



**Implementación de un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2 para el motor tipo MSI de 1.6l de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.**

Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin y Lanchimba Rosero, Carlos Fernando

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. Vélez Salazar, Jonathan Samuel

25 de febrero de 2022

Latacunga



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2 para el motor tipo MSI de 1.6l de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.”** fue realizado por el señor **Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin** y el señor **Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, febrero de 2022

Ing. Vélez Salazar, Jonathan Samuel

C.C.: 0502159551

## Reporte de verificación de contenidos



Monografía Jose Agualsaca\_Carlos Ianchimba.pdf

Scanned on: 15:11 February 16, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	366
Words with Minor Changes	72
Paraphrased Words	748
Omitted Words	0

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jonathan Samuel Velez Salazar".

Ing. Velez Salazar Jonathan Samuel  
0502199551



Website | Education | Businesses



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**, con cédula de ciudadanía N° 175002020-6; y Yo **Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**, con cédula de ciudadanía N° 1754742383; declaramos que la monografía **“Implementación de un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2 para el motor tipo MSI de 1.6l de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, febrero del 2021

**Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**

**C.C.: 175002020-6**

**Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**

**C.C.: 1754742383**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**, y, Yo, **Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“Implementación de un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2 para el motor tipo MSI de 1.6l de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, febrero del 2021

**Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**

**C.C.: 175002020-6**

**Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**

**C.C.: 1754742383**

## **Dedicatoria**

Este proyecto de titulación va dedicado con todo mi corazón a mis padres, pues sin su apoyo no lo podría haber logrado, pues con su bendición a diario, me han protegido y me han llevado por el camino del bien, por eso doy mi trabajo en ofrenda por su amor incondicional y sobre todo paciencia, me han formado como un ser humano lleno de buenos valores, y un profesional de excelencia.

**Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**

---

Dedico con todo mi cariño, admiración y respeto, este proyecto de titulación a mis padres, ya que, con su esfuerzo y sacrificio, me ayudaron a cumplir mi sueño, tener mi carrera profesional, y sobre todo por estar ahí presentes en cada reto cumplido o problema superado, recordándome mis fortalezas, brindándome su cariño y comprensión.

**Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis padres, por guiar mi camino, y apoyarme en el transcurso de mi vida personal y profesional, pues sin ellos no lo habría logrado, son un pilar muy importante; también agradezco a mis compañeros, por hacer de un mal día un momento de alegría y nuevamente motivación para levantarse y seguir esforzándome. Finalmente agradezco a mis profesores, que, con sus consejos y conocimientos, me ayudaron a formarme como un profesional de calidad.

**Agualsaca Quizhpi, Jose Stalin**

---

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L por darme la bienvenida a sus aulas, y por brindarme la oportunidad de conocer a sus profesores y compañeros, que me han otorgado sus conocimientos, para formarme con un buen profesional.

**Lanchimba Rosero, Carlos Fernando**

## Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	¡Error! Marcador no definido.
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas .....	15
Resumen .....	16
Abstract.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación.....	20
Objetivos .....	20
<i>Objetivo general</i> .....	20
<i>Objetivos específicos</i> .....	20
Alcance .....	21



<b>Marco teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Sistemas de control .....</b>	<b>22</b>
<b>Sistema de control electrónico.....</b>	<b>23</b>
<i>Sistema antibloqueo de ruedas:.....</i>	<i>26</i>
<i>Sistema de control electrónico de velocidad.....</i>	<i>28</i>
<i>Control electrónico de control de climatización .....</i>	<i>28</i>
<i>Sistema de escape.....</i>	<i>29</i>
<i>Sistema de bolsas de seguridad de inflado automático (airbag).....</i>	<i>30</i>
<b>Sistema de alimentación .....</b>	<b>31</b>
<i>Procesos de combustión:.....</i>	<i>31</i>
<b>Sistema de inyección.....</b>	<b>38</b>
<b>Ventajas del sistema de inyección: .....</b>	<b>39</b>
<i>Sonda de oxígeno:.....</i>	<i>41</i>
<i>Sensor de posición de la mariposa tps.....</i>	<i>47</i>
<i>Sensor de posición del cigüeñal .....</i>	<i>53</i>
<i>Sensor de temperatura.....</i>	<i>55</i>
<i>Sensor del múltiple de admisión.....</i>	<i>56</i>
<i>Bomba de combustible:.....</i>	<i>56</i>
<i>Bobina de encendido:.....</i>	<i>57</i>
<i>Inyector.....</i>	<i>57</i>
<b>Tipos de sistemas de inyección:.....</b>	<b>62</b>
<i>Según la ubicación de inyectores.....</i>	<i>62</i>
<i>Según el número de inyectores .....</i>	<i>64</i>
<i>Según las veces de inyección:.....</i>	<i>66</i>

<i>Sistemas de inyectores según su sincronización:.....</i>	<i>67</i>
<b>Desarrollo del proyecto.....</b>	<b>70</b>
Implementación de ecu .....	70
Implementación de actuadores.....	73
Implementación de sensores.....	79
Conexión de componentes del sistema de inyección.....	84
<b>Prueba de funcionamiento.....</b>	<b>88</b>
Prueba de flujo o goteo .....	88
Prueba de uniformidad .....	89
Prueba de flujo de inyección .....	90
Fugas en el riel de inyectores.....	92
<b>Marco administrativo .....</b>	<b>93</b>
Recursos humanos .....	93
Recursos tecnológicos.....	93
Recursos materiales .....	94
Presupuesto.....	95
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>96</b>
Conclusiones.....	96
Recomendaciones.....	97
<b>Bibliografía.....</b>	<b>98</b>

**Anexos .....103**

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Diagrama de conexión de sensores, unidad de control y actuadores.....</i>	<i>25</i>
<b>Figura 2</b>	<i>Sistemas electrónicos.....</i>	<i>26</i>
<b>Figura 3</b>	<i>Sistema antibloqueo de ruedas.....</i>	<i>27</i>
<b>Figura 4</b>	<i>Diagrama del controlador electrónico de velocidad.....</i>	<i>28</i>
<b>Figura 5</b>	<i>Diagrama eléctrico del sistema de control de climatización .....</i>	<i>29</i>
<b>Figura 6</b>	<i>Componentes del sistema de escape .....</i>	<i>30</i>
<b>Figura 7</b>	<i>Sistema de Air bag .....</i>	<i>31</i>
<b>Figura 8</b>	<i>Combustión completa .....</i>	<i>32</i>
<b>Figura 9</b>	<i>Combustión incompleta .....</i>	<i>33</i>
<b>Figura 10</b>	<i>Carburador básico .....</i>	<i>34</i>
<b>Figura 11</b>	<i>Mezcla estequiométrica .....</i>	<i>35</i>
<b>Figura 12</b>	<i>Mezcla pobre o rica .....</i>	<i>36</i>
<b>Figura 13</b>	<i>Sensores y actuadores del sistema electrónico de inyección.....</i>	<i>40</i>
<b>Figura 14</b>	<i>Sensor de oxígeno.....</i>	<i>42</i>
<b>Figura 15</b>	<i>Sensor de oxígeno.....</i>	<i>42</i>
<b>Figura 16</b>	<i>Valores del factor lambda .....</i>	<i>44</i>
<b>Figura 17</b>	<i>Sensor de oxígeno caliente.....</i>	<i>45</i>
<b>Figura 18</b>	<i>Sensor de oxígeno sin calefacción.....</i>	<i>46</i>
<b>Figura 19</b>	<i>Circuito eléctrico del sensor TPS .....</i>	<i>48</i>
<b>Figura 20</b>	<i>TPS con Interruptor de ralentí.....</i>	<i>49</i>
<b>Figura 21</b>	<i>Conexiones del sensor TPS.....</i>	<i>51</i>
<b>Figura 22</b>	<i>Sensor CKP Hall.....</i>	<i>53</i>
<b>Figura 23</b>	<i>Sensor tipo Hall .....</i>	<i>54</i>
<b>Figura 24</b>	<i>Sensor de frecuencia.....</i>	<i>54</i>

<b>Figura 25</b> <i>Sensor de tipo inductivo</i> .....	55
<b>Figura 26</b> <i>Bomba de combustible</i> .....	57
<b>Figura 27</b> <i>Inyector electrónico</i> .....	58
<b>Figura 28</b> <i>Inyector electrónico con válvula de aguja</i> .....	59
<b>Figura 29</b> <i>Inyector electrónico tipo bola</i> .....	60
<b>Figura 30</b> <i>Inyector electrónico de disco</i> .....	61
<b>Figura 31</b> <i>Onda del inyector</i> .....	62
<b>Figura 32</b> <i>Inyección monopunto</i> .....	65
<b>Figura 33</b> <i>Sistema de inyección multipunto</i> .....	66
<b>Figura 34</b> <i>Inyección continua</i> .....	67
<b>Figura 35</b> <i>Inyección simultánea</i> .....	68
<b>Figura 36</b> <i>Inyección semi secuencial</i> .....	69
<b>Figura 37</b> <i>Inyección secuencial</i> .....	69
<b>Figura 38</b> <i>Modelo de ECU</i> .....	70
<b>Figura 39</b> <i>Computadora con arnés y cables de conexión</i> .....	71
<b>Figura 40</b> <i>Árnés de conexión</i> .....	72
<b>Figura 41</b> <i>Pines de conexión de la ECU</i> .....	72
<b>Figura 42</b> <i>Inyectores</i> .....	73
<b>Figura 43</b> <i>Componentes del inyector</i> .....	74
<b>Figura 44</b> <i>Inyector y componentes</i> .....	74
<b>Figura 45</b> <i>Riel</i> .....	75
<b>Figura 46</b> <i>Inyectores y riel</i> .....	76
<b>Figura 47</b> <i>Bomba de combustible</i> .....	77
<b>Figura 48</b> <i>Pines de conexión de la Bomba de combustible</i> .....	77
<b>Figura 49</b> <i>Conexiones de la Bomba de combustible</i> .....	78
<b>Figura 50</b> <i>Árnés de conexión de la bomba de combustible</i> .....	78

<b>Figura 51</b> <i>Pedal electrónico de aceleración</i> .....	79
<b>Figura 52</b> <i>Pin de conexión para el pedal</i> .....	80
<b>Figura 53</b> <i>Sujeciones del pedal de aceleración electrónico</i> .....	81
<b>Figura 54</b> <i>Sensor de posición de la mariposa TPS</i> .....	82
<b>Figura 55</b> <i>Pin de conexión</i> .....	83
<b>Figura 56</b> <i>Codificación</i> .....	83
<b>Figura 57</b> <i>El pin de conexión del inyector</i> .....	84
<b>Figura 58</b> <i>4 pines de conexión de los inyectores</i> .....	85
<b>Figura 59</b> <i>Pedal de aceleración instalado</i> .....	85
<b>Figura 60</b> <i>Sensor de posición de la mariposa colocada</i> .....	86
<b>Figura 61</b> <i>Instalación de la bomba de combustible</i> .....	86
<b>Figura 62</b> <i>Unidad de Control Electrónico</i> .....	87
<b>Figura 63</b> <i>Prueba de flujo o goteo de inyectores</i> .....	88
<b>Figura 64</b> <i>Prueba de uniformidad</i> .....	89
<b>Figura 65</b> <i>Prueba de flujo de inyección</i> .....	91
<b>Figura 66</b> <i>Prueba de funcionamiento del riel</i> .....	92

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y desventajas del carburador</i> .....	34
<b>Tabla 2</b> <i>Ventajas y desventajas de una mezcla pobre</i> .....	37
<b>Tabla 3</b> <i>Ventajas y desventajas de una mezcla rica</i> .....	38
<b>Tabla 4</b> <i>Relación de Aire y combustible</i> .....	43
<b>Tabla 5</b> <i>Ventajas y desventajas de la inyección directa e indirecta</i> .....	64
<b>Tabla 6</b> <i>Recursos humanos</i> .....	93
<b>Tabla 7</b> <i>Recursos Tecnológicos</i> .....	94
<b>Tabla 8</b> <i>Recursos Materiales</i> .....	94
<b>Tabla 9</b> <i>Presupuesto</i> .....	95

## **Resumen**

Para poder desarrollar el presente trabajo de monografía, se empezó con la investigación sobre un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2 para el motor tipo MSI de 1.6l de un vehículo Volkswagen Fox para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, pues este sistema es de gran importancia ya que su funcionamiento consiste básicamente en controlar el ingreso de combustible de una manera más precisa y eficiente, gracias a los componentes que se encuentran en constante funcionamiento como por ejemplo, la ECU, que es la encargada de identificar los valores proporcionados por los sensores (sonda de oxígeno, posición de la mariposa, posición del cigüeñal, sensor de temperatura del motor, presión de múltiple de admisión, etc.) y determinar cuál será el funcionamiento de los actuadores (bomba de combustible, bobina de encendido, inyectores, etc.), con la finalidad de mantener estable al funcionamiento del sistema de inyección que es de vital importancia, pues en este se produce la combustión en la que intervienen factores que se los conoce como mezcla rica o mezcla pobre, que van a generar dificultad en el motor, por lo que se requiere de la parte electrónica para que se genere una combustión completa, y finalmente se genere una mezcla estequiométrica (14.7 de aire por cada gramo de combustible), de esta manera el vehículo va a presentar un funcionamiento más eficiente, y se consumirá menores cantidades de combustible, este sistema mencionado supera en muchos aspectos al sistema de alimentación en el que está presente un carburador.

Palabras Clave:

- **INYECTORES**
- **PRESIÓN DE MÚLTIPLE DE ADMISIÓN**
- **ECU -**
- **CARBURADOR**



## **Abstract**

In order to develop this monograph work, research began on an OBD2 type electronic injection control system for the 1.6l MSI type engine of a Volkswagen Fox vehicle for the Higher Technology Career in Automotive Mechanics of the Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, because this system is of great importance since its operation basically consists of controlling the fuel input in a more precise and efficient way, thanks to the components that are in constant operation such as, for example, the ECU, which is responsible for identifying the values provided by the sensors (oxygen sensor, throttle position, crankshaft position, engine temperature sensor, intake manifold pressure, etc.) and determining how the actuators will work (fuel pump, ignition coil, injectors, etc.), in order to keep the operation of the fuel system stable. injection that is of vital importance, because in this combustion takes place in which factors that are known as rich mixture or lean mixture intervene, which will generate difficulty in the engine, for which the electronic part is required so that a complete combustion is generated, and finally a stoichiometric mixture is generated (14.7 of air for each gram of fuel), in this way the vehicle will present a more efficient operation, and will consume lesser amounts of fuel, this mentioned system surpasses in many aspects to the fuel system where a carburetor is present.

Key words:

- **INJECTORS**
- **INTAKE MANIFOLD PRESSURE**
- **ECU. UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICA**
- **CARBURETOR**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO DE INYECCIÓN TIPO OBD2 PARA EL MOTOR TIPO MSi DE 1.6L DE UN VEHÍCULO VOLKSWAGEN FOX PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE.”.

