseño</i> .....	51
<i>Alternativas de diseño</i> .....	52
Alternativa 1 .....	52
Alternativa 2 .....	53
Alternativa 3 .....	54

<i>Evaluación de alternativas</i> .....	56
<i>Selección de alternativa final</i> .....	56
<i>Dimensionamiento</i> .....	57
<i>Geometría</i> .....	58
<i>Diseño final</i> .....	59
<b>Diseño de los sistemas a implementar</b> .....	<b>60</b>
<i>Diseño del sistema de alarma temprana</i> .....	60
Diseño de alerta auditiva.....	61
Diseño de alerta visual .....	61
Diseño de alerta sensorial.....	62
<i>Diseño del sistema de monitoreo</i> .....	62
<i>Diseño del sistema de control</i> .....	63
<b>Diseño del circuito del sistema implementado</b> .....	<b>64</b>
<i>Diseño del circuito eléctrico</i> .....	64
<i>Diseño del software</i> .....	66
<i>Diseño de la placa de circuito impreso del sistema</i> .....	68
<b>Construcción e implementación del sistema</b> .....	<b>69</b>
<i>Selección de componentes del sistema</i> .....	69
Módulo led RGB .....	70
Módulo Df player mini mp3 .....	70
Altavoz .....	71

Motores de vibrador.....	72
Pantalla Nextion NX4832T035 .....	73
Sensor de flujo YFS-401 .....	74
Sensor de presión G1 .....	75
Sensor MAF .....	77
Sensor IAT .....	77
Flotador de nivel de combustible .....	77
Acople T.....	78
Relé .....	79
Arduino Mega .....	79
Cable calibre 20.....	80
Manguera .....	81
<i>Construcción de la placa del circuito impreso del sistema .....</i>	<i>82</i>
<i>Construcción del circuito .....</i>	<i>83</i>
<i>Construcción del acople para el riel de inyectores .....</i>	<i>84</i>
<i>Construcción de la alarma temprana .....</i>	<i>85</i>
<i>Construcción de la alerta visual .....</i>	<i>86</i>
<i>Construcción de la alerta auditiva .....</i>	<i>86</i>
<i>Audio para el sistema de alimentación de combustible.....</i>	<i>87</i>
<i>Audio para el sistema de alimentación de aire .....</i>	<i>88</i>
<i>Construcción de la alerta sensorial.....</i>	<i>88</i>

<i>Construcción del sistema de monitoreo</i> .....	88
<i>Construcción del sistema de control</i> .....	89
<i>Implementación de la alarma</i> .....	90
<i>Implementación de la pantalla y alarma visual</i> .....	90
<i>Implementación del sensor de flujo</i> .....	90
<i>Implementación del sensor de presión</i> .....	91
<i>Implementación de toma de señal del sensor IAT y MAF</i> .....	92
<i>Implementación de la señal del flotador nivel de combustible</i> .....	92
<i>Implementación del microcontrolador y PCB</i> .....	93
<b>Capítulo IV: Validación del sistema y análisis de resultados</b> .....	94
<b>Validación del sistema</b> .....	94
<i>Protocolo de operación del sistema</i> .....	94
<b>Pruebas en el sistema implementado</b> .....	101
<i>Pruebas con escáner automotriz</i> .....	101
<i>Prueba de presión de la bomba de combustible</i> .....	103
<i>Prueba de medición de voltajes</i> .....	105
Prueba de operación del sensor MAF .....	105
Prueba de operación del sensor IAT .....	106
Pruebas de operación del sensor de presión .....	107
<b>Análisis de resultados</b> .....	109
<i>Comparación del sistema con el scanner automotriz</i> .....	109

<i>Comparación del sistema con el medidor de presión</i> .....	110
<i>Comparativa del sistema y voltajes medidos</i> .....	112
<b>Capítulo V: Marco administrativo</b> .....	113
<b>Recursos tecnológicos</b> .....	113
<b>Recursos humanos</b> .....	113
<b>Recursos materiales</b> .....	114
<b>Financiamiento</b> .....	115
<b>Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones</b> .....	116
<b>Conclusiones</b> .....	116
<b>Recomendaciones</b> .....	118
<b>Bibliografía</b> .....	119
<b>Anexos</b> .....	125



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Sistema de alimentación de combustible</i> .....	28
<b>Figura 2</b>	<i>Componentes del sistema admisión de aire</i> .....	29
<b>Figura 3</b>	<i>Funcionamiento del carburador</i> .....	30
<b>Figura 4</b>	<i>Inyección directa e indirecta</i> .....	31
<b>Figura 5</b>	<i>Número de inyectores</i> .....	32
<b>Figura 6</b>	<i>Ubicación del sensor MAF</i> .....	35
<b>Figura 7</b>	<i>Circuito del sensor IAT</i> .....	36
<b>Figura 8</b>	<i>Funcionamiento caudalímetro yfs-401</i> .....	37
<b>Figura 9</b>	<i>Transductor de presión</i> .....	38
<b>Figura 10</b>	<i>Flotador de nivel de combustible</i> .....	39
<b>Figura 11</b>	<i>Scanner automotriz</i> .....	40
<b>Figura 12</b>	<i>Conectores OBD I y OBD II</i> .....	40
<b>Figura 13</b>	<i>Arduino mega</i> .....	41
<b>Figura 14</b>	<i>Filtro de combustible</i> .....	42
<b>Figura 15</b>	<i>Bomba de combustible</i> .....	44
<b>Figura 16</b>	<i>Filtros de aire de motor de vehículo</i> .....	45
<b>Figura 17</b>	<i>Pantalla Nextion NX4832T035</i> .....	46
<b>Figura 18</b>	<i>Df player mini mp3</i> .....	47
<b>Figura 19</b>	<i>Batería automotriz</i> .....	48
<b>Figura 20</b>	<i>Relé</i> .....	49
<b>Figura 21</b>	<i>Tamaños de relé</i> .....	49
<b>Figura 22</b>	<i>Alternativa 1</i> .....	53
<b>Figura 23</b>	<i>Alternativa 2</i> .....	54

<b>Figura 24</b> <i>Alternativa 3</i> .....	55
<b>Figura 25</b> <i>Dimensionamiento de la carcasa</i> .....	58
<b>Figura 26</b> <i>Geometría final de la carcasa</i> .....	59
<b>Figura 27</b> <i>Diseño final del sistema</i> .....	60
<b>Figura 28</b> <i>Diseño del sistema de alerta temprana</i> .....	61
<b>Figura 29</b> <i>Diseño del sistema de monitoreo</i> .....	63
<b>Figura 30</b> <i>Diseño del sistema de control</i> .....	64
<b>Figura 31</b> <i>Diseño final del circuito del sistema</i> .....	66
<b>Figura 32</b> <i>Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema</i> .....	67
<b>Figura 33</b> <i>Diseño final de la placa PCB del sistema</i> .....	69
<b>Figura 34</b> <i>Led RGB</i> .....	70
<b>Figura 35</b> <i>Módulo Df player mini mp3</i> .....	70
<b>Figura 36</b> <i>Altavoz</i> .....	72
<b>Figura 37</b> <i>Módulo de motor de vibrador</i> .....	72
<b>Figura 38</b> <i>Pantalla Nextion</i> .....	73
<b>Figura 39</b> <i>Medidor de flujo de combustible</i> .....	74
<b>Figura 40</b> <i>Sensor de Presión</i> .....	76
<b>Figura 41</b> <i>Sensor MAF</i> .....	77
<b>Figura 42</b> <i>Flotador de combustible</i> .....	78
<b>Figura 43</b> <i>Acople tipo T</i> .....	78
<b>Figura 44</b> <i>Relé normalmente cerrado</i> .....	79
<b>Figura 45</b> <i>Arduino mega</i> .....	80
<b>Figura 46</b> <i>Cable calibre AWG #20</i> .....	81
<b>Figura 47</b> <i>Manguera para combustible</i> .....	81
<b>Figura 48</b> <i>Placa PCB del circuito del sistema</i> .....	83
<b>Figura 49</b> <i>Circuito final de la placa del sistema</i> .....	84

<b>Figura 50</b> <i>Acople para el riel de inyectores</i> .....	85
<b>Figura 51</b> <i>Impresión de la carcasa</i> .....	86
<b>Figura 52</b> <i>Construcción de alerta auditiva</i> .....	87
<b>Figura 53</b> <i>Construcción del sistema de control</i> .....	89
<b>Figura 54</b> <i>Instalación de la pantalla</i> .....	90
<b>Figura 55</b> <i>Instalación del sensor de flujo</i> .....	91
<b>Figura 56</b> <i>Instalación del sensor de presión</i> .....	91
<b>Figura 57</b> <i>Toma de señal del sensor IAT y MAF</i> .....	92
<b>Figura 58</b> <i>Toma de señal del nivel de combustible</i> .....	93
<b>Figura 59</b> <i>Implementación del microcontrolador y PCB</i> .....	93
<b>Figura 60</b> <i>Imagen de inicialización del sistema</i> .....	95
<b>Figura 61</b> <i>Lámina de la leyenda y barra de progreso del sistema</i> .....	95
<b>Figura 62</b> <i>Menú principal de la pantalla</i> .....	96
<b>Figura 63</b> <i>Pantalla de monitoreo de la alimentación de combustible</i> .....	97
<b>Figura 64</b> <i>Pantalla de monitoreo de la alimentación de aire</i> .....	98
<b>Figura 65</b> <i>Teclado virtual del sistema</i> .....	99
<b>Figura 66</b> <i>Pantalla de ingreso de kilometraje</i> .....	99
<b>Figura 67</b> <i>Pantalla de alerta del sistema</i> .....	100
<b>Figura 68</b> <i>Prueba con scanner del sensor MAF</i> .....	102
<b>Figura 69</b> <i>Prueba con scanner sensor IAT</i> .....	103
<b>Figura 70</b> <i>Medición de la presión de gasolina</i> .....	104
<b>Figura 71</b> <i>Comparación scanner automotriz vs sistema implementado</i> .....	110
<b>Figura 72</b> <i>Comparación del manómetro vs sistema implementado</i> .....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Voltaje sensor MAF</i> .....	36
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de evaluación para las alternativas</i> .....	56
<b>Tabla 3</b> <i>Especificaciones del módulo df play mini mp3</i> .....	71
<b>Tabla 4</b> <i>Especificaciones del motor de vibración</i> .....	73
<b>Tabla 5</b> <i>Especificaciones de la pantalla Nextion NX4832T035</i> .....	74
<b>Tabla 6</b> <i>Especificaciones del sensor de flujo yfs-401</i> .....	75
<b>Tabla 7</b> <i>Especificaciones del sensor de presión G1</i> .....	76
<b>Tabla 8</b> <i>Especificaciones de arduino mega</i> .....	80
<b>Tabla 9</b> <i>Prueba realizada con scanner automotriz del sensor MAF</i> .....	102
<b>Tabla 10</b> <i>Valores de operación del sensor MAF</i> .....	105
<b>Tabla 11</b> <i>Valores de operación del sensor IAT</i> .....	106
<b>Tabla 12</b> <i>Valores de operación del sensor de presión “G1”</i> .....	107
<b>Tabla 13</b> <i>Flujo de aire del sistema vs scanner</i> .....	109
<b>Tabla 14</b> <i>Presión de combustible del sistema vs manómetro</i> .....	111
<b>Tabla 15</b> <i>Flujo de aire sistema vs scanner</i> .....	112
<b>Tabla 16</b> <i>Recursos Tecnológicos</i> .....	113
<b>Tabla 17</b> <i>Recursos Humanos</i> .....	114
<b>Tabla 18</b> <i>Recursos Materiales</i> .....	114
<b>Tabla 19</b> <i>Financiamiento</i> .....	115

## Resumen

El suministro de aire-combustible es sin lugar a duda un sistema fundamental para la correcta operación del motor del vehículo. La falta de aire y combustible ocasionada por filtros, ductos y demás componentes mecánicos obstruidos o dañados, causa un mal funcionamiento del motor. En el presente trabajo se desarrolla un sistema de alerta temprana, control y monitoreo en tiempo real del sistema de alimentación de aire-combustible con la incorporación de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos. Se toma como referencia los parámetros de operación de sensores, actuadores y demás componentes dentro del circuito original del vehículo Toyota Hilux utilizado para el fin; para tomar como punto de partida en la implementación del circuito en mención. Se realiza un diseño conceptual y detallado del sistema implementado, tomando en cuenta factores de evaluación aplicados a las diferentes alternativas propuestas. A continuación, se realiza el dimensionamiento de componentes mecánicos y electrónicos añadidos al sistema de alimentación aire-combustible de vehículo. Una vez construidos todos los componentes necesarios, se incorporan cuidadosamente en el vehículo, y de esta manera, a continuación, se proceda a realizar las pruebas de funcionamiento que validen el sistema implementado. Finalmente se realiza las conclusiones y recomendaciones del sistema de alertas, monitoreo y control basado en los datos tabulados y analizados para cada caso. El sistema implementado es de gran ayuda al momento de monitorear en tiempo real y alertar hacia el conductor, ante un posible mal funcionamiento en el sistema de alimentación aire-combustible, con un tiempo de reacción de 500 milisegundos, con la posibilidad de controlar la propagación de un desperfecto en el sistema; siendo eficiente y de fácil adecuación en cualquier vehículo, con un costo relativamente bajo.

*Palabras clave:* Alerta temprana, monitoreo, alimentación aire-combustible, diseño, construcción, control.

## Abstract

The air-fuel supply is, without a doubt, a fundamental system for the correct operation of the vehicle's engine. Lack of air and fuel caused by clogged or damaged filters, ducts and other mechanical components leads to engine malfunction. In the present work, an early warning, control and real-time monitoring system of the air-fuel supply system is developed with the incorporation of mechanical, electrical and electronic elements. The operating parameters of the sensors, actuators and other components of the original circuit of the Toyota Hilux vehicle used for this purpose are taken as a reference; to take them as a starting point in the implementation of the circuit in question. A conceptual and detailed design of the implemented system is carried out, taking into account the evaluation factors applied to the different proposed alternatives. Next, the sizing of the mechanical and electronic components added to the vehicle's air-fuel supply system is carried out. Once all the necessary components have been built, they are carefully incorporated into the vehicle and functional tests are performed to validate the implemented system. Finally, conclusions and recommendations are formulated for the warning, surveillance and control system based on the data tabulated and analyzed for each case. The implemented system is of great help to monitor in real time and alert the driver of a possible malfunction in the air-fuel supply system, with a reaction time of 500 milliseconds, with the possibility of controlling the spread of a malfunction in the system; being efficient and easy to adapt to any vehicle, with a relatively low cost.

*Key words:* early warning, monitoring, air-fuel feed, design, construction, control.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Uno de los principales sistemas para el funcionamiento del vehículo y del motor es el sistema de alimentación, ya que una falla dentro de este puede causar daños irreversibles al motor. Es fundamental que se cuente con una periodicidad y un correcto mantenimiento de este sistema para el buen funcionamiento del mismo. Esto mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional como son los estudios de criticidad, análisis causa-raíz, entre otros, en los principales componentes del sistema de alimentación se puede actuar sobre la regularidad de los mantenimientos y reemplazo de estos elementos. (Rodríguez et al., 2013)

Según Llanes et al. (2019) nos indican que de acuerdo a su estudio se determinó que tanto la temperatura como la presión son grandes indicadores de fallas que tienen los motores, además de que las elevadas temperaturas en los cilindros por lo general están relacionadas con un alto índice de gases además de un defectuoso estado de los inyectores. La disparidad que existen en las presiones se encuentra relacionado a una mala hermeticidad y el estado en el que se encuentran los componentes del sistema de alimentación.

Para el buen procedimiento en un diagnóstico del sistema de alimentación del vehículo se debe realizar un análisis minucioso de los diferentes elementos que componen al sistema además de realizarlo de manera secuencial y en un determinado orden. Para que el diagnóstico del sistema de alimentación sea óptimo se debe establecer una serie de procesos y procedimiento que se deben seguir y realizar en un orden establecido con el único objetivo de acortar el tiempo que conlleva el diagnóstico además de disminuir el costo de la reparación del motor. (Arévalo et al., 2020)

Para que el motor funcione de manera correcta es necesario suministrar a este con la cantidad necesaria de combustible. Dentro de estos sistemas se puede encontrar varios

sensores que tienen la capacidad de percibir las variaciones de las diferentes magnitudes físicas y cualquier otro cambio que detecten a sus alrededores. Estos sensores permiten que se ingrese de manera correcta combustible a la cámara de combustión de forma uniforme y pulverizada.

Estos sensores ayudan al sistema de alimentación a encontrar el valor exacto que requiere de aire y combustible, para que el motor funcione de una manera óptima. Es por esto que mediante el análisis de dichos sensores se puede determinar y controlar el consumo de combustible para que este sea el adecuado en todo momento y que así el motor pueda funcionar de una manera correcta y que a su vez puede crear un ahorro al conductor. (Aguilar et al., 2022)

### **Planteamiento y formulación del problema**

El descuido por parte de los usuarios de un vehículo y el estado de los componentes de los diferentes sistemas del motor ocasionan un desgaste del mismo. Una gran cantidad de vehículos ingresan a revisión en talleres mecánicos con problemas de obstrucción de filtros, daños en la bomba de combustible, inyectores tapados o con mal funcionamiento siendo esto daños elementales a comparación de otros daños de magnitud mayor generados típicamente por descuido del conductor.

Por lo cual, es necesario incorporar un sistema no convencional de aviso temprano de malfuncionamiento del motor, el cual se active ante el inicio de un defecto detectado en el sistema de alimentación del motor de vehículo, de tal manera que pueda corregirse el error inmediatamente, previniendo daños graves a componentes que pueden corregirse a tiempo.

### **Justificación e importancia.**

El suministro de combustible-aire sin lugar a duda es primordial para que el motor de vehículo funcione adecuadamente. La falta de combustible y de aire debido a filtros, ductos y



demás componentes mecánicos obstruidos o averiados, reducirán significativamente el rendimiento del motor además de afectar o reducir la vida útil de los componentes.

Considerando el descuido de un conductor promedio de vehículo y el poco conocimiento acerca de los componentes del sistema de alimentación de motor es necesario la implementación de un sistema de alarma de control y monitoreo temprana para el sistema antes mencionado.

En el presente proyecto se pretende implementar un sistema de alerta temprana ante un comportamiento anormal del circuito de alimentación de aire-combustible en el motor de vehículo. Para lo cual, se incorporará alertas sensoriales graduales, con la ayuda de las señales que se recibe de algunos sensores que se encuentran dentro de este sistema, de tal manera que el conductor conozca de este mal funcionamiento del motor y realice las correcciones adecuadas para evitar daños.

Llevar a cabo la implementación de esta alarma ayudará a alargar la vida útil de los diferentes componentes del sistema de alimentación mediante la alerta temprana al conductor además de poder recordar al conductor de realizar los respectivos mantenimientos de los elementos del sistema y así poder evitar gastos innecesarios a futuro.

### **Descripción del proyecto**

El presente proyecto se plantea alertar al conductor algún fallo en el sistema de alimentación del motor y los elementos que componen al mismo para que estos puedan ser corregidos a tiempo evitando problemas y daños irreparables que se puedan presentar.

Dentro del proyecto se diseñará e implementará sistemas de monitoreo y alertas tempranas se contempla la posibilidad de generar un circuito que permita obtener parámetros de rango de funcionamiento para determinados componentes del sistema de alimentación de

aire y combustible del motor, de tal manera que al registrar datos fuera de su rango normal, se logre alertar mediante una alarma temprana para evitar un daño grave al motor.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Diseñar y construir un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación del motor.

### ***Objetivos específicos***

- Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo.
- Construir e implementar los componentes para monitorear y controlar el sistema de alimentación del motor de vehículo.
- Validar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo.

## **Variables de investigación**

### ***Variable independiente***

El diseño y construcción del sistema de alerta temprana en el circuito de alimentación del motor de vehículo.

### ***Variable dependiente***

Facilidad de montaje de componentes del sistema en el vehículo.

## **Hipótesis**

Mediante el diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control en el sistema de alimentación nos permitirá detectar posibles fallas durante el funcionamiento, así como también en componentes del sistema de alimentación, evitando un daño prematuro en partes de mencionado circuito.

## Capítulo II

### Fundamentación teórica

#### Regresión lineal

La regresión lineal es capaz de pronosticar una variable (dependiente) a través de otra variable (independiente). La cual ayuda a describir una fórmula matemática que permite predecir dicha variable, son utilizadas en software y otras áreas como la biología. (Dagnino, 2014)

Cuando dos variables están relacionadas, el valor de una variable indica la otra variable. Dependiendo del propósito del estudio, el investigador puede cambiar las variables independientes. Estos valores se registran en el plano cartesiano, que revela la relación entre estas variables y describe la ecuación que mejor representa estos puntos. (Dagnino, 2014)

#### Sistema de alimentación combustible

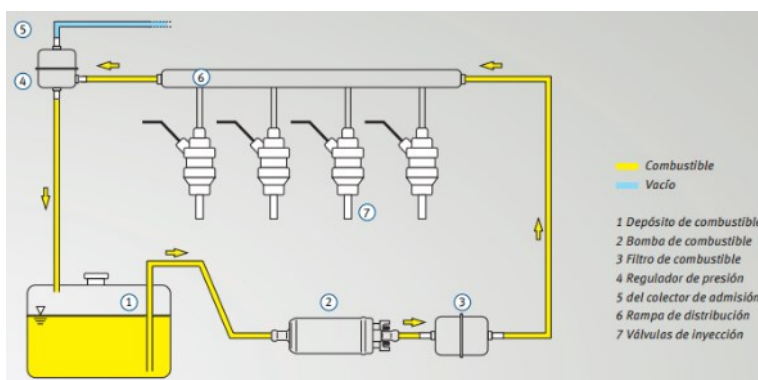
Los elementos del sistema de alimentación de combustible se han ido modificando y mejorando en el transcurso de los años. Se parte por la bomba de combustible que es la encargada de succionar el combustible del tanque y lo abastece al sistema de alimentación de combustible con la presión recomendada por el fabricante, la cual es la ideal para que el sistema se mantenga en óptimas condiciones. En ocasiones existe un pequeño filtro también llamado tamiz dentro del depósito o en las líneas de succión de la bomba.

