

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**



**Tema:**

**Evaluación Técnica del Sensor de Oxígeno de un Motor Otto con  
Sistema OBD II a través de un Osciloscopio en Función del Uso  
de las Gasolinas Eco y Super**

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz**

**Israel Bladimir Bastidas Pilco**

**Director:**

**Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.**

**Guayaquil-Ecuador**

**Mayo, 2021**



**Universidad Internacional del Ecuador Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Evaluación Técnica del Sensor de Oxígeno de un Motor Otto con Sistema OBD II a través de un Osciloscopio en Función del Uso de las Gasolinas Eco y Super”, realizado por el estudiante: Israel Bladimir Bastidas Pilco, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por La Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza al señor Israel Bladimir Bastidas Pilco, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, mayo 2021

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

**Universidad Internacional del Ecuador****Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Israel Bladimir Bastidas Pilco, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Israel Bladimir Bastidas Pilco

C.I: 0923584650

### **Dedicatoria**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.  
Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto  
estudiantil y de vida, y a toda mi familia quienes han velado por mí durante este arduo  
camino para convertirme en una profesional.

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios, dador de vida y fuerzas para poder continuar con todo este proceso educativo. De igual manera a mis padres pues con su apoyo incondicional pude terminar con este largo camino de aprendizaje.

Agradecer, sin duda, a mis padres y familiares por todo su apoyo y confianza incondicional que ha permitido que pueda terminar de manera exitosa mi carrera universitaria.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Internacional del Ecuador, a toda la Escuela de Ingeniería Automotriz, a mis profesores en especial al Ing. Fernando Gómez Berrezueta quien con sus valiosos conocimientos hicieron que pueda cumplir exitosamente con este proyecto.

A todos ellos, muchas gracias.

## Resumen

El presente proyecto se realiza debido a la influencia que tienen los avances tecnológicos desarrollados con el objetivo de optimizar el funcionamiento de los vehículos. Su uso cada vez más generalizado y la necesidad de emplear distintos combustibles ha dado paso a una época en la que los esfuerzos deben estar en equilibrio entre la mejora mecánica o electrónica y el respeto por el medio ambiente. En el avance de la tecnología existen diferentes dispositivos electrónicos que permiten mejorar las características del motor de combustión interna y el proceso de quemado del combustible y de su mezcla aire combustible, la cual afecta al planeta y a los seres humanos en general dependiendo de la circulación o recorrido que dan los vehículos en todo el país. En el estudio se verifica parámetros de funcionamiento del sensor de oxígeno del vehículo (Ford 150), con ayuda de un osciloscopio automotriz en tiempo real. Estos datos serán analizados muy detenidamente para observar que sucede y él porque al cambiar el combustible cambia sus señales de funcionamiento. El estudio permitirá identificar cual es el combustible que permite obtener un mejor rendimiento del motor sin aumentar emisiones contaminantes al ambiente para estudios posteriores de uso de combustibles alternos para la mejora de rendimiento o perdida de potencia. En la introducción se establece la justificación, las preguntas de investigación, los objetivos específicos y generales y la metodología que se llevó para la realización de dicho trabajo. En la segunda parte se analiza los estudios realizados respecto a los sensores lambda tomando como referencia trabajos relevantes realizados. Así como lo relacionado al diagnóstico de los sensores lambda del tipo banda ancha. En el tercer bloque se realiza la metodología del proyecto, así como la propuesta de diagnóstico y las posibles fallas encontradas en este tipo de sensores. En el último capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos en función de las pruebas realizadas. Al final, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

**Palabras clave:** sonda lambda, gasolina, diagnóstico, averías.

## Abstract

This project is carried out due to the influence of technological advances developed with the aim of optimizing the operation of vehicles. Its increasingly widespread use and the need to use different fuels has given way to an era in which efforts must be balanced between mechanical or electronic improvement and respect for the environment. In the advancement of technology, there are different electronic devices that allow to improve the characteristics of the internal combustion engine and the process of burning the fuel and its fuel-air mixture, which affects the planet and human beings in general depending on the circulation or route given by vehicles throughout the country. The study verifies operating parameters of the vehicle's oxygen sensor (Ford 150), with the help of an automotive oscilloscope in real time. This data will be analyzed very carefully to see what happens and why changing the fuel changes its operating signals. The study will identify which is the fuel that allows for better engine performance without increasing polluting emissions to the environment for subsequent studies of the use of alternative fuels to improve performance or loss of power. In the introduction, the justification, the research questions, the specific and general objectives, and the methodology used to carry out this work are established. The second part analyzes the studies carried out with respect to lambda sensors, taking as a reference relevant work carried out. As well as that related to the diagnosis of wideband type lambda sensors. In the third block, the project methodology is carried out, as well as the diagnosis proposal and the possible failures found in this type of sensors. In the last chapter an analysis of the results obtained based on the tests carried out is carried out. At the end, the conclusions and recommendations are presented.

**Keywords:** wideband, lambda, gasoline, diagnostics, faults.



## Índice General

Certificado .....	iii
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Índice General .....	ix
Índice de Tablas .....	xiii
Índice de Figuras.....	xiv
<b>Capítulo I.....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>Tema de Investigación.....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema .....</b>	<b>1</b>
<i>1.2.1 Planteamiento del Problema .....</i>	<i>1</i>
<i>1.2.2 Formulación del Problema .....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.3 Sistematización del Problema.....</i>	<i>5</i>
<b>Objetivos de la Investigación .....</b>	<b>6</b>
<i>1.3.1 Objetivo General .....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>6</i>
<b>Justificación y Delimitación de la Investigación .....</b>	<b>6</b>
<i>1.4.1 Justificación Teórica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2 Justificación Metodológica .....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.3 Justificación Práctica.....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.4 Delimitación Temporal.....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.5 Delimitación Geográfica .....</i>	<i>7</i>

<b>1.4.6</b>	<b><i>Delimitación del Contenido</i></b> .....	<b>8</b>
	<b>Hipótesis</b> .....	<b>8</b>
	<b>Variables de Hipótesis</b> .....	<b>8</b>
<b>1.6.1</b>	<b><i>Variables Independientes</i></b> .....	<b>8</b>
<b>1.6.2</b>	<b><i>Variables Dependientes</i></b> .....	<b>8</b>
	<b>Capítulo II</b> .....	<b>9</b>
	<b>Marco Referencial</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.1</b>	<b><i>Conceptos Preliminares</i></b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.2</b>	<b><i>Contaminación por Vehículos</i></b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.3</b>	<b><i>Sensor de Oxígeno</i></b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.4</b>	<b><i>Tipos de Sensores de Oxígeno</i></b> .....	<b>11</b>
<b>2.1.5</b>	<b><i>Osciloscopio</i></b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.6</b>	<b><i>Prueba del Sensor de Oxígeno</i></b> .....	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Marco Conceptual</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>OBD II</i></b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>)</i></b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.4</b>	<b><i>Tipos de Sensores de O<sub>2</sub></i></b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.5</b>	<b><i>Comprobar los Sensores Lambda</i></b> .....	<b>19</b>
<b>2.2.6</b>	<b><i>Solución de Problemas de un Sensor de O<sub>2</sub></i></b> .....	<b>20</b>
<b>2.2.7</b>	<b><i>Códigos de Falla Comunes</i></b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.8</b>	<b><i>Sensores de O<sub>2</sub> de Banda Estrecha</i></b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.9</b>	<b><i>Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Ancha</i></b> .....	<b>23</b>
<b>2.2.10</b>	<b><i>Principio Funcional de la Sonda Lambda</i></b> .....	<b>24</b>
<b>2.2.11</b>	<b><i>Regulación de Dos Puntos</i></b> .....	<b>25</b>

2.2.12	<i>Sonda de Salto de Voltaje</i> .....	26
2.2.13	<i>Sonda de Salto de Resistencia</i> .....	27
2.2.14	<i>Sonda Lambda de Banda Ancha</i> .....	28
2.2.15	<i>Comprobación de Sonda Lambda con Osciloscopio</i> .....	29
2.2.16	<i>Gasolinas en el Ecuador</i> .....	31
	<b>Capítulo III</b> .....	<b>33</b>
	<b>Pruebas de Funcionamiento con Osciloscopio para Determinar Emisiones Contaminantes</b> .....	<b>33</b>
3.1	<b>Evaluación de Funcionamiento/ Sonda Lambda</b> .....	<b>34</b>
3.2	<b>Procedimiento de Pruebas al Sensor de Oxígeno</b> .....	<b>35</b>
3.3	<b>Efectos del Sensor de Oxígeno Lambda Defectuoso: Causa de la Falla</b> .....	<b>37</b>
3.6	<b>Pruebas</b> .....	<b>39</b>
3.6.1	<i>Comprobación Usando Osciloscopio</i> .....	39
3.6.2	<i>Cómo Probar un Sensor de Oxígeno con un Osciloscopio</i> .....	40
3.6.3	<i>Medición de un Sensor de Oxígeno de Banda Ancha</i> .....	42
3.7	<b>Sensor Universal de Oxígeno de los Gases de Escape (UEGO) de Ford</b> .....	<b>43</b>
	<b>Capítulo IV</b> .....	<b>48</b>
	<b>Análisis de Resultados</b> .....	<b>48</b>
4.1	<b>Análisis Preliminar</b> .....	<b>48</b>
4.2	<b>Factores a Considerar</b> .....	<b>49</b>
4.2.1	<i>Ubicación del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha</i> .....	50
4.2.2	<i>Determinación de la Función del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha</i> .....	50
4.3	<b>Análisis de Forma de Onda</b> .....	<b>51</b>
4.4	<b>Averías del Sensor de Oxígeno</b> .....	<b>53</b>
4.5	<b>Equipos y Herramientas Utilizadas</b> .....	<b>57</b>

**4.6 Pruebas del Sensor de Oxígeno con el Escáner X-431 PRO V4.0..... 58**

**4.7 Pruebas del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha Utilizando Gasolina Eco y Super  
.....60**

**Conclusiones..... 74**

**Recomendaciones ..... 76**

**Bibliografía..... 77**

**Índice de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Fallos en la Sonda Lambda</i> .....	<b>38</b>
---	-----------

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Consumo de Gasolinas en Ecuador</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Datos de Calidad del Aire en Ecuador</i> .....	4
<b>Figura 3</b> <i>Cuánto Contamina un Vehículo</i> .....	10
<b>Figura 4</b> <i>Sensor de Oxígeno</i> .....	12
<b>Figura 5</b> <i>Señales del Sensor del Oxígeno</i> .....	13
<b>Figura 6</b> <i>Conector de Enlace de Datos</i> .....	16
<b>Figura 7</b> <i>Pirámide de Jerarquía de Movilidad Urbana</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Estrecha</i> .....	22
<b>Figura 9</b> <i>Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Ancha</i> .....	23
<b>Figura 10</b> <i>Principio de la Sonda Lambda</i> .....	24
<b>Figura 11</b> <i>Principio de la Sonda Lambda</i> .....	25
<b>Figura 12</b> <i>Sonda de Salto de Voltaje</i> .....	27
<b>Figura 13</b> <i>Sonda de Salto de Resistencia</i> .....	28
<b>Figura 14</b> <i>Sonda de Banda Ancha</i> .....	29
<b>Figura 15</b> <i>Características de las Gasolinas en Ecuador</i> .....	32
<b>Figura 16</b> <i>Fallas del Sensor de Oxígeno</i> .....	34
<b>Figura 17</b> <i>Diagnóstico del Sensor de Oxígeno</i> .....	35
<b>Figura 18</b> <i>Osciloscopio</i> .....	39
<b>Figura 19</b> <i>Representación Esquemática del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha</i> .....	42
<b>Figura 20</b> <i>Sensor UEGO</i> .....	44
<b>Figura 21</b> <i>Sonda Lambda</i> .....	46
<b>Figura 22</b> <i>Vehículo Ford-150</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Sensor de Oxígeno de Banda Ancha Tipo NTK</i> .....	49
<b>Figura 24</b> <i>Sensores de Oxígeno antes y después del Catalizador</i> .....	50

<b>Figura 25 Taller de Realización de las Pruebas .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 26 Forma de Onda del Sensor de Oxígeno .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 27 Equipo Utilizado .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 28 Características del Scanner Utilizado .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 29 Selección de la Marca de Vehículo .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 30 Selección de la Marca de Vehículo .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 31 Cargando Información del Vehículo .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 32 Cargando Información del Vehículo .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 33 Datos Obtenidos .....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 34 Datos Obtenidos a 2500 rpm.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 35 Datos Obtenidos de 640 a 2500 rpm .....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 36 Datos Obtenidos a 2000 rpm.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 37 Fluctuaciones del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 39 Fluctuaciones del Sensor de Oxígeno .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 41 Revoluciones del Motor para las Pruebas .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 42 Ajustes de Combustible o Fuel Trim .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 43 Ajuste de Combustible .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 44 Valores de los Ajustes de Combustible Expresadas en % .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 45 Ajuste del Ancho de Pulso del Inyector de Combustible .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 46 Radio de Equivalencia Lambda.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 47 Radio de Equivalencia A/F.....</b>	<b>72</b>

## **Capítulo I**

### **Antecedentes**

#### **Tema de Investigación**

Evaluación Técnica del Sensor de Oxígeno de un Motor Otto con Sistema OBD II a través de un Osciloscopio en Función del Uso de las Gasolinas Eco y Super

#### **Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema**

Este proyecto trata de un estudio técnico donde se demuestre por medio de un análisis del sensor de oxígeno que tipo de gasolina proporciona un rendimiento más eficiente de un motor Otto con sistema OBD II. Para ello se obtendrán resultados en forma de ondas eléctricas, utilizando un osciloscopio, el cual nos ayuda a poder leer, interpretar y analizar los resultados obtenidos. Es por esto la importancia de un estudio que nos ayuda a analizar cada una de las señales de los diferentes tipos de sensores de oxígeno con la ayuda del osciloscopio, ya que este instrumento tiene la capacidad de visualizar surcos eléctricos en el dominio del tiempo y el voltaje, para hacer un diagnóstico más rápido y efectivo en lo que se refiere a fallas de los sistemas automotrices.