#### 1.1. Antecedentes

En la investigación realizada para el desarrollo del presente tema, hace una referencia a la evolución que ha tenido el funcionamiento de un motor, como pasar de un carburador hasta llegar a evolucionar a una carburación controlada por componentes electrónicos que nos brindan mayores ventajas.

Es muy conocido que la industria automotriz genero una creciente en la contaminación mundial, entonces como una medida de protección ambiental se empezaron a desarrollar motores que fuesen más limpios y más eficientes, y esto se pudo lograr gracias a la inyección electrónica, para el desarrollo de estos motores se empezaron a usar sensores, que ,lo que garantizaban era el suministro de cantidad optima entre aire y combustible para el motor para que con esto los índices de contaminación puedan bajar. (Urbina, 2008)

A causa de los grandes avances que ha tenido la electrónica en el campo automotriz se puede determinar que en la actualidad el sistema de inyección de un motor esta comandado por un control electrónico que lo que pretende no es únicamente aprovechar mejor el combustible y producir mayor eficacia de combustión, sino también lo que se busca es poder cumplir con las normativas de anticontaminación. (Mera, 2016)

Como ya se ha estudiado un motor de ciclo Otto requiere de tres constantes para poder funcionar las cuales son: chispa, aire y combustible y lo que se pretende con la inyección electrónica es control de todos estos, hacer actuar a cada uno en el instante pertinente para poder lograr una mejor combustión y esto se logra a los desarrollos de los sensores y actuadores electrónico que se han ido implementando en los vehículos de la actualidad que han suplantado a los motores de carburador que tanta contaminación dejaron a su paso. (Mera, 2016)

## **1.2. Planteamiento del Problema**

En las diversas investigaciones que se han realizado para el campo automotriz a partir de que apareció la inyección electrónica se han centrado en los datos acerca los beneficios de la combustión dejando a un lado el aspecto del procedimiento de la implementación del control de inyección electrónica, como se ha dejado a un lado este tema, la comunidad automotriz no ha podido estudiar como tal el proceso para poder implementar correctamente un sistema de inyección, de no poder realizar una guía bien elaborada la falta de datos para implementar dicho sistema la comunidad automotriz tendrá una escases de conocimiento acerca del tema, para solucionar esto lo que se realiza es esta investigación con el fin de poder dar a conocer no solo a la comunidad

universitaria sino también a todo aquel interesado en este ámbito la forma correcta de implementar un sistema de control de inyección electrónico.

### **1.3. Justificación**

La implementación de dicho tema contribuirá a la comunidad universitaria como una fuente de apoyo teórico y didáctico, mostrando un procedimiento específico para la implementación de un sistema de control de inyección electrónica.

La principal ventaja que maneja este proyecto es la mostrar una técnica de implementación de un sistema de control de inyección electrónico, por otro lado el proyecto brinda un método de estudio para la comunidad universitaria que quedara como principal beneficiario ya que será capaz de poder evidenciar el proyecto e incluso de ser posible interactuar con él, ofreciéndoles así una oportunidad de familiarizarse con una implementación de un sistema de este tipo, pudiendo así salir mejor preparados para un mundo laboral más exigente.

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Implementar un sistema de control electrónico de inyección tipo obd2 para el motor tipo MSi de 1.6l de un vehículo Volkswagen fox con ayuda de conocimientos teóricos y prácticos que se han obtenido en la carrera de tecnología en mecánica automotriz para ayudar con un material didáctico y teórico para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Realizar una investigación bibliográfica acerca del control de inyección electrónica en un motor y los elementos que lo conforman.
- Especificar el funcionamiento de los elementos del sistema de control de inyección electrónica y el dimensionamiento que deberán tener para un motor tipo MSi de un vehículo Volkswagen fox.
- Implementar el sistema de control de inyección electrónico tipo OBD2 para un motor tipo MSi para un vehículo Volkswagen fox con una guía de funcionamiento para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz

### **1.5. Alcance**

El alcance de este proyecto es realizar una implementación correcta del sistema de control de inyección electrónica, además de poder explicar con una guía teórica el funcionamiento del sistema para poder contribuir a la comunidad universitaria de la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz y permitirles obtener además de la guía teórica el proyecto físico para que puedan interactuar con él, y en base a la guía permitirles hacer varias prácticas que contribuyan al desarrollo como profesionales del campo automotriz.

Además, se pretende dar a conocer el funcionamiento específico de los elementos que conforman el sistema de control de inyección electrónica tipo OBD2 y las averías que podrían dar en el sistema en caso de que estos fallen para que los beneficiarios del proyecto puedan determinar en base a la guía que elemento tiene defectos y poder sustituirlo.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Sistemas de control

Generalmente un sistema de control está compuesto por un grupo de elementos, que van a trabajar en conjunto para poder ejercer control sobre otros sistemas, pues completa de maneras más efectivas las tareas o asignaciones según sea su aplicación o para lo que le hayan programado, pues son más precisas ante la lectura de los errores. (Sasir, 2021)

##### Historia del sistema de control

Este tipo de sistemas son registrados desde la antigua Grecia, en unidades que se encargaban de regular una plataforma que flotaba bajo el agua, siendo así el primer sistema de control automatizado que ha elaborado del hombre, hoy en la actualidad se ha permitido avanzar con sistemas de control en el campo automotriz. (Autoavance, 2019)

##### Tipos de sistemas de control

- Sistemas de control automático: este tipo de sistema es el encargado de ejecutar diversos procesos, de una manera más rápida y exacta, pues mide los datos de ingreso y los coteja con los datos de salida, ya que se compara los datos. (Sasir, 2021)
- Sistemas de control de lazo abierto: en este caso los datos de salida no presentan ninguna consecuencia sobre el sistema de control para poder hacer efectiva una operación. (Sasir, 2021)

- Sistemas híbridos o conjuntos: se caracterizan por que en este tipo se encuentra presente el manejo por el hombre y la automatización. (Sasir, 2021)
- Sistemas de control de lazo cerrado: es más estable ante perturbaciones o variaciones internas, la salida se compara con la entrada para poder realizar el control del sistema. (Sasir, 2021)

Elementos de un sistema de control:

- Variable para controlar
- Un actuador
- Punto de referencia

Tomando como ejemplo una línea de llenado la variable para continuar sería un resultado al depositarlo en costales, punto de referencia es el encargado de limitar el llenado, y el actuador es el que ejecuta la acción. (Sasir, 2021)

En el ámbito automotriz se tienen algunos sistemas que son los encargados de hacer que el vehículo tenga un buen funcionamiento, se las detalla a continuación.

## **2.2. Sistema de control electrónico**

Es muy importante determinar que el sistema de control electrónico es el encargado de administrar cualquier función de un automóvil, en la que intervenga la corriente eléctrica, pues es el encargado de gestionar todos los procesos electrónicos,

en él, se incluye el módulo de control del motor, que es también conocido como UCE, (Unidad de Control Electrónico). (IDAT, 2017)

Hoy en la actualidad la mayoría de vehículos, cuentan con sistemas de control electrónico, debido a que permite facilitar su manejo o hacer que su uso sea más práctico, gracias a que los componentes que se encuentran dentro del circuito son componentes eléctricos, encargados de proveer información a las correspondientes unidades procesadoras de señal, para posteriormente analizarlas y realizar ajustes según sea necesario, con la finalidad de obtener condiciones óptimas de funcionamiento de un sistema. (RODES, 2020)

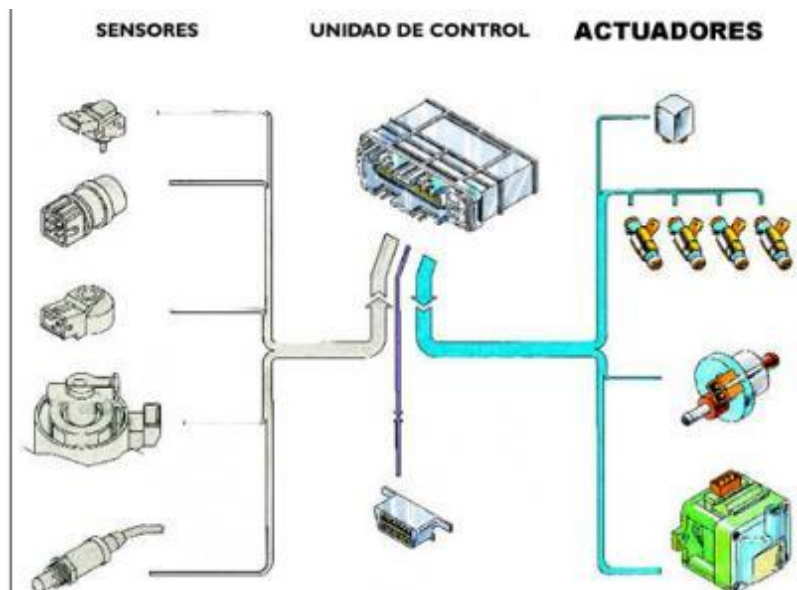
Este dispositivo es muy importante debido a que es el encargado de recolectar información de los sensores electrónicos que se encuentran formando parte del vehículo, con la finalidad de determinar cómo debe ser el funcionamiento que presentan los demás elementos mediante conexiones o desconexiones de los actuadores, haciendo así que se puedan activar los componentes, mediante corriente. (Autolab, 2018)

En la imagen a continuación se muestra un diagrama con los sensores y actuadores.



**Figura 1**

*Diagrama de conexión de sensores, unidad de control y actuadores*



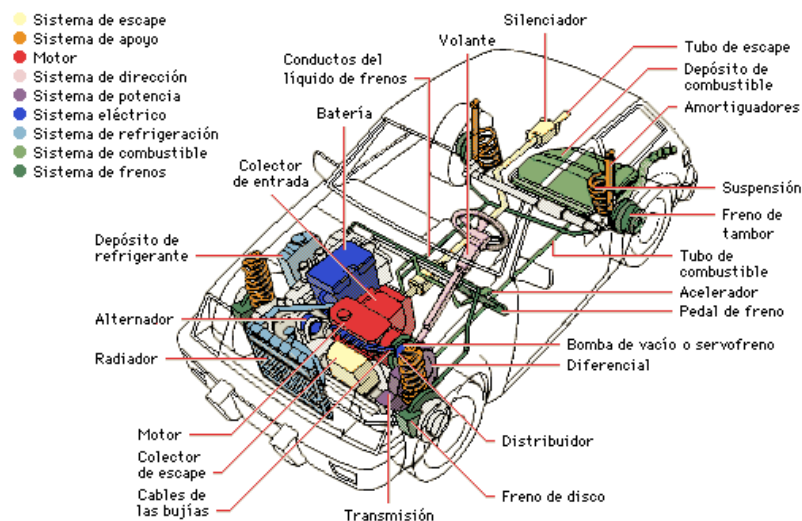
*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar a los componentes electrónicos que intervienen en un sistema de control. Tomado de (RODES, 2020)

Dicho módulo de control es el encargado de controlar diversas funciones como por ejemplo sistema antibloqueo de ruedas, control electrónico de velocidad, sistema control electrónico de motor, transmisión controlada electrónicamente, sistema electrónico de control de climatización, sistema de seguridad air bag, sistema de encendido, sistema de inyección de combustible, sistema de encendido etc. De los que se hablará más a detalle a continuación. (IDAT, 2017)

En la siguiente imagen se pueden apreciar algunos sistemas electrónicos.

Figura 2

## Sistemas electrónicos



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar a los sistemas electrónicos de control.

Tomado de (RODES, 2020)

### 2.2.1. Sistema antibloqueo de ruedas:

Este sistema es el encargado de intervenir en el caso de existir un frenado brusco o de emergencia, evitando que una de las ruedas se bloquee de forma automática, mediante la modulación hidráulica de la presión en el circuito de frenos. (RODES, 2020)

El módulo de control se incluye en el típico sistema de ABS, pues tiene sensores de velocidad de giro de ruedas, unidades de control hidráulico, y su cableado correspondiente, dicho módulo de control electrónico es el encargado de procesar

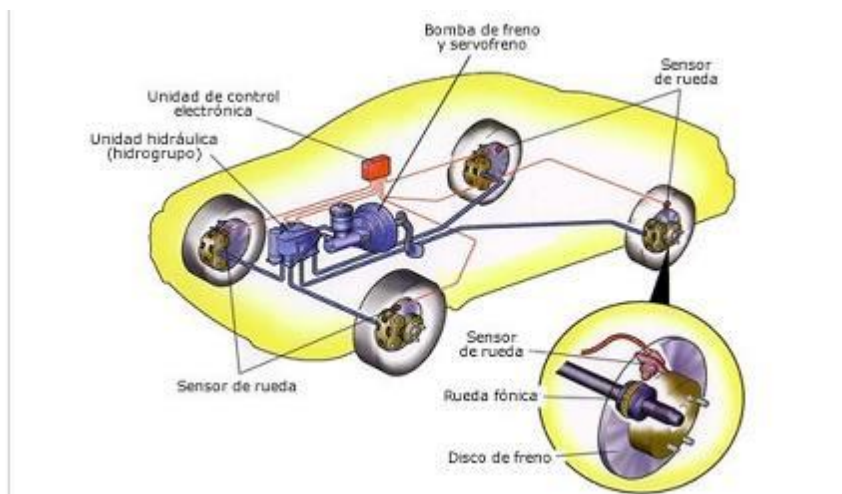
información que se obtiene gracias a los sensores de velocidad presentes en cada rueda. (Mecánico Nitro, 2017)

Si al realizar la acción de frenado, alguna de las ruedas, están en condición de bloqueo, el módulo de control lo detecta, y evita las ordenes que corresponden a la unidad de control hidráulico, teniendo como resultado una disminución en la presión de frenado en la rueda en cuestión. (IDAT, 2017)

En la siguiente imagen se pueden identificar los componentes que intervienen en el sistema de antibloqueo de ruedas.

### Figura 3

#### *Sistema antibloqueo de ruedas*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al sistema de antibloqueo de ruedas.