El filtro de combustible ubicado en las líneas de combustible o en algunos vehículos dentro del tanque, ayuda a proteger de posibles impurezas que pueden existir en la gasolina o en el circuito de alimentación, evitando así que estas impurezas lleguen a los inyectores y a los cilindros. Además, se cuenta con un regulador de presión, que controla la presión dentro del sistema y la mantiene en el nivel requerido en el riel de inyectores, evitando así graves daños debido a una excesiva presión en el riel. El regulador es accionado neumáticamente por el vacío que se encuentra en las líneas de succión de combustible. Los inyectores reciben el

combustible necesario otorgado por el riel. En la Figura 1 se presenta de forma sencilla el esquema del sistema de alimentación de combustible que por lo general tienen la mayoría de los automóviles modernos. El excedente de combustible es regresado al depósito de a través de la válvula reguladora de presión a través de las líneas de retorno. (Motorservice, 2015)

### Figura 1

#### *Sistema de alimentación de combustible*



*Nota.* En la figura se observa una vista esquemática del sistema de alimentación de un motor de gasolina. Tomado de (Motorservice, 2015)

#### **Sistema de alimentación de aire**

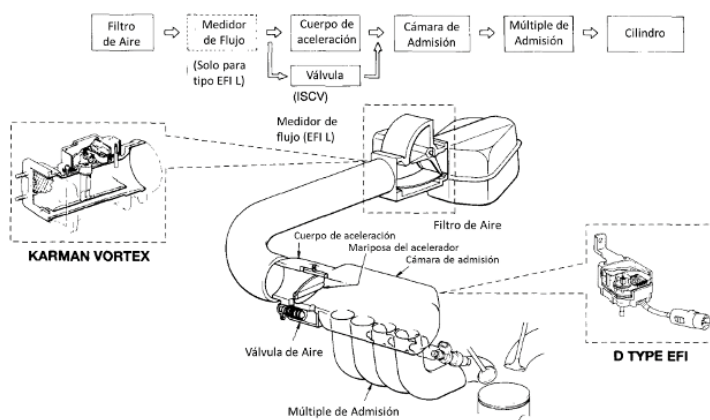
El sistema de alimentación de aire es responsable de suministrar suficiente aire a la cámara de combustión del motor y garantizar parámetros de funcionamiento óptimos como temperatura, limpieza y velocidad de acuerdo con la condición de funcionamiento del motor. (Autolab, 2019)

Si el sistema de alimentación de aire es óptimo favorece al correcto proceso de combustión de combustible. Por el contrario, si existe algún desperfecto y se requiera combustionar más combustible más aire va a necesitar el motor por ello es recomendable tener en óptimas condiciones los componentes del mismo. (Indave, 2016)

Entre los principales componentes del sistema de alimentación de aire se encuentra el filtro de aire, múltiple de admisión, sensores electrónicos como el caudalímetro, temperatura del aire, presión en el múltiple de admisión y por último la mariposa del acelerador como se indica en la Figura 2. (Prueba de ruta, 2022)

## Figura 2

### Componentes del sistema admisión de aire



*Nota.* En la figura se observa los componentes del sistema de alimentación de aire. Tomado de (Autolab, 2019)

## Componentes

Los componentes dentro del sistema de alimentación son fundamentales, ya que cada componente cumple con una función en específico que ayuda al buen funcionamiento del vehículo. El trabajo en conjunto de estos componentes ayuda al trabajo óptimo del motor, evitando así daños y fallos en el mismo como puede ser pérdida de potencia o incluso que se apague cuando se encuentre en marcha. A continuación, se detallarán los diferentes componentes de este sistema. (STP, 2023)

- Tanque de combustible
- Filtro de combustible

- Bomba de combustible
- Inyectores
- Líneas de combustible

### Tipos de sistema de alimentación

Existen principalmente dos sistemas de alimentación para el motor de un vehículo los cuales son el carburador y la inyección de combustible.

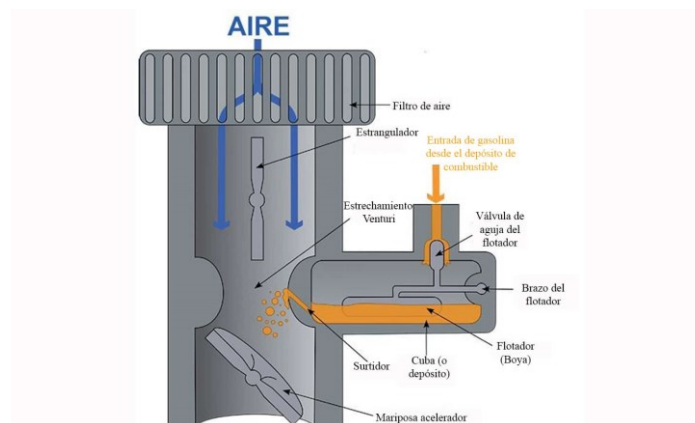
#### **Carburador**

Es un elemento mecánico que anteriormente se usaba para mezclar aire-combustible, y aunque el componente funciona proporcionalmente, tiene varias desventajas en comparación con la inyección de combustible actual. (El motor de combustión interna, 2019)

El funcionamiento de este elemento mecánico es similar al de una pistola de pintura. Cuando pasa aire por el estrangulador la presión disminuye, lo cual da paso al combustible atomizándose con el aire y mezclándose como se muestra en la Figura 3. (Rodrigo, 2017)

### Figura 3

#### *Funcionamiento del carburador*



*Nota.* En la figura se observa el funcionamiento del carburador. Tomado de (Ávila, 2021)

## ***Inyección de gasolina***

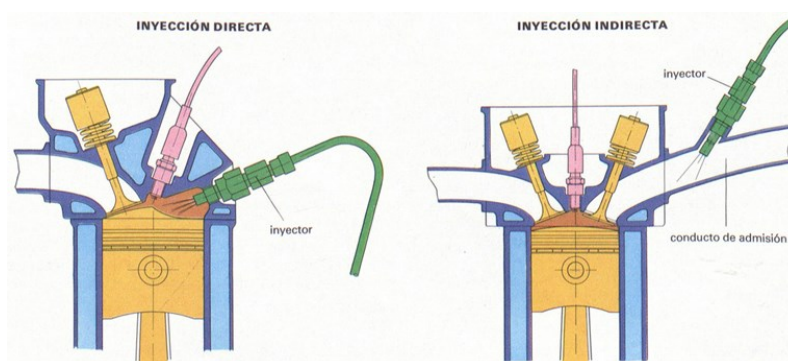
La inyección de gasolina cada vez es más actualizada y controlada por leyes ambientales reemplazando así al carburador, y presenta mayores ventajas de este como por ejemplo mejor rendimiento, menor contaminación al ambiente, mejor adaptación al motor del vehículo. (El motor de combustión interna, 2019)

Se lo puede clasificar de varias maneras a este tipo de sistema de alimentación y puede ser como mediante el tipo de inyección como es directa e indirectamente. El sistema de inyección directa es conocido como GDI ya que como su nombre lo dice inyecta directamente gasolina a la cámara de combustión. (Autosoporte, 2023)

Mientras que el sistema de inyección indirecta se lo introduce antes de la cámara de combustión en automóviles de gasolina en el colector de admisión específicamente donde es mezclado el aire-combustible. En la Figura 4, se encuentra el esquema de cómo es la inyección directa e indirecta. (Donaire López, 2021)

### **Figura 4**

#### ***Inyección directa e indirecta***

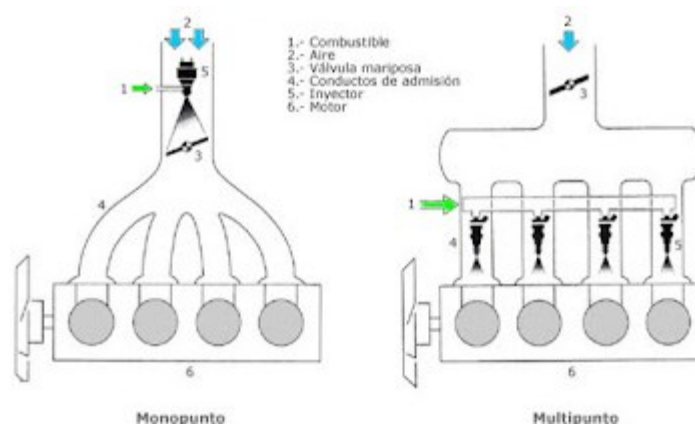


*Nota.* En la figura se observa la inyección directa e indirecta en un motor. Tomado de (El motor de combustión interna, 2019)

Por el número de inyectores se los puede clasificar de dos maneras monopunto y multipunto. La inyección de un solo punto se refiere a que hay un solo inyector mientras que el multipunto es para el número de cilindros que tiene el motor. En la Figura 5, se observa sus componentes y la disposición de cada sistema de inyección. (El motor de combustión interna, 2019)

## Figura 5

### Número de inyectores



*Nota.* En la figura se observa la inyección monopunto y multipunto. Tomado de (Perfil, 2009)

Otra de las maneras de clasificar el sistema de inyección de gasolina es por el número de veces que inyecta en el cilindro existen dos grupos los cuales son el continuo y el intermitente. La inyección continua es constante y se controla únicamente el caudal de suministro mientras que, en la inyección intermitente, juega un papel importante la electrónica que tiene el sistema, y están subdivididas en dos grupos el secuencial y semi secuencial. (Rodrigo, 2017)

## Funcionamiento del sistema de alimentación

El sistema de alimentación es el encargado de suministrar aire-combustible previamente atomizado y mezclado para luego ser enviado a la cámara de combustión del motor. El sistema de alimentación de un motor de combustión interna es una parte esencial que suministra la



mezcla adecuada de combustible y aire a los cilindros para permitir la combustión y generar energía. (El motor de combustión interna, 2019)

El sistema de admisión es responsable de proporcionar aire limpio al motor. El aire se aspira desde el exterior y pasa a través de un filtro de aire para eliminar partículas y contaminantes. Luego, el aire filtrado se dirige hacia el colector de admisión, desde donde se distribuye hacia los cilindros del motor. (Rodrigo, 2017)

El combustible, almacenado en un tanque, se suministra al sistema a través de una bomba de combustible. En los motores modernos, es común utilizar un sistema de inyección de combustible, donde los inyectores rocían el combustible en pequeñas gotas, mezclándose con el aire en el colector de admisión antes de entrar a los cilindros. (Indave, 2016)

### **Fallas y averías**

El sistema de alimentación de combustible es el encargado de suministrar de gasolina a todo el sistema, a una presión adecuada para que el motor funcione con normalidad. En caso de existir alguna falla dentro del sistema, se podría dejar de suministrar el combustible de una manera parcial o total, causando que se apaga mientras se encuentra en funcionamiento o simplemente que motor no arranque. (Mora et al., 2022)

Las principales fallas o averías que se tienen por lo general en los motores pueden ir desde lo más simple hasta lo más complejo, como pueden ser un filtro de combustible sucio o en mal estado, bomba de combustible dañada o quemada, obstrucciones en los pre filtros de los inyectores o incluso daños en los mismos inyectores. Estas fallas o averías pueden desencadenar en la pérdida de potencia del motor, además de un excesivo consumo de combustible que afectará a los demás componentes internos del sistema; incluso pueden llegar a provocar la contaminación del aceite del motor con partículas de combustible, que disminuirá la capacidad de lubricación del motor. (Mora et al., 2022)

## **Mantenimiento sistema de alimentación**

El mantenimiento preventivo del sistema de alimentación se basa básicamente en sustituir a tiempo los filtros de este circuito como es el filtro de aire y el de combustible, la limpieza de los conductos por donde pasan estos fluidos y la observación de que no exista ninguna fuga. Se debe inspeccionar la bomba de combustible, inyectores, indicador de nivel de combustible, tanque de combustible. (Abarca et al., 2022)

Estos cambios de filtro tanto de combustible y de aire se lo debe realizar periódicamente ya sea de acuerdo por el manual del fabricante del motor o de acuerdo al trabajo que se realice con el automóvil. (Abarca et al., 2022)

## **Sensores automotrices**

Un sensor es una parte indispensable en todo sistema que requiera una adquisición de datos. Para lograr una obtención de un dato en específico se dispone de sensores que son instrumentos electrónicos o mecánicos, capaces de convertir cualquier magnitud física, como la temperatura, la presión, velocidad, flujo, entre otros, en una diferencia de tensión o una variación de corriente, dándonos como resultado una señal que puede ser traducida por el computador o controlador que se esté utilizando. Es decir, hacen una conversión de energías y facilitan la información sobre el estado y tamaño de la magnitud. Los sensores transmiten información de su entorno y esa información es cuantificable, es decir, medible por algún aparato o instrumento. (Barreto et al., 2018)

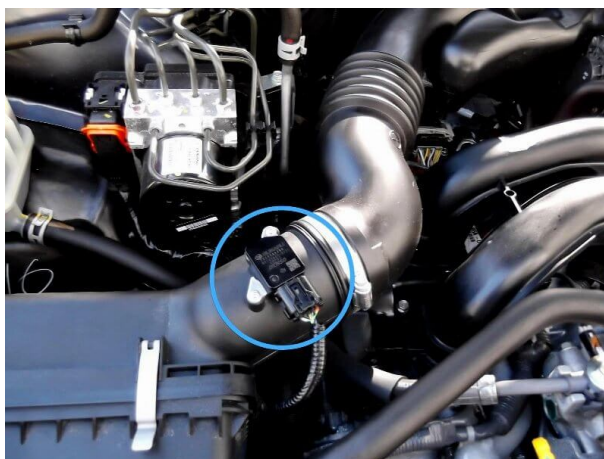
Los sensores automotrices son los encargados de monitorear e informar a la computadora del vehículo, de algún desperfecto o falla que tenga dentro de la obtención de los datos o algún valor fuera del rango de funcionamiento para que este sea corregido por medio de actuadores. La mayoría de estos sensores cuenta con 2 o 3 cables, existiendo también dos o más sensores dentro de un mismo cuerpo o carcasa que sirven para complementar la medición del otro.

## Sensor MAF

El sensor MAF más conocido como sensor de flujo de masa es el encargado de medir cuánto aire requiere el motor para su funcionamiento, comúnmente está ubicado entre el filtro de aire y el cuerpo de aceleración del automóvil como se muestra en la Figura 6. (Avance, 2019)

### Figura 6

*Ubicación del sensor MAF*



*Nota.* En la figura se observa la ubicación del sensor MAF. Tomado de (Avance, 2019)

Existen varios tipos de sensores de flujo de masa los cuales son hilo Caliente - Bosch, hilo Caliente - Tipo EEC-IV, hilo Caliente - Tipo Multec (GM), sensor de Película Caliente. Se los dice de hilo Caliente porque al interior de este sensor se encuentra un alambre que está a una elevada temperatura el cual es enfriado por la aspiración del aire y así enviar señales de voltaje hacia la unidad de control. La ECU recibe la señal y la transforma en una magnitud de flujo masico que sirve para el cálculo de inyección de combustible. (Thomson, 2021)

Los valores del voltaje que tienen comúnmente el sensor MAF se observa en la Tabla 1. El voltaje general se refiere al voltaje de señal.

**Tabla 1***Voltaje sensor MAF*

Condición de prueba	Voltaje (V)	Observaciones
Voltaje general	0 - 5	Ciertos modelos 1 a 5 voltios
Motor en ralentí o marcha mínima	0.8 - 1.2	Debajo de este valor sensor defectuoso
Full Apertura de mariposa	4.5 - 5	Carga Completa
Caída de carga brusca	0.4	Desaceleración Fuerte

*Nota.* Se evidencia los parámetros de voltaje del sensor MAF. Tomado de (Avance, 2019)

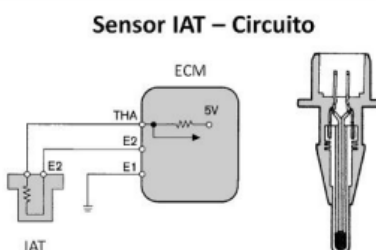
### Sensor IAT

El sensor de temperatura de aire de entrada (IAT) es un sensor de tipo termistor de dos cables, que cuenta con una resistencia que va a variar con respecto a la temperatura del aire de admisión. Cuando la temperatura es mayor su resistencia va a disminuir, mientras que, si la temperatura baja, su resistencia se va a incrementar. Este sensor se encuentra por lo general enroscado dentro del colector de admisión, entre el filtro de aire y el cuerpo de aceleración.

(Pilco & Rodríguez, 2018)

### Figura 7

*Circuito del sensor IAT*



*Nota.* En la figura se observa la constitución interna del sensor IAT. Tomado de (Pilco & Rodríguez, 2018)

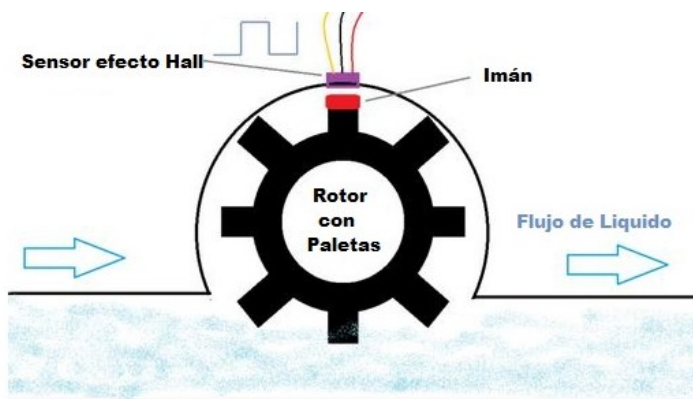
Cuenta con dos cables, uno se encuentra alimentado de 5V por la ECU, el cual entra al sensor, este funciona como un termistor dependiendo de la temperatura del aire y el cable a tierra lleva la información a la computadora para que esta la procese y realice los respectivos cálculos para la inyección de combustible como se observa en la Figura 7. Este sensor permite a la computadora corregir el tiempo de inyección y la cantidad de gasolina inyectada, de acuerdo a la temperatura del aire, ya que está estrechamente relacionada con la densidad del aire que entra en los cilindros del motor. (Pilco & Rodríguez, 2018)

### Caudalímetro YFS-401

Es un sensor de flujo este hecho de cuerpo sólido, un rotor de agua y un sensor de efecto hall, son utilizados en varias aplicaciones, el rotor tiene unos imanes que al girar generan campo electromagnético el cual es detectado por el sensor de efecto Hall el cual envía señal al microcontrolador en forma de frecuencia. En la Figura 8, se detalla del funcionamiento del caudalímetro. (Arduinove, s.f.)

### Figura 8

*Funcionamiento caudalímetro yfs-401*



*Nota.* En la figura se observa el funcionamiento del caudalímetro. Tomado de (Arduinove, s.f.)

## Transductor de presión

Se puede definir a un transductor como un instrumento que convierte una forma de energía en otra (o una propiedad en otra). Un transductor de presión es un instrumento sensible a la presión, el cual convierte la presión en una señal eléctrica de salida como se puede visualizar en la Figura 9. Esta señal de salida la obtiene gracias a la deformación de unos extensómetros que se encuentran ubicados en el diagrama del transductor, dicha deformación provocará un cambio en la resistencia eléctrica que será proporcional a la presión. Estas señales pueden ser tanto analógicas como digitales. (Arias & Marulanda, 2010)

### Figura 9

*Transductor de presión*



*Nota.* En la figura se observa un transductor de presión de 1.2 MPa de presión. Tomado de (<https://cdtecnologia.net/sensores/1031-sensor-de-presion-12mpa.jpg>)

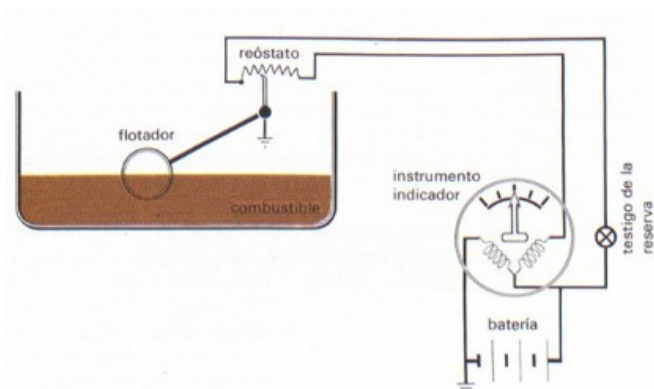
Los transductores de presión en su mayoría cuentan con obleas o discos de tipo piezoeléctricos que generan una corriente eléctrica cuando son sometidos a un cambio de presión, que se dan dentro de los cilindros del motor. La señal eléctrica obtenida por el transductor se puede utilizar para detectar fallas, problemas en la combustión y compresión en los cilindros del motor, con la ayuda de un amplificador y un osciloscopio automotriz. (Chávez & Quishpi, 2021)

## Flotador de combustible

Es el encargado de indicar cuánta gasolina contiene el tanque, generalmente son de plástico conectado a una varilla metálica unido a una resistencia variable, la cual si se mueve enviará diferente voltaje hacia la unidad de control. Una de las desventajas de este sistema de flotador de nivel de combustible es que se agita durante marcha, por aceleraciones y frenados lo cual da cierto error de medición del instrumento. En la Figura 10, se observa cómo funciona el flotador de nivel de combustible. (Motorgiga, s.f.)

### Figura 10

*Flotador de nivel de combustible*



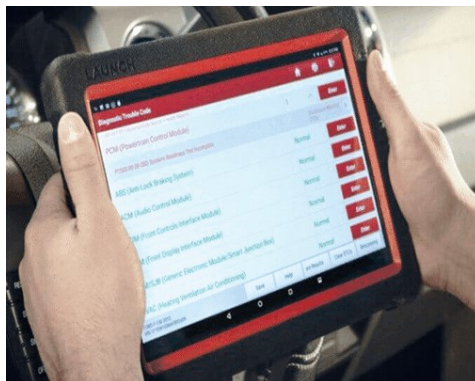
*Nota.* En la figura se observa el funcionamiento del flotador del nivel de combustible. Tomado de (Motorgiga, s.f.)

## Scanner automotriz

Es una herramienta automotriz encargada de comunicarse con la computadora del automóvil para encontrar posibles fallas eléctricas, gracias a sensores electrónicos que detectan desperfectos en los sistemas que tiene el automóvil. Entre los sistemas que puede diagnosticar está el del motor, sistema ABS, airbag, entre otros, tiene la capacidad de leer parámetros de funcionamiento en vivo, es una herramienta de fácil uso y se lo muestra en la Figura 11. (Finders, 2020)

## Figura 11

### Scanner automotriz



*Nota.* En la figura se observa el scanner automotriz. Tomado de (Gómez, 2023)

Con el avance tecnológico se han desarrollado varios tipos de conectores, entre éstos el OBD I y OBD II. Los conectores se pueden observar en la Figura 12. Este tipo de conectores se llaman diagnóstico a bordo y generalmente se encuentra por debajo del volante del automóvil y es el encargado de la comunicación entre la computadora y la herramienta automotriz. (Gómez, 2023)

## Figura 12

### Conectores OBD I y OBD II



*Nota.* En la figura se observa en el lado izquierdo el OBD I y en el lado derecho el OBD II.

Tomado de (Inatco red automotriz, s.f.)