##### ***1.2.1 Planteamiento del Problema***

El automóvil se ha convertido desde los inicios de su producción en cadena en EE. UU. en el año 1908 en un bien de consumo cuya presencia en nuestras sociedades no ha dejado de aumentar, hasta llegar a los más de 900 millones de vehículos que circulan hoy día por todo el mundo. La industria del automóvil representa aproximadamente el 6% del PIB de las economías mundiales. Entre los factores determinantes de esta evolución destacan las innovaciones tecnológicas, que se han ido mostrando progresivamente más favorables a las necesidades medioambientales.

La contaminación del medio ambiente es un problema que está afectando poco a poco a la salud de las personas y del mundo en general, uno de los sectores que más contamina el



medio ambiente es el sector automotor por el uso excesivo de los combustibles. La contaminación producida por el uso de combustibles fósiles por los motores de los automóviles es una de las causas del efecto invernadero y calentamiento global. En 2010, un estimado de 64 millones de personas murieron en la región por estar expuestas al aire contaminado con material particulado fino (PM<sub>2,5</sub>) y por el ozono (otro gas perjudicial presente a nivel del suelo), según el PNUD.

En la actualidad la mayoría de los vehículos contienen sistema de inyección electrónica de combustible la cual fue puesta en marcha en la década de los 90 para tratar de reducir la contaminación excesiva en el mundo emitidos por los automóviles o medios de transporte que emiten gases de combustible realizando efectos contaminantes a la tierra.

Por esta razón se empezó a implementar normas de contaminación por emisión de gases en Europa obligando a las compañías automotrices a tratar sobre el tema y buscar un cambio llegando a la conclusión de una mezcla estequiométrica idónea es decir la mezcla aire-combustible correcta (Caiza Jácome & Portilla Aguilar, 2011).

El contenido en productos contaminantes en los gases de escape depende de varios factores, entre los cuales, el más importante es el proceso de combustión. Si el combustible se quema totalmente en cualquiera de las condiciones de funcionamiento del motor, el contenido en contaminantes disminuye considerablemente. Tanto las mezclas ricas como las pobres hacen que el combustible queme inadecuadamente, saliendo por el tubo de escape gran cantidad de productos contaminantes.

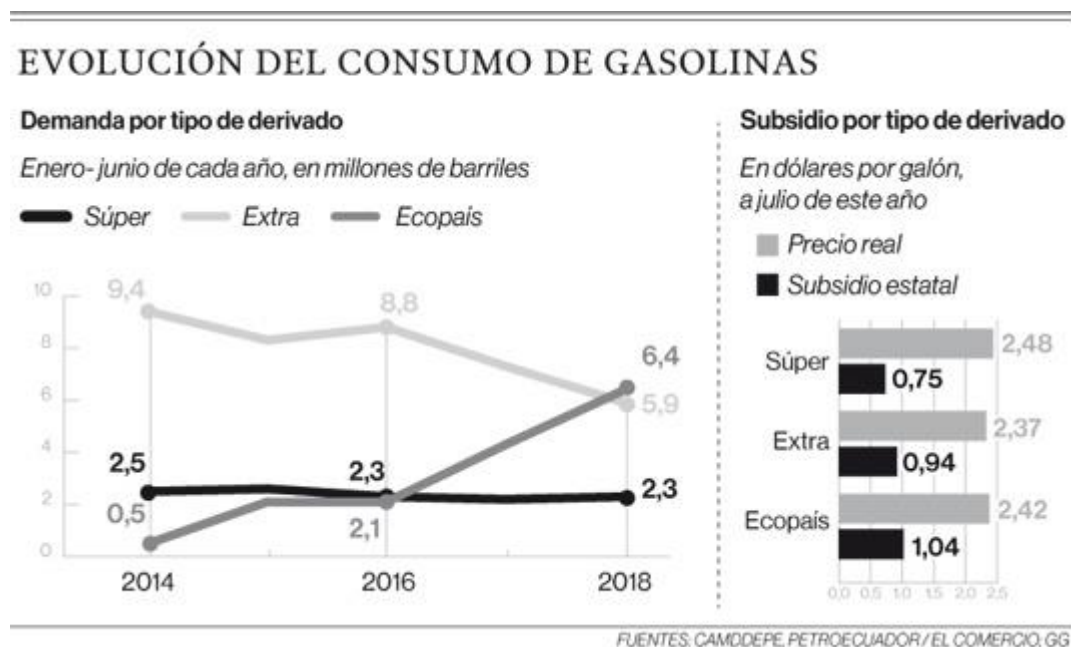
La temperatura a la que se realiza la combustión, la presión, la homogeneidad de la mezcla, la turbulencia y la forma de la cámara de combustión son factores que influyen notablemente en la calidad del proceso de combustión y, por consiguiente, en la emisión de contaminantes.

Se considera a la gasolina como la mezcla de hidrocarburos relativamente volátiles, libres de agua, sedimento y material sólido en suspensión, que se usa como combustible para motores de combustión interna de encendido por chispa. Existen dos tipos de acuerdo con el octanaje: gasolina Extra de 87 octanos y gasolina Súper de 92 octanos (INEN 935, 2016).

Por lo tanto, es imperioso conocer la evolución del consumo de gasolinas en el Ecuador (Figura 1).

**Figura 1**

*Consumo de Gasolinas en Ecuador*



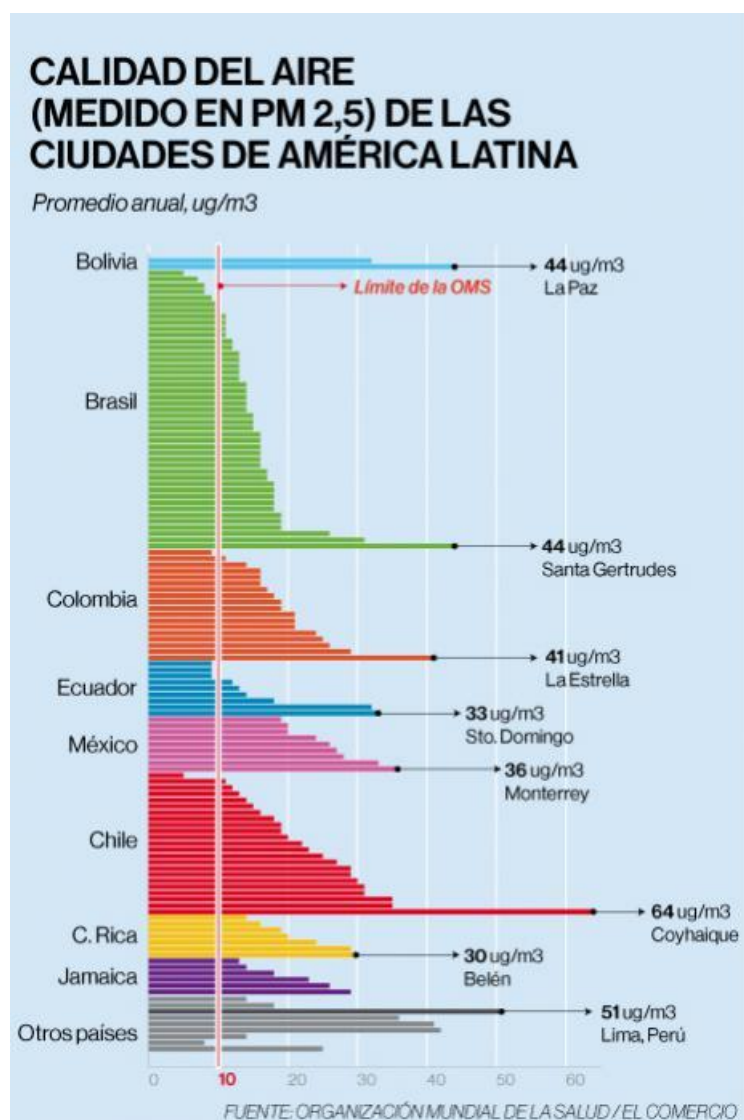
Fuente: (Elcomercio.com, 2020)

El problema se centra en que los vehículos con motor de combustión interna que utilizan gasolina eco o súper para su funcionamiento siempre emitirán gases contaminantes, por motivos de que la gasolina contiene carbono e hidrógeno y que al mezclarse con el oxígeno en la cámara de combustión emite gases contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, entre otros. Uno de los elementos que nos ayuda a controlar los gases contaminantes que emite el motor de combustión interna es el sensor de oxígeno por tal razón se le realizará una evaluación técnica a través del uso del osciloscopio automotriz para determinar qué tipo de gasolina produce mayor nivel de gases contaminantes y por ende afecta

al medio ambiente, para estas pruebas se utilizará la gasolina eco y la gasolina súper que son los dos tipos de gasolina más vendidos en el Ecuador.

De acuerdo con los análisis de la OMS (2012-2013), Santo Domingo, Milagro, Quito, Latacunga, Manta y Portoviejo sobrepasan los niveles internacionales de contaminación perjudiciales para la salud. Ibarra, Cuenca y Ambato son las ciudades menos polutas con 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2,5}$ . Por otro lado, solo Quito, Santo Domingo y Milagro son las urbes que superan los límites de contaminación nacionales (Figura 2).

**Figura 2**  
*Datos de Calidad del Aire en Ecuador*



Fuente: (Elcomercio.com, 2020)

Los tipos de sensores varían acorde a la marca del vehículo y el año de fabricación y cumple un rol fundamental debido al incremento de tecnología y descubrimiento de nuevos materiales que pueden aumentar o disminuir el deterioro del sensor en estudio con un porcentaje entre el 0.2% al 1,5% en gases como O<sub>2</sub> y CO. En el mercado ecuatoriano se puede encontrar algunos tipos de sensores lambda con diferentes características constructivas y de funcionamiento.

### **1.2.2 Formulación del Problema**

¿La información obtenida al realizar las diferentes pruebas que se realice al sensor de oxígeno en un motor Otto con sistema de OBD II, usando las gasolinas eco y súper, aportará datos técnicos de que gasolina emite mayor cantidad de emisiones contaminantes en bajas, medias y altas rpm y usando el osciloscopio automotriz, permitiendo verificar e interpretar los resultados de las emisiones en función del sensor de oxígeno?

### **1.2.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cuál es la influencia del tipo de sensor de oxígeno de banda ancha durante el funcionamiento del motor?
- ¿Cuáles son las consideraciones técnicas a considerar para realizar el estudio del comportamiento del sensor de oxígeno?
- ¿Los resultados obtenidos después de las diferentes evaluaciones en el sensor de oxígeno utilizando la gasolina eco y súper, contribuirá a la Universidad Internacional del Ecuador a conocer mejor cómo funciona el sensor de oxígeno en nuestra zona geográfica ya que se usará los dos tipos de gasolina más utilizados en el Ecuador?
- ¿Cómo se desarrollará el plan de análisis y propuesta a realizar las pruebas?
- ¿Qué tan beneficiosa resultaría el estudio del efecto del uso de diferentes gasolinas y su interpretación en función del sensor del oxígeno, aspectos económico y ambiental?

## **Objetivos de la Investigación**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Realizar una evaluación técnica de los parámetros medibles del sensor de oxígeno tipo banda ancha en un motor Otto con sistema OBD II en función del uso de la gasolina eco y súper.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Realizar pruebas de funcionamiento al sensor de oxígeno a diferentes revoluciones del motor y a diferentes grados de temperatura del líquido refrigerante del motor.
- Analizar el comportamiento de las ondas eléctricas del sensor de oxígeno tipo banda ancha utilizando el osciloscopio automotriz en función del uso de la gasolina Eco y Súper.
- Determinar la eficacia de la combustión en función del sensor de banda ancha utilizando los tipos de gasolina Eco y Súper.

## **Justificación y Delimitación de la Investigación**

Una vez definidos los objetivos de la investigación se responde la pregunta de por qué se investiga este interrogante. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

### ***1.4.1 Justificación Teórica***

Esta investigación se la realiza con el fin de cuidar el medio ambiente de los gases contaminantes producidos por el motor de combustión interna, donde se realizar pruebas técnicas por medio de equipos automotrices.