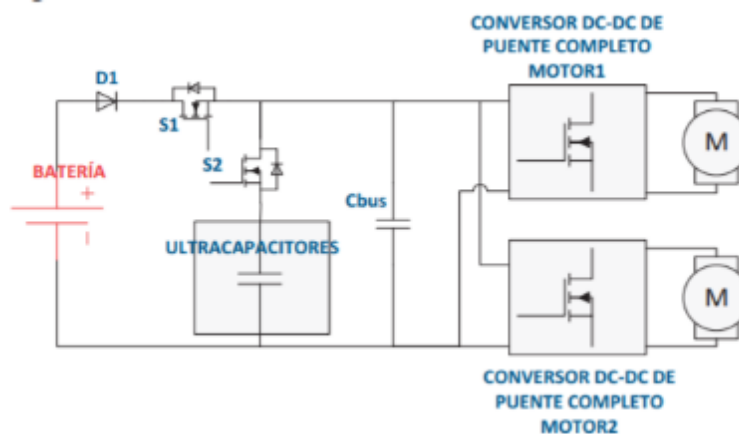
Tomado de (Mecánico Nitro, 2017)

### 2.2.2. Sistema de control electrónico de velocidad.

También conocido en sus siglas como CEV, este tipo de control es según lo afirma (Avila, 2020) un “circuito principal es un convertidor formado por una red de transistores de efecto de campo (MOSFETs), los cuales regulan el paso de energía de la fuente hacia los motores, permitiendo una variación suave, precisa y eficiente de la velocidad, de la dirección y del torque del motor eléctrico”

**Figura 4**

*Diagrama del controlador electrónico de velocidad*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al diagrama del controlador electrónico de velocidad. Tomado de (Cuásquer, 2020)

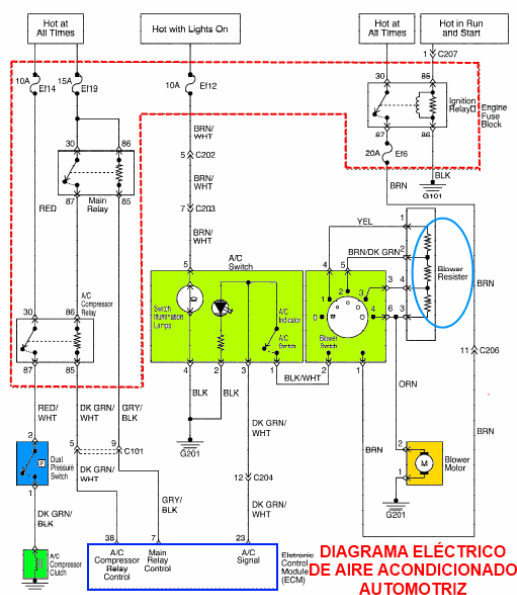
### 2.2.3. Control electrónico de control de climatización

En este tipo de sistema se encuentran diversos sensores como por ejemplo el sensor de temperatura bajo el sol, sensor de temperatura interior, sensor de

temperatura ambiente, y sensor de temperatura del motor, que trabajarán en conjunto para poder mantener una temperatura adecuada, tanto en el habitáculo, como en el motor.

**Figura 5**

*Diagrama eléctrico del sistema de control de climatización*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al diagrama eléctrico del sistema de control de climatización. Tomado de (Autodaewoospark, 2021)

#### **2.2.4. Sistema de escape**

Este sistema de escape como generalmente se lo conoce está conformado por el colector de escape, Silenciador, Conductos de evacuación, Sujetadores de la tubería. Que se los puede apreciar en la siguiente imagen. (Semrush, 2021)

**Figura 6**

*Componentes del sistema de escape*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al diagrama eléctrico del sistema de control de climatización. Tomado de (Semrush, 2021)

A este sistema de le añade una sonda lambda o también conocido como sensor de oxígeno, ubicado en el múltiple de escape, su finalidad es analizar la cantidad de oxígeno que está presente en los gases de escape que son expulsados por el motor. (MTE-THOMSON, 2021)

### **2.2.5. Sistema de bolsas de seguridad de inflado automático (airbag)**

Este tipo de sistemas está encargado de dar aviso de impacto gracias a los sensores que se encuentran ubicados frente al vehículo, o en sus costados.

**Figura 7***Sistema de Air bag*

*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al sistema de bolsas de seguridad de inflado automático. Tomado de (Mecánico Nitro, 2017)

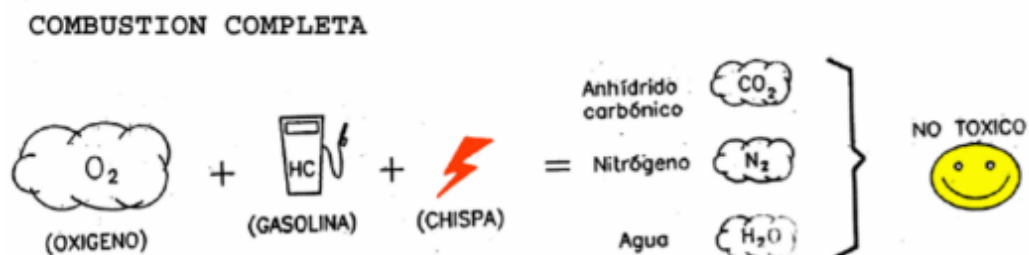
**2.3. Sistema de alimentación****2.3.1. Procesos de combustión:**

El motor es el encargado de generar energía mediante la quema de combustible, este proceso toma el nombre de combustión

En las siguientes imágenes se puede identificar a una combustión completa, en la que interviene oxígeno, gasolina y chispa para producir anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), como se puede analizar en la siguiente imagen. (Sierra, 2021)

## Figura 8

### Combustión completa



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar como se produce una combustión completa. Tomado de (Sierra, 2021)

Es decir, para que se produzca una combustión completa se debe tomar en cuenta ciertos requerimientos, por ejemplo, la gasolina debe estar pulverizada para que se pueda vaporizar, o pasar a estado gaseoso, en gotas muy finas, otro requerimiento es ser homogénea ya que se debe tener la misma proporción en todas las partes, debe ser repartida uniformemente a todos los cilindros. (Tob, 2017)

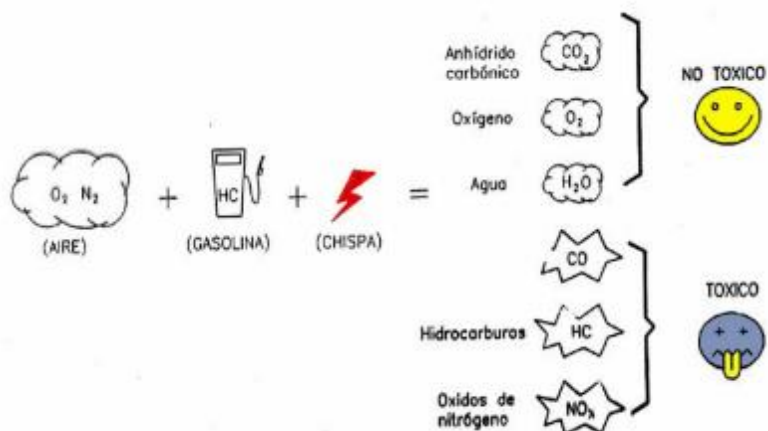
Cuando la mezcla no se realiza con las proporciones establecidas también se puede considerar que se produce una combustión incompleta, generando así más agentes que contaminan al medio ambiente, como por ejemplo los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. (Sierra, 2021). Como se puede ver en la siguiente imagen.



Figura 9

## Combustión incompleta

## Combustión incompleta



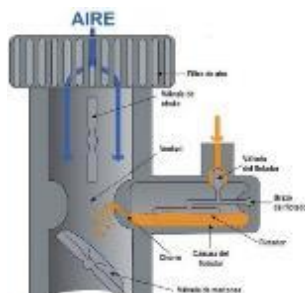
*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar como se produce una combustión incompleta. Tomado de (Sierra, 2021)

- El carburador:

En la antigüedad se utilizaban elementos mecánicos como por ejemplo los carburadores que han sido los que van perdiendo popularidad con el transcurso del tiempo, a continuación, se puede identificar una imagen del carburador y se detallará su funcionamiento. (Buendía, 2018)

## Figura 10

### Carburador básico



*Nota:* en la imagen se muestra a un carburador. Tomado de (Buendía, 2018)

Ventajas y desventajas de un sistema de alimentación con carburador:

En la siguiente tabla se pueden apreciar las ventajas y desventajas del uso de un carburador en el sistema de alimentación.

**Tabla 1**

### *Ventajas y desventajas del carburador*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Simplicidad en su diseño	Mas emisiones de contaminantes
Fáciles de mantener	Gastan más combustibles
Son más económicos	Gastan más combustibles
Son menos sensibles a impurezas presentes en el combustible	La mezcla es diferente para cada cilindro
Es más resistente que el sistema de	No son tan potentes

Ventajas	Desventajas
inyección	
Rara vez presentan fallas	Se ven afectados en condiciones climáticas, como climas fríos, mediana o gran altitud

*Nota.* En la tabla se identifican las Ventajas y desventajas del carburador.

El carburador es un componente del motor en el que se mezclan el aire y la gasolina, para posteriormente ingresar a la cámara de combustión, pues en él se crea la mejor mezcla posible para que se genere una explosión óptima, o lo más óptima que se pueda, este carburador, busca una mezcla de 14.7 partes de aire por cada parte de gasolina, es una relación 14.7:1 conocido como factor lambda o mezcla estequiométrica. (Buendía, 2018)

### Figura 11

*Mezcla estequiométrica*

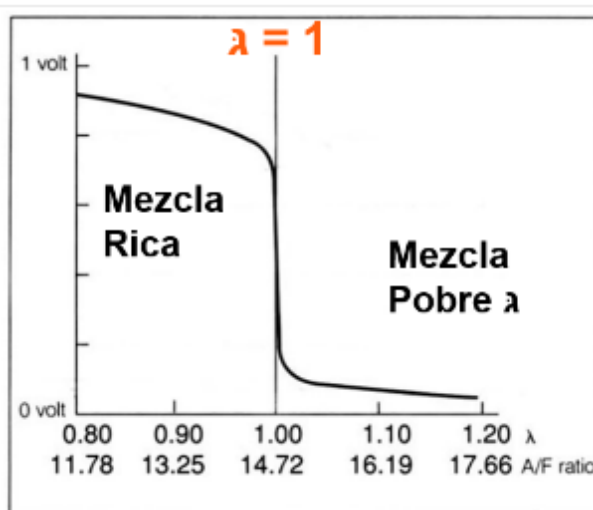


*Nota:* en la imagen se muestra la mezcla estequiométrica. Tomado de (Admin, 2018)

En el caso de que se altere la mezcla se producen dos resultados, el primero es de una mezcla pobre debido a que el factor lambda es mayor de 1, es decir hay demasiado aire y poca gasolina y se produce una mezcla rica cuando el factor lambda es menor a 1, es decir hay poco aire y mucha gasolina. Esto se puede apreciar en la siguiente imagen. (Buendía, 2018)

**Figura 12**

*Mezcla pobre o rica*



*Nota:* en la imagen se muestra la mezcla pobre o rica. Tomado de (Augeri, 2018)

En este tema se pueden abordar ciertas ventajas o desventajas sobre las mezclas pobres o ricas, que se detallarán a continuación en las siguientes tablas

- Mezcla pobre:

Existen valores dentro de la mezcla pobre que interfieren notablemente en el funcionamiento del vehículo, en la imagen 10 se puede ver más a detalle las cifras que

determinan que es efectivamente una mezcla pobre, por ejemplo, entre 1.01 y 1.15 se tiene un consumo mínimo por lo tanto el motor pierde potencia. Si se tienen valores entre 1.15 y 1.30 el motor pierde potencia y se aumenta el consumo de combustible, hay problemas de autoencendido y explosiones en escape. Y finalmente mayores a 1.30 la mezcla ya no es inflamable. (Huesca, 2021)

**Tabla 2**

*Ventajas y desventajas de una mezcla pobre*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ahorro de combustible	Calentamiento excesivo del motor
	Pérdidas de potencia
	Deterioro en las válvulas de escape y en el catalizador

*Nota.* En la tabla se pueden identificar las posibles ventajas y desventajas de tener una mezcla pobre.

- Mezcla rica:

Así como hay valores que determinan una mezcla pobre, también se encuentran presentes los valores que determinan una mezcla rica, por ejemplo, valores menores a 0.75 en este caso el motor se ahoga, y la mezcla es poco inflamable, cuando se presentan valores entre 0.75 y 0.85 es una mezcla extremadamente rica, y genera un aumento de potencia cuando se presentan aceleraciones rápidas. Finalmente, en

valores entre 0.85 y 0.99 se entrega potencia continua, pero el consumo de combustible aumenta. (Huesca, 2021)

**Tabla 3**

*Ventajas y desventajas de una mezcla rica*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Mas potencia	Mas consumo

*Nota.* En la tabla que se muestra se pueden identificar las ventajas y desventajas de una mezcla rica.

El sistema de carburación ha permanecido durante años en los motores a gasolina, pues es un sistema que no necesita que una computadora o ECU esté gestionando procesos, para poder obtener la mezcla estequiométrica teniendo como principio de funcionamiento similar al de una pistola de pintura, pues mientras más aire ingresa, mayor es la fuerza con la que ingresa el combustible. Por este motivo se ha logrado generar el sistema de inyección del que se hablará más a detalle a continuación. (Moya, 2019)

#### **2.4. Sistema de inyección**

Si se pone como relación al ser humano como sistema, se puede identificar que el cuerpo humano recibe información del exterior por medio de los sentidos, esa misma relación se encuentra en el sistema de inyección, ya que recolecta información del estado del motor gracias a la presencia de sensores, dicha información es procesada

por la (ECU) o también conocida como unidad de control de energía, que ordena a los actuadores una función específica. (UNLP, 2021)

### **2.5. Ventajas del sistema de inyección:**

- Consumo eficiente:

En este sistema el consumo es eficiente, ya que los inyectores van regulados por la centralita generalmente, y cuando el ingreso de aire no coincide con el flujo de combustible, la carburación es regulada tomando la presión de aire como referencia, por lo tanto, el ahorro de combustible es mayor. (Moya, 2019)

- Mayor rendimiento:

En un motor que funciona con carburador el rendimiento no es al 100 % debido a que cuando ingresa el combustible al cilindro es a chorros, por lo tanto no cubre la superficie en su totalidad, en cambio con un sistema de inyección electrónica se logra cubrir toda la zona de la cámara interna, haciendo así que se genere una explosión más armónica, con esto se aumenta notablemente el par motor. (Moya, 2019)

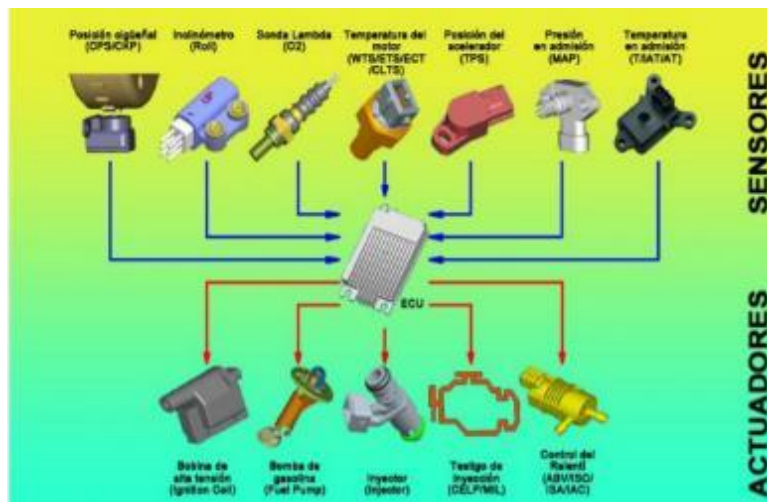
- Menor contaminación:

Al ingresar el combustible en cantidades más precisas, se generan gases más refinados.

En la siguiente imagen se pueden identificar a los respectivos sensores y actuadores, que corresponden al sistema de inyección.