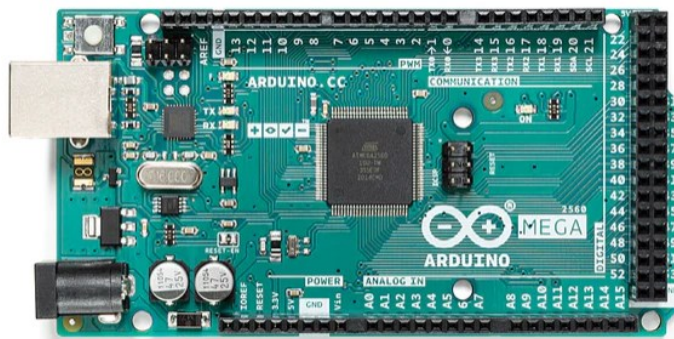


## Arduino mega

Arduino Mega es un kit o placa electrónica equipada con software de código abierto que utiliza la familia de microcontroladores ATmega y funciona como un microcontrolador de placa única, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en varios campos; este controlador fue lanzado por Atmel y se lo observa en la Figura 13. Donde el hardware cuenta con un procesador Atmel AVR y el software cuenta con su propio lenguaje de programación. Además, Arduino Mega 2560 también es una placa de microcontrolador basada en ATmega 2560. (Arduino, 2023)

### Figura 13

*Arduino mega*



*Nota.* En la figura se observa un Arduino Mega 2560. Tomado de (Arduino store, 2023)

Arduino Mega 2560 cuenta con 54 pines de entrada o salida digital, de los cuales 15 pines se pueden usar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos), además de 16 pines que sirven como entradas analógicas y 14 pines como UART (puerto serie de hardware). Esto es todo lo que se necesita para soportar un microcontrolador en una variedad de trabajos. Además, para empezar a utilizar la placa Arduino, basta con conectarlo al ordenador mediante un cable USB o fuente de alimentación o batería, esta alimentación irá desde 5V hasta los 20V

ya que cuenta con reguladores de voltaje. También se debe tener en cuenta que Arduino Mega 2560 es la última versión que reemplaza a la versión Arduino Mega. (Arduino, 2023)

### **Filtro de combustible**

Es un componente del sistema de alimentación de vehículo y su principal función es retener partículas para evitar obstrucciones en líneas de combustible o en los inyectores del automóvil. Entre sus principales funciones es evitar el daño prematuro del motor. Está compuesto por una carcasa metálica generalmente, su medio filtrante que es el combustible, ingresa de un lado del filtro y a través de los componentes filtrantes limpia el combustible y está listo para ser utilizado en la combustión del motor. En la Figura 14, se puede observar cómo es un filtro de gasolina. (Auto técnica, 2017)

### **Figura 14**

*Filtro de combustible*



*Nota.* En la figura se observa el filtro de combustible. Tomado de (Auto técnica, 2017)

Existen algunos tipos de filtros y se los puede clasificar según su tipo de separación de elemento filtrante y su capacidad de filtrar partículas. Filtro según capacidad de filtrar partículas: Estos filtros pueden ser primarios, secundarios y combinados su principal diferencia está en su capacidad para filtrar las partículas contaminantes, el filtro primario tiene la capacidad de filtrar partículas mayores a 2 micras mientras que el secundario tiene capacidad de filtrar partículas menores a 2 micras y los combinados es la mezcla de estos dos filtros. (Flexfuel España, 2021)

Filtro según su capacidad de separación de elemento filtrante. Estos filtros están clasificados en dos que son los filtros blindados y filtros de cartucho. Los filtros blindados como su nombre lo indica son sellados completamente generalmente por una carcasa de metal o plástico, su elemento filtrante no se puede extraer por tal motivo es mejor cambiarlo. El filtro de cartucho tiene una carcasa plástica y este se puede extraer el elemento filtrante su carcasa generalmente es de plástico. (Flexfuel España, 2021)

### ***Síntomas de un filtro de combustible dañado***

Cuando un filtro de combustible no funciona correctamente los principales síntomas que tiene el automóvil son:

- Hay dificultad al arrancar el vehículo, esto debido a que el filtro puede estar obstruido y por ende no pase suficiente combustible hacia los cilindros del motor.
- No arranca, el vehículo al estar completamente obstruido el filtro no da paso al combustible de tal manera que no se encienda el motor del vehículo.
- Pérdida de potencia, el sistema de combustible necesita una correcta presión y debido al filtro de combustible no existe una buena presión por ende una pérdida notoria de potencia.

Para evitar este tipo de averías del sistema según el fabricante del automóvil se lo debe sustituir dependiendo el tipo de filtro. Este cambio de filtro por lo generalmente se lo realiza a los 60 000 km sin embargo algunos técnicos lo recomiendan realizar el cambio a los 30 000 km. (Postventa, 2021)

### **Bomba de combustible**

La bomba de combustible o de gasolina es un elemento muy fundamental en el ámbito automotriz ya que ayuda al buen funcionamiento del motor. Este elemento es el encargado de extraer y distribuir la gasolina desde el tanque de combustible hacia los inyectores, pasando

por todo el circuito de alimentación de combustible, se lo debe realizar de una manera constante y a una presión adecuada para que se pueda dar un trabajo óptimo del motor. En la Figura 15, se ilustra una bomba de combustible que se utiliza en vehículos modernos. En su gran mayoría son bombas eléctricas que se suelen ubicar dentro del depósito de combustible.

### **Figura 15**

*Bomba de combustible*



*Nota.* En la figura se observa una bomba de gasolina utilizada en vehículos actuales. Tomado de (<https://www.ro-des.com/mecanica/como-identificar-averia-bomba-gasolina.jpg>)

Por lo general la mayoría de las bombas trabajan con una tensión de 12V y es accionada por un relé. Es fundamental que se mantenga el nivel de combustible por arriba de un cuarto del tanque, ya que, al contar con poco combustible, la bomba realiza un esfuerzo excesivo para succionar; además que la bomba utiliza el combustible para su refrigeración y así evita que se recaliente y que se queme la bomba de combustible. (Peralta, 2015)

La bomba es una de las partes fundamentales del sistema de alimentación de combustible. El motor debe ser alimentado con el suficiente combustible para que este pueda funcionar, en cualquier condición de servicio. De lo contrario, puede ocasionar fallas al automóvil mientras este se encuentra en marcha e incluso podría llegar al extremo de detenerse por completo y no volver a encender hasta que a bomba de combustible sea reemplazada. (Motorservice, 2015)

## Filtro de aire

Los filtros de aire para automóviles se utilizan en los vehículos para filtrar el aire que ingresa al motor como se observa en la Figura 16. La eliminación de partículas es muy importante para la protección del motor, además de mantener su rendimiento a niveles elevados, ya que protegen de partículas o suciedad que pueda colarse por los ductos de admisión hacia los cilindros del motor ocasionando pérdida de potencia, una reducción del flujo de aire hacia el motor o incluso llegar a producir daños irreparables en el motor. Los fabricantes sugieren que los filtros se cambien regularmente para evitar obstrucciones y una disminución del flujo de aire. (Katsoyiannis et al., 2012)

### Figura 16

*Filtros de aire de motor de vehículo*



*Nota.* En la figura se observa un filtro de aire de papel o celulosa. Tomado de (Reyes, 2018)

## Pantalla Nextion 3.5 in

Nextion es una interfaz HMI (human-machine interface) que quiere decir que es una interfaz de interacción entre el hombre y la máquina, que une una pantalla táctil de memoria con el software Nextion Editor y un procesador integrado, para poder realizar proyectos de una manera fácil gracias a una interfaz gráfica de usuario amigable y fácil de utilizar otorgada por la empresa Nextion, tal como se ilustra mediante la Figura 17. Con ayuda del software Nextion Editor se pueden realizar una interfaz gráfica de usuario de manera rápida y sencilla gracias a

los componentes que cuenta este software como son gráficos, controles deslizantes, texto, entre otros, los cuales se podrán ir ubicando con solo arrastrarlo o ubicarlos en la interfaz de la pantalla y a su vez poder interactuar con los mismos. (Nextion Instruments, 2023)

### Figura 17

*Pantalla Nextion NX4832T035*



*Nota.* En la figura se observa una pantalla Nextion de 3,5 pulgadas con sus accesorios.

Tomado de (<https://nextion.tech/datasheets/nx4832t035/>)

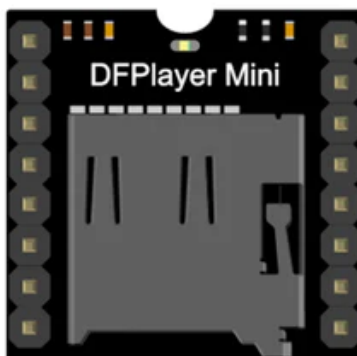
El modelo de la pantalla que se utilizó en este proyecto es una Nextion 3.5" NX4832T035 la cual posee una pantalla TFT táctil resistiva integrada de 3,5 pulgadas. Entre sus principales especificaciones está que cuenta con una resolución de 480 x 320 píxeles, con una ranura micro-SD integrada para poder realizar la actualización del firmware, además cuenta con una memoria flash de 16 Mb para código de aplicación del usuario. Esta pantalla debe ser alimentada por 5 V, y su peso es de aproximadamente de 56 g siendo así de fácil manejo, puede recibir más de un millón de toques y la vida útil de la luz del fondo es mayor a tres mil horas.

### Módulo Df player mini mp3

Es un reproductor de audio sencillo de utilizar, y compatible con las placas de Arduino es capaz de reproducir archivos mp3, WMA y WAV. Estos archivos son guardados en una tarjeta SD la cual el módulo puede leer FAT16 y FAT32, con una capacidad máxima de 32 GB. Puede reproducir hasta 255 canciones y está conectado al altavoz por sus puertos seriales. En la Figura 18, se observa cómo es el módulo df player mini mp3. (Lozano, 2021)

### Figura 18

*Df player mini mp3*



*Nota.* En la figura se observa el módulo df mini player mp3. Tomado de (Lozano, 2021)

### Batería

La batería automotriz es un componente muy primordial dentro del sistema eléctrico de cualquier vehículo, está diseñado para abastecer de energía a todos los componentes eléctricos del sistema, además de suministrar la corriente necesaria al motor de arranque para que el vehículo pueda encenderse sin ninguna dificultad. Por lo general las baterías de los vehículos pueden contar con dos o más celdas que convierten la energía química almacenada en su carcasa en energía eléctrica que posteriormente será liberada para el funcionamiento de algunos componentes del vehículo. (Barreiro, 2020)

## Figura 19

### Batería automotriz



*Nota.* En la figura se observa una batería automotriz marca Bosch utilizada en vehículos modernos. Tomado de (<https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=2206>)

El principio de funcionamiento de las baterías consiste en el proceso denominado reducción-oxidación, en el cual uno de sus componentes va a perder electrones y el otro va a ganar electrones, siendo este proceso reversible de acuerdo a las necesidades que se tenga. En la Figura 19, se observa una batería automotriz utilizada en vehículos modernos. Dentro de las principales características que determinan el rendimiento y la duración de la batería se encuentran los elementos químicos que componen a la batería y los cuales van a realizar la reacción química en cada una de las celdas dentro de la batería. (Cepeda et al., 2022)

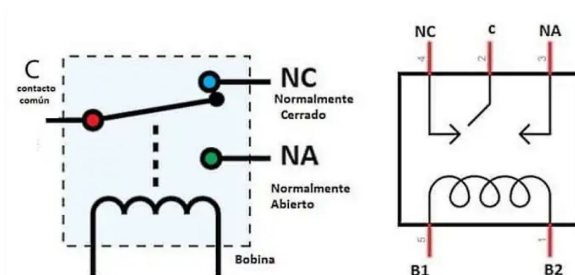
### Relé

Es un componente eléctrico que funciona como interruptor, pero a diferencia de estos es activado eléctricamente, el relé está compuesto por una bobina al energizar esta bobina esta genera un campo electromagnético el interruptor que está abierto pasa a estar cerrado, permitiendo que la corriente pase. Este procedimiento está ilustrado en la Figura 20. (Seas, 2019)



## Figura 20

### Relé

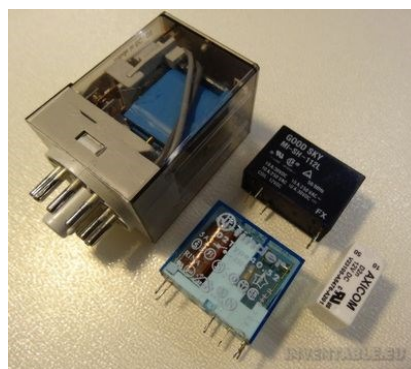


*Nota.* En la figura se observa cómo está compuesto un relé. Tomado de (Todo Eléctrico, 2021)

El relé tiene varias características entre ellas está el número de contactos, la potencia de conmutación, la tensión de trabajo de la bobina, la resistencia de la bobina, estas características son importantes ya que de acuerdo a ellas el relé tiene su tamaño. En la Figura 21, se observa los diferentes tamaños del relé. (Todo Eléctrico, 2021)

## Figura 21

### Tamaños de relé



*Nota.* En la figura se observa cómo está compuesto un relé. Tomado de (Todo Eléctrico, 2021)

## Capítulo III

### Diseño y construcción del sistema de alarma temprana, monitoreo y control

#### Diseño del sistema

Se procederá a realizar el diseño del sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación de aire-combustible, tomando en cuenta todas las necesidades, restricciones y requerimientos que se tengan en el sistema, y que estos sean analizados e implementados en el sistema de acuerdo al criterio y análisis de los autores. A continuación, se detallarán en cada uno de los puntos, el criterio de diseño de cada una de las partes que componen al sistema.

#### *Necesidad*

Para realizar el diseño del sistema de alarma temprana, control y monitoreo es necesario tener en cuenta varios factores, además de conocer los parámetros en los cuales va a funcionar el sistema. Este sistema es necesario para detectar fallas en el sistema de alimentación, debido a que varios conductores por descuido o desconocimiento no prestan mucha atención a fallas que existen en su vehículo, provocando así daños irreversibles en el motor de su vehículo.

#### *Requerimientos*

Dentro de los principales requerimientos que se espera que tenga el sistema, es que cuente con materiales que sean resistentes y de bajo peso de preferencia que sean materiales plásticos ya que son fáciles de conseguir y de precios accesibles. El sistema debe ser de un tamaño reducido, esto con la finalidad de que pueda ser ubicado en cualquier parte del salpicadero, dentro del habitáculo del vehículo y que este no moleste la visión ni la comodidad del conductor. Con respecto a la ubicación del sistema, este no debe obstruir la visualización del conductor ni presentar ninguna distracción al mismo. Además, este sistema debe ser capaz de alertar sobre algún mal funcionamiento del sistema de alimentación del motor.

### ***Restricciones***

Las restricciones que tiene el sistema es que su costo no sea excesivo ya que se plantea la posibilidad que este pueda ser comercializado hacia diferentes usuarios que cuenten con un vehículo y quieran tener un sistema que los alerte sobre posibles fallas que tengan en el sistema de alimentación de su vehículo. Otra restricción que se consideró por los autores es que el sistema no sea instalado en vehículos que tengan la válvula reguladora de presión de combustible dentro del tanque, además que exista una línea de retorno de combustible, ya que se va a realizar la medición de caudal de combustible en una línea que vaya desde el tanque hasta el riel de inyectores, en caso de no existir una línea de retorno de combustible, no será posible medir el caudal ya que va a existir un estancamiento del combustible en la riel de inyectores y por ende no va haber un caudal que se pueda medir. Y la última restricción que se consideró para el sistema es que este no sea de gran tamaño, debido a que debe ser de fácil transporte y además que pueda ser ubicado en lugares de reducido espacio para evitar obstruir la vista del conductor.

### ***Ideas de diseño***

Dentro de una lluvia de ideas se planteó la idea general que el sistema de alerta temprana, control y monitoreo debe tener sensores que monitoreen constantemente el sistema de alimentación, tanto la alimentación de aire como la de combustible y que estas mediciones se puedan visualizadas en una pantalla, que sea de fácil entendimiento y que se encuentre al alcance del conductor, con respecto a la parte de las alertas, para la alarma temprana se coincidió que debía existir una alerta visual, sensorial y auditiva, y que estas se activarán cuando exista una falla en el sistema. Con respecto a la parte de control, de igual manera se determinó que en caso de existir alguna avería, debería tener un control sobre el vehículo, en este caso por ejemplo desactivar la línea de alimentación de la bomba de combustible,

desactivar un inyector de combustible o desactivar una bobina, esto con la finalidad que el piloto no pueda seguir conduciendo hasta que se corrija la falla.

### ***Alternativas de diseño***

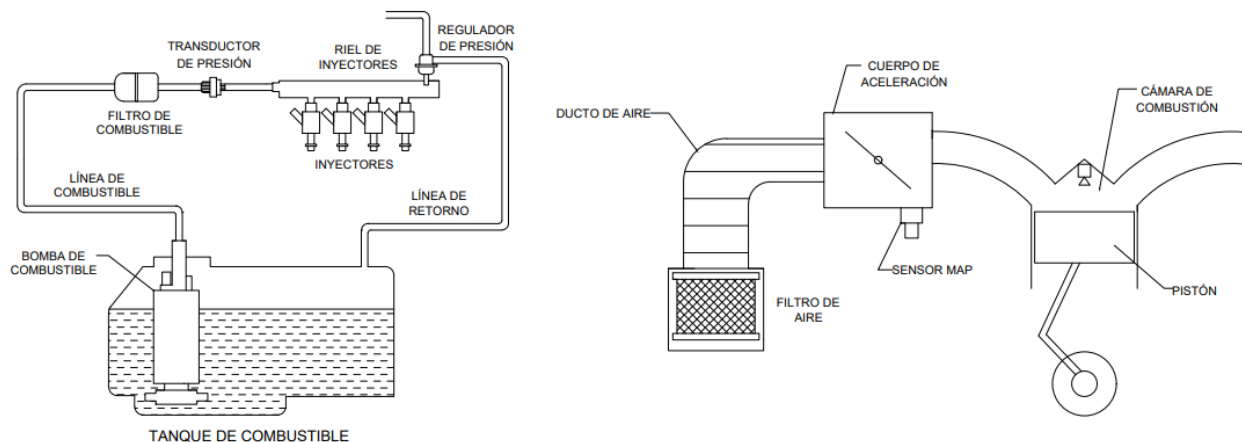
Se debe plantear diferentes alternativas que puedan tratar de satisfacer las necesidades antes mencionadas, las cuales serán evaluadas posteriormente para seleccionar la alternativa más viable para el sistema.

**Alternativa 1.** La primera alternativa que se propuso fue que se implementación un transductor de presión cerca del riel de inyectores para que este realice un monitoreo continuo y en tiempo real de la presión que existe en el sistema, ya que se consideró que una de las principales causas de falla del sistema es el daño en la bomba de combustible, cuando esta se encuentra dañada, baja la presión con la que se abastece de combustible a los inyectores ocasionando una pérdida de potencia, aumento en el consumo de combustible además de problemas al encender el vehículo, además se planteó medir la presión absoluta de aire del múltiple del colector de admisión, con la finalidad de detectar posibles fugas en la entrada de aire del vehículo, ya que en caso de existir alguna fuga en la entrada del aire existiría una pérdida de presión en la entrada de aire, provocando que no entre suficiente aire en las cámaras de combustión y por ende el motor pierda potencia y presente tirones.

Los datos obtenidos por estos sensores estarían reflejados en una pantalla táctil los cuales irían cambiando de acuerdo a lo que se lea en el sensor. Con respecto a la alarma temprana se propuso que existiría una alerta visual y auditiva que se activarán cuando los sensores detecten valores fuera del rango normal de funcionamiento. Y finalmente se propuso la desactivación de un inyector de combustible, para que el vehículo presente una vibración y no permita que el conductor pueda seguir circulando con el desperfecto, todo esto se puede observar en la Figura 22.

Figura 22

## Alternativa 1



*Nota.* Se detallan los sensores y señales complementarias dentro del sistema, considerados por los autores en la alternativa 1.

**Alternativa 2.** Para la segunda alternativa se planteó la utilización de dos medidores de flujo de combustible (caudalímetros), uno ubicado antes del filtro de combustible y otro ubicado después del filtro, esto con la finalidad de medir el flujo antes y después de que pase por el filtro y realizar una comparación de las mediciones y así poder determinar si existía alguna disminución del flujo, con esto se puede deducir que hay una obstrucción o taponamiento en el filtro de combustible debido a la suciedad o la falta de cambio del mismo.

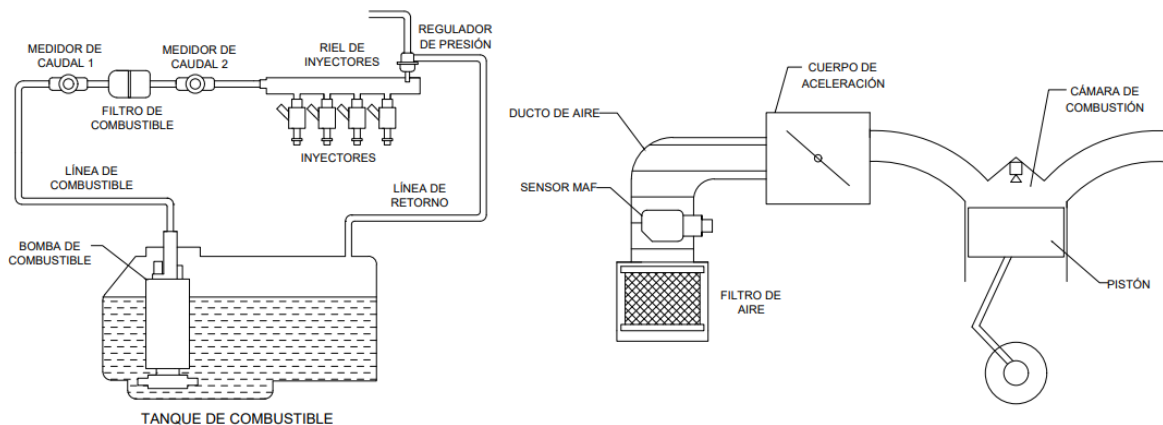
También se presentó la idea de medir el flujo de aire después del filtro de aire, para poder observar cambios en el flujo de entrada de aire hacia el motor, con esto se podría concluir que hay una obstrucción en el paso del aire debido a un filtro de aire sucio o alguna fuga en el colector de admisión como se puede visualizar en la Figura 23. Esta idea se planteó debido a que otro inconveniente existente en el sistema de alimentación aire-combustible es la falta u olvido en cambios de filtros tanto de aire como de combustible, provocando que se tenga

una pérdida de potencia del motor, mayor consumo de combustible e incluso una contaminación en las bujías.

La información obtenida por los sensores se vería reflejada de igual manera en una pantalla táctil ubicada en el salpicadero del vehículo. En la parte de las alertas de la alarma se pensó en la implementación de una alerta sensorial en la cual se utilizarán pequeños motores vibradores, y visual que se utilizarán luces Led de varios colores, para avisar al conductor de las fallas. Y por último se presentó la opción de desactivar la bomba de combustible con ayuda de un relé, teniendo el conductor un tiempo prudencial para detener la marcha en caso de que la falla persista.