Esta prueba de comparación de los tipos de gasolina más comunes que se utiliza en el país por medio del sensor de oxígeno tiene como fin aportar a la sociedad una información

técnica confiable de lo que pasa en el interior de los motores de la mayoría de los vehículos que utilizan gasolina eco o súper.

Esto favorecerá no solo a los estudiantes de la Universidad sino a los técnicos de talleres automotrices a la hora de resolver un problema sobre el sensor de oxígeno, porque tendrán datos técnicos de cómo debe funcionar o comportarse dicho sensor, en función de diferentes parámetros de funcionamiento.

#### ***1.4.2 Justificación Metodológica***

Las diferentes investigaciones referidas al sensor de oxígeno han aportado información lógica y confiable para el beneficio en el cuidado del medio ambiente, por tal motivo se realiza una evaluación técnica al sensor de oxígeno, de manera ordenada y siguiendo un proceso lógico con el fin de obtener datos confiables de cuál de los dos tipos de gasolina más usados en el Ecuador produce mayor cantidad de gases contaminantes.

#### ***1.4.3 Justificación Práctica***

Esta investigación se realiza con el objetivo de mejorar el estudio sobre los sensores de oxígeno en un motor Otto con sistema OBD II y donde se utilizará la gasolina eco y súper.

El resultado de la investigación me permite ayudar a solucionar problemas en el medio, en este caso en el efecto del uso de las gasolinas en la contaminación ocasionada por los vehículos en la ciudad de Guayaquil.

#### ***1.4.4 Delimitación Temporal***

El trabajo se desarrollará en desde el mes de septiembre de 2020 hasta Mayo de 2021, lapso que permitirá realizar la investigación pertinente y obtención de los resultados.

#### ***1.4.5 Delimitación Geográfica***

Este trabajo se desarrolla en el cantón Cumandá provincia de Chimborazo, en el sector del parque, entre las calles 9 de octubre y 24 de mayo.

### **1.4.6 Delimitación del Contenido**

El primer bloque estará orientado al establecimiento de un marco conceptual, consta de conceptos necesarios para la discusión tales como contaminación ambiental, factores de emisión, pruebas con osciloscopio en sensores del motor, consumo de combustible y emisiones.

El segundo bloque tiene por objetivo resumir, de acuerdo con el estado actual de la tecnología, los beneficios y retos asociados al análisis de los resultados de los efectos de la contaminación al usar diferentes tipos de gasolina, analizando el sensor de oxígeno.

El tercer bloque está orientado a describir la metodología a seguir para realizar las pruebas.

En el cuarto bloque se analizarán y presentarán los resultados.

Al final se mostrarán las conclusiones y recomendaciones.

### **Hipótesis**

La influencia del tipo de combustible en las emisiones contaminantes del motor de un vehículo con Sistema OBDII, se pueden analizar en función de las curvas de funcionamiento del sensor del oxígeno.

### **Variables de Hipótesis**

#### **1.6.1 Variables Independientes**

- Tipo de combustible

#### **1.6.2 Variables Dependientes**

- Curvas de funcionamiento
- Tipo de sensor de oxígeno
- Emisiones contaminantes

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Marco Teórico

Durante muchos años, la industria automotriz ha estado dominada por un estándar tecnológico: los vehículos de motor de combustión interna, que contribuyeron a la actividad humana masificando el transporte, pero dejando emisiones contaminantes en el ambiente.

Hoy somos conscientes del cambio climático, un problema que enfrentamos como planeta; pero, además, dicha tecnología impuso en la sociedad externalidades negativas en la salud, causando afecciones respiratorias, entre otros males. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada nueve muertes en el mundo se debe a esta causa; además, dentro del continente americano, 93 000 muertes en países de ingresos bajos y medios y 44 000 en países de ingresos altos, se atribuyen a la contaminación atmosférica.

##### 2.1.1 *Conceptos Preliminares*

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, etc.

En la Declaración del denominado Acuerdo de Paris, se indicó que, de no actuar, las emisiones de GEI del transporte aumentarían en un 20% para el año 2030 y cerca del 50% para el año 2050 (IEA, 2015).

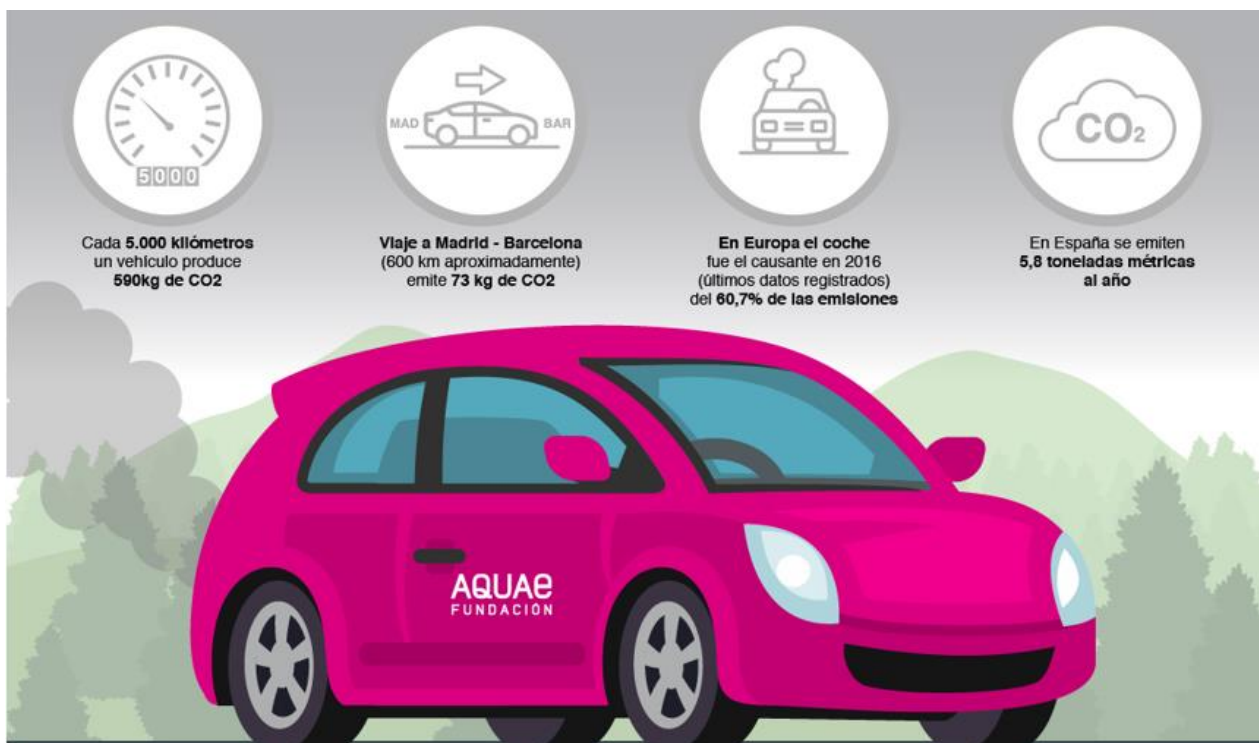
##### 2.1.2 *Contaminación por Vehículos*

Los automotores representan una fuente importante de contaminación del aire. El parque automotor incluye un numeroso y activo conjunto de vehículos propulsados por la combustión de hidrocarburos (ciclomotores, automóviles y camiones).



Las emisiones procedentes de los escapes de estos vehículos contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades; son los componentes del "smog oxidante fotoquímico". Por esta razón, las zonas urbanas más pobladas son las que sufren la mayor contaminación de este tipo (Figura 3).

**Figura 3**  
*Cuánto Contamina un Vehículo*



Tomado de <https://www.fundacionaquae.org/cuanto-contaminan-los-coches/>, 2020.

### 2.1.3 Sensor de Oxígeno

Es el encargado de medir todos los gases que se emiten luego de que se realiza la combustión. Este componente lo tienen absolutamente todos los autos que fueron producidos después de 1980.

El Sensor de Oxígeno es vital para poder mantener una buena relación ambiente - automóvil. Esto debido a que es él quien mide cuánto combustible se va a quemar dentro del motor y solo así, tu auto expulsará las emisiones correctas y necesarias. No contar con un sensor de oxígeno provoca que tu auto expulse muchos más gases de los que expulsa normalmente.

### **2.1.4 Tipos de Sensores de Oxígeno**

La ECM usa un sensor de oxígeno para asegurar que la relación aire/combustible sea la correcta para el convertidor catalítico.

Con base en la señal del sensor de oxígeno, el ECM ajusta la cantidad de combustible inyectado en el flujo de entrada de aire.

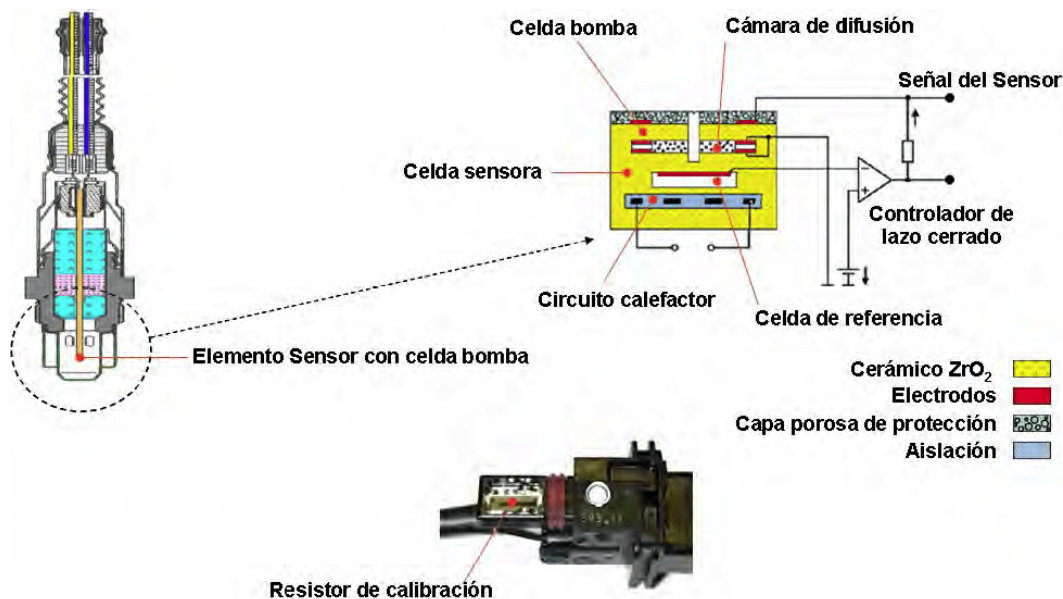
Hay diferentes tipos de sensores de oxígeno, pero los tipos más comunes son:

- Sensor de oxígeno rango estrecho: El estilo más antiguo, llamado simplemente sensor de oxígeno.
- Sensor de Oxígeno de Rango Amplio: El nuevo estilo, llamado sensor de relación aire/combustible (A/F).

El sensor de oxígeno después del convertidor catalítico es utilizado por la ECM sobre todo para determinar la eficiencia del convertidor catalítico y es conocido como sensor 2.

Los nuevos estándares NLEV (National Low Emission Vehicle) más California's LEV (Low Emission Vehicle), ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) y estándares SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) requieren un control muy preciso de la relación aire/combustible. La reciente generación de sensores de oxígeno ha sido llamada sensores Lambda de "banda ancha" o "sensores de relación aire/combustible" (Figura 4) debido a que ellos suministran una información precisa de la relación exacta de aire/combustible sobre un rango más amplio de mezclas, desde Lambda 0.7 (relación aire/combustible 11:1) a aire puro.

El sensor de oxígeno de banda ancha es un sensor de 5 cables que lee oxígeno de forma muy similar al sensor tradicional de oxígeno (Figura 4).

**Figura 4***Sensor de Oxígeno*

Fuente: <http://www.e-auto.com.mx/>

Al monitorear los niveles de oxígeno y enviar esta información a la computadora de su motor, estos sensores le permiten a su automóvil saber si la mezcla de combustible es rica (no hay suficiente oxígeno) o pobre (demasiado oxígeno). La proporción adecuada de aire y combustible es fundamental para que su automóvil funcione tan suavemente como debería.

### 2.1.5 Osciloscopio

Instrumento de medición eléctrica para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica de señal, frecuentemente junto a un analizador de espectro. Presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. La imagen así obtenida se denomina oscilograma. Suelen incluir otra entrada, llamada "eje Z" o "Cilindro de Wehnelt" que controla la luminosidad del haz, permitiendo resaltar o apagar algunos segmentos de la traza.

Los osciloscopios comprueban y muestran las señales de tensión como formas de onda y como representaciones visuales de la variación de tensión en función del tiempo. Las señales

se representan en un gráfico, que muestra cómo cambia la señal. El eje vertical (Y) representa la medición de la tensión, y el eje horizontal (X) representa el tiempo.

El muestreo es el proceso de convertir una parte de una señal de entrada en un número de valores eléctricos discretos con el propósito de almacenarla, procesarla y visualizarla. La magnitud de cada punto de muestra es igual a la amplitud de la señal de entrada en el momento en que la señal es muestreada (Ortmann, 2005).