### Figura 13

#### *Sensores y actuadores del sistema electrónico de inyección*



*Nota.* Sistema de inyección con sensores y actuadores Tomado de (Contreras, 2018)

La mezcla estequiométrica como bien se ha podido especificar anteriormente es 14 partes de aire por una de combustible, hay muchas tareas que se deben tomar en cuenta como, por ejemplo, la cantidad de aire que ingresa, la temperatura de motor, si el motor está girando, si está el vehículo está detenido o en movimiento, el vacío del múltiple de admisión, etc. Para ello se han utilizado los sensores, que son los que dan la información a la ECU. (Isopetrol, 2017)

Así como se pensaron los sensores que dan información a la ECU, se determinó que deben existir los actuadores que son los que se van a encargar de realizar las tareas demandadas por la ECU, como son el motor a pasos, o la válvula de ralentí que



regulan la marcha lenta según la temperatura de motor, si está funcionando el aire acondicionado o no. (Admin, 2018)

- Sensores:

Se debe considerar que hay algunos sensores que forman parte del sistema de inyección electrónica, pues son los encargados de contribuir en el buen funcionamiento del vehículo.

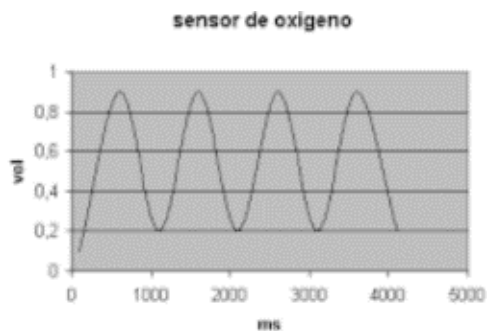
**2.5.1. Sonda de oxígeno:**

En este sensor se debe determinar la diferencia de oxígeno en el interior del caño de escape y el exterior, esta diferencia es la encargada de generar un voltaje que va en un rango entre 0 y 1 volt. Esto ayuda a determinar posibles fallas como, por ejemplo, si el voltaje es bajo, la mezcla es pobre (más oxígeno que combustible), cuando esta señal llega a la ECU, la misma se encarga de mandar más combustible, para regular el voltaje, por el contrario, si el voltaje es muy alto, la mezcla es rica (más combustible que oxígeno), y de la misma manera la ECU controla el paso de combustible. (Sensorautomotriz, 2018)

En la imagen se pueden observar los valores generados por el sensor de oxígeno.

## Figura 14

*Sensor de oxígeno*



*Nota.* Sistema de inyección con sensor de oxígeno. Tomado de (NGK, 2018)

- Ubicación:

Generalmente, se encuentran ubicados a la salida del escape, conocido también como tubo de escape, las marcas de automóviles poseen el mismo tipo de sensor, aunque hay vehículos que son más modernos, y presentan dos sensores de oxígeno. (NGK, 2018)

## Figura 15

*Sensor de oxígeno*



*Nota.* Sistema de inyección con sensor de oxígeno. Tomado de (Autodaewospark, 2021)

- Factor lambda:

Es la equivalencia de la relación de aire y combustible real, para poder obtener una mezcla estequiométrica.

Esta tabla sirve para poder determinar una relación según la cantidad del combustible que se esté utilizando y las propiedades del mismo y la cantidad de aire, para que se genere una buena combustión. (MTE-THOMSON, 2021)

**Tabla 4**

*Relación de Aire y combustible*

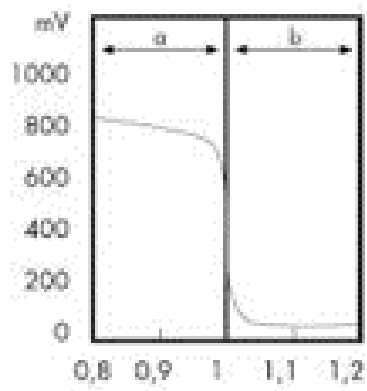
<b>Combustible</b>	<b>Aire/ combustible</b>
Gasolina pura	14.7:1
Gasolina común	13.2:1
Diesel	15.2:1

*Nota.* Sistema de inyección y relación de combustible y aire.

Con los valores normales que se pueden tomar como referencia utilizados en la tabla 4 se puede concluir que cuando la mezcla tiene más aire del específico, se dice que el factor lambda es mayor a 1 o que es una mezcla pobre, pero cuando la cantidad de aire está por debajo de especificada, se determina un factor lambda menor a 1 es una mezcla rica, en la imagen se puede ver más a detalle los valores del factor lambda. (Sensorautomotriz, 2018)

## Figura 16

Valores del factor lambda



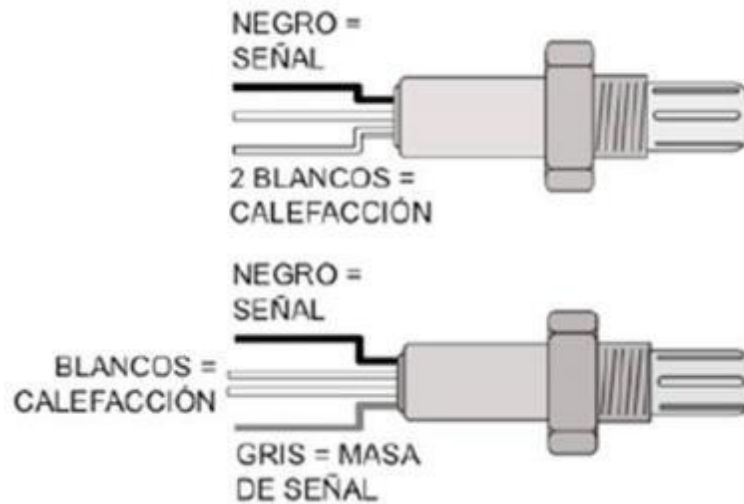
Nota. factor lambda. Tomado de (MTE-THOMSON, 2021).

- Tipos de sensor de oxígeno:

Existen 4 variantes de sensores de oxígeno y se clasifican generalmente por el número de cables que se utilizan para comunicar al sensor con la computadora, generalmente tienen un cable, dos, tres, y hasta cuatro, dependen más del vehículo, pero sin importar el número de cables la función es la misma. (POR, 2020)

- Sensor de oxígeno caliente:

Este tipo de sensores tienen en su interior un elemento eléctrico que le ayuda a calentarse entre 20 y 60 segundos posteriores al encendido, para así poder operar más rápido cuando el automóvil empieza a trabajar y es capaz de lograr la temperatura óptima. Son identificables debido a que poseen de 3 a 4 cables. (MTE-THOMSON, 2021)

**Figura 17***Sensor de oxígeno caliente*

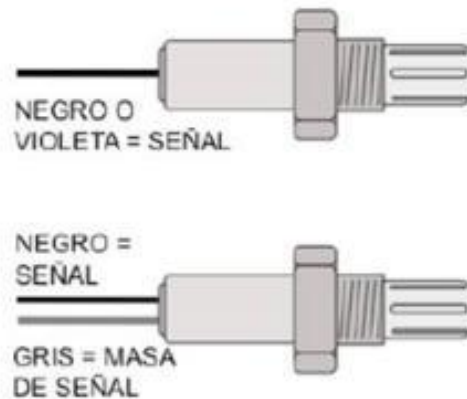
*Nota.* Sensor de oxígeno caliente. Tomado de (Diagramaweb, 2020)

- Sensor de oxígeno sin calefacción:

Estos sensores son más antiguos, y son muy dependientes de la temperatura del tubo de escape para poder calentarse y poder trabajar, se las puede identificar por que poseen de uno a dos cables, el tiempo estimativo en calentarse es hasta 5 minutos. (MTE-THOMSON, 2021)

## Figura 18

### *Sensor de oxígeno sin calefacción*



*Nota.* Sensor de oxígeno sin calefacción. Tomado de (Diagramaweb, 2020)

- Fallas del sensor de oxígeno y como detectarlas:

Al fallar este sensor la computadora no puede detectar la relación de aire y combustible, por lo tanto, no puede regular la cantidad de combustible que pasa por el motor, el vehículo aumenta el consumo y su desempeño es insuficiente. Y para poder detectar sus fallas se debe utilizar un scanner, con ayuda del mismo se puede extraer códigos de falla de la computadora de inyección, pues cuando se produce una falla la computadora lo almacena en la memoria. (Sensorautomotriz, 2018)

- Soluciones a las fallas del sensor:

Los sensores de oxígeno se deben cambiar aproximadamente entre las 60 y 100,000 millas, en los vehículos modernos se enciende una luz que indica que el sensor está a punto de dañarse o ya se dañó totalmente. (Contreras, 2018)

### ***2.5.2. Sensor de posición de la mariposa TPS***

Este sensor es el encargado de medir la posición de la mariposa, este sensor es muy importante porque gracias a él se puede saber la cantidad de aire que está ingresando al motor, esta información es enviada a la centralita o computadora, para validarla y hacer que el motor funcione de la manera adecuada. (Areco, 2021)

Según lo explica (Areco, 2021):

El Sensor TPS tiene injerencia sobre las siguientes funciones:

- Dosifica la cantidad de combustible.
- Controla la marcha en mínimo.
- Desconecta el aire acondicionado cuando hay aceleración brusca.
- Controla el funcionamiento del Canister.

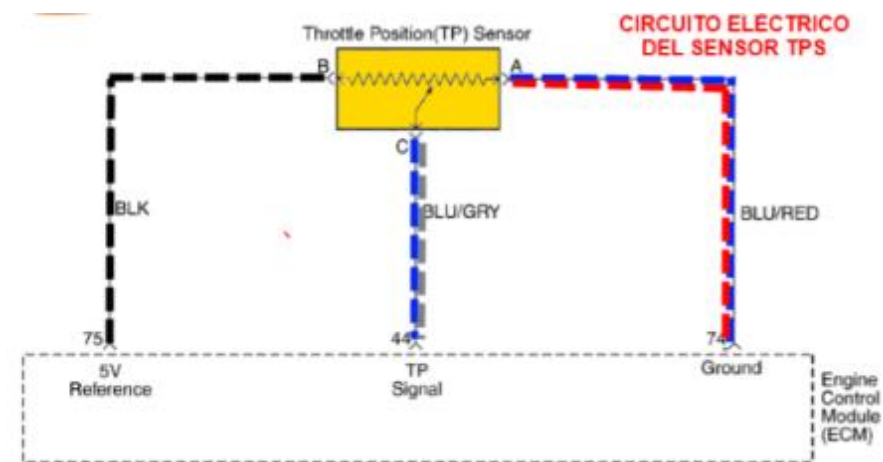
Este sensor está conformado por una o dos resistencias de carbón y un cursor que va recorriendo a medida que se va acelerando, copia la posición de la mariposa,

haciendo que varíe el voltaje de salida gracias a la resistencia, este proceso sirve para que la computadora pueda calcular la masa de aire que está ingresando al motor, compara estos datos con los de los demás sensores, y variar el avance del encendido según convenga, a continuación se muestra la siguiente imagen. (UNLP, 2021)

Como se ve en la imagen este circuito está compuesto por 3 cables, el primer cable se conecta a la alimentación de 5 voltios, el segundo cable cierra el circuito del sensor a tierra, y finalmente el tercer cable está conectado a la pluma del potenciómetro encargándose del cambio de la resistencia, es decir el voltaje de señal. (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ, 2021)

### Figura 19

*Circuito eléctrico del sensor TPS*



*Nota.* Circuito eléctrico del sensor TPS. Tomado de (UNLP, 2021)



- Ubicación del sensor:

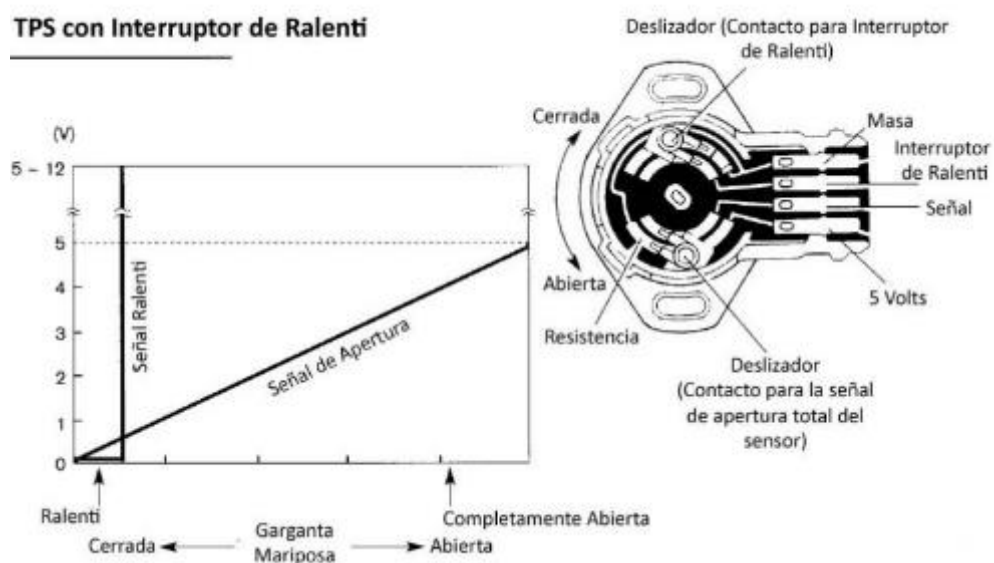
Este sensor se encuentra ubicado en armazón del acelerador y se conecta al eje del mismo, para una ubicación más segura, se requiere específicamente del diagrama eléctrico del vehículo. (Sensorautomotriz, 2021)

- Funcionamiento:

Este sensor es alimentado por 5 voltios, por ello en la siguiente imagen se puede mostrar cómo se puede determinar la posición de la posición.