### Figura 23

#### Alternativa 2



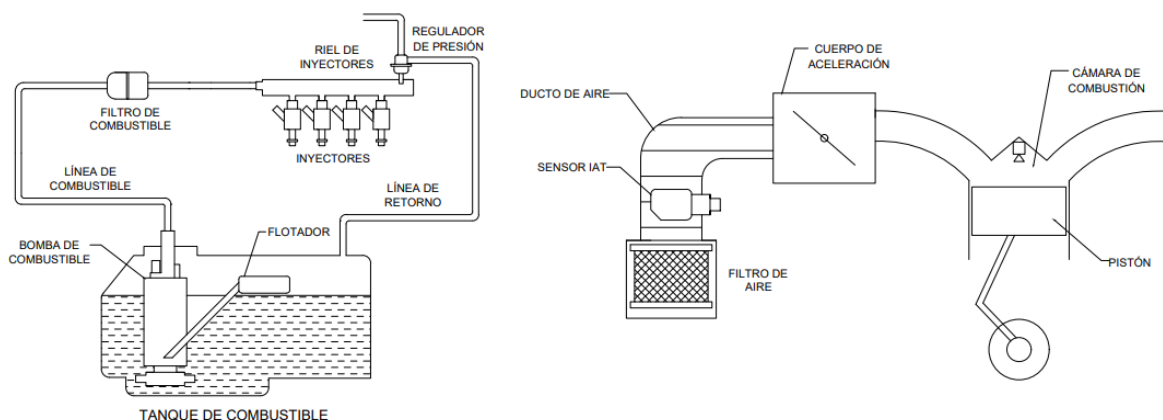
*Nota.* Se detallan los sensores y señales complementarias dentro del sistema, considerados por los autores en la alternativa 2.

**Alternativa 3.** En la tercera alternativa se planteó la idea de medir la temperatura de aire de admisión, esto con la finalidad de detectar valores anormales en la temperatura del aire, con esto se podría determinar un sobrecalentamiento del motor o un posible orificio o fuga en el sistema de admisión de aire, ya que debido a esto se detectaría valores fuera del rango normal

de funcionamiento del vehículo. Además, se propuso medir el nivel de combustible que tiene el vehículo, el cual se podría obtener de la señal del flotador de combustible, con la finalidad de que en caso que el nivel de combustible se encuentre por debajo de un cuarto de tanque se puede alertar al conductor, como se lo ilustra en la Figura 24.

**Figura 24**

*Alternativa 3*



*Nota.* Se detallan los sensores y señales complementarias dentro del sistema, considerados por los autores en la alternativa 3.

Esto se planteó así ya que una de las principales causas de fallas en bombas, es la falta de combustible en el depósito, debido a que las bombas realizan un gran esfuerzo para succionar el combustible cuando se encuentra en niveles muy bajos, además que utiliza el combustible como refrigerante para poder mantenerse en una temperatura normal de funcionamiento, evitando así que se queme la bomba. Con respecto a la parte de las alertas de la alarma se tuvo la idea de utilizar una bocina con un audio previamente grabado, que tenga un mensaje de advertencia para alertar al conductor, y también se planeó implementar una alerta sensorial con ayuda de unos pequeños motores vibradores, que en conjunción con la bocina se activarán simultáneamente cuando el sistema detecte una falla o avería. Por último, se propuso desactivar la bobina o las bobinas del vehículo, dándole al conductor un lapso de

tiempo en el cual se pueda detener y corregir la falla, para evitar así que el conductor ignore las advertencias y siga conduciendo pudiendo así provocar un daño mayor en el sistema de alimentación.

### ***Evaluación de alternativas***

Para saber cuál de las alternativas es la más óptima y factible para el sistema de alarma, control y monitoreo es necesario evaluar diferentes aspectos que se consideraron de acuerdo a las necesidades que se tiene en el sistema. En la Tabla 2 se presentan los parámetros de evaluación que se tomaron en cuenta para seleccionar la mejor alternativa.

**Tabla 2**

*Parámetros de evaluación para las alternativas*

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>
Funcionalidad	3	4	2
Disponibilidad de Materiales	4	4	3
Costo	3	3	2
Facilidad de Instalación	3	4	3
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>15<sup>a</sup></b>	<b>10</b>

*Nota.* En la tabla se presentan los valores de evaluación de las diferentes alternativas.

Considerando una puntuación de entre 0 y 5, siendo el 5 un valor que representa una excelente nota, mientras que el número 0 representa que es una mala opción.

<sup>a</sup> La sumatoria de la mejor alternativa.

### ***Selección de alternativa final***

De acuerdo a la Tabla 2, la alternativa 2 brindó las mejores características de acuerdo a los parámetros seleccionados por los autores. Sin embargo, debido a que todavía le falta



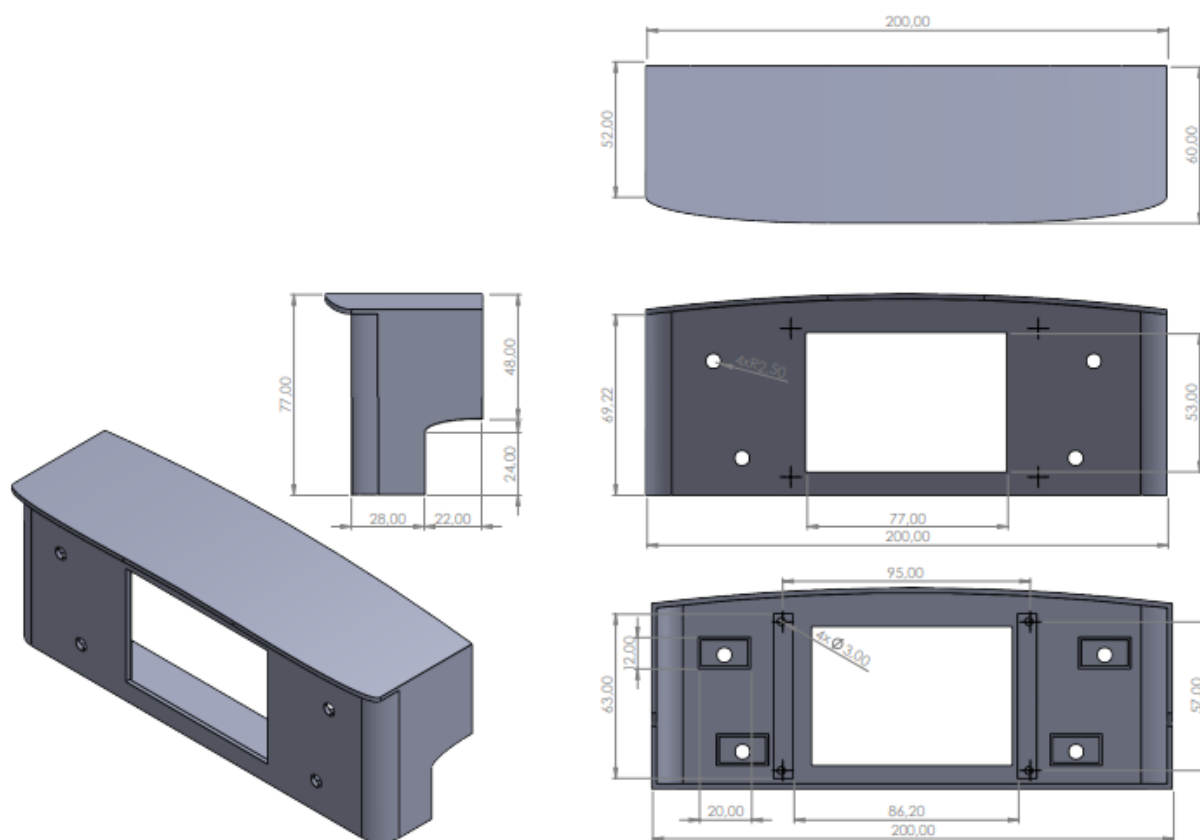
algunas mejoras en algunos aspectos, se decidió tomar algunas ideas de las otras dos alternativas para complementar e implementar en la alternativa seleccionada, esto con la finalidad de satisfacer todas las necesidades requeridas para el sistema. Se consideró que es necesario medir el flujo de combustible, el nivel de combustible y también la presión de combustible. Con respecto a la parte del sistema de alimentación de aire se planteó medir el flujo de aire, velocidad de aire, temperatura de la entrada de aire. Para la parte de las alertas de la alarma se planteó implementar las tres alertas antes mencionadas en las alternativas, ya que se consideró que todas son muy importantes a la hora de avisar al conductor sobre un desperfecto en el sistema. Y finalmente la opción más viable y fácil de implementar en la parte de control es el control sobre la bomba de combustible.

### ***Dimensionamiento***

En el apartado de dimensionamiento se debe llevar un principal enfoque en la carcasa que va a albergar la pantalla, ya que es la única parte del sistema que se encontrará en una zona visible dentro del habitáculo del vehículo, además esta debe estar al alcance del conductor y debe adaptarse al diseño interior del vehículo, para que éste dé un toque estético y se pueda ajustar a la geometría del vehículo. Para el dimensionamiento de la carcasa, se procedió a realizar mediciones del lugar donde va a ir instalada la carcasa. Se consideró que la mejor ubicación es arriba del radio del vehículo, ya que se cuenta con un espacio relativamente amplio, que no interrumpe ningún sistema de información importante del vehículo y que no afecta la visión ni provoca una distracción al conductor. Tomando en cuenta todas estas consideraciones y realizadas las respectivas mediciones del espacio en donde va a estar ubicado la carcasa, se procedió a realizar el diseño en un programa CAD que nos ayudará posteriormente en la ayuda de la impresión en 3D de la carcasa. En la Figura 25, se puede observar el dimensionamiento de la carcasa que va alojar la pantalla y se va a ser visualizado por los ocupantes del vehículo.

## Figura 25

### Dimensionamiento de la carcasa



*Nota.* Se detallan las dimensiones de la carcasa que contiene a la pantalla y a módulos de luces led RGB.

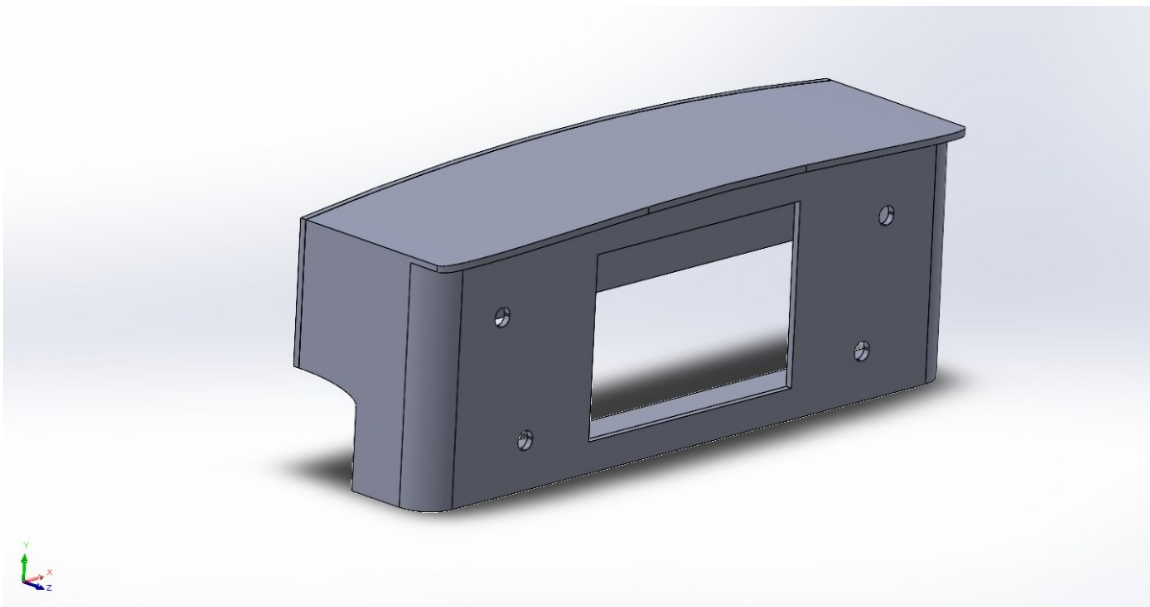
### Geometría

De igual manera en la parte de la geometría debe estar centrada principalmente en la carcasa de la pantalla ya que es el único componente visible del sistema. Esta carcasa debe ajustarse a la geometría interna del vehículo, además de los colores y espacio disponible, para que esta pueda pasar desapercibida y cree una apariencia de ser un componente propio que vino incluido en el vehículo, para que no altere ni incomode a los ocupantes del automotor.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se realizó un diseño en un software CAD en el cual se adaptaron los parámetros y la estética de la carcasa para que se adaptara perfectamente al lugar donde va a ir ubicado, además de considerar un color que combine con los acabados interiores del vehículo. En la Figura 26, se puede observar el diseño final de la carcasa del sistema en base a todas las necesidades requeridas.

### **Figura 26**

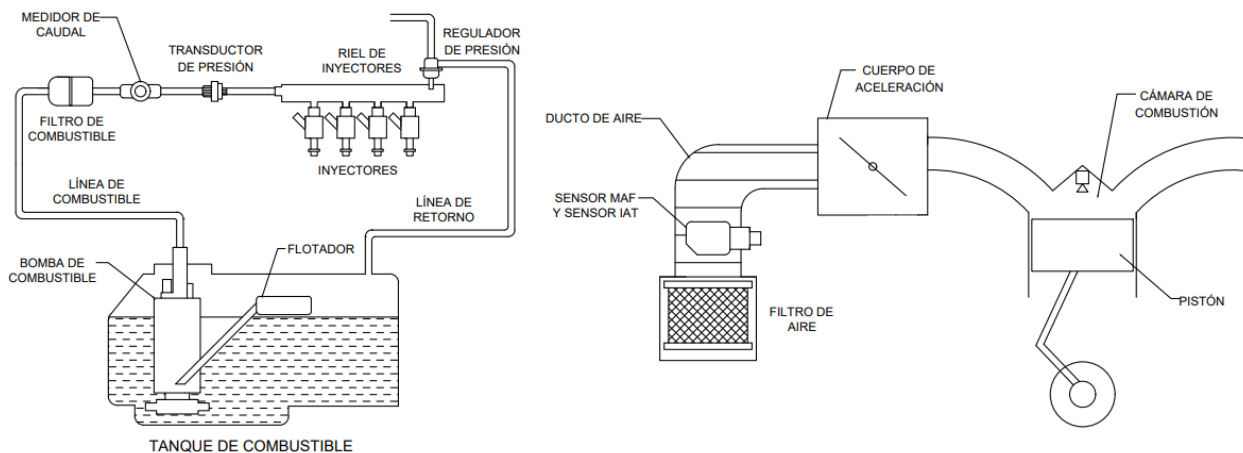
#### *Geometría final de la carcasa*



*Nota.* Se definió la geometría final de la carcasa en base a los requerimientos del sistema.

#### ***Diseño final***

Una vez seleccionada la alternativa adecuada para satisfacer todas las necesidades que se tienen en el sistema y complementadas con las ideas de las otras dos alternativas que no fueron seleccionadas, para fortalecer puntos débiles que se tenían con la propuesta original. A continuación, se presenta en la Figura 27 el diseño final de cada uno de los elementos dentro del sistema, en los cuales se detalla una idea general de cómo se pretende que sea construido en el sistema.

**Figura 27****Diseño final del sistema**

*Nota.* Se presenta el diseño final del sistema de acuerdo a criterio de los autores.

**Diseño de los sistemas a implementar**

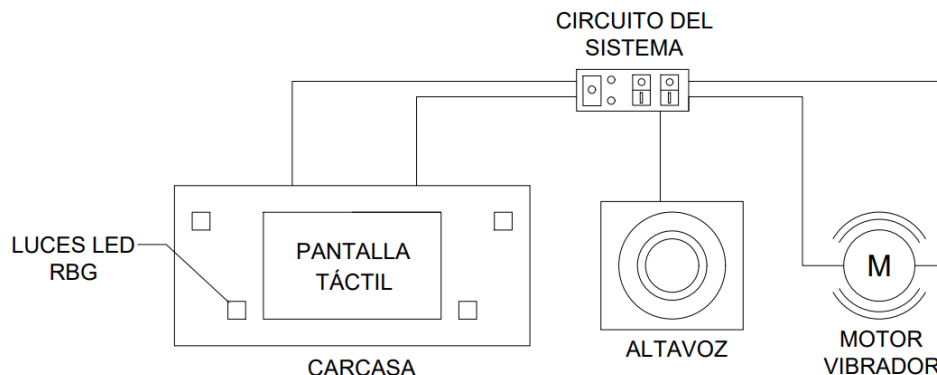
En este apartado se describirá las ideas de los autores con respecto al sistema y el diseño que tendrá cada uno de los subsistemas como son el sistema de alerta temprana, monitoreo y control. Para la alarma temprana se contempla la idea de incorporar 3 alertas, con respecto al sistema de monitoreo, se tiene planeado utilizar una pantalla táctil y finalmente para el sistema de control, se pretende utilizar un control a través de relés para apagar el vehículo. Estas ideas serán detalladas minuciosamente en los siguientes apartados.

**Diseño del sistema de alarma temprana**

Para la alerta temprana se consideró que las tres alertas fundamentales, las cuales son la alerta auditiva, sensorial y visual, serían lo suficientemente eficaces a la hora de alertar de alguna falla al conductor, de una manera oportuna, para que el conductor pueda corregir las fallas y así evitar cualquier daño grave en el motor. En la Figura 28, se muestra una idea de cómo se pretende que se desarrolle el sistema de alerta temprana. En los siguientes puntos se explicará el diseño de cada subsistema y sus componentes de una manera más detallada.

## Figura 28

### Diseño del sistema de alerta temprana



*Nota.* Se observa el diseño del sistema de alerta temprana.

**Diseño de alerta auditiva.** Con respecto a la alerta auditiva se planteó la idea de utilizar parlantes externos a los del vehículo, para poder reproducir un audio con la voz computarizada de una persona, con la finalidad que el conductor preste una mayor atención y se sienta más familiarizado con la voz, a diferencia de un audio que solo alerte y pueda pasar desapercibido por el conductor. Esta alerta se planificó que suene lo suficientemente fuerte para que el conductor lo tome en consideración. Además, esta alerta va a estar dividida tanto para el sistema de alimentación de aire como para el de combustible. En el cual se pretende crear un audio con la voz de una mujer para el sistema de alimentación de combustible, mientras que para el sistema de alimentación de aire se planteó que se va a producir un audio con la voz de un hombre. Esto con la finalidad de que en caso de alguna eventual falla de cualquiera de los dos subsistemas se pueda tener una noción dentro del cual se encuentra el problema, tratando así de reducir el tiempo de diagnóstico de la falla.

**Diseño de alerta visual.** En la parte de la alerta virtual se propuso incorporar módulos leds que sean compatibles con arduino y que sean lo suficientemente fuertes a nivel visual para que puedan alertar al conductor. Se planteó incorporar los módulos leds en la carcasa donde

va la pantalla, alrededor de la misma para que estos sean llamativos y realcen la estética de la carcasa. Esta carcasa debe ir ubicada en un lugar que sea de fácil visualización para el conductor, pero que a su vez no interfiera ni cree una distracción al conductor, todo esto basándose en normativas y reglamentos de tránsito vigentes. Los módulos leds van a tener la disposición de una luz verde cuando el sistema se encuentre en un rango normal de funcionamiento, mientras que se pongan de color rojo cuando alguno de los parámetros medidos por los sensores, se encuentren fuera de los rangos de funcionamiento o en valores críticos, esto con la finalidad de que el conductor sepa diferenciar un funcionamiento normal de una falla en el sistema.

**Diseño de alerta sensorial.** Para la alerta sensorial se ideó la utilización de módulos de motor vibrador que sean compatibles con Arduino, los motores vibradores deben ser capaces de vibrar lo suficiente para que el conductor sea alertado de la falla y que este no ignore las alerta. Estos módulos de vibración se pretenden que estén distribuidos tanto en el asiento del conductor como en el espaldar, y van a tener un mismo nivel de intensidad de vibración y que serán activas únicamente cuando exista una falla en el vehículo.

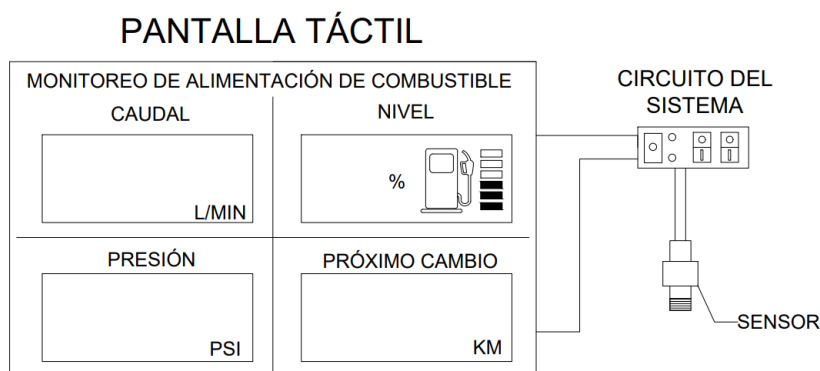
### ***Diseño del sistema de monitoreo***

El monitoreo es una parte muy fundamental del sistema ya que se planea que se encuentre monitoreando constantemente y en tiempo real todos los valores que arrojen los sensores instalados y las señales complementarias que se toman del mismo sistema de alimentación. Estos valores serán gestionados por un controlador que en este caso se propuso la utilización de una placa Arduino Mega, en el cual se va a introducir los rangos de funcionamiento normal de cada sensor y en caso de algún valor anormal o falla, este activará todas las alertas propuestas, y en caso de que la falla persista, el controlador tendrá la potestad de apagar el motor del vehículo después de un lapso de tiempo prudencial en caso de que el conductor ignore todas las alertas y advertencias presentadas.

Además, todos los datos recolectados por el controlador serán visualizados en una pantalla que posteriormente será seleccionada, en los cuales se mostraran los diferentes valores de presión, flujo, caudal, entre otros que pertenecen al sistema de alimentación aire-combustible, además se pretende incorporar en la pantalla un apartado de bitácora en donde se podrá ingresar de manera manual el kilometraje con el que cuenta el vehículo y este será almacenado y realizará un cálculo de los próximos 5 cambios de filtros de aire y de combustible y que estarán visibles en la pantalla con los demás valores de los sensores. En la Figura 29 se presenta una idea de cómo se va a implementar el sistema de monitoreo.

**Figura 29**

*Diseño del sistema de monitoreo*



*Nota.* Se presenta los elementos ideados para el sistema de monitoreo.