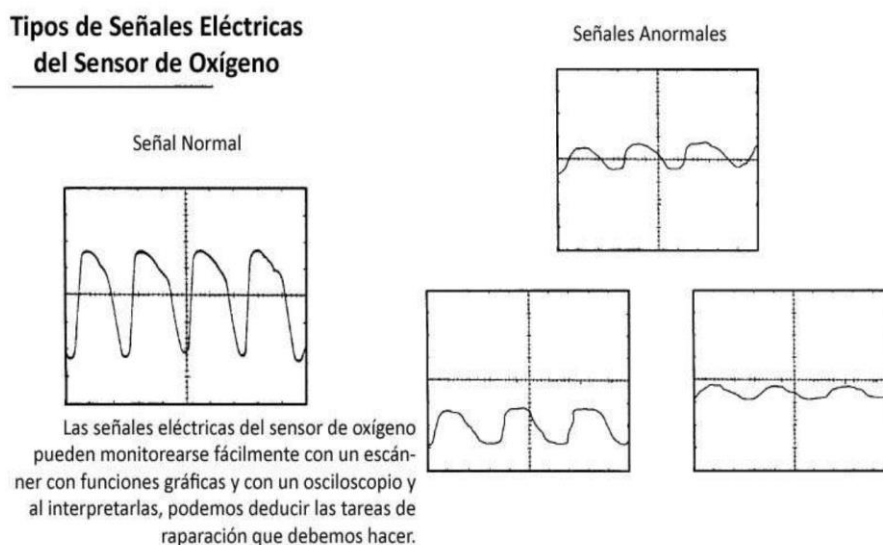
### 2.1.6 Prueba del Sensor de Oxígeno

Debemos de chequear que los picos de voltaje estén entre 0.2 a 0.8 voltios, también con el multímetro. Es el elemento más importante de un vehículo en lo que se refiere al control sobre gases contaminantes junto con el catalizador. Cuando el valor de  $\lambda=1$  se ha comprobado que la contaminación es la menor.

Funciona comprando la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape con el oxígeno del aire exterior. La diferencia de concentración de oxígeno entre estas dos medidas se traduce en el sensor en una señal de voltaje proporcional a esa medida (ver Figura 5).

### Figura 5

#### Señales del Sensor del Oxígeno



Fuente: Foley, Smyth, Murphy y O'Gallachóir (2017). Elaboración: GPAE-Osinergmin.

Que diagnosticar en un sensor de O<sub>2</sub>.

Cuando falla el sensor de oxígeno, la computadora ya no puede detectar la relación aire/combustible, por lo que termina adivinando. Por esta razón, hay algunos signos reveladores a los que debe prestar atención:

- Luz de verificación del motor: si bien la luz de verificación del motor puede encenderse por muchas razones, normalmente se debe a un problema relacionado con las emisiones.
- Bajo consumo de combustible: un sensor de oxígeno defectuoso alterará la mezcla de aire y combustible, lo que resultará en un mayor uso de combustible.
- Motor en ralentí irregular o fallas de encendido: dado que la salida del sensor de oxígeno ayuda a controlar la sincronización del motor, los intervalos de combustión y la ración de aire a combustible, un sensor defectuoso puede hacer que el vehículo funcione mal.
- Rendimiento lento del motor.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 Contaminación Vehicular**

La contaminación vehicular es la contaminación producida por cualquier vehículo de transporte. Se produce principalmente formando parte de la conocida como contaminación urbana, aquella que ocurre en los núcleos urbanos, donde numerosos vehículos son utilizados diariamente para cubrir el desplazamiento de las personas que habitan en las ciudades y su periferia.

Los siguientes son los principales contaminantes asociados con los vehículos de motor:

- Ozono: el ingrediente principal del smog urbano, el ozono se crea cuando los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, ambos químicos liberados por la

combustión del combustible de los automóviles, reaccionan con la luz solar. Aunque es beneficioso en la atmósfera superior, a nivel del suelo el ozono puede irritar el sistema respiratorio, provocando tos, asfixia y reducción de la capacidad pulmonar.

- **Material particulado:** estas partículas de hollín, metales y polen le dan al smog su color turbio. Entre la contaminación vehicular, las partículas finas representan la amenaza más grave para la salud humana al penetrar profundamente en los pulmones.
- **Óxidos de nitrógeno:** estos contaminantes vehiculares pueden causar irritación pulmonar y debilitar las defensas del cuerpo contra infecciones respiratorias como neumonía e influenza. Además, ayudan en la formación de ozono y partículas.
- **Monóxido de carbono:** este gas inodoro e incoloro se forma por la combustión de combustibles fósiles como la gasolina. Los automóviles y camiones son la fuente de casi dos tercios de este contaminante. Cuando se inhala, el CO bloquea el transporte de oxígeno al cerebro, el corazón y otros órganos vitales del cuerpo humano. Los niños recién nacidos y las personas con enfermedades crónicas son especialmente susceptibles a los efectos del CO.
- **Dióxido de azufre:** los vehículos de motor crean este contaminante al quemar combustibles que contienen azufre, especialmente diésel. Puede reaccionar en la atmósfera para formar partículas finas y puede representar un riesgo para la salud de los niños pequeños y los asmáticos.
- **Contaminantes peligrosos del aire:** estos compuestos químicos emitidos por automóviles, camiones, refinerías, surtidores de gasolina y fuentes relacionadas.

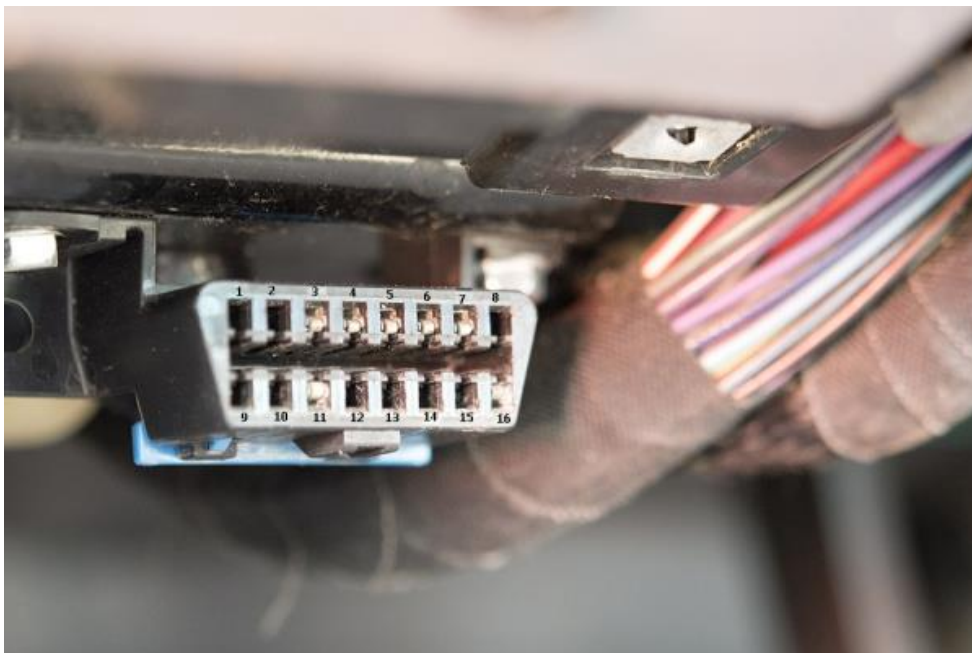
### 2.2.2 OBD II

El diagnóstico a bordo, o "OBD", es un sistema basado en computadora integrado en todos los vehículos y camiones ligeros de 1996 y posteriores, como lo requieren las Enmiendas a la Ley de Aire Limpio de 1990. Los sistemas OBD están diseñados para monitorear el desempeño de algunos de los componentes principales de un motor, incluidos los responsables de controlar las emisiones (Martinez, 2020).

La ley exige que cualquier fabricante de vehículos de 1996 o posterior tenga el sistema informático OBD-II. Puede acceder a este sistema a través del conector de enlace de datos (DLC). Es un conector de 16 pines que puede indicarle con qué protocolo se comunica su automóvil, dependiendo de qué pines se encuentren en él (Figura 6).

#### Figura 6

*Conector de Enlace de Datos*



Fuente: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-obd-ii/all>

### 2.2.3 Sensor de Oxígeno (O<sub>2</sub>)

El monitor del sensor de oxígeno permite que el PCM verifique que los sensores de O<sub>2</sub> estén correctamente calibrados y funcionando sin un deterioro notable en condiciones normales

de funcionamiento del motor. Esto asegura que cuando el PCM está controlando la mezcla de combustible durante la operación de circuito cerrado, una relación aire / combustible real de 14.7: 1 se quema en los cilindros. Cuando la relación aire / combustible se aleja de este punto ideal, la eficiencia del convertidor catalítico disminuye y las emisiones aumentan.

El PCM permite que el monitor del sensor de oxígeno después de que el motor y el convertidor catalítico hayan alcanzado la temperatura normal de funcionamiento, alcance el funcionamiento en circuito cerrado y el vehículo mantenga una velocidad constante por encima de 25 mph durante varios minutos. Para que el monitor funcione, la luz de verificación del motor debe ser apagada por el PCM y los monitores continuos deben haberse completado con éxito.

Mientras el monitor está funcionando, el PCM ejecuta una rutina de control de combustible de frecuencia fija y observa el voltaje de salida de los sensores aguas arriba y la frecuencia de respuesta de conmutación. El PCM también apaga los inyectores de combustible durante un período de desaceleración y observa la respuesta de voltaje de los sensores aguas abajo a la condición pobre.

El PCM ilumina la luz de verificación del motor cuando se detecta una falla en el sensor de oxígeno después de 2 ciclos de manejo.

#### **2.2.4 Tipos de Sensores de O<sub>2</sub>**

Hay varios tipos diferentes de sensores de oxígeno disponibles. Encontrará tres categorías de sensores en el mercado: sensores de zirconio O<sub>2</sub>, sensores de titanio O<sub>2</sub> y sensores de O<sub>2</sub> de banda ancha.

El de zirconio es el tipo más común de sensor de relación aire-combustible que existe. Viene en dos tipos: con calefacción y sin calefacción. El sensor de circonio sin calentar es el primer sensor de oxígeno que se crea. Este sensor depende del calor que proviene del escape para calentarse. Por lo tanto, este sensor necesita mucho tiempo para crear una señal. Este tipo



de sensores se enfrían cuando el vehículo se detiene y no producen la señal que puede hacer que el motor vuelva a la configuración anterior, es decir, una configuración incorrecta de la relación gas / oxígeno.

Los sensores de oxígeno de circonio calentado tienen un circuito de calefacción que calienta automáticamente el sensor dentro de un minuto después del arranque del automóvil. Esto permite que el motor reciba señales del sensor mucho antes. Esto disminuye el humo del arranque en frío que sale del escape del automóvil. Este tipo de sensor no se enfría cuando el automóvil se detiene y, por lo tanto, no se envían señales falsas o incorrectas a la computadora del motor.

La segunda categoría de sensor de oxígeno es el sensor de Titanio O<sub>2</sub>, que está hecho de un tipo diferente de cerámica que los sensores de circonio. El método para enviar la señal de este sensor de O<sub>2</sub> es muy diferente ya que, en lugar de crear voltaje, disminuye su resistencia cuando el combustible es rico en combustible y aumenta la resistencia cuando es pobre. La computadora del motor suministra un voltaje base que se usa como referencia base para leer los cambios en el sensor. Este tipo de sensor se utiliza en modelos limitados de automóviles.

Algunos de los últimos fabricantes de automóviles están utilizando ahora un sensor de O<sub>2</sub> de banda ancha. Este sensor crea un nivel más alto de voltaje que cambia la proporción de gas y oxígeno en su proporción directa. En lugar de crear mezclas ricas y magras repetidamente, este tipo de sensor crea la proporción perfecta y ayuda al motor a mantenerse en este equilibrio.

Es importante saber que la proporción de combustible y oxígeno puede diferir de un tipo de automóvil a otro. El modelo del sensor de oxígeno también puede cambiar, pero solo será parte de una de estas categorías. Al conocer el tipo de sensor de oxígeno que se usa en su automóvil, puede comprender mejor sus funciones.

### 2.2.5 *Comprobar los Sensores Lambda*

Dado que el sensor de oxígeno está en la corriente de escape, puede contaminarse. Las fuentes comunes de contaminación contienen una condición de mezcla de combustible excesivamente rica o fuga de aceite en un motor más antiguo y el refrigerante del motor que se quema en la cámara de combustión como resultado de una fuga en la junta del motor. También está expuesto a temperaturas extremadamente altas y, como cualquier componente, puede desgastarse con el tiempo. Todos estos consiguen afectar las características de respuesta del sensor de oxígeno, lo que da como resultado un tiempo de respuesta prolongado o un cambio en la curva de voltaje del sensor y, a la larga, un rendimiento reducido del sensor (Denton, 2016).