**Figura 20**

*TPS con Interruptor de ralenti*



*Nota.* Circuito eléctrico del sensor TPS. Tomado de (UNLP, 2021)

Según (Sensorautomotriz, 2021)

*“El Módulo de Control Electrónico puede identificar condiciones de aceleración rápida, marcha mínima, cargas parciales y carga plena.”*

Cuando el motor está a ralentí el TPS es el que envía una señal que corresponde a un ángulo de 0°, cuando se da esta medida significa que la mariposa está cerrada, por lo tanto, no hay paso de aire, cuando el TPS marca un ángulo de 100°, significa que la mariposa está abierta y existe la máxima aceleración; La señal que es entregada a la ECM es transmitida gracias al TPS y es de voltaje y este varía según la posición que tenga el acelerador, por este motivo si el vehículo está a ralentí y la salida de voltaje es bajo (0.4 a 0.8 v) y a medida que el auto empieza a acelerar, el voltaje va incrementando hasta llegar a su máximo nivel que está en entre (4.5 a 5 V). (Sensorautomotriz, 2021)

- Fallas del sensor TPS:

Cuando este sensor está fallando sea por un circuito abiertos o cortocircuito, la computadora es la que se encarga de sustituir el valor que está incorrecto por una señal artificial que se analiza debido a la rotación del motor, esto genera ciertas consecuencias en el funcionamiento debido a que el motor se apaga continuamente o se producen vibraciones. (AUTOMOTRIZ, 2020)

Cuando el TPS está flojo o roto se producen señales intermitentes que generan ráfagas de combustible en los inyectores, ya que la computadora interpreta estas señales como aceleración. (AUTOMOTRIZ, 2020)

Estas fallas generadas son guardadas por el módulo de control electrónico en su memoria, por este motivo se enciende la lámpara de Check Engine o luz de verificación del motor, estos códigos según (Sensorautomotriz, 2021) son:

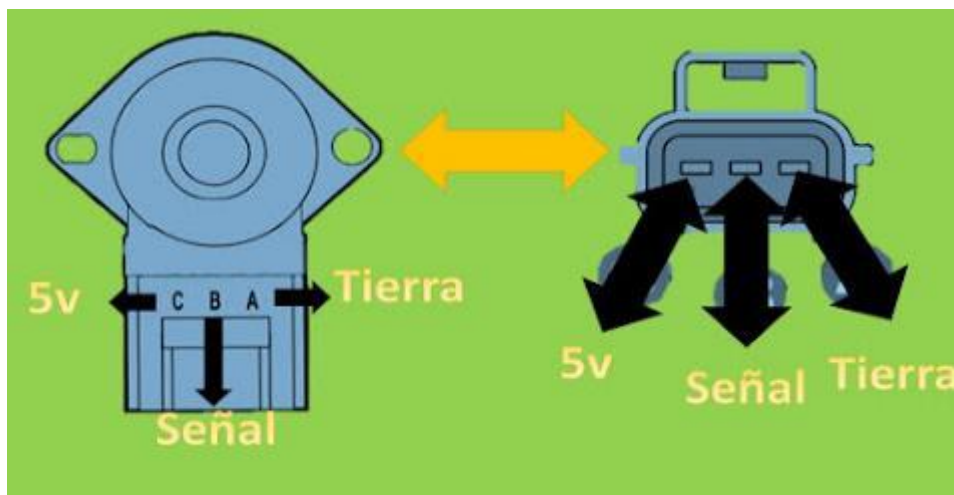
- P0122: Falla del sensor TPS a causa de bajo voltaje.
- P0123: Falla del sensor TPS a causa de alto voltaje.

- Tipos de sensor:

El primer tipo de sensor está compuesto por 3 cables o conexiones, el primer cable indica el voltaje que generalmente de 5v, otro cable que es la conexión a tierra, y finalmente el cable que indica la señal que va a ser transmitida a la computadora. (POR, 2020)

**Figura 21**

*Conexiones del sensor TPS*



*Nota.* Circuito eléctrico del sensor TPS. Tomado de (AUTOMOTRIZ, 2020)

El otro sensor posee cuatro cables o conexiones los 3 primeros cables cumplen la misma función que fue mostrada con anterioridad, y el cuarto cable es para la conexión a ralentí. (POR, 2020)

- Fallas del sensor:

Cuando este sensor TPS está con fallas hay algunos síntomas que se detallan a continuación según (AUTOMOTRIZ, 2020):

- Aumento del consumo de combustible: esta falla se produce ya que la computadora no puede identificar en que posición exactamente está la mariposa del cuerpo de aceleración, por ello se aumenta el consumo de combustible y la eficiencia del motor baja.
- Inestabilidad en las RPM: Este fallo se produce debido a que el sensor TPS está relacionado con el sensor IAC, ya que el porcentaje de abertura de la mariposa dependen mucho para la abertura de la válvula IAC.
- Humo negro en el escape: esto se debe al exceso de combustible

- Soluciones las fallas del sensor:

Para evitar este tipo de fallas es recomendable realizar revisiones cada 20.000 km, la solución más recomendable es cambiar el sensor, pero antes de hacerlo es importante revisarlo, pues el cableado debe estar intacto, es decir sin cortocircuitos, y fijarse también que el arnés no esté oxidado o roto. (Sensorautomotriz, 2021)

### **2.5.3. Sensor de posición del cigüeñal**

Este sensor también es conocido como CKP, es el encargado de enviar señales a la computadora, indicando en que posición se encuentra el cigüeñal, por lo tanto, se entiende en que posición están los pistones que generalmente es cuando están en el punto muerto superior, para que la ECU envíe señales de encendido a los inyectores de combustible, otra función que cumple este sensor es indicar las revoluciones del motor. (Autoavance, 2019)

- Tipos de sensor:

Generalmente se conocen a dos tipos de sensores que son los que generan una señal digital y los que generan frecuencia

Sensor de efecto hall:

#### **Figura 22**

*Sensor CKP Hall*



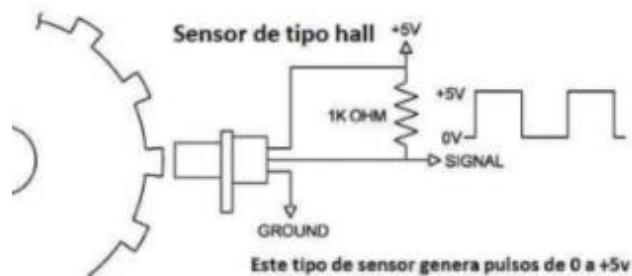
*Nota.* Sensor de posición de cigüeñal efecto hall. Tomado de (Ramos, 2019)

Esta señal es detectada gracias a la rueda dentada, por lo general estos sensores cuentan con 3 líneas, la primera línea es la alimentación que se la encuentra

de 12 v o 5 v, la segunda línea es a tierra y finalmente la tercera es la señal que proviene de la computadora. (Autoavance, 2019)

### Figura 23

*Sensor tipo Hall*



*Nota.* en la imagen se puede ver al sensor efecto hall y su respectiva señal. Tomado de (Ramos, 2019)

Sensor de frecuencia:

### Figura 24

*Sensor de frecuencia*

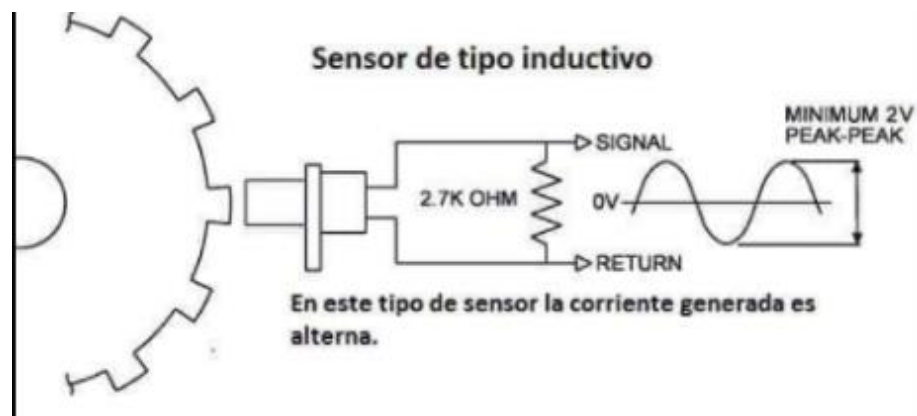


*Nota.* en la imagen se puede identificar las características del sensor CKP de frecuencia. Tomado de (Autoavance, 2019)

Este tipo de sensores se basan en los dientes de la rueda, produciendo un ciclo por cada diente, por lo tanto, se puede decir que el número de ciclos es totalmente dependiente al número de dientes de la rueda, cuando se llega al punto métrico, en el terminal del imán permanente el voltaje se eleva, y por el contrario en el terminal del conector eléctrico el voltaje baja. (Ramos, 2019)

### Figura 25

*Sensor de tipo inductivo*



*Nota.* en la imagen se puede identificar las características del sensor CKP de frecuencia. Tomado de (Autoavance, 2019)

#### **2.5.4. Sensor de temperatura**

Este es un sensor que está ubicado a la altura del termostato, este está constituido por una resistencia que varía según la temperatura del motor, con la finalidad de mandar una señal a la ECU, para que pueda calcular el paso del combustible, según la situación que se presente. (UNLP, 2021)

### **2.5.5. Sensor del múltiple de admisión**

El sensor MAP es el sensor que se encuentra en funcionamiento en este caso, debido a que, si se tiene el motor a ralentí, es definitivo que los pistones van a aspirar aire, y la mariposa no deja que el mismo ingrese, generándose así un vacío que al acelerar varía en su intensidad, con ayuda del MAP mediante una resistencia se genera un voltaje que va a ser enviado a la ECU, este dato es muy importante ya que sirve para poder calcular la inyección de combustible en el caso de las aceleraciones bruscas. (Orrego, 2020)

- Actuadores:

Como ya había hablado anteriormente es importante incluir a los actuadores en el sistema debido a que, son los encargados de realizar las tareas ordenadas por la ECU.

### **2.5.6. Bomba de combustible:**

Este componente está en la parte interna del tanque, pues su principal función es elevar el combustible a presión a través de un circuito, para posteriormente ser utilizado por los inyectores, para los sistemas monopunto se utilizan entre 1 y 2 bares, pero, para los sistemas multipunto se requiere de una bomba que trabaje en 3 bares. (Plaza, 2020)

En la imagen a continuación se puede identificar las características representativas de una bomba de combustible.



**Figura 26***Bomba de combustible*

*Nota.* en la imagen se puede identificar las características de la bomba de combustible.

Tomado de (Donaire, Actualidad Motor, 2020)

### **2.5.7. Bobina de encendido:**

Anteriormente se mantenía el encendido separado de la inyección, pero con los avances tecnológicos, se ha podido lograr que se encuentre integrado y accionado por la ECU. (UNLP, 2021)

### **2.5.8. Inyector**

Como bien se conoce el inyector es el actuador principal en los sistemas de inyección, sin embargo, existen muchos tipos entre los que destacan los mecánicos y los electromagnéticos; con el paso del tiempo los primeros se han ido reemplazando con los electromagnéticos, pero fueron el inicio de todos los sistemas modernos de inyección.

Los inyectores son válvulas que permiten el paso del combustible a presiones adecuadas hacia el cilindro del motor para cumplir con su funcionamiento, es decir que se cierran y se abren dependiendo del tiempo en el que se encuentre el motor de combustión interna.

El inyector se encarga de regular la cantidad de combustible que ingresa al cilindro, es decir que participa directamente en todo el proceso de combustión del motor.

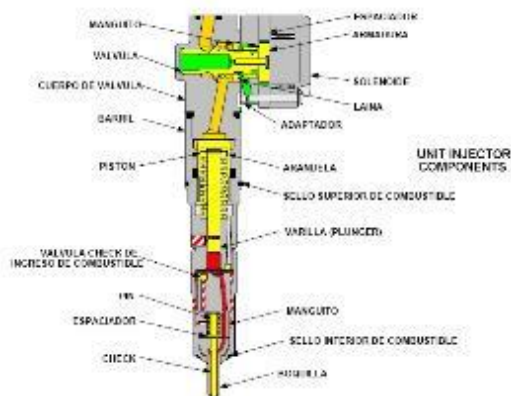
Dentro de los principales tipos de inyectores se destaca:

- Inyector electrónico

Es uno de los inyectores más utilizados en todos los vehículos que en la actualidad se fabrican en el mundo; son electromagnéticos y se activan por un pulso electrónico que es controlado por la unidad de control electrónico ECU.

## Figura 27

### *Inyector electrónico*



*Nota.* En la figura se puede apreciar un inyector electrónico con sus respectivas partes y componentes. Tomado de (RODES, 2020)

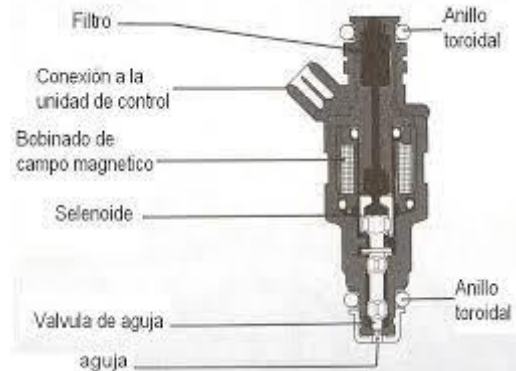
Se usan para sistemas multipunto es decir uno para cada cilindro o de inyección en el cuerpo del estrangulador uno para todos los cilindros o uno para cada bloque de cilindros en los motores en V.

- Inyector electrónico con válvula de aguja

El inyector está constituido por una armadura de resorte que es atraída magnéticamente por la bobina del solenoide, la atracción magnética arrastra a la armadura contra el resorte de retorno, levantando la aguja y alejándola del orificio de aspersión del inyector. El diseño de la aguja y del asiento del inyector da a éste la capacidad de producir un rocío estrecho. (Cabrera & Nato, 2012)

### Figura 28

*Inyector electrónico con válvula de aguja*



*Nota.* En la figura se puede apreciar un inyector electrónico con válvula de aguja.

Tomado de (Full Mecánica, 2014)

El inyector de aguja tiende a formar depósitos entre la válvula y su asiento, restringiendo el flujo de combustible al cilindro y causando problemas de

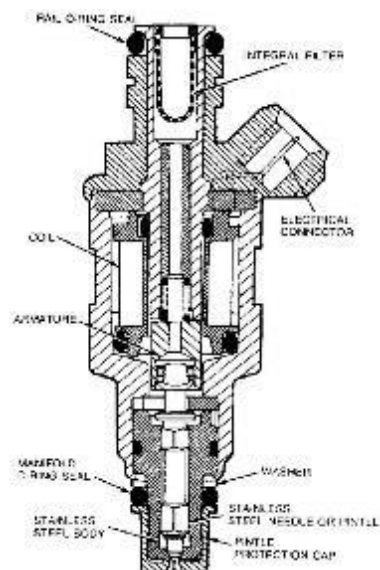
empobrecimiento de la mezcla aire-combustible. La armadura es más grande y pesada que otros diseños de inyectores y por lo tanto el tiempo de reacción es más lento, presentando posibles desgastes. (Cabrera & Nato, 2012)

- Inyector electrónico tipo bola

Es el que se utiliza en sistemas de inyección en el cuerpo de aceleración o sistemas TBI, es de tipo aguja y asiento; la armadura o solenoide es más pequeña y tiene una válvula redondeada que se ajusta con un asiento cónico. La respuesta es más rápida presentando menor desgaste en el asiento y el ángulo de pulverizado es más amplio.

**Figura 29**

*Inyector electrónico tipo bola*



*Nota.* En la figura se puede apreciar un inyector electrónico tipo bola. Tomado de (PetrolHead Garage, s.f.)