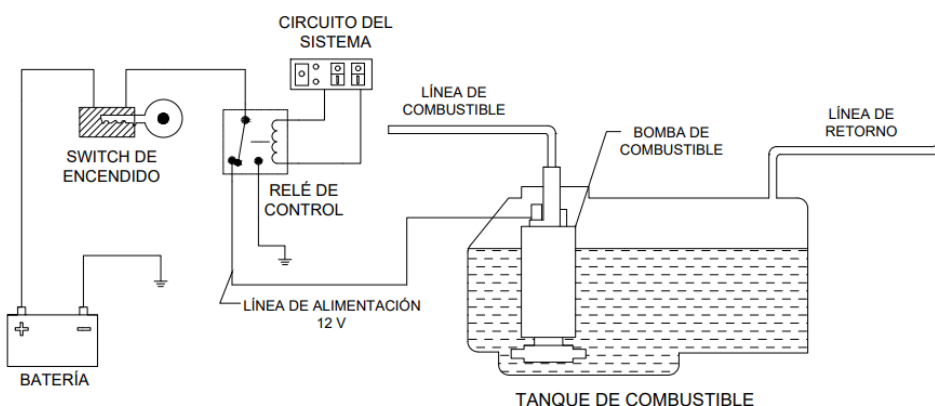
### ***Diseño del sistema de control***

En cuanto a la parte de control del sistema de control, se decidió controlar la alimentación de la bomba de gasolina del motor como se observa en la Figura 30, la cual será controlada por la placa Arduino. Este control vendrá acompañado con una ventana de alerta incorporado en la pantalla en la cual se tendrá la opción de si seguir conduciendo con la falla o no, en caso de no desear seguir conduciendo, se deberá orillar de inmediato ya que el vehículo se apagará dentro de los próximos 15 segundos. Y en caso de que se seleccione la opción de

continuar, empezará un conteo de 3 minutos, en los cuales las alarmas se desactivarán y el conductor tendrá la posibilidad de seguir conduciendo, en caso de que la falla persista, en el lapso antes mencionado se apagará automáticamente el vehículo, hasta que pase un lapso de 15 segundos en donde el conductor tendrá la posibilidad de volver a encender nuevamente el automotor.

### Figura 30

#### *Diseño del sistema de control*



*Nota.* Se presenta el diseño final del sistema de control de acuerdo a criterio de los autores.

#### **Diseño del circuito del sistema implementado**

El circuito es una de las partes más fundamentales dentro del sistema, ya que prácticamente es la parte que maneja y controla todo el sistema, es por esto que se debe diseñar de una manera correcta tomando en cuenta todas las consideraciones y necesidades de los autores. A continuación, se va a exponer de forma detallada cada uno de los parámetros y criterios que se utilizaron para realizar el diseño de cada una de las partes del circuito.

#### ***Diseño del circuito eléctrico***

El diseño del circuito y disposición de los componentes claves del sistema de alarma temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación se llevó a cabo de acuerdo a los



elementos electrónicos considerados para realizar las mediciones dentro del sistema. Para esto se utilizó un programa especializado en diseños de circuitos eléctricos. El sensor de flujo de combustible por lo general cuenta con 3 pines, es decir vcc que es la alimentación de 5 voltios, la tierra (GND) y la transmisión de datos, que lleva la información real obtenida por este medidor, esta señal eléctrica irá conectada al pin 2 de la placa Arduino Mega. La señal del sensor MAF va a estar conectada en el pin A0, la señal del flotador del nivel de combustible va conectado en el pin A1, el cable de señal del sensor IAT se conectará en el pin A2 y por último la señal del transductor de presión irá conectada en el pin A4 de la placa Arduino Mega, cabe recalcar que todas estas señales son analógicas a excepción de la señal del medidor de flujo.

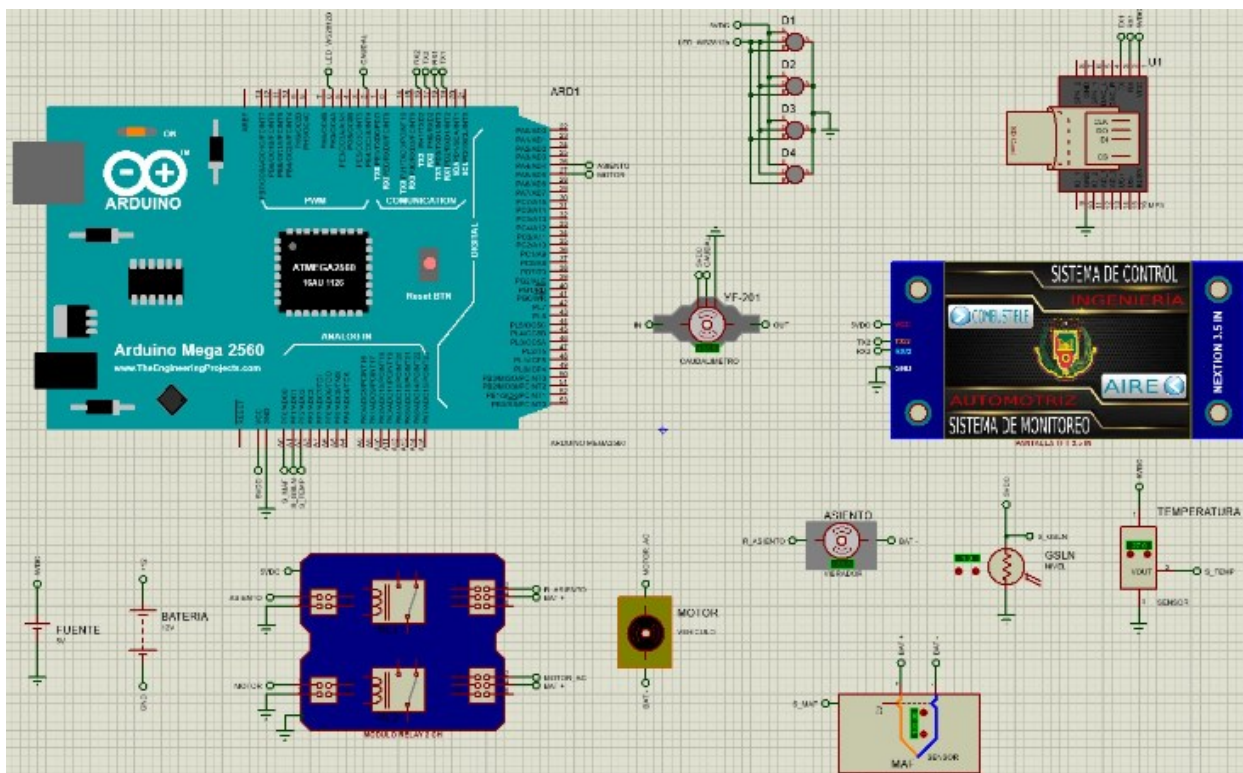
Además, para complementar las mediciones se propuso implementar la velocidad del aire de entrada que va a ser un valor calculado por medio de una fórmula. Esta fórmula va a ser calculada por el microcontrolador arduino. De igual manera va a ser calculada en tiempo real ya que la fórmula está hecha en base a la señal del sensor MAF y del área transversal del tubo de admisión del aire.

Para la alarma auditiva se analiza utilizar un módulo de reproducción de audios MP3 compatible con Arduino, el cual va conectado a los pines 18 y 19 de comunicación del Arduino, además de 5 voltios y tierra. Para la alarma sensorial de acuerdo a las alternativas se planteó la utilización de motores vibradores, los cuales están situados en puntos estratégicos del asiento del conductor y estos requieren de un relé para su activación la cual es activada por una señal digital en el pin 26, para la alarma visual se instalará módulos leds RGB, los cuales necesitan alimentación, tierra que toman de una línea común dentro del circuito y la señal de activación la cual proviene del pin 6. Para el control se planteó la utilización de un relé el cual será conectado a la alimentación de la bomba de combustible del automóvil, para cortar el suministro de combustible y así evitar daños futuros al motor del vehículo, el pin que da esta señal para la conmutación de este relé es el 27. Para el monitoreo de las señales de entrada se

presentará en una pantalla, la cual se planea que tenga una alimentación de 5 voltios, tierra y es comunicada con el microcontrolador por el pin 16 y 17. En la Figura 31 se puede observar el diseño y simulación del circuito.

**Figura 31**

*Diseño final del circuito del sistema*



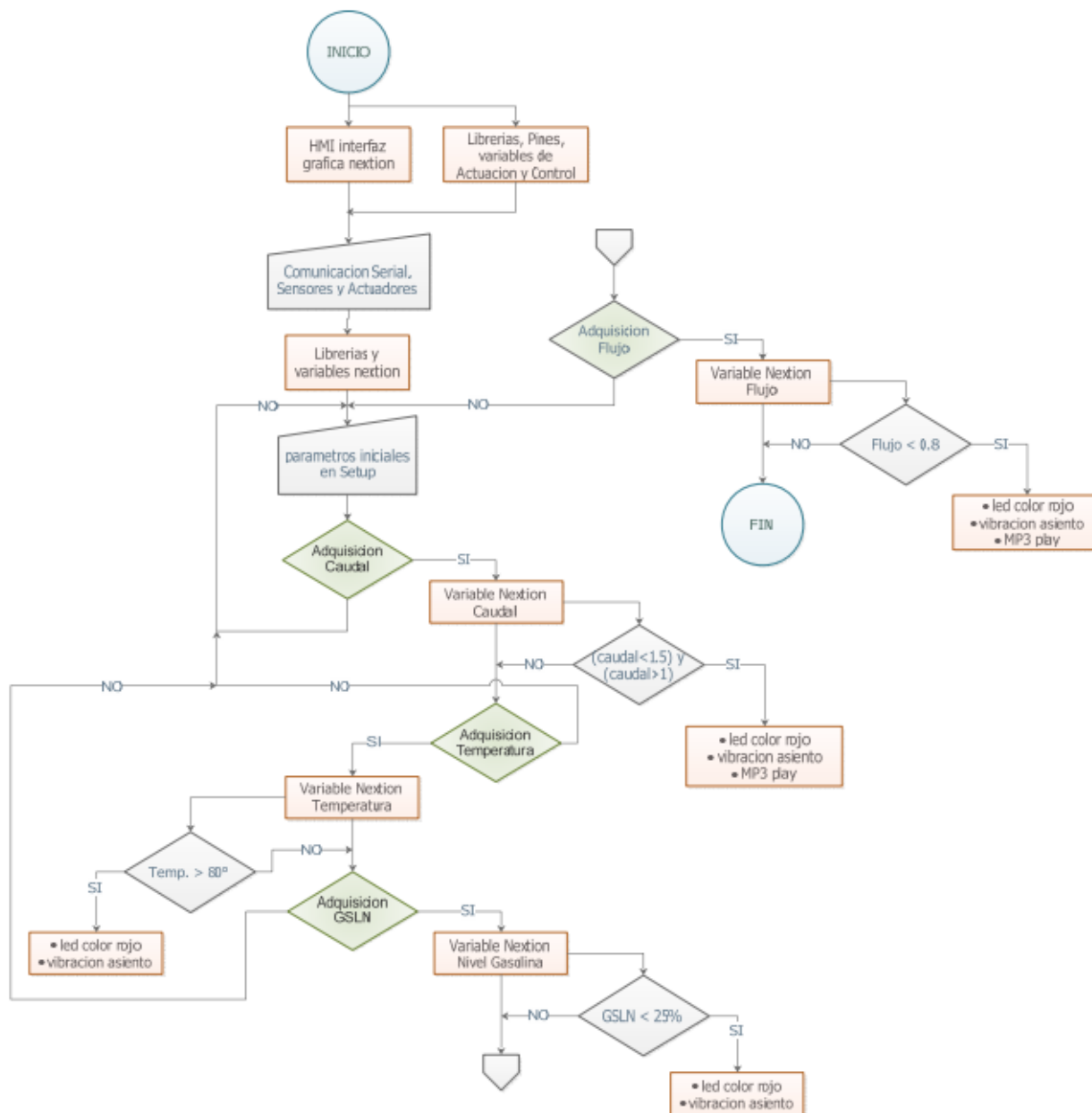
*Nota.* Se presenta el diseño final del circuito del sistema en un software especializado.

### **Diseño del software**

El software desarrollado en esta alarma fue desarrollado en el microcontrolador Arduino mega, este microcontrolador procesa las señales recibidas de los sensores y las compara con valores preestablecidos, la usa para monitorear los datos mediante una pantalla y alarma al conductor de algún desperfecto en el sistema de alimentación aire-combustible, el proceso que realiza los sensores se presenta en la Figura 32.

Figura 32

Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema



*Nota.* Se presentan todas las acciones lógicas que va a realizar el circuito del sistema.

El proceso que tiene la alarma para monitorear el sistema de alimentación del vehículo en primer lugar se da la interfaz de la pantalla seguidamente se da la comunicación de los

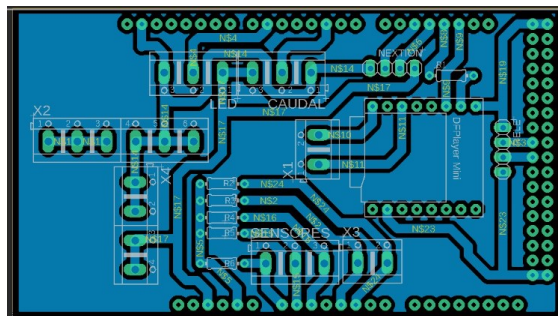
sensores y actuadores, para el flujo de aire si el voltaje de señal es menor a 1.8 se enciende el led color rojo, vibración del asiento y la alarma auditiva si es mayor a 1.8 termina el ciclo, para el caudal de combustible, si es menor a 1.2, se procede activar las alarmas auditiva, visual y sensorial, para el sensor de temperatura si la temperatura es mayor a 80 se alerte mediante led rojo y vibración del asiento, de igual manera si el nivel del tanque de combustible es menor a un cuarto de combustible se informará al conductor y por último sí la presión de combustible dentro del sistema es menor a 36 psi se activaran las diferentes alertas, todos estos parámetros fueron planteados por los autores de acuerdo a su criterio y a una investigación de los parámetros de funcionamiento normal, consultado en el manual del vehículo.

### ***Diseño de la placa de circuito impreso del sistema***

Una vez diseñado el circuito eléctrico del sistema en base a los parámetros y necesidades esenciales del sistema, se procedió a elaborar el diseño de la placa de circuito impreso del sistema, esta placa está elaborada con el mismo software, con el que se creó el diseño del circuito eléctrico. El diseño de la placa es muy fundamental ya que en ella irán soldados los componentes eléctricos y electrónicos del sistema, es por esto que es necesario que este diseño sea el más adecuado y óptimo con respecto al tamaño de las pistas de conexión y de la distribución adecuada de todos los componentes, ya que estos van a repercutir en la construcción final de la placa, debido a que también van a influir en el tamaño de la placa y la maniobrabilidad a la hora de realizar las conexiones de los sensores y actuadores con el circuito final como se puede observar en la Figura 33. Cabe recalcar que el diseño debe estar centrado en que se ocupe el menor espacio posible dentro del habitáculo del vehículo, ya que no debe presentar molestias ni incomodidad al conductor ni a sus pasajeros, además que es poco el espacio libre que se tiene dentro del habitáculo para poder ubicar de manera segura el circuito eléctrico y que este no pueda ser manipulado por persona que no tengan conocimiento sobre su funcionamiento y puedan llegar a malograr o dañar el sistema.

### Figura 33

*Diseño final de la placa PCB del sistema*



*Nota.* Se puede observar el diseño de la placa PCB que se utilizará para la elaboración del circuito.

### Construcción e implementación del sistema

Para la construcción del sistema de alerta temprana, control y monitoreo del sistema de alimentación del motor de vehículo es necesario tomar en consideración todos los parámetros, requerimientos y necesidades antes mencionadas, además de seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que se van a utilizar dentro del sistema. Para esto ya se realizarán los respectivos cálculos y se tomarán importantes consideraciones para que la construcción final del sistema, se logre de una manera fácil, rápida y correcta. A continuación, se va a detallar el proceso de selección y construcción de todos los elementos que componen al sistema y las diferentes adaptaciones que se hizo dentro del sistema para que este funcione con normalidad.

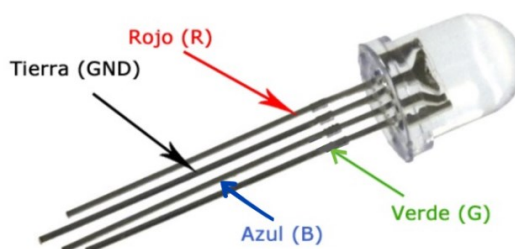
### **Selección de componentes del sistema**

Para el presente trabajo de integración curricular se utilizarán varios componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que ayudarán a obtener datos del sistema de alimentación de aire-combustible y a la vez encender los diferentes actuadores como altavoces, leds, entre otros.

**Módulo led RGB.** Es un componente electrónico que emite luz son conocidos como RGB por los colores que utilizan para realizar diferentes colores estos son red, blue, green. En el presente trabajo se utiliza como alarma visual para alertar al conductor que hay un desperfecto en el sistema de alimentación aire combustible. En la Figura 34 se detalla de acuerdo al led que número de pata se encuentra especificado el color.

**Figura 34**

*Led RGB*

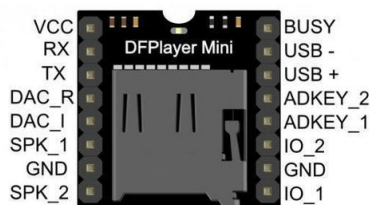


*Nota.* En la figura se observa el led RGB. Tomado de (Zaragoza, 2018)

**Módulo Df player mini mp3.** El módulo df player mini mp3 es el encargado de reproducir el audio a través de la lectura de una tarjeta de memoria en la Figura 35 se detalla el pinout del componente y cuáles son sus conexiones. En el presente proyecto se utiliza para reproducir dos mensajes de alerta uno para el circuito de alimentación de aire y el otro para el circuito de alimentación de combustible.

**Figura 35**

*Módulo Df player mini mp3*



*Nota.* En la figura se observa los pines del módulo df play mini mp3. Tomado de (Lozano, 2021)

Para tomar en cuenta la programación e instalación de la alarma auditiva se debe conocer ciertas especificaciones que tiene este componente eléctrico. Las especificaciones que tiene este dispositivo se encuentran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Especificaciones del módulo df play mini mp3*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Tensión de Funcionamiento	3.3 - 5 Voltios
Memoria Compatible	32 Gb máx.
Formato de audio	Mp3, WAV, WMA
Número máximo de canciones	255
Volumen	30 niveles ajustables
Ecuilización Ajustable	6 niveles

*Nota.* En la tabla 3 se puede observar los valores de trabajo del df play mini mp3. Tomado de (Lozano, 2021)

**Altavoz.** Los altavoces son componentes electrónicos que ayudan a amplificar el sonido. En el presente trabajo se utilizó para alertar al conductor del fallo del sistema de alimentación del motor de vehículo, es conectado al módulo df play mini mp3 y este a su vez va a estar manejado por el microcontrolador Arduino Mega, esto ayuda para que se efectúe de una manera correcta la alarma auditiva. Existen altavoces de diferentes tamaños, formas y potencias, para esta alarma se escogió altavoz el cual permita escuchar de una manera óptima las alertas que se van a implementar en el sistema. En la Figura 36 se puede observar el tipo de altavoz que se va a utilizar en el sistema.

**Figura 36**

*Altavoz*



*Nota.* En la figura se observa el altavoz. Tomado de (Cetronic, s.f.)

**Motores de vibrador.** Es un dispositivo electrónico que gira sobre su propio eje para dar sensación de vibrador en la parte donde se encuentre ubicada este componente ayudará a dar una alarma sensorial en el espaldar y muslos del conductor cuando el sistema de alimentación este teniendo un mal funcionamiento. Estos motores de vibrador como en la Figura 37 se conectan varios en el asiento del conductor.

**Figura 37**

*Módulo de motor de vibrador*



*Nota.* En la figura se observa el motor de vibrador. Tomado de (Amazon, s.f.)

Para la instalación de estos motores vibradores se debe conocer las especificaciones para que funcionen correctamente. Especificaciones principales como la tensión de alimentación y consumo de amperaje, estas se muestran en la Tabla 4.



**Tabla 4***Especificaciones del motor de vibración*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Tensión de Funcionamiento	3 - 5 Voltios
Consumo de corriente	74 mA - 130 mA
Dimensiones	D: 8mm G: 3.2 mm
Peso	1 g
Temperatura de funcionamiento	-20°C - 70°C
Velocidad del rotor	11000 rpm

*Nota.* En la tabla 4 se puede observar los valores de trabajo del motor de vibrador tomado de (Amazon, s.f.)

**Pantalla Nextion NX4832T035.** Como se ilustra en la Figura 38, la pantalla táctil Nextion es un dispositivo electrónico que permite observar y controlar algún proceso con el ser humano esta pantalla multifuncional ayudará a monitorear los diferentes sensores utilizados para la alarma de monitoreo y control. Entre sus características principales es que es una pantalla táctil, de 3.5 pulgadas y su comunicación es muy sencilla.

**Figura 38***Pantalla Nextion*

*Nota.* En la figura se observa la pantalla Nextion. Tomado de (Novatronic, s.f.)

Las especificaciones de este tipo de pantalla se pueden observar en la Tabla 5. La tabla contiene parámetros como consumo de amperaje, alimentación, capacidad, etc.

**Tabla 5**

*Especificaciones de la pantalla Nextion NX4832T035.*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Resolución	480 x 320
Pines	4
Tensión de funcionamiento	5 voltios
Consumo de corriente	145 mA

*Nota.* En la tabla se puede observar los valores de trabajo de la pantalla Nextion NX4832T035.

Tomado de (Amazon, s.f.)

**Sensor de flujo YFS-401.** Como se indica en la Figura 39 es un sensor de flujo que permite calcular el caudal está compuesto de una carcasa plástica, un rotor y un circuito de sensor efecto hall. A través de frecuencia envía una señal eléctrica por uno de sus tres cables los cuales son de señal, alimentación y tierra. El caudalímetro nos ayudará a medir cuánto caudal pasa por la línea de combustible.

**Figura 39**

*Medidor de flujo de combustible*



*Nota.* En la figura se observa el sensor de flujo yfs-401.

En la Tabla 6 se puede observar las especificaciones del caudalímetro para su correcta instalación y programación. Entre los valores especificados está el consumo de corriente, alimentación, etc.

**Tabla 6**

*Especificaciones del sensor de flujo yfs-401*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Tensión de funcionamiento	5 – 18 Voltios
Consumo de corriente	15 mA
Presión máxima	0,8 MPa
Caudal de Trabajo	0,3 – 6 L/min
Temperatura de funcionamiento	-25°C - 80°C

*Nota.* En la tabla se puede observar los valores de trabajo del sensor de flujo. Tomado de (Amazon, s.f.)

**Sensor de presión G1.** El sensor de presión contiene un transductor que es el que ayuda a convertir la presión en una señal eléctrica tiene aplicaciones en fluidos no corrosivos como aire, gas, combustible como es en el caso de este trabajo de integración curricular, este va a ir ubicado en la línea de combustible que va desde la bomba de combustible hacia los inyectores. Como se indica en la Figura 40 consta de 3 cables una de señal, alimentación y tierra. Es alimentado con 5 voltios. Sirve para medir la presión con la cual llega el combustible. Cuenta con un conector que une el cuerpo del sensor de presión con los cables, para una fácil manipulación del mismo. Además, cuenta con un seguro que permite fijar de manera segura y en la posición correcta el conector. Este sensor cuenta con las características necesarias y se adapta los parámetros del motor, permitiendo soportar las presiones del motor.

**Figura 40***Sensor de Presión*

*Nota.* En la figura se observa el sensor de flujo yfs-401. Obtenido de (Amazon, s.f.)