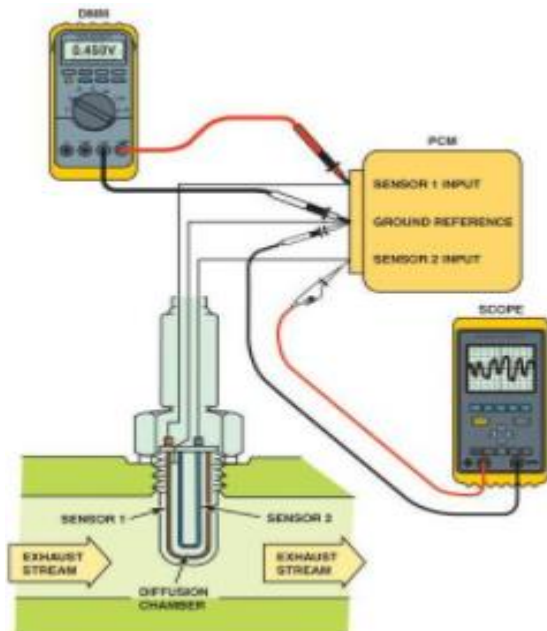
Un sensor lambda típico tiene una vida útil larga, pero sigue siendo posible que falle. Si te percatas de alguno de los siguientes síntomas, sería una buena idea comprobar el sensor lambda:

- Aceleración irregular estando al ralentí
- Sonidos ásperos procedentes del motor
- Elevado consumo de combustible y bajo rendimiento
- Fallo de la prueba de emisiones
- Humo negro y carbón alrededor del tubo de escape
- Los sensores lambda pueden fallar por una serie de razones, incluyendo:
- Combustible contaminado o aditivos que contengan plomo
- Un motor que haya empezado a quemar aceite, dejando depósitos de carbón en el sensor
- Contaminación externa, como sal de la carretera, material de pintura o sustancias químicas

- El sensor ha llegado al final de su vida útil.

### Figura 7

*Pirámide de Jerarquía de Movilidad Urbana*



Fuente: (Automovilismo, 2016).

#### 2.2.6 Solución de Problemas de un Sensor de O<sub>2</sub>

Para identificar la fuente de cualquier falla del sensor de O<sub>2</sub>, considere los siguientes pasos:

- Lea cualquier código de falla con una herramienta de diagnóstico. Considere que es común tener varios códigos de falla cuando se enfrentan problemas con los sensores de O<sub>2</sub>.
- Los sensores lambda tienen un calentador interno, así que verifique la resistencia del calentador; por lo general, será bastante baja.
- Verifique la fuente de alimentación del calentador; a menudo, estos cables son del mismo color.
- Inspeccione el conector eléctrico en busca de daños o suciedad.

- Inspeccione el colector de escape y los inyectores de combustible en busca de fugas, así como el estado de los componentes de encendido; estos pueden afectar el funcionamiento del sensor.
- Compruebe que el sensor de O<sub>2</sub> esté leyendo correctamente confirmando el valor de O<sub>2</sub> con un analizador de emisión de gases de cuatro o cinco.
- Utilice un osciloscopio para comprobar la señal en inactivo y aprox. Velocidad del motor de 2.500 rpm.
- Use datos en vivo para verificar la señal si el cableado del sensor es de difícil acceso.
- Compruebe el estado del tubo protector del elemento de la sonda en busca de signos de daños y contaminación.

### **2.2.7 Códigos de Falla Comunes**

Los códigos del sensor de O<sub>2</sub> incluyen P0030, P0031, P0036, P0037, P0130, P0131, P0132, P0133, P0134 y P0135.

Para saber exactamente lo que significa cada código, use la biblioteca de búsqueda de DTC de su herramienta de escaneo o vaya a Códigos OBDII, busque los códigos que tiene en el "Cuadro de búsqueda". Encontrará el significado, los síntomas, las causas y los pasos de diagnóstico de los códigos que tiene.

Los códigos de falla y las causas comunes incluyen:

- P0135 : sensor de oxígeno delante del catalizador 1, circuito de calefacción / abierto
- P0175 : sistema demasiado rico (banco 2)
- P0713 : mal funcionamiento del ajuste de combustible (banco 2)
- P0171 : sistema demasiado pobre (banco 1)
- P0162 : Mal funcionamiento del circuito del sensor de O<sub>2</sub> (banco 2, sensor 3)

### 2.2.8 Sensores de O<sub>2</sub> de Banda Estrecha

Generalmente tienen hasta 4 cables que salen de ellos y, como su nombre indica, solo miden una ventana muy estrecha de mezclas de aire a combustible, alrededor de 0,99 a 1,01 Lambda o 14,6 a 14,8: 1 en la escala de gasolina.

Estos sensores se encuentran típicamente en autos más viejos y se usan para informar a la ECU si el motor está funcionando bien (1.00 Lambda o 14.7 gasolina AFR) o no (Mora, 2014).

Por lo general, mientras el motor está en ralentí y navegando con carga ligera (digamos con un 40% de aceleración), esta mezcla medible y la señal del sensor de oxígeno de banda estrecha se alimentarían a la ECU, que a su vez realizaría una corrección basada en este valor.

Si el motor está funcionando un poco demasiado rico (demasiado combustible) o demasiado pobre (no hay suficiente combustible), la ECU realiza lo que se denomina "Corrección de O<sub>2</sub> de circuito cerrado" y haría un ajuste en la carga de combustible general para mantenerlo funcionando a su relación óptima de aire a combustible de 14,7: 1. (Figura 8).

#### Figura 8

*Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Estrecha*



Fuente: <https://www.haltech.com/oxygen-sensors-and-wideband-controllers-explained/>

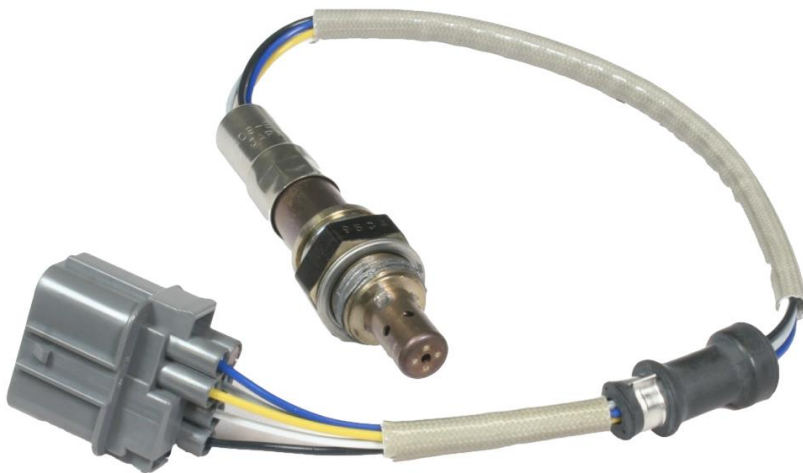
### 2.2.9 Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Ancha

Un sensor de banda ancha se parece a uno de banda estrecha, pero normalmente tiene 6 cables y un conector de acoplamiento más voluminoso al arnés del motor.

También necesita una electrónica bastante complicada para controlar la magia dentro del sensor (mientras que la señal de banda estrecha se puede leer con una simple entrada de ECU). Se muestran en la Figura 9.

#### Figura 9

*Sensor de O<sub>2</sub> de Banda Ancha*



Fuente: <https://www.haltech.com/oxygen-sensors-and-wideband-controllers-explained/>

Un sensor de O<sub>2</sub> de banda ancha mide AFR de alrededor de 0,68 a 1,36 Lambda o una relación aire-combustible de 10: 1 a 20: 1. Ese es el rango operativo completo de un motor convencional.!

Esto significa que la ECU puede monitorear la relación aire / combustible real, verificando la relación deseada por el sintonizador y luego hacer cambios para asegurarse de que el objetivo y el real sean siempre iguales.

Incluso se puede realizar lo que se denomina "Aprendizaje a largo plazo" para que cada vez que las proporciones de aire / combustible objetivo y real no coincidan, la ECU registrará y aplicará una corrección. De esta forma, la ECU no intenta corregir el mismo error una y otra

vez. Y lo mejor es que, a medida que conduce el automóvil, esta situación se vuelve cada vez mejor.

### 2.2.10 Principio Funcional de la Sonda Lambda

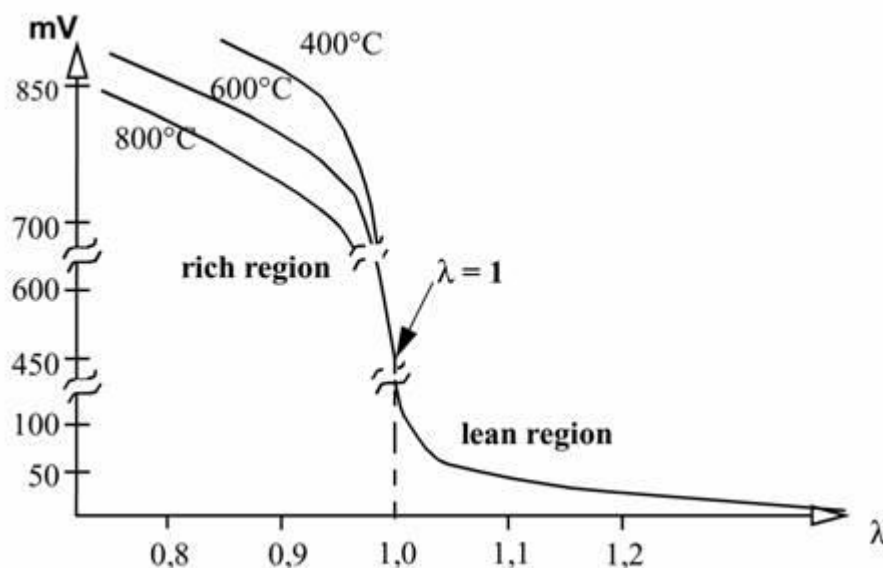
El principio de la sonda lambda se basa en una medición de comparación de oxígeno. Esto significa que el contenido de oxígeno restante de la emisión de escape (aproximadamente 0,3 - 3%) se compara con el contenido de oxígeno del aire ambiente (aproximadamente 20,8%).

Si el contenido de oxígeno restante de la emisión de escape es del 3% (mezcla pobre), hay un voltaje de 0,1 V debido a la diferencia en comparación con el contenido de oxígeno del aire ambiente.

Si el contenido de oxígeno restante es inferior al 3% (mezcla rica), el voltaje del sensor aumenta a 0,9 V en proporción al aumento de la diferencia. El contenido de oxígeno restante se mide utilizando varios sensores lambda (Figura 10).

**Figura 10**

*Principio de la Sonda Lambda*



Tomado de: <https://www.its.dot.gov/>

El funcionamiento del sensor lambda generalmente se verifica durante la prueba de emisiones de escape de rutina. Sin embargo, dado que está sujeto a una cierta cantidad de

desgaste, debe revisarse a intervalos regulares para asegurarse de que funciona correctamente (aproximadamente cada 30.000 km), por ejemplo, como parte de las inspecciones.

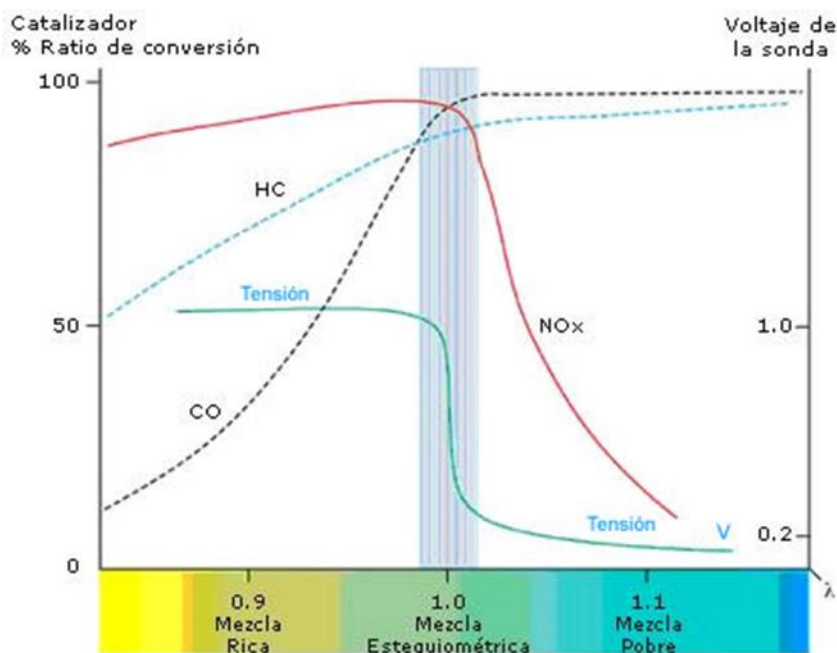
El endurecimiento de las leyes para reducir las emisiones de escape de los vehículos ha sido seguido por una mejora en la tecnología para el postratamiento de los gases de escape.

### 2.2.11 Regulación de Dos Puntos

La sonda lambda de dos puntos dispuesta delante del catalizador suministra en el margen rico ( $\lambda < 1$ ) una tensión alta y en el margen pobre ( $\lambda > 1$ ), una tensión baja ( $U < 1$ ). En el margen alrededor de " $\lambda = 1$ " se produce un pronunciado salto de tensión. La sonda lambda de dos puntos sólo puede distinguir, pues, entre mezcla rica y mezcla pobre.