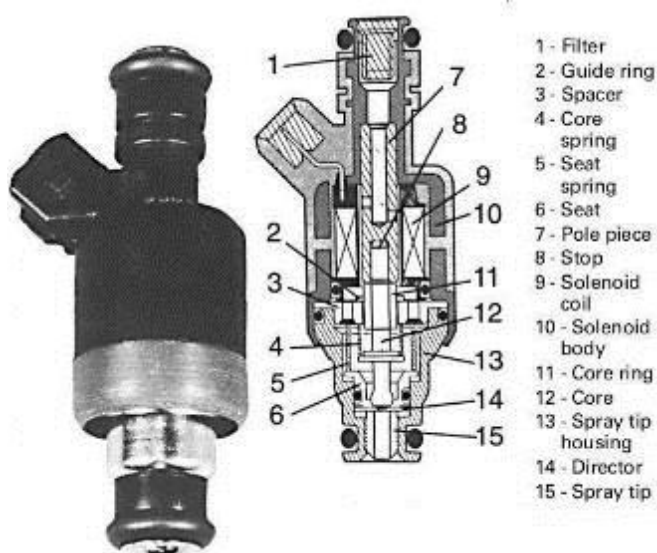
Su diseño permite una velocidad más alta de flujo de combustible en un cierto tiempo de encendido, en que la válvula está abierta y son de mayor caudal. Los inyectores de arranque en frío que se montaban en los modelos iniciales de inyección eran generalmente diseño de bola. (Cabrera & Nato, 2012)

- Inyector electrónico de disco

Este inyector no tiene armadura. El campo magnético que produce la bobina eléctrica se dirige al área de la válvula por la forma del núcleo de inyector. La válvula real es un arreglo del disco y del asiento con su orificio.

**Figura 30**

*Inyector electrónico de disco*



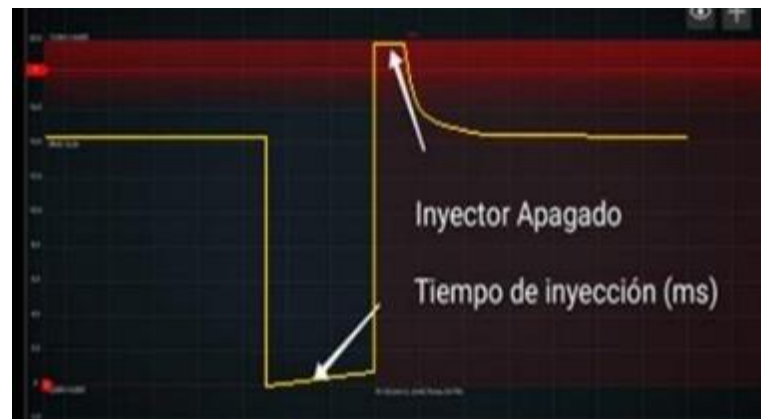
*Nota.* En la figura se puede apreciar un inyector electrónico de disco. Tomado de (PetrolHead Garage, s.f.)

- Forma de onda del inyector

El inyector se encuentra alimentando directamente con los 12 voltios de la batería, cuando la ECM conmuta a masa este entra en funcionamiento sufriendo una caída de voltaje durante el tiempo de inyección, una vez culminado este proceso el inyector tiene una subida de voltaje que aproxima a los 60 Voltios regresado a su posición inicial. (Clavón Taipe & Lema Panchi, 2021)

### Figura 31

*Onda del inyector*



*Nota.* En la figura se puede ver la forma de onda de un inyector, así como el tiempo de inyección y el tiempo cuando esta apagado. Tomado de (Clavón Taipe & Lema Panchi, 2021)

## 2.6. Tipos de sistemas de inyección:

### 2.6.1. Según la ubicación de inyectores

Según su ubicación existen dos formas de colocar a los inyectores que toman el nombre de inyección directa e indirecta

- Inyección directa:

Toman este nombre ya que el sistema es el encargado de inyectar directamente el combustible en la cámara de combustión, los inyectores están ubicados en la parte más próxima al bloque del motor. (Díaz, 2019)

Esta inyección directa es aquella que ayuda a conseguir una mezcla estratificada, sin hacer uso en exceso del acelerador, pues se genera una mezcla homogénea cuando hay una mezcla rica cerca de la bujía y cuando es pobre es lejos de la misma (Orozco, 2021)

- Inyección indirecta:

Este tipo de inyección se da en motores de gasolina, pues la mezcla de aire y combustible se da en el colector de admisión (antes de la cámara de combustión), lugar más específico en el espacio que se genera entre la culata y el block, cuando la mezcla ingresa al cilindro es sobre la válvula de admisión. Para que la combustión sea completa cabe recalcar que se requiere una proporción de 14,7:1, y se va haciendo homogénea en los tiempos de admisión y compresión. (García, 2020)

En la tabla que se presenta a continuación se identifican las ventajas y desventajas de una inyección directa e indirecta.

Tabla 5

*Ventajas y desventajas de la inyección directa e indirecta*

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Inyección directa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se consume menos combustible</li> <li>- La pérdida de calor es mínima</li> <li>- Alta relación de compresión</li> <li>- Mas facilidad en el ingreso de aire.</li> <li>- Consumo de combustible es preciso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores emisiones de <b>NOx</b></li> <li>- No se puede utilizar el ciclo Atkinson</li> <li>- Su costo de construcción es mayor</li> <li>- requiere de una limpieza de inyectores con más frecuencia.</li> <li>- Pérdida de potencia</li> </ul>
<b>Inyección indirecta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durante la combustión se genera menos <b>NOx</b></li> <li>- Se puede utilizar el ciclo Atkinson</li> <li>- Menos costo de construcción</li> <li>- Inyectores más limpios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor consumo de combustible</li> <li>- Tiene más perdidas de calor</li> <li>- Menor relación de compresión</li> <li>- Aumenta la temperatura del colector</li> </ul>

*Nota.* En la tabla que se muestra se puede identificar cuáles son las respectivas ventajas y desventajas de la inyección directa e indirecta. Tomado de (Donaire, 2020)

### **2.6.2. Según el número de inyectores**

En esta clasificación se puede considerar que existen dos sistemas de inyección que son muy conocidas y utilizadas en la industria automotriz inyección multipunto o monopunto, de las que se hablará a continuación:

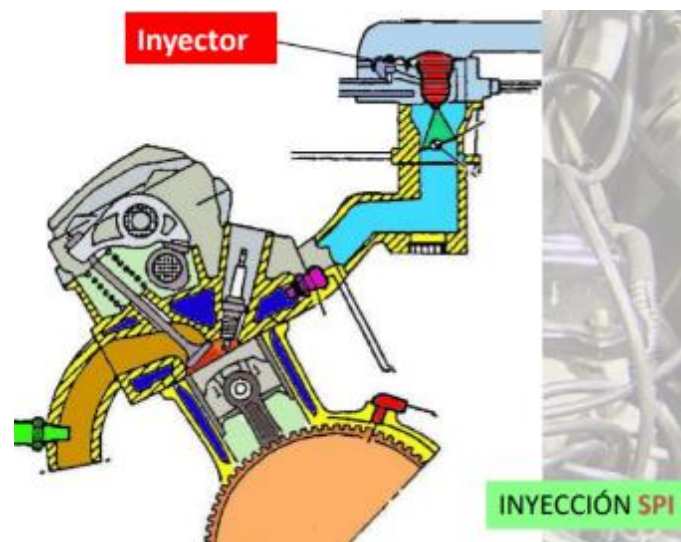


- Sistema de inyección monopunto:

Este sistema es también conocido como SPI, y su principal característica es usar un solo inyector, que es el que reemplaza al carburador, que es el encargado de inyectar combustible en el colector de admisión. Según se muestra en la siguiente imagen. (Kagelmacher, 2019)

### Figura 32

*Inyección monopunto*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede visualizar la ubicación del inyector. Tomado de (Gallegos, 2019)

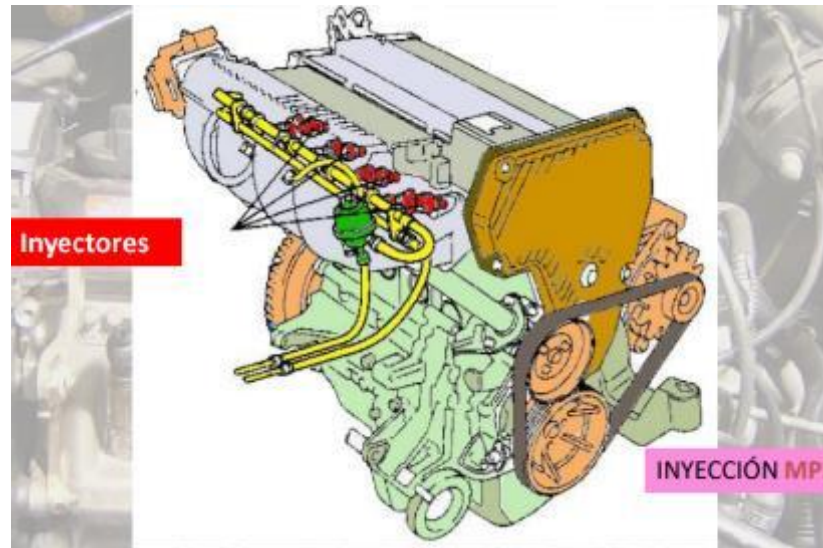
- Sistema de inyección multipunto:

Este sistema es denominado MPI, debido a que en el mismo se encuentra presente la misma cantidad de inyectores con relación a la cantidad de los cilindros, es decir hay un inyector para cada cilindro, estos inyectores son colocados con la finalidad de pulverizar el combustible requerido para cada cilindro (manera independiente).

(Kagelmacher, 2019)

**Figura 33**

*Sistema de inyección multipunto*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede visualizar la ubicación de los inyectores, pues en este sistema multipunto está presente el mismo número de inyectores que de cilindros.

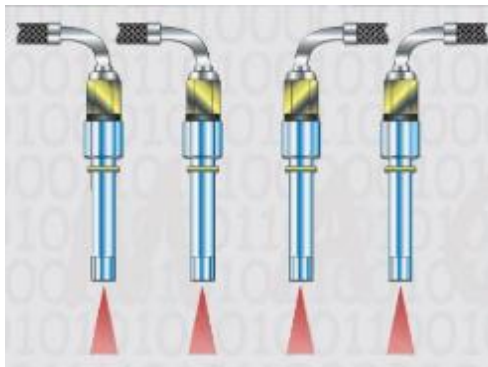
Tomado de (Gallegos, 2019)

### **2.6.3. Según las veces de inyección:**

Aquí se estudia a los inyectores y el número de veces que inyectan el combustible, clasificándose así en una inyección continua o inyección intermitente.

#### **- Inyección continua:**

Este tipo es encargado de suministrar combustible al cilindro constante e ininterrumpidamente, a pesar de que el vehículo se encuentre a ralentí, se genera un paso de combustible continuo en menores cantidades. (Ross, 2019)

**Figura 34***Inyección continua*

*Nota.* En la imagen mostrada se puede ver el proceso de inyección continua. Tomado de (Gallegos, 2019)

- Inyección discontinua o intermitente:

Este tipo de sistema utiliza a los inyectores cuya función es hacer que el combustible ingrese ya pulverizado, únicamente en su momento determinado, es decir cuando la ECU de la orden, según las señales recibidas por los sensores que se encuentran en el sistema. (Donaire, Sistema de inyección electrónica: funcionamiento y partes, 2021)

#### **2.6.4. Sistemas de inyectores según su sincronización:**

Si se toma como referencia a la inyección intermitente, se puede decir que esta se divide en 3 formas:

- Inyección simultanea:

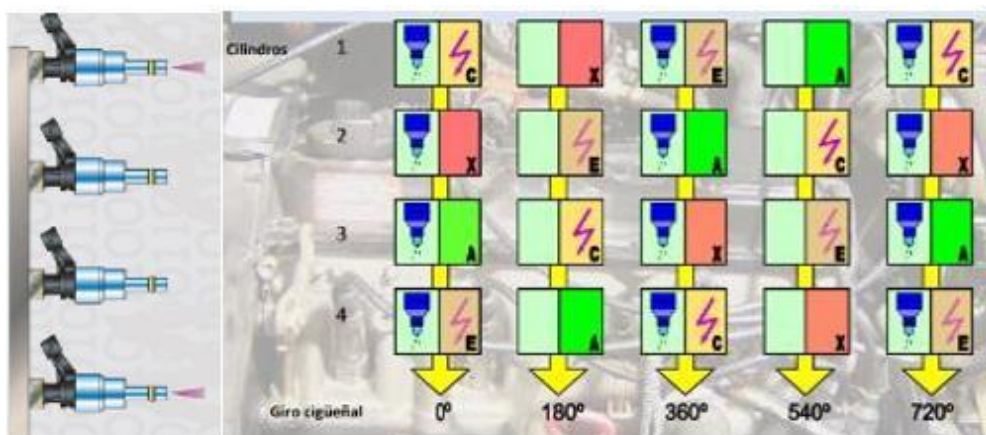
Es decir que todos los inyectores presentes en el sistema, funcionan al mismo tiempo, pues al realizar el ingreso de combustible se lo hace mediante 2 inyecciones,

por cada vuelta del cigüeñal, tiempo antes de que el cilindro se encuentre en el Punto Muerto Superior. (Gallegos, 2019)

En la imagen que se encuentra a continuación se puede identificar que el motor posee 4 cilindros, cilindro 1 en Compresión, cilindro 2 en Explosión, cilindro 3 en admisión, y finalmente el cilindro 4 en escape, en función al giro del cigüeñal. Pues se producen dos inyecciones la primera cuando el cigüeñal está en posición de  $0^\circ$  y la segunda cuando la posición del cigüeñal está en  $360^\circ$ .

**Figura 35**

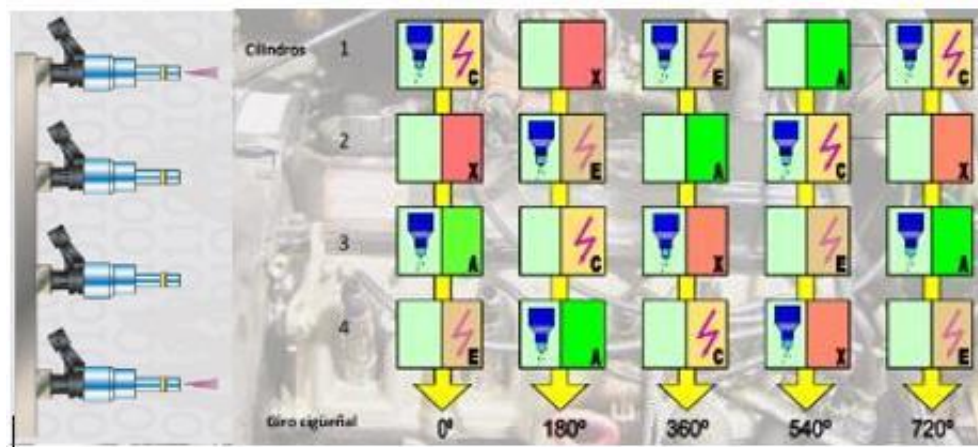
*Inyección simultanea*



*Nota.* Inyección simultánea. Tomado de (Donaire, Actualidad Motor, 2020)

- Inyección semi secuencial:

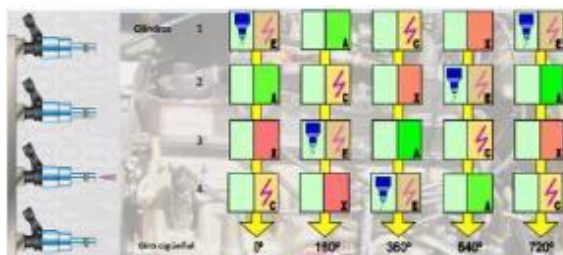
En este caso los inyectores son encargados de activarse en 2 grupos, tomando como referencia un motor de cuatro cilindros, cada grupo realiza una inyección de combustible en cada revolución del motor, esta inyección se debe realizar en los cilindros 1-4 y 2-3. (Gallegos, 2019)

**Figura 36***Inyección semi secuencial*

*Nota.* Inyección semi secuencial. Tomado de (Donaire, Actualidad Motor, 2020)

- Inyección secuencial:

Este tipo de inyección está sincronizado específicamente con la apertura de la válvula de admisión, a pesar de que los inyectores funcionan a diferentes tiempos. Por ejemplo, cada inyector funciona de forma independiente (Donaire, Inyección indirecta e inyección directa, 2020).