La correcta instalación requiere de conocimientos básicos de los parámetros con en el que funciona este sensor. En la Tabla 7 se muestran las especificaciones de alimentación, consumo de corriente, etc.

**Tabla 7***Especificaciones del sensor de presión G1*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Tensión de funcionamiento	5 voltios
Tensión de señal	0.450 – 4.5 Voltios
Consumo de corriente	10 mA
Presión de destrucción	3 MPa
Presión máxima	1,5 MPa
Dimensión de rosca	¼ pulgada
Temperatura de funcionamiento	0°C - 85°C

*Nota.* En la tabla 7 se puede observar los valores de trabajo del sensor de flujo. Tomado de (Amazon, s.f.)

**Sensor MAF.** Para el sensor de caudal de aire se utiliza el sensor instalado originalmente en automóvil, el cual consta de 3 cables que son alimentación, señal y tierra. El sensor funciona a través de un hilo caliente el cual se enfría por la entrada de aire y a través de unas resistencias manda la señal eléctrica hacia el microcontrolador, este sensor ayudará a medir cuánto aire ingresa al motor del vehículo. En la Figura 41 se observa cómo es un sensor MAF en este caso incluye el sensor IAT en el mismo circuito.

#### **Figura 41**

*Sensor MAF*



*Nota.* En la figura se observa el sensor MAF. Obtenido de (Autosensores, s.f)

**Sensor IAT.** El sensor IAT es el que mide la temperatura del aire a la entrada antes del cuerpo de aceleración, constan de 2 cables el uno es de alimentación y el otro de señal comúnmente viene integrado en el sensor MAF como se observa en la figura 28, para este sensor se utiliza el instalado originalmente. Este sensor funciona como un termistor y envía la señal a través de unas resistencias que contiene.

**Flotador de nivel de combustible.** El flotador unido a una resistencia es el que indica en qué nivel del reservorio de gasolina esta señal se toma del sensor original. Esta señal ayudará para dar una protección a la bomba de combustible. El flotador cuenta con una palanca metálica como se observa en la Figura 42.

**Figura 42**

*Flotador de combustible*



*Nota.* En la figura se observa el flotador. Obtenido de (Mansuera, s.f)

**Acople T.** Como se observa en la Figura 43 es un elemento mecánico que ayudará a soportar el sensor de presión y mediante una adaptación con mangueras para el paso de combustible. La rosca del acople debe ser de un cuarto de pulgada para que no exista ninguna fuga de presión ni de fluido.

**Figura 43**

*Acople tipo T*

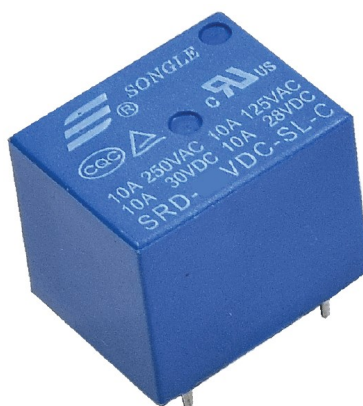


*Nota.* En la figura se observa el acople T adaptado por los autores.

**Relé.** Es un elemento eléctrico el cual funciona como interruptor, pero es accionado por un paso de corriente mediante su bobina interna permitiendo así energizar el circuito. En este trabajo se empleó para la alarma sensorial y para el control de la alarma desactivando la bomba de combustible. Existen diferentes tipos de relés, pero el que se utilizó en este proyecto es como el de la Figura 44.

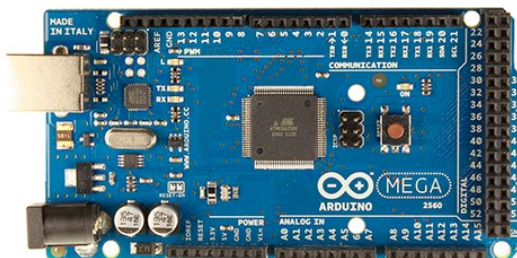
#### Figura 44

*Relé normalmente cerrado*



*Nota.* En la figura se observa el relé. Obtenido de (Todo Eléctrico, 2021)

**Arduino Mega.** El Arduino es la placa programable que se utilizará para controlar la alarma del sistema de alimentación del vehículo. Posee pines de entrada y salida, puede leer datos analógicos como digitales el cual ayudará a comunicarse con los sensores instalados y los que están originalmente en el automóvil, ayudará a comunicarse con la pantalla táctil para monitorear los datos de los sensores y podrá activar los mecanismos de alerta tanto como visual, sensorial y auditiva que ayudarán a alertar al conductor de posibles fallas dentro del sistema de alimentación aire - combustible. En la Figura 45 se puede observar sus diferentes tipos de entrada y su conexión con la alimentación eléctrica.

**Figura 45***Arduino mega*

*Nota.* En la figura se observa la placa programable de Arduino Mega. Tomado de (Amazon, s.f.)

Existen varias placas programables con diferentes especificaciones y funciones de trabajo. Las especificaciones de la placa Arduino mega está en la Tabla 8 como la tensión de trabajo, pines, memoria, etc.

**Tabla 8***Especificaciones de arduino mega*

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>
Tensión de funcionamiento	5 voltios
Voltaje de entrada	7 – 12 Voltios
Pines Digitales	54
Pines analógicos	16

*Nota.* En la tabla se puede observar los valores de trabajo del sensor de flujo. Tomado de (Amazon, s.f.)

**Cable calibre 20.** Es un conductor eléctrico el cual nos ayuda a transmitir las señales de los diferentes sensores hacia el microcontrolador existen de varios calibres, pero el



seleccionado es el más óptimo para la alarma propuesta ya que es fácil de usar y resistente. Existen de varios colores, pero se ha escogido transparente para las señales rojo para la alimentación y negro para la tierra. Como se observa la Figura 46 es un cable normal y en este caso de recubrimiento de color negro.

### Figura 46

*Cable calibre AWG #20*

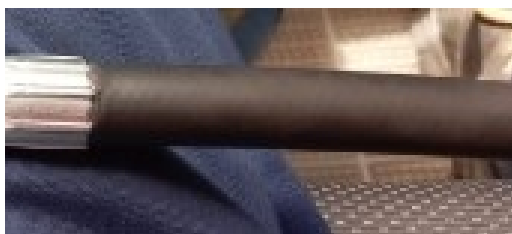


*Nota.* En la figura se observa el cable calibre 20. Tomado de (Eytsa, s.f.)

**Manguera.** Como se observa en la Figura 47 es un tubo flexible que ayuda al transporte de fluido en este caso sirve para adaptar los dos sensores colocados en la línea de combustible como es el caudalímetro y el de presión estas mangueras son específicamente para combustible para que no exista pérdida de fluido ni de presión en el automóvil.

### Figura 47

*Manguera para combustible*



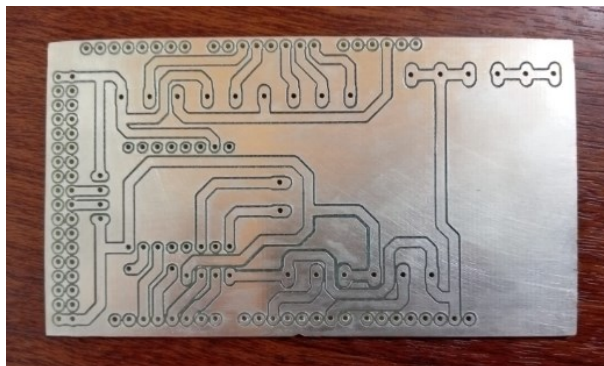
*Nota.* En la figura se observa la manguera para combustible utilizada en el proyecto.

### ***Construcción de la placa del circuito impreso del sistema***

Basándose en el diseño y simulaciones realizadas del circuito, además de los diseños anteriormente hechos en un software especializado, se comenzó con la elaboración y manufactura de la placa PCB. En este proceso se utilizó una lámina de cobre con revestimiento para circuitos eléctricos, para dar una mejor presentación al sistema, además de una mejor seguridad, ya que este tipo de láminas con revestimiento, ayudan a proteger al circuito en caso de la presencia de energía estática, previniendo así posibles daños y posteriores fallas en el funcionamiento del circuito.

Para el mecanizado de la placa PCB se utilizó una máquina herramienta especializada en este tipo de circuito. Se utilizó una máquina fresadora CNC especializada para la elaboración de circuitos eléctricos, gracias a que cuenta con 3 ejes, es la opción más rápida y efectiva para realizar este procedimiento, ya que cuenta con una gran exactitud al momento de elaborar las pistas de conexión del circuito. Una vez mecanizado de la placa PCB como se puede ver en la Figura 48, la placa cuenta con perfectos acabados, además de un preciso corte de las pistas de conexión. Finalmente se procedió a realizar el corte de excedente de material que quedaba alrededor del circuito, con la finalidad de reducir al menor tamaño la placa.

Además, en el diseño original de esta placa se tuvo planificado que sirviera como una placa tipo Shield, la intención de que los autores hayan tomado esa decisión es que este tipo de placas van montadas encima del microcontrolador, en este caso sería el Arduino Mega, con la finalidad de ahorrar espacio y compactar todo el circuito, evitando que se utilicen cables de conexión entre la placa y el arduino, es decir que se conecten directamente la placa y el Arduino, así reduciendo aún más su tamaño. Al concluir con la fabricación se realizaron las respectivas mediciones de la placa, dando como resultado, 11 cm de largo y 5,4 cm de ancho, que se ajustan perfectamente a la placa para que pueda ir montada en la parte superior del Arduino mega.

**Figura 48***Placa PCB del circuito del sistema*

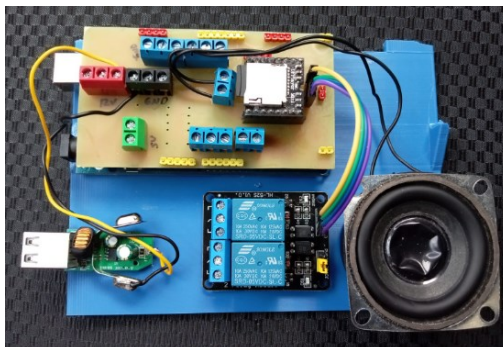
*Nota.* Se observa la manufactura final de la placa PCB donde van soldado los componentes.

***Construcción del circuito***

La parte esencial del sistema es el circuito eléctrico, ya que este circuito es el eje central en el cual van a entrar las señales de los sensores, señales complementarias, la fuente de alimentación, y del cual van a estar conectadas las diferentes alertas e información de los datos proyectados en la pantalla. En base al diseño de la placa PCB y los elementos ya seleccionados anteriormente, se procedió a soldar los elementos eléctricos y electrónicos en la placa para que estos queden completamente fijos en la misma, como se puede visualizar en la Figura 49, además se colocó borneras de sujeción, para que todos los cables que vayan conectados en la placa del circuito final, queden de igual manera completamente fijos y no provoquen problemas a los demás componentes ni se desconecten cuando se encuentre en marcha el vehículo. Cabe recalcar que este circuito se construyó en base a diseños para que esta pueda ser ubicada de manera precisa en un compartimiento ubicado en el salpicadero del vehículo, para que no interfiera en el entorno del habitáculo del vehículo, además de que no se encuentre al alcance de personas que no estén capacitadas o no tengan el conocimiento necesario para manejar el circuito.

## Figura 49

*Circuito final de la placa del sistema*



*Nota.* Se elaboró y soldó todos los componentes eléctricos y electrónicos del sistema.

### **Construcción del acople para el riel de inyectores**

Para poder realizar el acople del sensor de presión y el medidor de caudal de combustible con el riel de inyectores, los autores tuvieron que realizar diferentes mediciones y comprobaciones con diversas ubicaciones alrededor del motor, en donde la ubicación planteada y seleccionada fue la más óptima. Esta ubicación se encuentra en la línea del combustible, entre el filtro de combustible y la entrada del riel de inyectores, esta locación es adecuada ya que cuenta con un espacio amplio para poder realizar manipulaciones y maniobras de una manera fácil y sin complicaciones, además que la instalación de este acople no afectará ni molestará el funcionamiento normal de los elementos del motor.

Para este acople se optó por la utilización de manguera de combustible de 3/8" de diámetro interno, y un largo de 380 mm. Con la ayuda de un acople en T de latón, se hizo un corte intermedio en la manguera para gasolina y se remachó sus extremos al acople tipo T para que quede completamente seguro y no exista ninguna fuga de combustible en la parte del acople. En la intersección sobrante se colocó el sensor de presión que se lo enroscó con la llave de la medida adecuada y se lo colocó con ayuda de cinta teflón para que todo quede hermético y no existan fugas por esa parte del acople.

De igual manera para la colocación del medidor de caudal de combustible, se procedió a realizar un corte intermedio de la manguera para que se pueda ingresar el medidor de caudal, en este caso, por ser de un material plástico, se optó por la utilización de abrazaderas de cremallera reforzada, esto con la finalidad de evitar daños en la carcasa del caudalímetro debido a la fuerza ejercida para tratar de hermetizar el sistema, esto se lo realizó con el mayor cuidado posible. Finalmente, para poder lograr la instalación del acople final con el riel de inyectores y el filtro, se utilizó de igual manera abrazaderas de cremallera reforzada como se visualizar en la Figura 50, ya que las mismas proporcionan un ajuste seguro para no existan fugas de combustible y no se pierda presión en la línea, provocando así errores en las mediciones finales. Se observó que la implementación de este acople no presentó ningún inconveniente ni funcionamiento anormal dentro del sistema.

### **Figura 50**

*Acople para el riel de inyectores*



*Nota.* Se construyó el acople final que va incorporado entre el riel de inyectores y el filtro.

### **Construcción de la alarma temprana**

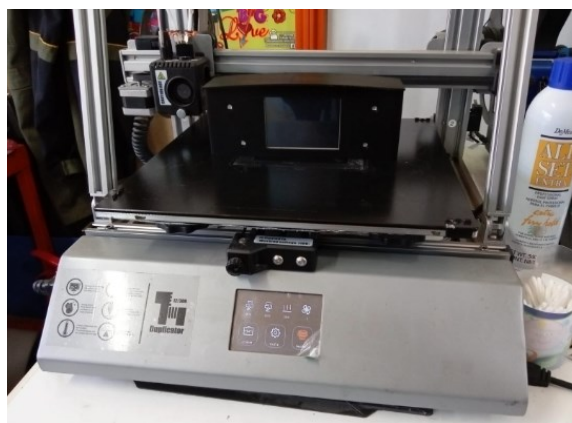
Con respecto a la parte de las alertas se detallarán de manera individual, información acerca de la construcción, ya que las mismas se encuentran en diferentes partes dentro del habitáculo del vehículo. Además, se detalla la construcción final del circuito, las respectivas conexiones de los sensores y señales complementarias con el circuito principal y la fabricación de la carcasa donde van a ir ubicado los módulos led RGB de la alerta visual. De igual manera

se presentarán las imágenes que se visualizarán en la pantalla y que a su vez son las que observará el conductor.

**Construcción de la alerta visual.** Para la construcción de la carcasa donde van alojados los módulos leds RGB y la pantalla, se hizo el respectivo diseño y modelado en un programa CAD en el cual se le dio el óptimo dimensionamiento para que los elementos puedan estar ordenados de una manera correcta. En la carcasa de acuerdo al diseño se implementaron cuatro agujeros, en los cuales van a ir ubicados los módulos leds. Para realizar la fabricación de la carcasa se prefirió la utilización de impresión 3D, debido a que esta tecnología es muy barata además de ser resistente y lo suficientemente ligera para que pueda ser manipulada, además de tener una fácil implementación dentro del vehículo. En la Figura 51 se observa el proceso de impresión 3D de la carcasa que integrará a los módulos leds RGB y a la pantalla Nextion.

### Figura 51

*Impresión de la carcasa*



*Nota.* Se construyó la carcasa que aloja a la pantalla y las luces led.

**Construcción de la alerta auditiva.** En la construcción de la alerta auditiva se implementaron los componentes seleccionados como fueron el módulo Df player mini MP3 y el

altavoz, que gracias a la ayuda del circuito del sistema entrarán en funcionamiento en caso de encontrar una falla, el módulo se encuentra conectado directamente en la placa PCB mientras que el altavoz, cuenta con una conexión a través de cables, pero de igual manera se encuentra fijo a la base principal en donde descansa el circuito del sistema, el módulo con los relés y la conexión de la alimentación. En la Figura 52 se observa la construcción de la alerta.

## Figura 52

### *Construcción de alerta auditiva*



*Nota.* Se observar la soldadura de conexión de los altavoces.

En cuanto a la parte de la alerta auditiva, además se elaboró dos tipos de audios que ayuden en el instante que se detecta una falla y de reducir el tiempo al momento de realizar un diagnóstico por parte del técnico, ya que estos audios se crearon para cada uno de los subsistemas dentro del sistema de alimentación tanto para la alimentación de aire como para la alimentación de combustible. Esto con la finalidad de no confundir al técnico, se crearon dos audios que se detallarán a continuación:

***Audio para el sistema de alimentación de combustible.*** En este caso se produjo un audio, el cual está interpretado con una voz femenina, con el propósito de no confundir con las fallas de los subsistemas y poder diferenciarlas. La leyenda de la voz femenina dice “Alerta, revise el sistema de alimentación de combustible del motor de vehículo”, este es el mensaje

que se recibirá en caso de que algún sensor relacionado con el sistema de alimentación de aire llegase a fallar o detectase algún funcionamiento anormal en el sistema.

***Audio para el sistema de alimentación de aire.*** En cuanto al sistema de alimentación de aire, se creó otro audio con voz masculina, el cual tiene como leyenda que dice “Alerta, revise el sistema de alimentación de aire del motor de vehículo”. Tiene la misma finalidad que el audio anterior, poder diferenciar en que subsistema se produjo la falla y así poder partir con esa base para ayudar con el diagnóstico respectivo del subsistema al técnico o al usuario del vehículo.

***Construcción de la alerta sensorial.*** Para la elaboración de esta alerta se implementaron los módulos de motor vibrador que se encuentran conectados entre sí para que su activación sea al mismo tiempo y con la misma intensidad. Estos módulos vibradores se encuentran distribuidos tanto en el asiento del conductor como en el espaldar, se utilizó 8 módulos de vibración en total, 4 ubicados en la parte del asiento del conductor ubicados en un arreglo tipo cuadrado que abarque todo el asiento del conductor. Y de igual manera, 4 módulos de vibración en la parte del espaldar colocados en un arreglo de cuadra para que abarque la mayor parte del espaldar y pueda el conductor sentir la vibración de la alerta, de una manera óptima y que no presente ninguna molestia al momento que se encuentre manejando.

### ***Construcción del sistema de monitoreo***

En la parte de la construcción del sistema de monitoreo, se centra en dos ejes principales que son la carcasa en donde va a ir ubicado la pantalla Nextion, en la cual se va a poder observar en tiempo real todos los valores monitoreados por los sensores y el otro eje es la elaboración de la interfaz que va a ir integrada en la pantalla, y la cual estará en interacción directa con el conductor, y esta debe ser de un fácil manejo y entendimiento de los ocupantes del vehículo, para que cualquier persona sea capaz de manipular la interfaz del sistema.



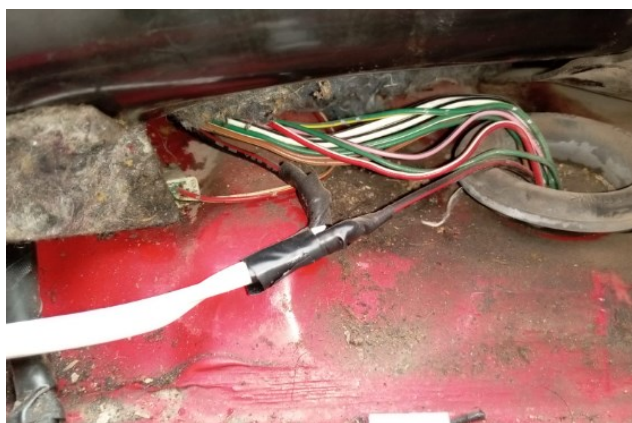
Como se había mencionado anteriormente la carcasa de la pantalla se encuentra elaborada con impresión 3D, de acuerdo a las medidas y requerimientos necesarios del sistema. En cuanto a la elaboración de la interfaz de la pantalla Nextion, se utilizó el software propio de la empresa Nextion, con este software se creó la interfaz final que se va a utilizar.

### ***Construcción del sistema de control***

Para la construcción del sistema de control, solo se implementó una adaptación en la línea de alimentación de la bomba de combustible, a la cual se le realizó un corte en la alimentación principal y se ubicó dos cables que anteriormente se realizó el cálculo respectivo de calibre adecuado del cable de conexión, para que este no provocara ninguna falla dentro del funcionamiento de la bomba como se observa en la Figura 53. Estos cables fueron conectados al módulo relé del circuito; el módulo está controlado por el Arduino Mega y va a entrar en funcionamiento cuando exista una falla.

### **Figura 53**

#### *Construcción del sistema de control*



*Nota.* Se visualiza el corte en la línea principal de alimentación de la bomba de combustible realizado por los autores.

### ***Implementación de la alarma***

La implementación de esta alarma se lo realizó en una camioneta Toyota Hilux 2.7, la alarma se divide en sus componentes de sensores, microcontrolador, y actuadores los cuales están ubicados dentro del habitáculo del vehículo y en el motor.

### ***Implementación de la pantalla y alarma visual***

La pantalla se instaló en una base impresa en 3D para proteger de la suciedad del ambiente, está ubicada al lado del panel de control por encima de la radio, con la finalidad de que se pueda observar tanto el conductor y copiloto. La Figura 54 indica como en esta misma base se instaló los focos RGB que están en las cuatro esquinas, el cual indican el estado del sistema de alimentación aire combustible.

### **Figura 54**

#### *Instalación de la pantalla*



*Nota.* En la figura se observa donde se encuentra ubicada la pantalla y la alarma visual.

### ***Implementación del sensor de flujo***

El sensor de flujo se encuentra en el motor, por la línea de combustible que pasa de la bomba de combustible hacia los inyectores, como se indica en la Figura 55, después del filtro de combustible este sensor se lo adapto a través de manguera y abrazadera plástica.

**Figura 55**

*Instalación del sensor de flujo*



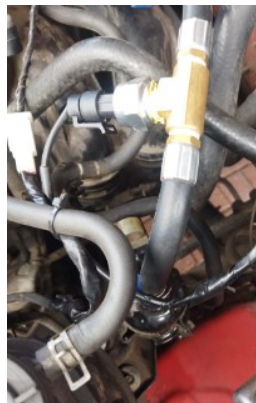
*Nota.* En la figura se observa donde se encuentra el sensor de flujo.

***Implementación del sensor de presión***

El sensor de presión se encuentra en el motor, por la línea de combustible que pasa de la bomba de combustible hacia los inyectores después del filtro de combustible, como se observa en la Figura 56. Este sensor se lo adapto a través de un acople "T" que es específicamente para fluidos para que no altere el sistema y no exista fugas, también se lo realizo a través de manguera la cual va hacia los inyectores.