**Figura 11**

*Principio de la Sonda Lambda*



Tomado de: <https://www.catalizadores.eu/content/13-sonda-lambda>

La tensión de sonda se transforma en la unidad de control del motor en una señal de dos puntos. Es la magnitud de entrada para la regulación lambda puesta en efecto con ayuda del software. La regulación lambda actúa en la formación de la mezcla y ajusta la relación de



aire y combustible adaptando el caudal de combustible inyectado. La magnitud de ajuste, compuesta de un salto y una rampa, varía su dirección de ajuste con cada salto de tensión de la sonda. Es decir, por el salto de la magnitud de ajuste varía la composición de la mezcla primero "de golpe" y a continuación en forma de rampa. Si la tensión de la sonda es alta (mezcla rica), la magnitud de ajuste regula en dirección hacia mezcla pobre; si la tensión de la sonda es baja (mezcla pobre), en dirección hacia mezcla rica. Con esta regulación de dos puntos se puede regular la mezcla de aire y combustible a valores  $\lambda$  alrededor de " $\lambda = 1$ ".

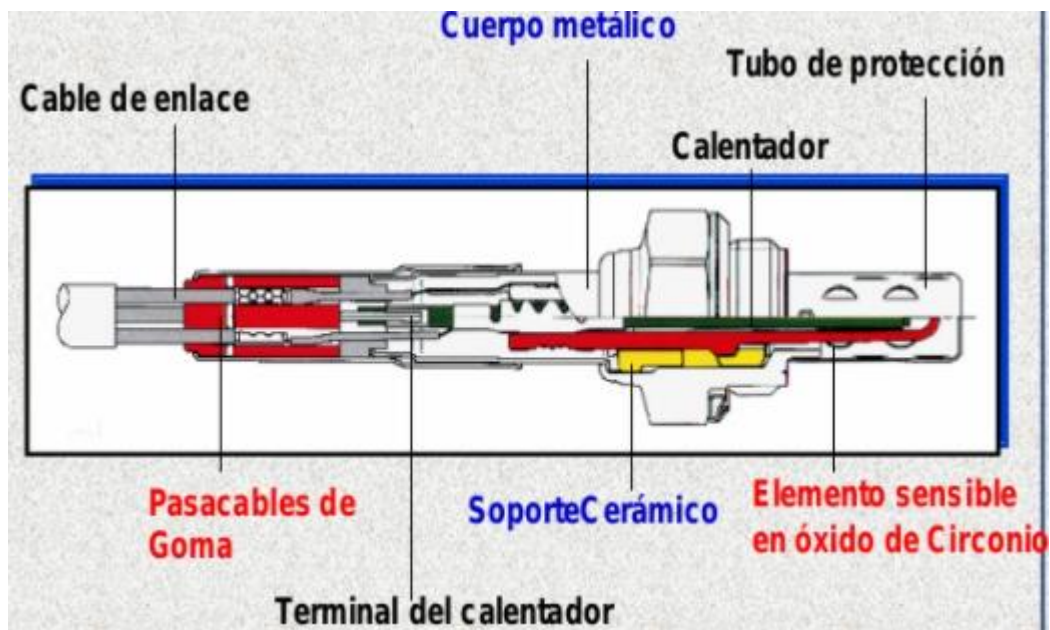
La típica "medición errónea" de la sonda  $\lambda$ , condicionada por la variación de la composición de los gases de escape, se puede ayudar de modo controlado conformando el progreso de la magnitud de ajuste selectivamente de modo asimétrico (desplazamiento hacia mezcla rica/mezcla pobre).

### ***2.2.12 Sonda de Salto de Voltaje***

Esta sonda consta de un elemento cerámico de dióxido de circonio hueco en forma de dedo. El rasgo característico de este electrolito sólido es que es penetrable para los iones de oxígeno a una temperatura superior a aprox. 300 ° C. Ambos lados de la cerámica están recubiertos con una capa fina y porosa de platino que funciona como electrodo. Las emisiones de escape fluyen por el exterior del elemento cerámico, mientras que el interior se llena con aire de referencia (Lapuerta, 2006).

Las propiedades del elemento cerámico significan que la diferente concentración de oxígeno en ambos lados provoca una migración de iones de oxígeno, que a su vez genera un voltaje. Este voltaje se utiliza como señal para la unidad de control, que cambia la relación aire-combustible en función del contenido de oxígeno residual de las emisiones de escape.

Este proceso de medir el contenido de oxígeno restante y hacer la mezcla más rica o más pobre se repite varias veces por segundo, generando una mezcla basada en la demanda ( $\lambda = 1$ ).

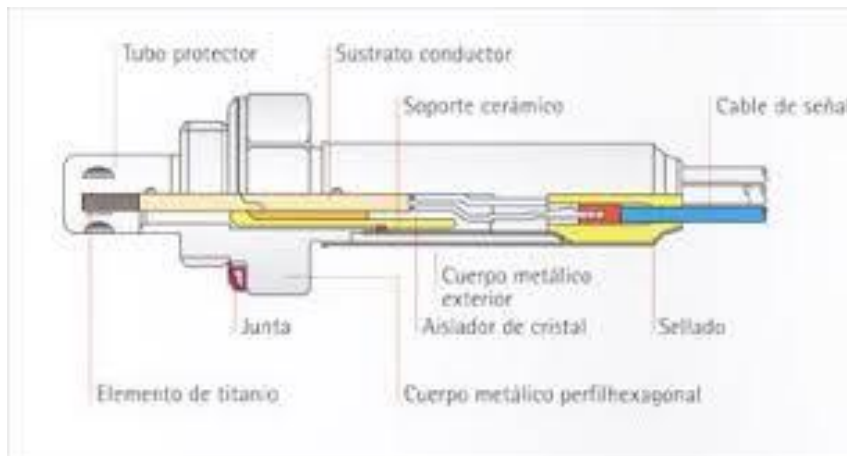
**Figura 12***Sonda de Salto de Voltaje*

### 2.2.13 Sonda de Salto de Resistencia

En este tipo de sensor, el elemento cerámico está hecho de dióxido de titanio utilizando tecnología de película gruesa multicapa. Una propiedad del dióxido de titanio es que su resistencia cambia en proporción a la concentración de oxígeno en las emisiones de escape. Con un contenido de oxígeno más alto (mezcla pobre  $\lambda > 1$ ) es menos conductor, con un contenido de oxígeno más bajo (mezcla rica  $\lambda < 1$ ) se vuelve más conductor. Esta sonda no necesita aire de referencia, pero debe ser alimentada con una tensión de 5 V por la centralita mediante una combinación de resistencias.

La señal requerida para la unidad de control es generada por la caída de voltaje en las resistencias.

Ambas células de medida están montadas en una carcasa similar. Un tubo protector evita daños en las celdas de medición que sobresalen del flujo de escape.

**Figura 13***Sonda de Salto de Resistencia*

Fuente: (Román, 2018).

**2.2.14 Sonda Lambda de Banda Ancha**

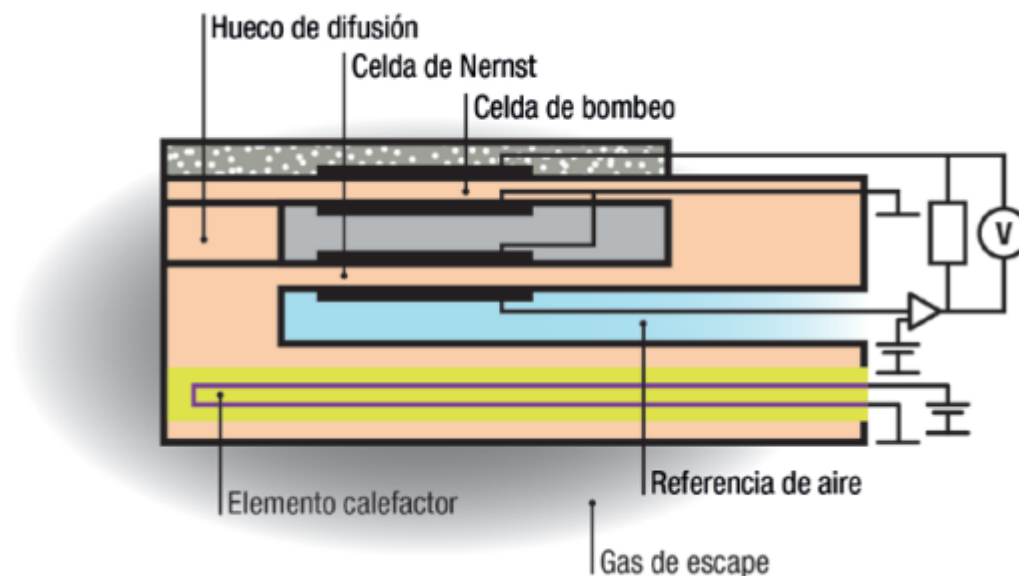
El sensor lambda muestra una mezcla rica o pobre en el rango de  $\lambda = 1$ . El sensor lambda de banda ancha ofrece la opción de medir una relación de aire precisa en los rangos pobre ( $\lambda > 1$ ) y rico ( $\lambda < 1$ ). Emite una señal eléctrica exacta y, por lo tanto, puede controlar cualquier valor de referencia, por ejemplo, para motores diésel, motores de gasolina con conceptos lean, motores de gas y calentadores de gas. Como una sonda convencional, la sonda lambda de banda ancha está construida con aire de referencia. También tiene una segunda celda electroquímica: la celda de bomba.

Las emisiones de escape ingresan al área de medición a través de un pequeño orificio en la celda de la bomba, conocido como espacio de difusión. Para establecer la relación de aire ( $\lambda$ ), la concentración de oxígeno aquí se compara con la concentración de oxígeno del aire de referencia. Para recibir una señal medible para la unidad de control, se aplica un voltaje en la celda de la bomba. Con este voltaje, el oxígeno se puede bombear desde las emisiones de escape hacia o desde el espacio de difusión. La unidad de control regula el voltaje de la bomba de tal manera que la relación del gas sea constante en  $\lambda = 1$  en el espacio de difusión. Si la mezcla es

pobre, la celda de bombeo bombea oxígeno hacia afuera. Una corriente de bomba positiva es el resultado de esto. Si la mezcla es rica, el oxígeno se bombea hacia adentro desde el aire de referencia. Una corriente de bomba negativa es el resultado de esto. En  $\lambda = 1$  en el espacio de difusión, no se transporta oxígeno; la corriente de la bomba es cero. Esta corriente de bomba es evaluada por la unidad de control, proporcionando la relación de aire y, por tanto, información sobre la relación aire-combustible.

**Figura 14**

*Sonda de Banda Ancha*



Fuente: <https://emsd.weebly.com/wide-band-o2-sensor.html>

### **2.2.15 Comprobación de Sonda Lambda con Osciloscopio**

La señal del sensor lambda se representa mejor con el osciloscopio. En cuanto a la medición con el multímetro, un requisito previo básico es que el motor o la sonda lambda debe estar a la temperatura de funcionamiento.

El osciloscopio está conectado a la línea de señal. El rango de medición a configurar depende del osciloscopio utilizado. Si el dispositivo tiene detección de señal automática, se

debe utilizar. Para el ajuste manual, establezca un rango de voltaje de 1 a 5 V y un ajuste de tiempo de 1 a 2 segundos (Tipanluisa, 2017).

La velocidad del motor debería ser de nuevo aprox. 2.500 rpm.

La tensión alterna aparece en la pantalla en forma sinusoidal. Los siguientes parámetros se pueden evaluar con esta señal:

Altura de amplitud (voltaje máximo y mínimo 0,1 - 0,9 V),

Tiempo de respuesta y duración del período (frecuencia aprox. 0,5 - 4 Hz).

Los sensores de banda ancha se pueden identificar por su arnés de cables múltiples (cinco, seis o más cables) y generalmente se instalan en:

- Cualquier automóvil reciente que utilice tecnología de motor de inyección directa o de mezcla pobre
- Vehículos con motor diésel equipados con sensores lambda
- Algunos vehículos Honda de aproximadamente 1990 en adelante utilizaron este tipo de sensor (L1H1)
- Sistemas Volkswagen FSi y otros sistemas de carga estratificada
- Algunas aplicaciones no automotrices, como carreteras rodantes y equipos de pruebas de gases de laboratorio especializados

Ahora disponemos de sensores Bosch y NGK para una serie de aplicaciones de banda ancha.

El sensor de banda ancha es especialmente adecuado para vehículos de mezcla pobre, sobrealimentados, turboalimentados y de alto rendimiento (por ejemplo, Subaru impreza 2002 en adelante), ya que la detonación de encendido o 'golpe', el enemigo del motor de alto rendimiento se puede evitar en todos los motores. condiciones de funcionamiento controlando la relación aire / combustible mucho más de lo que sería posible con un sensor de banda

estrecha. Esto también se aplica a los motores de mezcla pobre, donde la fuerza promedio (media) de la mezcla es muy débil.

Los equipos de carreras utilizan sensores de banda ancha para medir con precisión los motores sintonizados de alto rendimiento. Se pueden comprar medidores lambda que usan un sensor de banda ancha para permitir el registro de datos de la fuerza de la mezcla y otros parámetros del motor. Cabe señalar que las lambdas WB diseñadas para turismos no son las mismas que las diseñadas para uso en deportes de motor y, por lo tanto, no son compatibles.