**Figura 37***Inyección secuencial*

*Nota.* Inyección secuencial. Tomado de (Gallegos, 2019)

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del proyecto

En este capítulo se hablará de los componentes utilizados para poder montar un sistema de inyección eficiente. Para ello en las siguientes imágenes se detalla las características de los elementos utilizados y como se los fue colocando.

#### 3.1. Implementación de ECU

Para poder iniciar con la instalación del sistema se tomó en cuenta como principal componente a la ECU, también conocida como Unidad de Control Electrónico, en la siguiente imagen se puede apreciarla con la respectiva codificación que se utilizó en el sistema, es importante saber que hay un modelo específico para el vehículo Volkswagen Fox, pues lo que se debe asegurar es un buen funcionamiento.

#### Figura 38

*Modelo de ECU*



*Nota.* Codificación del Modelo de ECU utilizado para el vehículo Volkswagen Fox.

Es importante saber determinar cuáles son los arneses de conexión y sus pines, pues se requiere de la instalación de sus demás componentes, para poder completar el circuito electrónico, para ello se detallarán a continuación más características y posición de cada uno, para finalmente conectarlos entre sí.

### **Figura 39**

*Computadora con arnés y cables de conexión*



*Nota.* Computadora con arneses y cables de conexión. En el anexo B se puede identificar el diagrama interno de una ECU del Volkswagen Fox

Para realizar la respectiva instalación de la Unidad de Control Electrónico, se requiere de la identificación de cada pin de conexión de la misma. En la siguiente imagen se puede identificarlos.

**Figura 40**

*Arnes de conexión*



*Nota.* En la imagen se puede ver a los arneses de conexión disponibles en la ECU.

Ahora en la ECU se encuentran los pines de conexión correspondientes, para poder recibir toda la información que emiten los sensores, y que posteriormente después de un análisis se podrá determinar el trabajo de los actuadores.

**Figura 41**

*Pines de conexión de la ECU*



*Nota.* Pines de conexión disponibles en la ECU. En el anexo A, se puede verificar a detalle cada conexión.



### 3.2. Implementación de actuadores.

Como bien se sabe ya los inyectores son los principales actuadores dentro del sistema de inyección, ya que son aquellos que permiten el paso de combustible, según la orden que presenta la ECU, para poder realizar un buen trabajo, se debe tomar en cuenta que los componentes de este elemento estén en buen estado, por este motivo se debe revisar los microfiltros y los orines tanto superior como o inferior

**Figura 42**

*Inyectores*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a los inyectores con sus diferentes componentes, listos para ser colocados.

En la siguiente imagen se puede notar cual es el orden de los componentes que se requieren para el buen funcionamiento del inyector, entre ellos se encuentran los empaques u orines superiores e inferiores y el microfiltro.

**Figura 43***Componentes del inyector*

*Nota.* en la imagen se puede ver al inyector y el orden en el que se deben colocar sus respectivos componentes.

Los componentes del inyector ya han sido revisados y colocados de la forma correcta y según su orden, ahora el inyector está listo para ser colocado en el riel.

**Figura 44***Inyector y componentes*

*Nota.* en la imagen se puede ver a un inyector ya listo para ser colocado en el riel.

Otro componente muy importante en el sistema de inyección es el riel, pues en él se colocan los inyectores, este no debe tener fugas, para evitar que el combustible se derrame y evitar también una mala inyección. Así como también se debe revisar que el mismo esté libre de impurezas, que son las que pueden causar grandes daños. En la siguiente imagen se puede ver a un riel, antes de que se le coloquen los inyectores.

**Figura 45**

*Riel*



*Nota.* Riel antes de que se le coloquen los inyectores.

Una vez que los componentes, tanto riel como inyectores estén listos, se procede a colocarlos, para su posterior trabajo en conjunto. Como se los puede ver en la siguiente imagen.

**Figura 46**

*Inyectores y riel*



*Nota.* Inyectores colocados en el riel.

La bomba de combustible es muy importante debido a que su función principal es hacer que el combustible se eleve a presiones altas para que pueda ser utilizado por los inyectores.

Este componente se encuentra en el interior del tanque o depósito de combustible. Y se lo puede ver más a detalle a continuación en la imagen 47.

### **Figura 47**

*Bomba de combustible*



*Nota.* Bomba de combustible, antes de ser instalada dentro del depósito de combustible

Como todo componente electrónico, esta bomba posee pines de conexión, que se los puede identificar en la figura 48.

### **Figura 48**

*Pines de conexión de la Bomba de combustible*



*Nota.* pines de conexión de la bomba de combustible.

Se identificó las especificaciones de la bomba y pin de conexión a la computadora y señal en el tablero

### **Figura 49**

*Conexiones de la Bomba de combustible*



*Nota.* en la imagen se ve a los pines de conexión de la bomba hacia la computadora y al tablero.

En la imagen se pudo identificar el arnés de conexión al circuito de la bomba

### **Figura 50**

*Arnés de conexión de la bomba de combustible*



*Nota.* Arnés de conexión

### 3.3. Implementación de sensores

En el anexo C se podrá identificar con mayor detalle (identificación de pines de conexión, diagramas, configuraciones de voltaje, etc.) a los sensores que intervienen en el sistema de inyección.

Como principal sensor se tiene al pedal electrónico de aceleración, pues a medida que se acelera se determina la posición de la mariposa, como se ha analizado en el anterior capítulo se encuentra ubicado en el armazón del acelerador, se puede identificar en la siguiente imagen.

**Figura 51**

*Pedal electrónico de aceleración*



*Nota.* Pedal de aceleración electrónico.

Este pedal al ser electrónico, posee pines de conexión para poder enviar señales a la ECU, y que la misma ponga a trabajar a los actuadores, por ello en la siguiente imagen se puede identificar a los conectores.

### **Figura 52**

*Pin de conexión para el pedal*



*Nota.* Pines de conexión del pedal de aceleración.

En este pedal de aceleración se puede identificar los soportes que posee para ser colocado en el vehículo.



**Figura 53**

*Sujeciones del pedal de aceleración electrónico.*



*Nota.* Base para montar el pedal de aceleración

TPS es el sensor de posición de la mariposa, es el encargado de medir la cantidad de ingreso de aire al motor, y enviarlo a la Unidad de Control Electrónico, en la imagen a continuación se puede identificar las características de este sensor.

**Figura 54**

*Sensor de posición de la mariposa TPS*



*Nota.* En la imagen se puede ver al sensor de posición de la mariposa.

Este sensor requiere de un pin de conexión que se lo puede identificar a continuación en la figura 55

**Figura 55**

*Pin de conexión*



*Nota.* pines de conexión del sensor de posición de la mariposa.

Es importante saber las características que posee este componente, por ejemplo, el que se utilizó presenta cierta codificación que se identifica en la siguiente figura.

**Figura 56**

*Codificación*



*Nota.* codificación del cuerpo de aceleración

### 3.4. Conexión de componentes del sistema de inyección

En cada componente se ha logrado identificar los pines de conexión que se requieren para poder hacer funcionar el sistema, y una vez instalados en el vehículo se puede proceder a su conexión, a continuación, se tiene al pin de control del inyector.

#### Figura 57

*El pin de conexión del inyector*



*Nota.* una vez determinado el pin de conexión se conectan los componentes ya instalados.

Tomando en cuenta que los inyectores son 4, se sabe que se encontraron 4 pines de conexión, como se puede ver en la siguiente imagen, están ya colocados los inyectores en el riel del vehículo, y se encuentran conectados según sus arneses. Para que puedan recibir las señales emitidas por la computadora y poder realizar la inyección de combustible adecuada.

**Figura 58**

*4 pines de conexión de los inyectores*

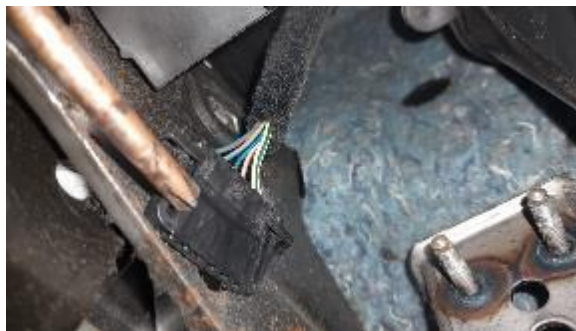


*Nota.* 4 inyectores ya colocados.

En la imagen también ya se puede ver al pedal de aceleración instalado en el vehículo, con sus respectivos pines de conexión listos para ser unificados al sistema electrónico.

**Figura 59**

*Pedal de aceleración instalado*



*Nota.* Pedal de aceleración instalado en el vehículo y conectado.

Apertura y cierre de la mariposa, ya colocado en el vehículo, y conectado según las características determinadas en los pines de conexión.

**Figura 60**

Sensor de posición de la mariposa colocada



*Nota.* En la imagen se indica al sensor de posición de la mariposa ya colocado y con sus respectivas conexiones.

Se colocó a la bomba de combustible, y se realizaron sus respectivas conexiones, tomando en cuenta los pines que estaban presentes, tanto para la computadora, como para la señal del tablero.

**Figura 61**

*Instalación de la bomba de combustible*



*Nota.* Bomba de combustible ya colocada y con sus conexiones realizadas.

Finalmente se procedió a conectar la ECU, debido a que así se evitan daños graves, que pueden representar elevados costos, en la siguiente imagen se puede ver a la computadora ya instalada.

### **Figura 62**

*Unidad de Control Electrónico*



*Nota.* En la imagen se puede ver a los arneses de conexión disponibles en la ECU.

## Capítulo IV

### 4. Prueba de funcionamiento

Para poder realizar la prueba de funcionamiento, es importante tomar en cuenta que se requiere un minucioso análisis de los inyectores, pues el buen funcionamiento de los componentes depende de la cantidad de combustible que ingresa en cada cilindro, por este motivo se debe realizar 3 pruebas a los inyectores, la primera prueba es denominada de flujo o goteo.

#### 4.1. Prueba de Flujo o goteo

En la prueba de goteo se puede identificar que los dos inyectores el 1 y 4 están dañados, debido a que existe una fuga o paso innecesario en el combustible, al tomar relación a los inyectores 2 y 3, en este caso, se encuentran en buen estado, ya que no hay paso de combustible a menos de que la ECU de la orden.

#### Figura 63

*Prueba de flujo o goteo de inyectores*



*Nota.* Daños en los inyectores 1 y 4 en la prueba de goteo de los inyectores.



## 4.2. Prueba de uniformidad

Prueba de uniformidad, esta prueba trata de inyectar la misma cantidad de líquido y es medida en las probetas, teniendo un resultado favorable en 3 inyectores (1,2,3), sin embargo, en el inyector número 4 se puede ver que se inyecta más combustible del especificado. Por lo tanto, se puede concluir que los inyectores 1 y 4 son los que están en malos estado, por lo pronto requieren de un cambio para dar un buen funcionamiento al vehículo

### Figura 64

*Prueba de uniformidad*



*Nota.* En la prueba de uniformidad realizada se puede identificar al inyector número 4 en malas condiciones.

Una vez realizadas las 2 primeras pruebas de las 3 que se planteó realizar se determina que los inyectores tanto el primero como el cuarto se encuentran dañados, para solucionar dichas fallas es necesario cambiarlo, pues de no ser así no se tendrá un funcionamiento óptimo del motor.

Una vez cambiados los inyectores se procede a realizar la última prueba que es denominada flujo de inyección de la que se habla a continuación.

#### **4.3. Prueba de flujo de inyección**

Flujo de inyección, en esta prueba se puede identificar el funcionamiento del inyector en base a la cantidad de voltaje que se envía desde la computadora, según la información presentada por los sensores que están en trabajo constante, por lo tanto se puede considerar que a medida que aumenta el voltaje se incrementa también la velocidad de inyección, y cuando el voltaje disminuye, también disminuye la velocidad de inyección, en la imagen que se muestra a continuación se puede ver que se realiza la prueba al cada inyector.

**Figura 65**

*Prueba de flujo de inyección*



*Nota.* En la imagen se puede ver al inyector 1 en su trabajo de inyección normal, siendo directamente proporcional al voltaje,

En esta última prueba realizada se puede confirmar que al cambiar los inyectores que presentaron fallas, se corrigió totalmente su funcionamiento en cada cilindro, determinando así su trabajo normal.

#### 4.4. Fugas en el riel de inyectores

Para poder determinar también el funcionamiento del riel de combustible, se observa que no existen fugas del mismo, no tiene fisuras, por lo tanto, no presenta ninguna falla.

#### Figura 66

*Prueba de funcionamiento del riel*



*Nota.* Riel de combustible en buen estado.

## Capítulo V

### Marco administrativo

#### 5.1 Recursos humanos

En la tabla 6 se puede identificar a los nombres de los colaboradores en la tesis.

**Tabla 6**

*Recursos humanos*

<b>NOMBRES</b>	<b>APORTE</b>
<b>Agualsaca Quishpi, José Stalin</b> <b>Lanchimba Rosero, Carlos Fernando</b>	Implementación de un sistema de control electrónico de inyección tipo OBD2
<b>Ing. Jonathan Samuel Vélez Salazar</b>	Director de tesis

#### 5.2 Recursos tecnológicos

En la tabla 7 se pueden apreciar los recursos tecnológicos que fueron utilizados para poder llegar a cabo las pruebas de funcionamiento.

**Tabla 7***Recursos Tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Recursos Tecnológicos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Banco de prueba de inyectores	1	\$15.00	\$15.00
2	Scanner	1	\$25.00	\$25.00
3	Multímetro	1	\$15.00	\$15.00
			Total:	\$ 55.00

**5.3 Recursos materiales**

En la tabla 8 se puede ver a los componentes que se compró para poder realizar la implementación del sistema de inyección.