**Figura 56**

*Instalación del sensor de presión*



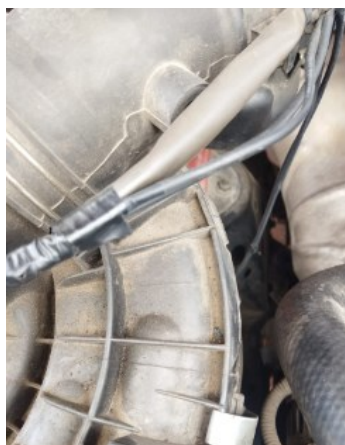
*Nota.* En la figura se observa la ubicación donde se encuentra el sensor de presión.

### ***Implementación de toma de señal del sensor IAT y MAF***

La implementación se le realizó a través de agujas tomando los cables de señal del sensor con cable de calibre número veinte al igual que todas las conexiones de los sensores con sus debidas protecciones con material termo fundente y manguera corrugada como se muestra en la Figura 57.

#### **Figura 57**

*Toma de señal del sensor IAT y MAF*



*Nota.* En la figura se observa donde se encuentra la toma de señal del IAT y MAF.

### ***Implementación de la señal del flotador nivel de combustible***

Al igual que el sensor MAF e IAT se procedió a tomar señal del flotador del nivel de combustible que ya tiene instalado el vehículo originalmente realizando un empalme en el cable correspondiente y llevar el cable hacia el habitáculo. Como se indica en la Figura 58. Este cable se lo encuentra en la tapa de la bomba de combustible es decir en el reservorio de combustible, en el conector principal de la bomba. Una parte de este cable al encontrarse a la intemperie se optó por recubrirlo con material termo contraíble para que tenga una protección adicional en caso que el sol o la lluvia impacten directamente sobre el cable y así no se presenten posibles daños en el mismo y no se obtenga una medición errónea en el sistema por este problema.

**Figura 58**

*Toma de señal del nivel de combustible*



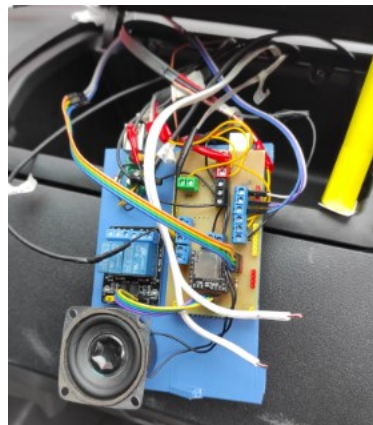
*Nota.* En la figura se observa donde se encuentra instalada la señal del nivel de combustible.

***Implementación del microcontrolador y PCB***

El microcontrolador se instaló en una gaveta original del vehículo, en donde llegará los cables de los sensores instalados, y así poder esconder los diferentes conductores eléctricos para una mayor estética en el habitáculo del vehículo, como se indica en la Figura 59. En la placa PCB se encuentra el circuito para los relés, altavoz, pantalla, leds, motores vibradores.

**Figura 59**

*Implementación del microcontrolador y PCB*



*Nota.* En la figura se observa donde se encuentra la placa PCB y microcontrolador dentro del habitáculo del vehículo.

## Capítulo IV

### Validación del sistema y análisis de resultados

Para la validación del sistema implementado se detalla el protocolo de operación del sistema implementado, además se realizaron pruebas, para reflejar cuantitativa y cualitativamente los logros de este trabajo de integración curricular. Para los sensores originales se los comparó con el scanner automotriz para lograr el correcto monitoreo y así generar el control y alarma temprana en el sistema de alimentación de motor del vehículo. Para los sensores instalados, a través de especificaciones y conocimiento de su estructura, a continuación, se detallan los procesos realizados en cada uno de los subtemas.

#### **Validación del sistema**

Para realizar la validación del sistema, se generó un protocolo de operación del mismo, dentro del cual se van a detallar los pasos y procedimientos de cómo se utiliza el sistema. Además, se indicará el funcionamiento individual de cada uno de los subsistemas, como son el sistema de alerta temprana, monitoreo y control. Finalmente se detallarán las diferentes pruebas que se le realizaron al sistema, con el objetivo de validar el correcto funcionamiento del mismo, para que este nos entregue datos de una manera correcta y acorde al diseño de los autores.

#### ***Protocolo de operación del sistema***

En el protocolo de operación del sistema elaborado por los autores, se describen los pasos que se siguen para operar el sistema de una forma fácil y entendible para el conductor, además de explicar cómo es el funcionamiento de cada uno de los sistemas de alerta, monitoreo y control. Se creó un total de 7 láminas personalizadas dentro de la interfaz de la pantalla. La primera lámina es un fondo que se utiliza para dar un preámbulo acerca del sistema, en este caso en la Figura 60, se presenta una imagen relacionada con el ámbito automotriz y un mensaje de “car service”, que se puede relacionar con un servicio de vehículo y

dar una imagen más profesional y elegante al sistema. En esta lamina el conductor no podrá realizar ninguna acción, ni interactuar con el sistema, ya que esta lámina o pantalla, los autores la categorizan como una pantalla de espera, ya que, gracias a esta se da un espacio de tiempo en el cual se permite inicializar al sistema y que se procese correctamente el código almacenador en la placa Arduino.

### **Figura 60**

*Imagen de inicialización del sistema*

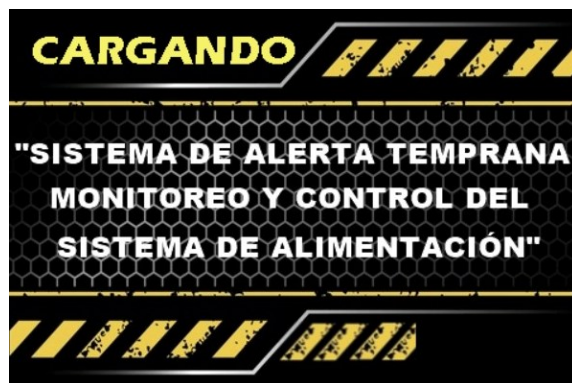


*Nota.* Se utilizó la imagen de presentación para el inicio del sistema.

En la segunda lámina se presenta una pantalla en la cual se muestra el nombre completo del sistema que fue creado, y su leyenda dice “Sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación” como se visualiza en la Figura 61. Además de contar con una barra de progreso que indica el estado de carga del sistema, que además de dar un toque estético y elegante a la interfaz, sirve como un intervalo de tiempo, para que el sistema se inicialice de una manera correcta, ya que es necesario este lapso de tiempo para que el sistema estabilice sus valores y no presente problemas.

### **Figura 61**

*Lámina de la leyenda y barra de progreso del sistema*



*Nota.* Se presenta el título del sistema y barra de progreso para la inicialización.

Dentro de la lámina 3, se puede encontrar la interfaz principal, en donde está ubicado el menú de los botones táctiles como se observa en la Figura 62; estos botones incluidos en la pantalla son táctiles, los cuales el usuario podrá manipular y los accederán a las diversas láminas que tiene el sistema, donde se podrán observar los datos en tiempo real de los sensores y señales complementarias relacionadas a cada subsistema. Los tres principales botones son: Combustible, Aire y un botón de Bitácora, en la cual se podrá ingresar el kilometraje para recordar los cambios de filtros tanto de aire como de combustible. Además, dentro de esta lámina se puede encontrar datos informativos como, por ejemplo, el nombre de la carrera Ingeniería Automotriz y el logo de la universidad.

### **Figura 62**

*Menú principal de la pantalla*



*Nota.* Se presenta el menú principal de la interfaz del sistema.



Las siguientes láminas están ligadas a botones táctiles que se encuentran en el menú principal de la interfaz. Si se presiona el botón de combustible se mostrará la lámina que aparece en la Figura 63, dentro de esta se visualizará el monitoreo de la alimentación de combustible. En esta lámina se encuentra datos arrojados por el medidor de flujo de combustible, la presión de combustible proporcionada por el transductor de presión, el nivel del tanque de combustible y finalmente el kilometraje en el cual se debe realizar el cambio del filtro de combustible. Además, esta lámina contará con un botón de retorno, que se encuentra en la parte inferior izquierda, siendo este botón el que permitirá regresar al menú principal.

**Figura 63**

*Pantalla de monitoreo de la alimentación de combustible*



*Nota.* Se muestran los datos de los sensores relacionados con el sistema de alimentación de combustible.

Cuando se presiona el botón “Aire”, aparece la lámina que se puede observar en la Figura 64, dentro de esta se muestran datos como el flujo de aire, proporcionado por el sensor MAF, la temperatura del aire de admisión, recogida del sensor IAT, la velocidad de entrada del aire, elaborada mediante una fórmula matemática que relaciona el flujo másico del aire, la densidad del aire y el área transversal de la toma de entrada de aire. Adicionalmente se

presenta el kilometraje en el cual se debe realizar el cambio del filtro de aire. De igual manera que en el caso anterior, se cuenta con un botón en la parte inferior izquierda, que permitirá regresar de una manera rápida al menú principal.

### Figura 64

*Pantalla de monitoreo de la alimentación de aire*

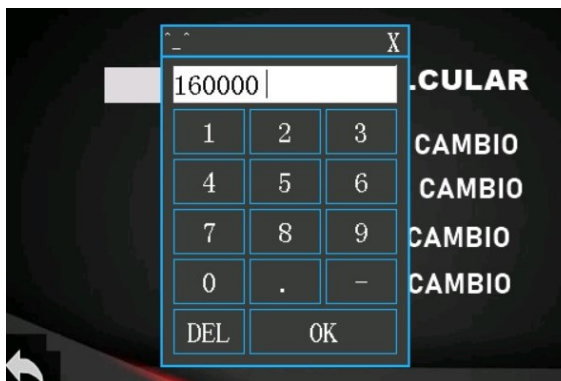


*Nota.* Se exponen los valores arrojados por los sensores relacionados con el sistema de alimentación de aire.

Y finalmente se encuentra el botón “Bitácora”, cuando se presiona este botón, lleva a una pantalla en donde se encontrará un recuadro, donde nos dará la opción de presionar. Cuando se lo presiona, aparece un teclado en el cual solo nos permitirá ingresar valores numéricos, aquí se deberá introducir el kilometraje en el que se encuentra el vehículo, este ingreso se lo debe realizar de forma manual, presionando los números del teclado, gracias a la pantalla táctil integrada, esto se puede observar en la Figura 65. En caso de alguna equivocación en el ingreso del kilometraje, se presenta el botón “DEL” que sirve para borrar el último valor.

**Figura 65**

*Teclado virtual del sistema*

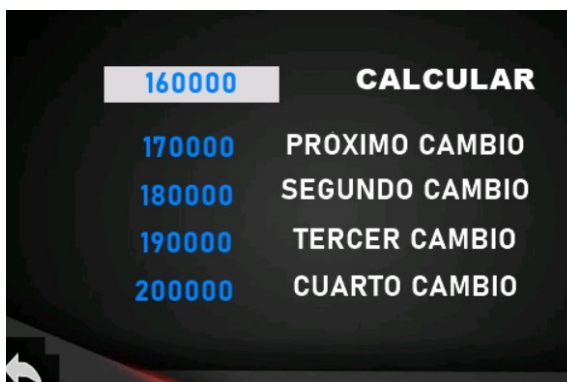


*Nota.* Se observa el teclado virtual para el ingreso manual del kilometraje del sistema.

Y finalmente dentro de esta misma lámina se encuentra en la parte superior un botón denominado “Calcular”, cuando se presiona este botón, se realizará un cálculo de los próximos cinco cambios de filtros, tanto el filtro de aire como el de combustible como se puede observar en la Figura 66. Además, esta lámina estará ligada a la lámina del monitoreo del aire y de combustible ya que cuando se ingrese el kilometraje, automáticamente aparecerá el próximo cambio de filtro en cada una de las láminas respectivamente.

**Figura 66**

*Pantalla de ingreso de kilometraje*



*Nota.* Se presenta la pantalla de ingreso y el cálculo de los próximos 5 cambios de filtro.

Además, en este sistema se encuentra una pantalla de aviso de mal funcionamiento del sistema, que ayudará a la parte del control del vehículo. La pantalla de alerta se puede observar en la Figura 67, únicamente aparecerá cuando exista una condición de falla dentro del sistema, junto con la alerta auditiva, visual y sensorial, estas fallas serán detectadas por cada uno de los sensores y señales complementarias incorporadas.

### Figura 67

*Pantalla de alerta del sistema*



*Nota.* Se presenta la pantalla de alerta en caso de la existencia de una falla.

La pantalla cuenta con dos botones para que el conductor tome una decisión: uno con la opción "SI" y otra con "NO", con los cuales el usuario podrá interactuar para optar por la mejor opción, una vez suscitada la falla del sistema. En caso de que se presente la falla y el conductor tenga una preocupación sobre el comportamiento del sistema y decida no continuar con la conducción, deberá orillar su vehículo y presionar el botón "NO"; en este caso entrará en funcionamiento el relé, que está controlado por la placa Arduino. En un lapso de 15 segundos se activará el relé, cortando el voltaje de alimentación de la bomba de combustible, ocasionando que se apague el motor automáticamente.

En caso de que el conductor tome la decisión de seguir con la conducción y presione el botón "SI", el mensaje de alerta desaparecerá y se mostrará la pantalla del menú principal

donde se podrá interactuar nuevamente con el sistema, pero las alertas visual, auditiva y sensorial, se seguirán ejecutando para advertir al conductor de la falla. Se iniciará un conteo, en el cual el conductor tendrá un lapso de 3 minutos de conducción normal, transcurrido ese tiempo, entrará en funcionamiento el relé y realizará el mismo proceso detallado anteriormente y apagará el motor del vehículo de una forma automática. Y finalmente, si el conductor decide ignorar el mensaje de alerta y no elige ninguno de los dos botones presentados en la pantalla, iniciará un conteo regresivo presentado en la parte intermedia de los dos botones, el cual indicará el número de alertas restantes para que se apague el vehículo. Este contador permitirá veinte alertas presentadas que tendrá una relación aproximada de dos minutos antes de que se corte el voltaje de alimentación de la bomba de combustible y con ello, se apague el motor del vehículo.

### **Pruebas en el sistema implementado**

Se realizaron diversas pruebas en el sistema que ayuden al correcto funcionamiento y que se puedan obtener valores precisos y confiables, con el menor margen de error para que el sistema pueda dar valores lo más acercado a la realidad. Estas pruebas para que tengan confiabilidad van a ser contrastadas y validados mediante la utilización de instrumentos de medición especializados para cada sistema como por ejemplo se va a emplear el escáner automotriz para comparar los valores reales de los sensores con los valores otorgados por el sistema construido y posteriormente realizar una comparación de los mismos. A continuación, se detallan cada una de las pruebas realizadas con respecto al sistema.

### ***Pruebas con escáner automotriz***

Los sensores instalados originalmente se comunican con la computadora del vehículo. A través de un scanner automotriz se logra la comunicación con la computadora y reflejar datos en vivo de los sensores que tiene el sistema de alimentación. Con el sensor de flujo de aire a través de un régimen de revoluciones se puede evidenciar cuanto flujo de aire entra hacia el

múltiple de admisión. En la Tabla 9 se visualiza el flujo en gramos sobre segundo y a las revoluciones en las que trabaja el sistema.

**Tabla 9**

*Prueba realizada con scanner automotriz del sensor MAF*

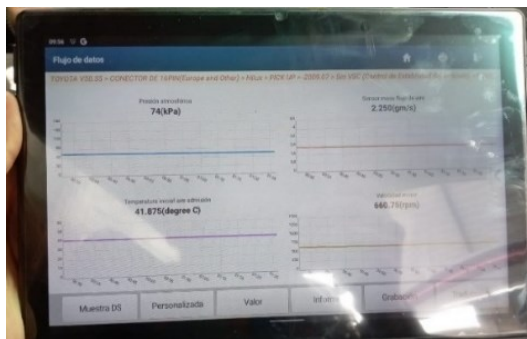
Revoluciones (rpm)	Flujo de masa de aire (g/s)
660.75	2.250
1138.25	3.920
1727.25	6.560
2042	8.420
2557.75	10.680

*Nota.* En la tabla 9 se observa el flujo de masa en régimen de revoluciones del motor.

Para validar las pruebas realizadas con el scanner automotriz se puede observar la Figura 68, con el valor de revoluciones en ralentí y el flujo de masa. Donde se observa que, con el scanner automotriz, se obtiene el parámetro de flujo de masa que ingresa hacia el múltiple de admisión.

**Figura 68**

*Prueba con scanner del sensor MAF*

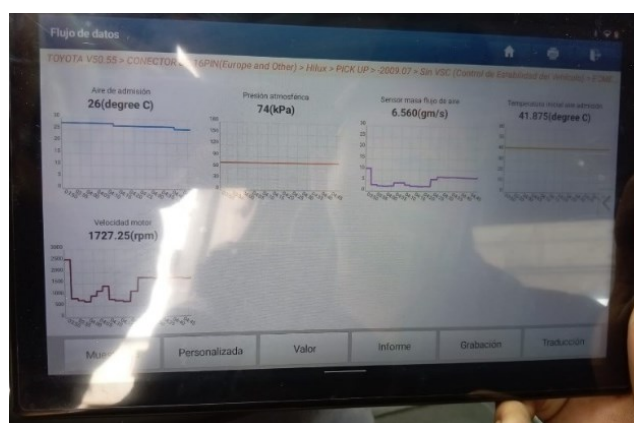


*Nota.* Se observa la prueba de scanner automotriz para el sensor MAF.

Con el sensor de temperatura de admisión de aire se realizó de la misma manera que con el sensor MAF. El escáner automatizado indica que la temperatura es de 26 grados centígrados como se puede observar en la Figura 69. En el scanner se evidencia la temperatura con la que se inició la prueba y la actual. Estos valores posteriormente serán comparados y analizados con los valores mostrados en la parte de monitoreo.

### Figura 69

*Prueba con scanner sensor IAT*



*Nota.* Se observa la prueba de scanner automatizado para el sensor IAT.

### **Prueba de presión de la bomba de combustible**

Otra de las pruebas que se realizó para la validación del sistema, fue la prueba de presión de la bomba de combustible o comprobación de la presión de gasolina. Con esta prueba se comprobará, la precisión con la que mide el sensor de presión. Se determinará la diferencia entre el valor marcado por el manómetro de presión y el valor mostrado en la pantalla para encontrar el margen de error y determinar si se encuentra dentro de un rango aceptable de permisibilidad de este valor. De no ser el caso, se tendrá que calibrar al sensor de presión incorporado en el sistema, para que entregue valores acordes a la prueba realizada.

Para medir la presión de la bomba, se utilizó un medidor de presión de carátula o manómetro, y sus respectivos acoples para tomar una medición más exacta. Primero se ubicó

el relé de la bomba de gasolina, con la finalidad de poder conectar el manómetro de una manera segura, debido a que se va a realizar la medición en la línea de combustible principal del vehículo. Al momento de realizar la desconexión de algún elemento se debe despresurizar el sistema, ya que puede haber accidentes cuando se desconecte la manguera de conexión o se puede llegar a derramar el combustible por la presión que queda en el sistema y que este se pueda llegar a encender, provocando daños al vehículo o al técnico que realiza la medición. Una vez desconectado el relé de la bomba y que se haya despresurizado el sistema, se seleccionó el acople adecuado, que calzara en la línea de combustible en la cual se iba a medir la presión, en este caso la medición se la realizó con un acople tipo "T", en la salida de la intersección, se conectó el manómetro como se puede observar en la Figura 70. Además, uno de los extremos del acople en "T", se adaptó con la manguera de gasolina que viene con el manómetro y se lo conectó a la entrada del riel de los inyectores. En el otro extremo, se conectó con manguera a la salida del filtro de combustible y se procedió a realizar la medición de la presión de gasolina.

### **Figura 70**

*Medición de la presión de gasolina*



*Nota.* Se observa la conexión hecha para realizar la prueba de presión de gasolina.



Esta prueba se la realizó encendiendo el motor del vehículo. Una vez encendido el vehículo se debe esperar a que la medida se estabilice, para tener un valor preciso de la presión de gasolina. Cuando se estabilizó la presión, se procedió a anotar el valor que entregaba el medidor de presión de carátula, se procedió a apagar el vehículo y se despresurizó el medidor de presión, este procedimiento se volvió a repetir en tres ocasiones más, esto con la finalidad de tener varias mediciones y reducir los errores de medición que pudieron haber existido. En este caso no fue necesario ya que las tres veces que se realizó la medición, dio exactamente el mismo valor de presión; con esto se pudo utilizar ese valor para comparar con el valor que entrega el sensor de precisión y que posteriormente se realizó una comparación y análisis de estos valores.

### ***Prueba de medición de voltajes***

**Prueba de operación del sensor MAF.** Con el filtro de aire totalmente limpio se tomó los siguientes valores de voltaje en el sensor MAF, la herramienta utilizada para este método es un multímetro y el scanner automotriz para reflejar que cantidad de flujo de aire entra al motor. Y a través de la regresión lineal expresar esta toma de valores en la pantalla propuesta por la alarma. En la Tabla 10, se observa los valores de voltaje y de flujo de masa a un régimen de revoluciones del motor el segundo valor se refiere al ralentí del motor y el ultimo a 4500 revoluciones aproximadamente.

**Tabla 10**

*Valores de operación del sensor MAF*

<b>Voltaje (Voltios)</b>	<b>Flujo de aire (gr/s)</b>
0.90	0.00
1.18	1.78
1.28	2.25

Voltaje (Voltios)	Flujo de aire (gr/s)
1.54	3.92
1.93	8.42
2.11	10.68
2.47	16.98
3.11	33.72
3.68	53.95
4.03	71.85
4.42	103.02
4.43	125.98

*Nota.* En la tabla se observa los valores de tensión y flujo de aire del sensor MAF.

**Prueba de operación del sensor IAT.** Para tomar datos de este sensor se esperó que el auto este a una temperatura ambiente y se utilizó el multímetro, escáner automotriz para conocer la relación que existe el voltaje y la temperatura del aire a través del sensor. En la Tabla 11, se observa la primera toma de datos que tiene un valor de voltaje alto mientras que sube la temperatura baja el voltaje del mismo.

**Tabla 11**

*Valores de operación del sensor IAT*

Voltaje (Voltios)	Temperatura de aire (°C)
3.58	14.00
3.52	16.00
3.46	17.00
3.41	18.00

<b>Voltaje (Voltios)</b>	<b>Temperatura de aire (°C)</b>
3.30	20.00
3.14	23.00
2.88	27.00
2.71	30.00
2.58	32.00
2.46	34.00
2.27	37.00
2.14	39.00

*Nota.* En la tabla 11 se observa los valores de tensión y temperatura de aire del sensor IAT.

**Pruebas de operación del sensor de presión.** De acuerdo a las especificaciones del sensor de presión “G1”, la tensión de señal aumenta en relación a que la presión en el sistema aumenta. Si el sistema no tiene presión, el voltaje que enviara la señal al microcontrolador es de 0.450 voltios. La Tabla 12 refleja la relación que tiene el voltaje con la presión.