Hace unos años NTK diseñó un sensor que podría detectar fácilmente proporciones aire-combustible bien lejos del punto estequiométrico. La medida típica puede variar de 8: 1 en la región rica a más allá de 30: 1 en condición magra.

#### **2.2.16 Gasolinas en el Ecuador**

En Ecuador están disponibles tres tipos de gasolina según el nivel de octanaje:

- Extra de 85 octanos
- EcoPaís de 85 octanos y no disponible en todo el territorio nacional
- Súper de 92 octanos a partir de septiembre de 2018

A más de los beneficios que ofrece el nuevo octanaje de la gasolina Súper a los motores de los vehículos, también se genera un beneficio ambiental; pues disminuye la emisión de gases de combustión no deseables; esto por cuanto genera una mejor combustión y mayor rendimiento del combustible.

A continuación, se presenta la cronología de las gasolinas en el Ecuador:

- 1980 Se creó la gasolina súper de 90 octanos, distinta de la regular de 70. Los autos de carburador no requerían un alto nivel de la calidad.

- 1993 Se lanza la gasolina eco 82 sin plomo. Este componente subía el octanaje, limpiaba y lubricaba el motor, pero era cancerígeno.

- 1998 Se retira definitivamente la gasolina con plomo. La gasolina súper quedó en 90 octanos y la extra en 81 octanos.
- 2012 El Gobierno decide elevar la gasolina súper a 92 octanos y la gasolina y la extra a 87 octanos. Baja el nivel de azufre.

La situación energética actual del Ecuador muestra que el transporte sigue siendo el sector con mayor consumo de energía con el 46% de los 95 millones de BEP que consume el país anualmente. Considerando el consumo de energía por fuente, de estos 95 millones, el 31% corresponde a diésel y el 27% a gasolina (Figura 15).

### Figura 15

*Características de las Gasolinas en Ecuador*

GASOLINA EXTRA				
PARAMETRO/NORMA	INEN ACTUAL	INEN 2014	EURO 5	RDP
NUMERO DE OCTANO	Mín 81	Mín 91	Mín 95	Mín 95
AZUFRE (ppm)	Máx 750	Máx 10	Máx 10	Máx 10
PRESION DE VAPOR (kPa)	Máx 56	Máx 56	Mín 50-Máx 60	Máx 55,1
CANTIDAD DE AROMATICOS (% VOL)	Máx 30	Máx 35		Máx 30

GASOLINA SUPER				
PARAMETRO/NORMA	INEN ACTUAL	INEN 2014	EURO 5	RDP
NUMERO DE OCTANO	Mín 90	Mín 95	Mín 95	Mín 95
AZUFRE (ppm)	Máx 1000	Máx 10	Máx 10	Máx 10
PRESION DE VAPOR (kPa)	Máx 56	Máx 56	Mín 50-Máx 60	Máx 55,1
CANTIDAD DE AROMATICOS (% VOL)	Máx 35	Máx 35	Máx 30	Máx 30

Fuente: INEN

### **Capítulo III**

#### **Pruebas de Funcionamiento con Osciloscopio para Determinar Emisiones**

##### **Contaminantes**

En un principio se empezará con la recopilación y análisis del estado del arte de las gasolinas y pruebas para comprobar los sensores de oxígeno, seleccionando artículos científicos, revistas, libros, documentales y sitios web con información relevante, su inicio, categorías, principales elementos, entre otros.

Para este proyecto se usará el método de investigación cualitativo y cuantitativo, porque de esta manera se podrá expresar los resultados de manera visual y numérica de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas que se le realizará al sensor de oxígeno.

Las pruebas que se realizar al sensor de oxígeno utilizando ambas gasolinas por separado, son a bajas, medias, altas rpm y a diferente temperatura de funcionamiento de motor, para poder saber lo que el sensor está interpretando y enviando a la ECM del vehículo se utilizara el osciloscopio automotriz ya que las señales eléctricas que el sensor envía a la computadora son de una velocidad muy alta y que con otra herramienta como el multímetro no se podrá leer dichas señales eléctricas (Riegel, 2002).

Otra de las pruebas que se realizar es cuál de los tipos de sensores de oxígeno trabaja de manera más eficiente utilizando la gasolina eco y súper para su funcionamiento, todas las pruebas se las realizar con motor frio, caliente y a diferentes cargas de motor. Todas las pruebas que se realiza al sensor de oxígeno utilizando la gasolina eco y súper, son para determinar cuál de las dos gasolinas es más perjudicial para el medio ambiente.

Para esto se usa un osciloscopio que es un instrumento que nos permite realizar diagnósticos más rápidos y certeros, pero su uso requiere dedicación, práctica y hasta una buena dosis de paciencia; sobre todo, porque implica un buen manejo de los conceptos básicos de electrónica y del funcionamiento de los diferentes sistemas de un vehículo, destacando, por



supuesto, el motor de ciclo Otto de 4 tiempos. En otras palabras, se requieren sólidas bases en Autotrónica.

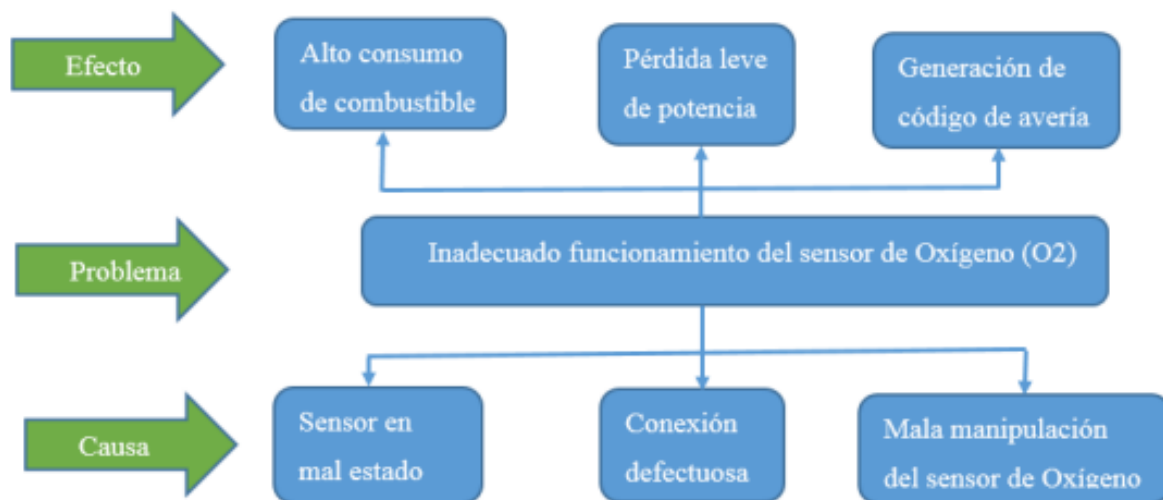
### 3.1 Evaluación de Funcionamiento/ Sonda Lambda

Las sondas lambda para un funcionamiento limpio y eficiente de los motores de combustión se deben revisar cada 30.000 km para mantener la eficiencia y consumo del motor.

Las sondas lambda funcionan como una regulación inteligente dentro del sistema de gases de escape del motor, midiendo la composición de estos. De esta forma garantizan, junto con la unidad de control electrónica, una mezcla óptima de aire y combustible, con el fin de que el motor funcione de forma suave, potente, eficiente y económica.

**Figura 16**

*Fallas del Sensor de Oxígeno*



En caso de una sonda lambda defectuosa, que impida una correcta medición de los valores proporcionados por el sensor, la combustión pierde su eficacia y aumenta el consumo de combustible, pudiendo provocar daños irreparables en el catalizador. Esto ocasionaría que el vehículo incumpliera las normativas de emisiones de gases y, por lo tanto, que no supere la prueba de gases de escape en los centros de revisión técnica. Por todo ello, es aconsejable hacer revisar la sonda lambda cada 30.000 km.

**Figura 17***Diagnóstico del Sensor de Oxígeno*

Fuente: <https://www.autodaewoospark.com/sonda-lambda.php>

Una diagnosis On-Board (OBD) realizada en el taller puede proporcionar información de forma fiable sobre si un sensor lambda necesita ser reemplazado o no. A través de los comprobadores de la serie KTS y de los analizadores de gases de escape, algunas marcas ofrecen equipos de diagnosis que permiten una evaluación rápida y fiable del funcionamiento de la sonda. En la mayoría de los casos, los talleres encontrarán fácilmente la sonda lambda adecuada con la calidad de equipo original dentro de una gama de recambios de diferentes marcas de más de 1.200 referencias (Huertas, 2005).

### 3.2 Procedimiento de Pruebas al Sensor de Oxígeno

Identificar las terminales.

El sensor puede tener uno, dos, tres o cuatro terminales según el sistema que se esté probando:

Calentador del sensor de oxígeno a tierra (blanco); Potencia positiva del calentador del sensor de oxígeno (blanco); Señal de sonda lambda (generalmente cable negro); Sonda lambda molida (generalmente gris).

Verifique el calentador del sensor de oxígeno, si está presente. Verifique que el suministro del calentador sea igual al de la batería del automóvil – 12V. Si no hay voltaje, verifique los cables al relé de la llave de encendido. Verifique la conexión del calentador del sensor de oxígeno al suelo.

Arranque el motor y caliéntelo hasta su temperatura de funcionamiento.

Mantenga la velocidad del motor a 3000 rpm durante 30 segundos. Esto aumentará la temperatura del sensor, es decir, se encenderá.

Mantenga la velocidad del motor a 2500 rpm. Si el motor está en ralentí durante un largo período de tiempo, el sensor de oxígeno se enfriará y se apagará.

Nota: esta prueba no se puede realizar con un termostato defectuoso.

Determine el tipo de sensor de oxígeno: circonio, titanio o banda ancha.

A diferencia de los sensores de banda estrecha que se comunican con la computadora por medio de un voltaje en un solo cable, el sensor de banda ancha usa dos cables y envía señales a la computadora por medio de un flujo de corriente. Una relación aire / combustible de 14.7 a 1 se considera la relación aire / combustible óptima o mezcla estequiométrica. Cuando la relación está por encima de este valor, la corriente fluye en una dirección, y cuando está por debajo de este valor, fluye en la otra. Cuando la relación aire / combustible es exactamente 14.7 a 1, la corriente no fluye en absoluto. Para indicar un aumento de las condiciones de riqueza o escasez, el flujo de corriente aumenta en proporción a cuán rica o pobre es la proporción aire / combustible (Huertas, 2005).

Los voltajes en estos cables de bomba de corriente varían de un fabricante a otro. Uno de los 2 cables de corriente tendrá un voltaje suministrado al sensor por la ECU. El otro cable

será un cable de retorno del sensor a la ECU. Los autos Toyota tienen 3.0 voltios en su cable de referencia y 3.3 voltios en el cable de retorno de corriente. Los 3.3 voltios varían ligeramente a medida que fluya la corriente, pero estos cambios son muy pequeños. Del mismo modo, Nissan usa 2.7 voltios en su cable de referencia, y el cable actual es de aproximadamente 3.0 voltios. Hasta ahora, en todos los sensores de banda ancha de 4 cables que hemos visto, la diferencia entre los 2 cables de la bomba de corriente ha sido de 0.300 (300 milivoltios) nominales, que fluctúa ligeramente en función del flujo de corriente.

### **3.3 Efectos del Sensor de Oxígeno Lambda Defectuoso: Causa de la Falla**

Un sensor lambda defectuoso puede causar los siguientes síntomas:

- Alto consumo de combustible
- Rendimiento deficiente del motor
- Altas emisiones de escape
- La luz indicadora del motor se enciende
- Se almacena el código de error

Hay varias razones por las que puede ocurrir una falla:

- Cortocircuitos internos y externos
- Sin suministro de tierra / voltaje
- Calentamiento excesivo
- Depósitos / contaminación
- Daños mecánicos
- Uso de combustible / aditivos con plomo

Los vehículos equipados con autodiagnóstico pueden detectar fallas que ocurren en el circuito de control y almacenarlas en la memoria de fallas. Esto generalmente se muestra a través de la luz indicadora del motor (Burgos, 2018).

Existe una variedad de fallas típicas de los sensores lambda que ocurren con frecuencia.

En la Tabla 1 se muestra las causas de los fallos diagnosticados.