**Tabla 8***Recursos Materiales*

<b>Orden</b>	<b>Recursos Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Sensores	9	\$25,00	\$225,00
2	Actuadores	9	\$25,00	\$225,00
3	ECU	1	\$250,00	\$250,00
4	Cableado eléctrico	1	\$40,00	\$40,00

<b>Orden</b>	<b>Recursos Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>5</b>	Socket	18	\$3,00	\$54,00
<b>6</b>	Fusibles	35	\$0,25	\$8,75
<b>7</b>	Inyectores	4	\$45,00	\$180,00
<b>8</b>	Bomba de combustible	1	\$90,00	\$90,00
<b>9</b>	Riel de inyectores	1	\$68,00	\$68,00
<b>10</b>	Regulador de presión	1	\$16,66	\$16,66
			Total:	\$1.157,41

#### **5.4 Presupuesto**

En la tabla 9 se puede identificar un presupuesto general de los gastos que se requirieron para la implementación del presente proyecto.

**Tabla 9**

*Presupuesto*

<b>Orden</b>	<b>Recurso</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1</b>	Recursos Tecnológicos	\$55.00
<b>2</b>	Recursos Materiales	\$1157.41
<b>3</b>	Imprevistos	\$51.00
Total:		\$1263.41

## Capítulo VI

### 6. Conclusiones y Recomendaciones

#### 6.1. Conclusiones

- Se implementó un sistema de control electrónico de inyección tipo obd2 para el motor tipo MSi de 1.6l de un vehículo Volkswagen fox con ayuda de conocimientos teóricos y prácticos que se han obtenido en la carrera de tecnología en mecánica automotriz para ayudar con un material didáctico y teórico para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz.
- Se realizó una investigación bibliográfica acerca del control de inyección electrónica en un motor y los elementos que lo conforman.
- Se especificó el funcionamiento de los elementos del sistema de control de inyección electrónica y el dimensionamiento que deberán tener para un motor tipo MSi de un vehículo Volkswagen fox.
- Se implementó el sistema de control de inyección electrónico tipo OBD2 para un motor tipo MSi para un vehículo Volkswagen fox con una guía de funcionamiento para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz.



## 6.2. Recomendaciones

- Es importante saber que los inyectores son componentes muy sensibles, y su mínimo manejo incorrecto puede dañarlos, teniendo como consecuencia la sustitución inmediata del mismo.
- Este sistema como cualquier otro requiere de mantenimientos cada 200.000 km, caso contrario, se pueden ir generando fallas notorias a la hora de conducir, como, por ejemplo, pérdida de potencia, se puede generar corrosión, ingreso de partículas que contaminan y obstruyen al sistema, se puede quemar la bomba, y se taponan también los inyectores.
- Seguir fichas técnicas de desmontaje de componentes, así como también los respectivos diagramas de conexión para evitar así cortocircuitos o daños permanentes a los repuestos o sensores.
- Estar pendiente de las revisiones a los sensores, para evitar daños, pues los datos que estos proporcionan son muy importantes para el desarrollo del vehículo, así como también de los actuadores, pues al no tomar acción según las ordenes de la computadora, también se generan alteraciones en el sistema.

## Bibliografía

- Admin. (15 de Abril de 2018). *Autingo*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de Autingo: <https://blog.autingo.es/2015/04/15/mezcla-rica-y-mezcla-pobre/>
- Areco, G. A. (21 de Octubre de 2021). *CodigosDTC*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de CodigosDTC: <https://codigosdtc.com/sensor-tps/>
- Armaghan, M. (22 de Mayo de 2019). *Energética21.com*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de Energética21.com: <https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas-online-ver/ventajas-de-un-generator-a-gas-de-mezcla-rica-en-una-aplicacion-de-emergencia>
- Augeri, F. (7 de Agosto de 2018). *cise.com*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de cise.com: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/430-sensores-de-oxigeno-de-banda-ancha.html?tmpl=component&print=1>
- Autoavance. (8 de Junio de 2019). *TÉCNICO AUTOMOTRIZ*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2021, de TÉCNICO AUTOMOTRIZ: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/>
- Autodaewoospark. (2 de Marzo de 2021). *autodaewoospark.com*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2021, de autodaewoospark.com: <https://www.autodaewoospark.com/sistema-de-aire-acondicionado-automotriz.php>
- Autodaewoospark. (1 de Abril de 2021). *www.autodaewoospark.com*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2021, de www.autodaewoospark.com: <https://www.autodaewoospark.com/sensor-oxigeno-lambda-chery.php>
- Autolab. (7 de Noviembre de 2018). *Cómo funciona el sistema electrónico del carro*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de Cómo funciona el sistema electrónico del carro: <https://autolab.com.co/blog/sistema-electronico-del-carro/>
- AUTOMOTRIZ, M. D. (10 de Diciembre de 2020). *midigramaaautomotriz.com/*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2021, de midigramaaautomotriz.com/: <https://www.midigramaaautomotriz.com/2020/12/sensor-tps-fallas-comunes-sintomas-de.html>
- Avila, E. (1 de Enero de 2020). *Control electrónico de velocidad*. Recuperado el 4 de Enero de 2021, de Control electrónico de velocidad: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17197/1/2016AJIEE-20.pdf>
- Buendía, R. (12 de Agosto de 2018). *Motorpasión.com.mx*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de Motorpasión.com.mx:

<https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/carburadores-como-funcionan-que-están-extinción>

- Cabrera, A., & Nato, E. (2012). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores gasolina programado y activado vía wifi*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Chavez, M. (29 de Julio de 2019). *MotorsGear*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2021, de MotorsGear: <https://www.motorsgear.com/ventajas-y-desventajas-de-comprar-una-moto-carburada/#:~:text=Los%20carburadores%20son%20menos%20sensibles,son%20comparativamente%20mucho%20m%C3%A1s%20baratas.>
- Clavón Taipe, B. L., & Lema Panchi, N. B. (2021). *Diseño y construcción de un banco de pruebas genérico para diagnóstico y reparación de módulos de control electrónico automotriz*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Contreras, J. L. (3 de Mayo de 2018). *Slideshare*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/jolupeco/sistemas-de-inyeccion-electronica-mediciones-de-sensores-y-actuadores-en-automoviles>
- Cuásquer, V. (1 de Enero de 2020). *Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2021, de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17197/1/2016AJIEE-20.pdf>
- Diagramaweb. (24 de Diciembre de 2020). <https://diagramaweb.com/>. Recuperado el 2 de Diciembre de 2021, de <https://diagramaweb.com/>: <https://diagramaweb.com/sensor-de-oxigeno-4-cables/>
- Díaz, F. (1 de Septiembre de 2019). *Autocosmos*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2021, de Autocosmos: <https://noticias.autocosmos.com.ar/2015/09/01/como-funciona-el-sistema-de-inyeccion-de-combustible>
- Donaire, D. L. (1 de Noviembre de 2020). *Actualidad Motor*. Recuperado el 5 de Enero de 2022, de Bomba de gasolina: funcionamiento, precios, averías y comprobaciones: <https://www.actualidadmotor.com/bomba-de-gasolina-electrica/>
- Donaire, D. L. (15 de Marzo de 2020). *Inyección indirecta e inyección directa*. Recuperado el 2 de Enero de 2022, de Actualidad Motor: [https://www.actualidadmotor.com/inyeccion-indirecta-e-inyeccion-directa/#Desventajas\\_de\\_la\\_inyeccion\\_indirecta](https://www.actualidadmotor.com/inyeccion-indirecta-e-inyeccion-directa/#Desventajas_de_la_inyeccion_indirecta)
- Donaire, D. L. (7 de Abril de 2021). *Sistema de inyección electrónica: funcionamiento y partes*. Recuperado el 5 de Enero de 2022, de Actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-basico-de-la-inyeccion-elctrica/>
- Energies. (18 de Mayo de 2021). *TotalEnergies*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2021, de TotalEnergies: <https://blog.totalenergies.es/motores-mezcla-pobre-2/>

- Full Mecánica. (2014). *Full Mecánica para todos los amantes de la tecnología mecánica*. Recuperado el 12 de Enero de 2022, de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/i/1596-inyectores-de-gasolina-funcionamiento>
- Gallegos. (5 de Enero de 2019). *inyeccic3b3n*. Recuperado el 2 de Enero de 2022, de [inyeccic3b3n: https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2015/01/inyeccic3b3n-monopunto.pdf](https://mgallegosantos.files.wordpress.com/2015/01/inyeccic3b3n-monopunto.pdf)
- García, M. (31 de Enero de 2020). *Prueba de ruta Inyección directa e indirecta de combustible*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de Prueba de ruta: <https://www.pruebaderuta.com/inyeccion-directa-e-indirecta-de-combustible.php>
- Huesca. (1 de Octubre de 2021). *IES Sierra de Guara*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de IES Sierra de Guara: [https://www.google.com/search?q=mezcla+estequiometria+gasolina&xsrif=APq-WBskanSEThMXv3MC5lwD2uoI88ltYQ:1643335358169&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwluZSirdP1AhWjTTABHc9VD2YQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=767&bih=744&dpr=1.25#imgsrc=8Q93xcRHHzJcvM&imgdii=](https://www.google.com/search?q=mezcla+estequiometria+gasolina&xsrif=APq-WBskanSEThMXv3MC5lwD2uoI88ltYQ:1643335358169&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwluZSirdP1AhWjTTABHc9VD2YQ_AUoAXoECAEQAw&biw=767&bih=744&dpr=1.25#imgsrc=8Q93xcRHHzJcvM&imgdii=)
- IDAT. (28 de Octubre de 2017). *Nitro.pe*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de Mecánico Nitro: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/que-es-el-sistema-de-control-electronico-eec.html>
- INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ. (02 de Marzo de 2021). *Donde se fusiona la Ingeniería y la mecánica Automotriz*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2021, de Donde se fusiona la Ingeniería y la mecánica Automotriz: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-tps-y-como-funciona/>
- Isopetrol. (22 de Junio de 2017). <https://www.cam2.com.pe/>. Recuperado el 12 de Diciembre de 2021, de <https://www.cam2.com.pe/>: <https://www.cam2.com.pe/single-post/2020/06/22/sistema-common-rail>
- Kagelmacher, E. (6 de Septiembre de 2019). *Slideshare*. Recuperado el 2 de Enero de 2022, de Sistema de Inyección Monopunto: <https://es.slideshare.net/estebankagelmacher/sistema-de-inyeccin-monopunto>
- Mecánico Nitro. (Octubre de 2017). *Nitro.pe*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de Nitro.pe: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/que-es-el-sistema-de-control-electronico-eec.html>
- Moya, B. (9 de Octubre de 2019). *noticias.coches*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2021, de noticias.coches: <https://noticias.coches.com/consejos/inyeccion-del-combustible-que-es-y-cuales-son-los-tipos-principales/148976>

- MTE. (7 de Abril de 2020). *¿Qué es un sensor EGTS?* Recuperado el 5 de Diciembre de 2021, de *¿Qué es un sensor EGTS?*: <https://mte-thomson.com/es/mte-responde/que-es-un-sensor-egts/#:~:text=Un%20Sensor%20de%20Temperatura%20de,la%20reducci%C3%B3n%20de%20emisiones%20contaminantes.>
- MTE-THOMSON. (7 de Septiembre de 2021). <https://mte-thomson.com/>. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <https://mte-thomson.com/es/sensor-de-oxigeno/>
- MTE-THOMSON. (8 de Marzo de 2021). *Sensor de oxígeno*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2021, de *Sensor de oxígeno*: <https://mte-thomson.com/es/sensor-de-oxigeno/>
- NGK. (8 de Julio de 2018). *NGKNTK*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2021, de *NGKNTK*: <http://www.ngkntk.com.br/automotivo/es-pe/produtos/sensor-de-oxigeno/#:~:text=Son%20compuestos%20de%20un%20elemento,combustible%20es%20rica%20o%20pobre.>
- Orozco, G. M. (20 de Marzo de 2021). *Prueba de ruta*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2021, de *Prueba de ruta*: <https://www.pruebaderuta.com/inyeccion-directa.php>
- Orrego, S. (2 de Marzo de 2020). *Scribid*. Recuperado el 4 de Enero de 2022, de *Sensor de multiple de admisión*: <https://es.scribd.com/document/211122619/Sensores-Multiple-Admision>
- PetrolHead Garage. (s.f.). *¿Cómo funciona un inyector de gasolina?* Recuperado el 12 de Enero de 2022, de <https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/inyector-gasolina/>
- Plaza, D. (26 de Marzo de 2020). *Motor.es*. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de *¿Qué es la bomba de gasolina?*: <https://www.google.com/search?q=bomba+de+combustible&oq=bomba+de+co&aqs=chrome.1.69i57j0i512l9.3733j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- POR. (9 de Septiembre de 2020). *Mundocarros*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2021, de *Mundocarros*: <https://mundocarros.info/sensor-de-oxigeno/>
- Ramos, G. (20 de Agosto de 2019). *M&S Automotive Electrónica Tools*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2021, de *M&S Automotive Electrónica Tools*: <https://www.facebook.com/msautomotiveelectronictools/photos/gm.2351660361536675/673348203075556/?type=3&eid=ARCCBF3w0ZQURe8mNBMsceKE6v1oA8PV03c51eQiG-GeTC4vWmqMlth7ykrq2X0G4uSntHz7OJMHrzG>

- RODES. (25 de Enero de 2020). *Ro-des.com*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2021, de Ro-des.com: <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-electronico-del-coche-y-tipos-de-averias/>
- Ross, C. (24 de Junio de 2019). *Prezi*. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de SISTEMA DE INYECCIÓN CONTINUA: [https://prezi.com/5tg5\\_jkzn5wb/sistema-de-inyeccion-continua/](https://prezi.com/5tg5_jkzn5wb/sistema-de-inyeccion-continua/)
- Sasir, A. (09 de Junio de 2021). *GSL Industrias*. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de GSL Industrias: <https://www.industriasgsl.com/blog/post/que-es-un-sistema-de-control>
- Semrush. (1 de Febrero de 2021). *Mundo Motor*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2021, de Mundo Motor: <https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-escape/>
- Sensorautomotriz. (22 de Agosto de 2018). *sensorautomotriz.com*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2021, de sensorautomotriz.com: <https://sensorautomotriz.com/sensor-de-oxigeno/>
- Sensorautomotriz. (8 de Junio de 2021). *Sensor de posición del acelerador - Sensor TPS*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de Sensor de posición del acelerador - Sensor TPS: <https://sensorautomotriz.com/sensor-tps/>
- Sierra. (1 de Octubre de 2021). *Combustión de motores de gasolina*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de Combustión de motores de gasolina: [http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos\\_auxiliares/Mezclas%20y%20gases%20de%20escape/combustion\\_mezcla.pdf](http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/Mezclas%20y%20gases%20de%20escape/combustion_mezcla.pdf)
- Tob. (27 de Noviembre de 2017). *Alto Vuelo*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de Alto Vuelo: <http://blogaltovuelo.blogspot.com/2016/11/todo-sobre-la-mezcla-airecombustible.html>
- UNLP. (7 de Octubre de 2021). *Escuela universitaria*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2021, de Escuela universitaria: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/98/27498/62e06ec1017260f88ab2f5b3bf9e5436.pdf>

**ANEXOS**