**Tabla 12**

*Valores de operación del sensor de presión “G1”*

<b>Voltaje (Voltios)</b>	<b>Presión (psi)</b>
0.50	0.00
0.80	20.30
1.12	35.50
1.37	49.80
1.50	56.78
2.00	85.60

<b>Voltaje (Voltios)</b>	<b>Presión (psi)</b>
2.50	115.20
3.00	142.90
3.50	171.50
4.00	200.80
4.50	229.70
4.55	232.06

*Nota.* En la tabla 12 se puede observar los valores de voltaje y presión.

Estos valores son tomados en cuenta para generar el monitoreo y control del sistema de alarma temprana del sistema de alimentación de motor del vehículo, como por ejemplo en caso del sensor de flujo de masa de aire está por debajo de 0.9 voltios, el microcontrolador activa los actuadores como los leds RGB en color rojo, los motores vibradores y la alarma auditiva con el siguiente mensaje “Alerta revise el sistema de alimentación de aire de motor del vehículo”. Para el sensor IAT de igual manera si sobrepasa una temperatura generara las mismas alertas.

El valor del sensor de flujo está programado para cuando exista un menor caudal a 1 L/min el sensor envíe la señal al microcontrolador y genere la alarma visual por medio de los leds RGB en color rojo, los motores vibradores en el asiento y la alarma auditiva con el mensaje “Alerta revise el sistema de alimentación de combustible de motor del vehículo”. EL sensor de presión “G1” está programado para cuando la presión sea menor de 40 psi el sistema de genere las mismas alertas.

Cuando se generan estas alarmas inmediatamente el sistema de alarma controla, el cual a través de una pantalla indicará al conductor si quiere continuar con la operación del motor o no es donde actúa los relés. Si la respuesta es un “si” continuaran las alarmas durante

un periodo de tiempo, y si es un “no”, el sistema actúa al relé de la bomba de combustible para apagar el motor y llevarlo a un taller especializado para corregir el desperfecto del circuito de alimentación.

### **Análisis de resultados**

A partir del protocolo de operación del sistema y las diferentes pruebas realizadas en el sistema, se va a proceder un análisis exhaustivo y una comparación entre los valores recolectados en las pruebas y los valores arrojados por el sistema construido, esto con la finalidad de comprobar la validación de los datos y encontrar el nivel de similitud entre los datos. Esto se realiza para determinar si los valores del sistema se encuentran en un rango aceptable de permisibilidad y poder realizar el monitoreo de una manera correcta, de acuerdo a las necesidades y exigencias de los autores, evitando que existan errores en los mismos.

### ***Comparación del sistema con el scanner automotriz***

Como se observa en la Tabla 13 el flujo de aire implementado es similar con el flujo de aire del scanner automotriz permitiendo un pequeño margen de error. Con la ayuda de regresión lineal se logró monitorear el flujo de aire que pasa a través del conducto hacia el múltiple de admisión.

**Tabla 13**

*Flujo de aire del sistema vs scanner*

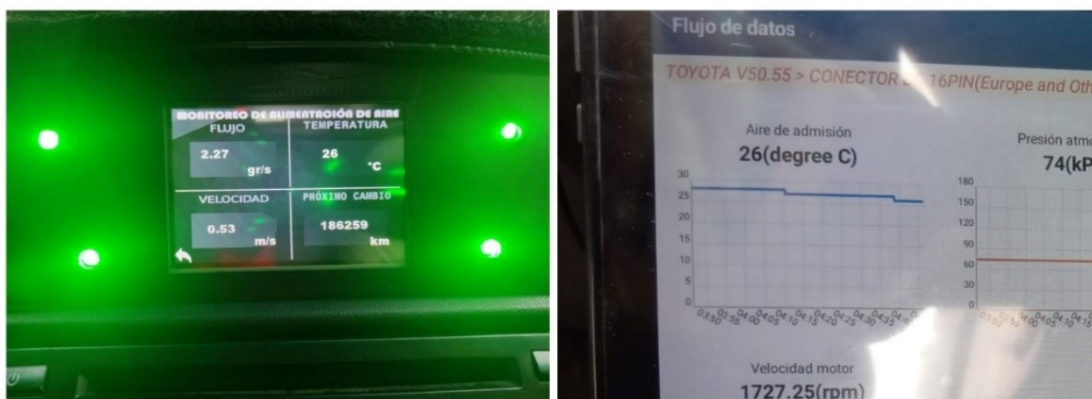
<b>Flujo de aire sistema implementado (g/s)</b>	<b>Flujo de aire scanner automotriz (g/s)</b>
2.27	2.25
3.97	3.92
6.61	6.56
8.48	8.42
10.72	10.68

*Nota.* Se puede observar la comparativa del flujo de aire del sistema implementado y el scanner automotriz.

El sensor IAT coinciden de manera exacta el valor del sistema implementado con el scanner automotriz. Al ser un termistor de coeficiente de temperatura negativo y lineal, es mucho más fácil predecir sus valores en la Figura 71, se evidencia tanto el sistema implementado y el scanner coinciden para el perfecto monitoreo de este parámetro.

### Figura 71

*Comparación scanner automotriz vs sistema implementado*



*Nota.* Se observa la comparativa del sistema vs scanner automotriz.

### **Comparación del sistema con el medidor de presión**

En la medición de presión de la bomba de gasolina se realizaron tres mediciones, los valores se encuentra en la Tabla 14, además se anotó los valores arrojados por el sistema construido. Cuando se obtuvieron los datos se observó una similitud en los valores arrojados por el medidor de presión de carátula, los valores eran cercanos a 48 psi, indicando que se encuentra dentro de los parámetros normales establecidos en el manual del vehículo. De igual manera los valores que se observaban en la pantalla del sistema, tienen una tendencia hacia los 48 psi, con ligeras variaciones en sus decimales. Cabe recalcar que es un valor tomado en tiempo real y está en valores de cambio constante.

**Tabla 14**

*Presión de combustible del sistema vs manómetro*

	Presión del manómetro (psi)	Presión del sistema (psi)
<b>Medición 1</b>	48	48.13
<b>Medición 2</b>	49	48.36
<b>Medición 3</b>	48	48.24

*Nota.* Se puede observar valores de la medición de presión de la bomba de gasolina del sistema implementado y el manómetro.

Los valores se encuentran dentro del rango aceptable para que se pueda realizar un correcto monitoreo del sistema de acuerdo al criterio de los autores. En la Figura 72, se puede observar como la medición del sistema es de 48.13 psi, y que es similar a el valor mostrado en el manómetro de 48 psi.

**Figura 72**

*Comparación del manómetro vs sistema implementado*



*Nota.* Se puede observar la comparativa de presión de la bomba de gasolina del sistema implementado y el manómetro.

### **Comparativa del sistema y voltajes medidos**

En los sensores tanto de presión, temperatura de aire de admisión en cuanto al voltaje son lineales. En caso del sensor de presión es de forma ascendente es decir que cuando menos voltaje hay menos presión existe en el sistema. En el caso de la temperatura de aire de admisión mientras más voltaje existe menor temperatura hay como se muestra en la Tabla 15. El sensor MAF no es lineal es decir que no aumenta su voltaje de forma lineal sino más bien exponencial.

**Tabla 15**

*Voltaje de sensores*

<b>Voltaje sensor MAF</b>	<b>Voltaje sensor IAT</b>	<b>Voltaje sensor de presión</b>
0.90	3.58	0.50
1.18	3.52	0.80
2.11	3.14	2.00
2.47	2.88	2.50
3.11	2.71	3.00
3.68	2.58	3.50
4.03	2.46	4.00
4.42	2.27	4.50
4.43	2.14	4.55

*Nota.* En la tabla 15 se puede observar la comparativa del voltaje de los sensores del sistema implementado.



## Capítulo V

### Marco administrativo

El presente trabajo de unidad de integración curricular se concretó gracias a varios recursos tecnológicos, humanos, materiales y financiamiento para el desarrollo del tema “Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación del motor de vehículo”.

### Recursos tecnológicos

Para el desarrollo del tema en la Tabla 16, se detalla los recursos tecnológicos utilizados en el trabajo y su principal función.

**Tabla 16**

#### *Recursos Tecnológicos*

<b>Recursos Tecnológicos</b>	<b>Función</b>
Software de programación (Arduino)	Software usado para el desarrollo de programación en Arduino
Software de programación (Nextion editor)	Software usado para el desarrollo de programación en Nextion
Paquete office	Software de datos para la escritura

*Nota.* En la tabla 16 se puede observar los recursos tecnológicos empleados en el trabajo.

### Recursos humanos

En recursos humanos están las personas que participaron en este trabajo de investigación, mostrándose en la Tabla 17 sus nombres y función que tiene cada uno de ellos.

**Tabla 17***Recursos Humanos*

<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
González Chiriboga Julio Enrique	Investigador
Villacis Ampudia Walther David	Investigador
Paredes Gordillo Cristian Alejandro	Director del trabajo de unidad de integración curricular

*Nota.* En la tabla 17 se puede observar los recursos humanos empleados en el trabajo.

**Recursos materiales**

En recursos materiales están los componentes utilizados para el sistema de alerta temprana, monitoreo y control de sistema de alimentación de motor del vehículo. En la Tabla 18 se especifica la cantidad y nombre de cada componente utilizado.

**Tabla 18***Recursos Materiales*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Sensor de Flujo yfs-401	1
Sensor de presión G1	1
Pantalla HMI Nextion	1
Arduino Mega	1
Motores vibradores	10
Altavoces	2
Material de adaptación	17
Led RGB	6

*Nota.* En la tabla 18 se puede observar los recursos materiales empleados en el trabajo.

### **Financiamiento**

El financiamiento fue proporcionado por los investigadores del trabajo de unidad de integración curricular. En la Tabla 19, se puede observar el precio en dólares estadounidenses y material que se utilizó en el trabajo.

**Tabla 19**

*Financiamiento*

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Placa Arduino	80
Componentes sensoriales	300
Pantalla HMI Nextion	120
Componentes visuales	130
Componentes sensoriales	100
Material Adaptativo	250
Imprevistos	300
<b>Total</b>	<b>1010</b>

*Nota.* En la tabla 19 se puede observar el financiamiento empleados en el trabajo.

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- El sensor de flujo yfs-401, presión “G1”, flujo de masa de aire, temperatura de aire de la admisión utilizados en el sistema de alarma temprana, monitoreo y control del sistema de alimentación de motor del vehículo cumplen con los parámetros de funcionamiento requeridos por los autores y fueron adaptados de manera óptima en el sistema.
- A través de un protocolo de operación del sistema se logró validar el monitoreo y control del sistema implementado en el vehículo Toyota Hilux 2.7, al igual que una serie de pruebas como voltaje, manómetro y scanner automotriz.
- Se realizó una interfaz que maneja la bitácora de cambios de filtros de aire y combustible de acuerdo al manual del vehículo Toyota Hilux 2.7, que especifica el cambio que se debe realizar cada 10000 km; garantizando así una mayor vida útil de los componentes y sistemas del motor.
- Las alarmas tanto visuales, auditivas y sensoriales alertan de manera eficiente al conductor del vehículo en el caso de existir un daño en el sistema de alimentación aire-combustible, previniendo graves daños a componentes del sistema en mención y a sistemas aledaños del motor.
- El monitoreo se lo realiza en tiempo real, presentando hacia el conductor datos y demás parámetros de funcionamiento del sistema aire-combustible en tiempo real, mediante una pantalla Nextion ubicada sobre el salpicadero con una estética adecuada y, sobre todo, no interfiriendo la visibilidad del conductor.
- Para el control del sistema de alimentación de aire-combustible de motor de vehículo, se implementó un relé para controlar la bomba de combustible, el cual se activa mediante el microcontrolador Arduino una vez que este detecte un desperfecto en el

circuito de alimentación aire-combustible, y que indudablemente prevendrá daños complejos e irreversibles en el sistema.

- Las alarmas tempranas implementadas en el presente trabajo ayudan a mejorar la percepción del conductor en el caso de que el sistema aire-combustible no está trabajando dentro de los parámetros establecidos, brindando así una mejor notoriedad de una falla suscitada, en comparación con sistemas convencionales de alertas en vehículos.
- La presión de combustible de la Toyota Hilux debe permanecer entre los 40 y 50 psi según el manual de fabricante; cualquier valor menor a 40 psi, se considerará como un desperfecto en el sistema de alimentación del vehículo. Por tal razón, todos los parámetros de operación del sistema implementado están direccionados a estos valores originales del vehículo.
- En el caso de replicarse este sistema de alertas tempranas, monitoreo y control del circuito de alimentación en otro vehículo, se lo puede hacer únicamente modificando y ajustando los parámetros de operación; esto a un costo exequible tanto de sus componentes como se su implementación.

## Recomendaciones

- Para futuras investigaciones, se recomienda complementar al sistema de alerta, control y monitoreo con la inclusión de otros sistemas principales y complementarios, existentes en el vehículo como pueden ser el sistema de carga, sistema de encendido, sistema de frenos, sistema de dirección, entre otros, esto con la finalidad de tener un monitoreo general del vehículo para evitar fallas graves en el mismo.
- Basándose en planos eléctricos de cada vehículo, y para cada circuito en específico se debe tomar correctamente la polaridad de cada componente eléctrico empleado en el sistema implementado, para evitar cortocircuitos u otra alteración que generen daños en el sistema eléctrico del automóvil.
- Apoyándose en catálogos y manuales de fabricantes de los componentes incorporados, se debe realizar los ajustes con los valores establecidos para cada adaptación de los sensores utilizados, evitando alteraciones en el funcionamiento del sistema que ocasionarían fugas de líquido o variaciones de presión.
- En toda instalación eléctrica se debe envolver en aislante termo contraíble y encapsular los componentes utilizados en el sistema, ya que estos se encuentran expuestos al calor emitido por el funcionamiento del motor, así como también a fluidos que generan daños posteriores y alteraciones en el sistema implementado.
- Antes de implementar el sistema construido, se deberá revisar los parámetros de funcionamiento originales del sistema de alimentación en el vehículo, para comparar, calibrar y ajustar cuidadosamente con los valores del sistema implementado.

## Bibliografía

- Abarca, A., Mazón, B., & Haro, A. (2022). Mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de combustible del vehículo Chevrolet Grand Vitara SZ v6. *Digital Publisher*, 7, 381–389.
- Aguilar, C., Gallo, E., Calero, D., & Guerra, J. (2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 7(2), 751–769.
- Amazon. (s/f). *Motor de vibración*.
- Arduino. (2023, julio 25). *Arduino*. <https://www.arduino.cc/>
- Arduinove. (s/f). *Sensor de Flujo Caudalímetro YF-S401 6Ltrs/mn*.  
[https://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product\\_id=325](https://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product_id=325).
- Arévalo, J., Arpi, M., Cárdenas, E., & Ortega, A. (2020). Diagnóstico del sistema de alimentación de combustible de un vehículo de inyección a gasolina. *Juventud y Ciencia solidaria: En el camino de la investigación.*, 4, 6–11.
- Arias, J., & Marulanda, A. (2010). *Control y medida de nivel de líquido por medio de un sensor de presión diferencial*. Universidad tecnológica de Pereira.
- Autolab. (2019). *Funcionamiento del sistema de admisión*.  
<https://autolab.com.co/blog/basicos/funcionamiento-del-sistema-admision/>
- Autosoporte. (2023, abril 3). *Introducción al Sistema de inyección directa de gasolina (GDI)*.  
<https://autosoporte.com/blog-de-tecnica-automotriz-gdi-sistema-inyeccion-directa-gasolina/>.

- Auto técnica. (2017, octubre 6). *CONSEJOS Y MANTENIMIENTO CONOCE TU AUTOCONOCIMIENTOS BÁSICOS El Filtro De Combustible ¿Qué Es Y Para Qué Sirve?*  
<https://autoytecnica.com/el-filtro-de-combustible-importancia-de-su-uso-y-reemplazo/>.
- Avance, A. (2019, abril 10). *Sensor Maf - Tabla de Valores del Voltaje Sensor Maf*. Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz.
- Ávila, D. (2021, noviembre 23). *Carburador: qué es y qué función tiene en un motor*.  
<https://www.actualidadmotor.com/carburador/>.
- Barreiro, S. (2020). *Metodología de prueba para análisis de fallas en baterías automotrices con tecnología plomo-ácido grupo 42*. Universidad Internacional del Ecuador.
- Barreto, C., Gordillo, D., León, P., Morocho, J., & Tapia, E. (2018). *Adquisición y análisis de señales del "banco de diagnóstico de sensores automotrices"*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Cepeda, S., Garzón, C., Guasumba, J., & Oramas, D. (2022). Descripción de las características de los diferentes tipos de baterías utilizadas en los vehículos eléctricos. *Polo del conocimiento*, 7(4), 376–391.
- Cetronic. (s/f). *Altavoz Woofer 10" 100W*.  
<https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999448035&cPath=1101>.
- Chávez, Á., & Quishpi, W. (2021). *Análisis y diagnóstico avanzado del motor de combustión interna por medio de oscilogramas eléctricos de presión y análisis de emisiones*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Dagnino, J. (2014). Regresión Lineal. *Chil Anest*, 43, 143–149.



- Donaire López, D. (2021, diciembre 17). *Inyección indirecta e inyección directa*.  
<https://www.actualidadmotor.com/inyeccion-indirecta-e-inyeccion-directa/>.
- El motor de combustión interna. (2019). *EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL MOTOR*.  
<https://elmotordecombustion.blogspot.com/2019/12/el-sistema-de-alimentacion-del-motor.html>.
- Finders, R. (2020). *¿Qué Es El Escáner Automotriz? | Renting Finders*.  
<https://rentingfinders.com/glosario/escaner-automotriz/>.
- Flexfuel España. (2021, mayo 10). *¿Qué es el filtro de combustible?* . <https://www.flexfuel-company.es/filtro-de-combustible/>.
- Gómez, L. (2023, enero 16). *Scanner automotriz: ¿Qué detecta y cuándo debo hacerlo?*  
*LUBRICANTES SAN MIGUEL*. <https://www.lubricantesanmiguel.cl/scanner-automotriz-que-es/>.
- Inatco red automotriz. (s/f). *Diferencia entre OBD I Y OBD II*.  
<https://inatcoredautomotriz.com/216-2/>.
- Indave. (2016, mayo 9). *Problemas de respiración en el sistema de admisión y sobrealimentación*. [https://www.infotaller.tv/blogs/indave/Problemas-respiracion-sistema-admision-sobrealimentacion\\_7\\_997770215.html#disqus\\_thread](https://www.infotaller.tv/blogs/indave/Problemas-respiracion-sistema-admision-sobrealimentacion_7_997770215.html#disqus_thread).
- Katsoyiannis, A., Birgul, A., Ratola, N., Cincinelli, A., Sweetman, A. J., & Jones, K. C. (2012).  
 Can car air filters be useful as a sampling medium for air pollution monitoring purposes?  
*Environment International*, 48, 65–70. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2012.06.011>
- Llanes, E., Guardia, Y., De la Rosa, A., Cevallos, S., & Rocha, J. (2019). Detección de fallas en  
 motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección.  
*Ingenius*, 22, 38–46.

- Lozano, R. (2021, noviembre 15). *¿Como usar DF Player Modulo reproductor mp3 con arduino? - Tutorial*. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/como-usar-dfplayer-modulo-reproductor-mp3-con-arduino>.
- Mora, C., Altamirano, D., Guasumba, J., & Cabascango, C. (2022). Características de los sistemas de inyección. Una revisión bibliográfica. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 7, Nº. 4, 2022, 7(4), 9.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3831>
- Motorgiga. (s/f). *INDICADOR DE NIVEL DEL COMBUSTIBLE - Definición - Significado*.  
<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/indicador-de-nivel-del-combustible-definicion-significado/gmx-niv15-con194439.htm>.
- Motorservice. (2015). *Bombas eléctricas de combustible. Tipos de construcción, averías, causas*. [https://www.ms-motorservice.com/fileadmin/media/MAM/PDF\\_Assets/Bombas-el%C3%A9ctricas-de-carburante-Tipos-de-construcci%C3%B3n-aver%C3%ADas-causas\\_52493.pdf](https://www.ms-motorservice.com/fileadmin/media/MAM/PDF_Assets/Bombas-el%C3%A9ctricas-de-carburante-Tipos-de-construcci%C3%B3n-aver%C3%ADas-causas_52493.pdf)
- Nextion Instruments. (2023). *Nextion introduction*. <https://nextion.tech/>
- Peralta, M. (2015). *Diseño e implementación de un control de bloqueo para un automóvil a través de la bomba de gasolina utilizando tecnología Arduino*. Universidad Tecnológica Israel.
- Perfil, V. (2009). *Inyección Electrónica*. <http://mecatronic-mecatronic.blogspot.com/2009/03/inyeccion-electronica-introduccion-los.html>.
- Pilco, A., & Rodríguez, H. (2018). *Análisis de un modelo de predicción del consumo instantáneo de combustible basado en señales de los sensores del sistema de inyección para el*

*automóvil Chevrolet Aveo Family 1.5L* [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9826>

Postventa. (2021, junio 1). *Filtro de combustible, ¿qué es y cuál es su función?*

<https://www.posventa.com/texto-diario/mostrar/4004911/filtro-combustible-cual-funcion>.

Prueba de ruta. (2022). *Sistema de admisión de aire*. <https://www.pruebaderuta.com/sistema-de-admision-de-aire.php>.

Rodrigo, M. (2017, abril 7). *Con el carburador a punto de extinguirse, aquí tenéis una guía básica de los sistemas de alimentación*. <https://www.motorpasionmoto.com/>.

Rodríguez, E., Bonet, C., Castillo, O., & Pérez, L. (2013). Estudio de componentes críticos del sistema de alimentación de vehículos automotores. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 18(1), 65–74.

Seas. (2019). *El Relé: para qué es, para qué sirve y qué tipos existen*. Blog de SEAS; SEAS, *Estudios Superiores Abiertos*. <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>.

STP. (2023). *Sistema de combustible y aditivos de combustible*.

<https://www.stp.com/es/sistema-de-combustible-y-aditivos-de-combustible/#:~:text=El%20sistema%20de%20combustible%20est%C3%A1,la%20fiabilidad%20esperados%20del%20veh%C3%ADculo>.

Thomson, M. (2021, julio 12). *Sensor Flujo Masa de Aire – MAF*. <https://mte-thomson.com/es/sensor-flujo-masa-de-aire-maf/>.

Todo Eléctrico. (2021). *Introducción a los relés, conceptos básicos*.

<https://todoelectrico.tech/2021/11/27/introduccion-a-los-reles-conceptos-basicos/>.

Zaragoza, M. (2018, septiembre 25). *RETO 10: LED RGB, JUGANDO CON LOS COLORES PRIMARIOS DE LA LUZ*. <https://educarparaelcambio.com/arduino/reto-10-led-rgb-jugando-con-los-colores-primarios-de-la-luz/>.

**Anexos**