**Tabla 1**

*Fallos en la Sonda Lambda*

<b>Fallos diagnosticados</b>	<b>Causa</b>
El tubo protector o el cuerpo de la sonda están obstruidos con residuos de aceite.	El aceite no quemado ha entrado en el sistema de escape, por ejemplo, debido a anillos de pistón o sellos de vástago de válvula defectuosos
Entrada de aire falsa, falta de aire de referencia	Sonda instalada incorrectamente, apertura de aire de referencia bloqueada
Daños por sobrecalentamiento	Temperaturas superiores a 950 ° C debido a un punto de ignición incorrecto o juego de válvulas
Mala conexión en los contactos del enchufe	Oxidación
Conexiones de cable interrumpidas	Cables mal tendidos, puntos de abrasión, picaduras de roedores
Falta de conexión a tierra	Oxidación, corrosión en el sistema de escape.
Daños mecánicos	Par de apriete excesivo
Envejecimiento químico	Rutas cortas muy a menudo
Depósitos de plomo	Uso de combustible con plomo

A pesar de lo que dicen los expertos, el diagnóstico del sensor de oxígeno no es fácil. Cuando un sensor de oxígeno falla por completo, el efecto que tiene en el sistema arroja suficiente información para corregir la falla. Es cuando el sensor está "saliendo" cuando surgen problemas complicados. Los DTC y los datos que vemos pueden ser muy difíciles de

interpretar y, a menudo, el sensor se cambia para eliminar información potencialmente incorrecta de un componente "dudoso"; sin embargo, todos sabemos que esta no es la mejor práctica y es una injusticia repercutir el costo de un sensor cuando su reemplazo no tiene ningún efecto sobre el problema.

### 3.6 Pruebas

#### 3.6.1 Comprobación Usando Osciloscopio

La señal del sensor lambda se representa mejor con el osciloscopio. En cuanto a la medición con el multímetro, un requisito previo básico es que el motor o la sonda lambda debe estar a la temperatura de funcionamiento.

**Figura 18**

*Osciloscopio*



Fuente: (Zabler, 2002)

El osciloscopio está conectado a la línea de señal. El rango de medición a configurar depende del osciloscopio utilizado. Si el dispositivo tiene detección automática de señal, se

debe utilizar. Para el ajuste manual, establezca un rango de voltaje de 1 a 5 V y un ajuste de tiempo de 1 a 2 segundos (Zabler, 2002).

La velocidad del motor debería ser de nuevo aprox. 2.500 rpm.

La tensión alterna aparece en la pantalla en forma sinusoidal. Los siguientes parámetros se pueden evaluar con esta señal:

Altura de amplitud (voltaje máximo y mínimo 0,1 - 0,9 V),

Tiempo de respuesta y duración del período (frecuencia aprox. 0,5 - 4 Hz).

### ***3.6.2 Cómo Probar un Sensor de Oxígeno con un Osciloscopio***

Para empezar con un proceso de diagnóstico electrónico automotriz acertado y en poco tiempo, se debe contar principalmente con un equipo apropiado específicamente para diagnóstico. En este caso se usará un osciloscopio automotriz, un equipo completo el cual posee todas las características imprescindibles para poder realizar un trabajo más acertado.

Los osciloscopios son herramientas muy útiles y mucho más informativas que los multímetros, pero también pueden ser difíciles de usar con sensores de oxígeno. Por lo general, es mejor usar un osciloscopio de batería o uno con entradas aisladas, ya que los vehículos pueden no compartir tierra con la red eléctrica en un garaje o tienda. Si un vehículo 'flotando' por encima o por debajo del voltaje de la fuente de alimentación del osciloscopio puede descargar una corriente significativa, a miles de voltios, dañando los circuitos del vehículo o un osciloscopio. El segundo desafío al usar un osciloscopio para probar sensores de oxígeno es en realidad conectar el osciloscopio a los circuitos del sensor de oxígeno, lo que se logra mejor con sondas traseras. Para usar un osciloscopio en un sensor de oxígeno, debe:

Asegúrese de que las entradas de su osciloscopio estén correctamente aisladas de la red eléctrica del garaje o del taller.

Asegúrese de que el motor esté frío.

Conecte las sondas del osciloscopio a las líneas celulares del sensor de oxígeno (asegurándose de utilizar el clip de referencia / tierra del osciloscopio). Asegúrese de que los cables no interfieran con las piezas móviles del motor.

Encender el motor

Observe las salidas del sensor de oxígeno mientras el motor está funcionando y con el tiempo. Las salidas del sensor de oxígeno deben ser bajas mientras el motor se calienta, luego subir para tener un valor promedio correspondiente a una mezcla 'balanceada'. Las salidas del sensor del convertidor precatalítico con normalidad deberían oscilar rápidamente entre 'rico' y 'pobre'. Las salidas del convertidor poscatalítico deberían ser mucho más estables, alrededor del nivel 'equilibrado'. El número de veces que la señal cruza su promedio es un parámetro importante, y cada sistema (ECM / PCM, motor y sensor de oxígeno) tiene un número característico de cruces por segundo.

Apague el motor.

Espere hasta que el motor esté frío.

Retire las sondas del osciloscopio.

Todas las indicaciones de prueba se refieren al paso de prueba indicado en el osciloscopio, después de finalizar la prueba, eliminar las intervenciones realizadas y, si conviene, borrar el código de error introducido en la unidad de mando. Durante la conexión de los emisores, el motor debe estar apagado y el encendido desconectado, conectar los bornes negro y rojo del cable de conexión de la batería a la batería, el borne negro del cable de conexión de la batería debe permanecer conectado al borne B de la batería. Las indicaciones de conexión son para una secuencia de ensayo aplicable en la mayoría de los casos. En caso dado, los sensores deben conectarse de otro modo en algunos pasos. Tener en cuenta las indicaciones de conexión de los pasos, cuando hay varias indicaciones al mismo puesto enchufe sensor, se debe re enchufar el sensor, según aplicación

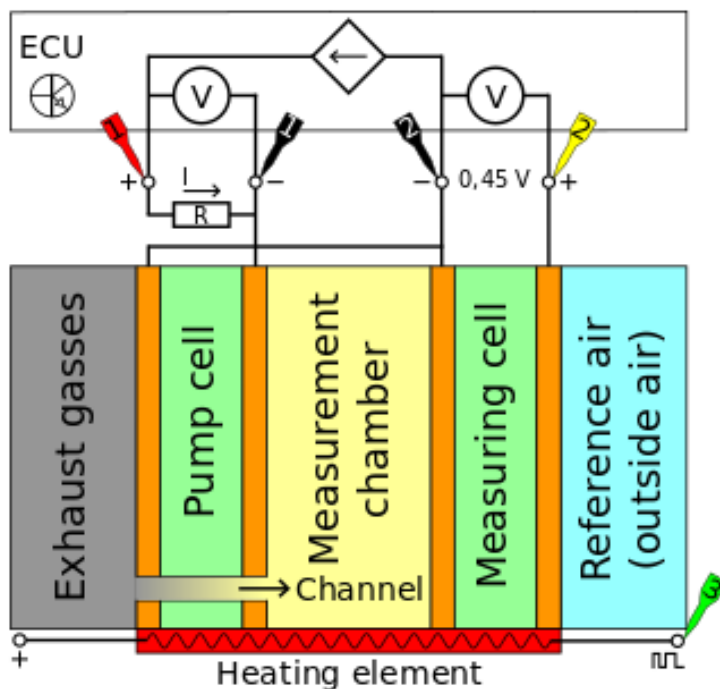


### 3.6.3 Medición de un Sensor de Oxígeno de Banda Ancha

El sensor lambda de banda ancha o el sensor de oxígeno de banda ancha es un sensor que puede medir la concentración de oxígeno en los gases de escape. El sensor de oxígeno de banda ancha se basa en la versión de 4 hilos del sensor de oxígeno de zirconia con una modificación para medir la concentración real de oxígeno en lugar de solo producir una señal para una mezcla demasiado rica o demasiado pobre.

**Figura 19**

*Representación Esquemática del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha*



Fuente: <https://www.tiepie-automotive.com/en/articles/oxygen-sensor-broadband>

El sensor consta de tres partes: celda de bomba, cámara de medición y celda de medición. La celda de bombeo y la celda de medición constan de una placa de dióxido de circonio (zirconia) a la que se aplica una fina capa de platino en ambos lados.

Cuando existe una diferencia de concentración de oxígeno entre los dos lados, habrá una diferencia de voltaje entre las dos placas de platino. Este voltaje depende de la diferencia de concentración y es de aproximadamente 450 mV para una mezcla ideal.

La celda de medición está en contacto con el aire exterior por un lado y con la cámara de medición por el otro. Frente a la celda de medición, se coloca una celda de bomba que puede bombear oxígeno dentro o fuera de la cámara de medición por medio de una corriente eléctrica. Una pequeña cantidad de gases de escape puede fluir hacia la cámara de medición a través de un pequeño canal. Esto puede cambiar la concentración de oxígeno en la cámara de medición, cambiando el voltaje de la celda de medición de su valor ideal de 450 mV. Para devolver la celda de medición a 450 mV, la ECU envía una corriente a través de la celda de la bomba. Dependiendo de la dirección y la cantidad de corriente, se pueden bombear iones de oxígeno dentro o fuera de la cámara de medición para devolver el voltaje de la celda de medición a 450 mV.

Cuando se quema una mezcla rica, los gases de escape contienen poco oxígeno y se envía una corriente a través de la celda de la bomba para bombear más oxígeno a la cámara de medición. Por el contrario, cuando se quema una mezcla pobre, los gases de escape contienen mucho oxígeno y la corriente a través de la celda de la bomba se invierte para bombear oxígeno fuera de la cámara de medición.

Dependiendo de la magnitud y dirección de la corriente, la ECU cambia la cantidad de combustible inyectado. Cuando se quema una mezcla ideal, no fluye corriente a través de la celda de la bomba y la cantidad de combustible inyectado permanece sin cambios.

Para un rendimiento óptimo, el sensor debe tener una temperatura de aproximadamente 750 ° C. El sensor está equipado con una resistencia PTC para calefacción eléctrica, que se alimenta desde el relé del sistema o, a veces, desde la ECU. El lado negativo de la calefacción regulada es conectado a tierra por la ECU con una señal de ciclo de trabajo variable.

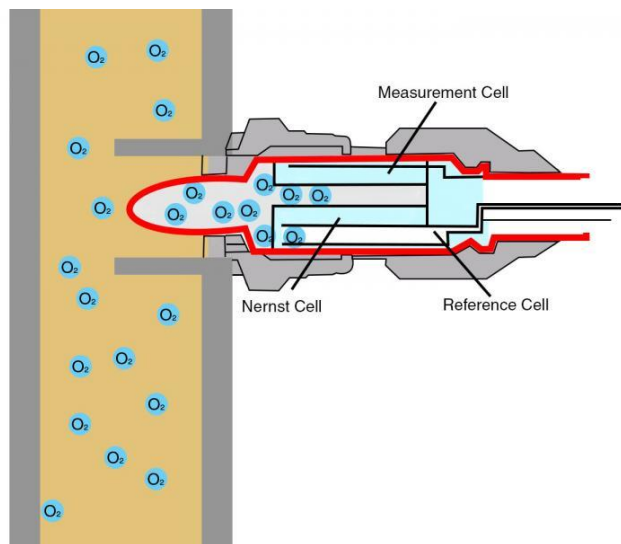
### **3.7 Sensor Universal de Oxígeno de los Gases de Escape (UEGO) de Ford**

Los sensores UEGO están diseñados con una celda de aire de referencia, una celda Nernst y una celda de medición.

El sensor compara el contenido de oxígeno de los gases de escape con el contenido de la celda de referencia.

### Figura 20

*Sensor UEGO*



Fuente: (Farrell, 2018)

El oxígeno para la cámara de referencia se suministra bombeando iones de oxígeno desde la cámara de medición a la cámara de referencia. El Nernst compara el contenido de oxígeno del escape con el de la cámara de referencia. A medida que el gas de escape se vuelve rico o pobre, se bombea oxígeno hacia adentro y hacia afuera de la cámara de medición para mantener una mezcla de 1.0 lambda. La cantidad de oxígeno necesaria para hacer esto varía según la relación aire-combustible. El PCM mide la corriente de la celda de bomba requerida para mantener la mezcla correcta y estima la relación aire-combustible a partir de esto.

Las posibles fallas del sensor pueden ser:

- Es más probable que la falla no sea causada por un sensor defectuoso, así que verifique a todos los sospechosos habituales.
- Verifique el ajuste de combustible a largo plazo (LTFT): se deben investigar las cifras de 8-10% o más.

- Los valores altos de LTFT significan que se está agregando combustible para compensar una mezcla débil, así que busque fugas de aire. Una pequeña fuga de aire debilitará la mezcla más al ralentí que a velocidades más altas del motor porque el aire filtrado se convierte en una parte más pequeña de la entrada de aire total.
- Busque el ajuste de combustible a corto plazo (STFT) que comienza a contradecir el LTFT a medida que aumenta la velocidad del motor.
- Compruebe si hay fugas de escape, que pueden permitir que entre aire en el escape.
- Verifique los sensores de temperatura del aire y del refrigerante para ver si hay lecturas plausibles.
- Verifique que el sensor MAF esté respondiendo correctamente.
- Compruebe que la presión del combustible esté dentro de las especificaciones.

Los sensores de banda ancha tienen una celda de cerámica adicional (Figura 21). El gas de escape se difunde parcialmente a través de la barrera de difusión. El AFR del gas de escape en la cámara se mide con la celda de Nernst. Dependiendo de si el AFR en la cámara es rico o pobre, un circuito de control aplica un voltaje a los electrodos de la celda de la bomba. Los iones de oxígeno se transportan desde el electrodo interior al exterior de modo que el AFR en la cámara se convierte en  $\lambda = 1$ .

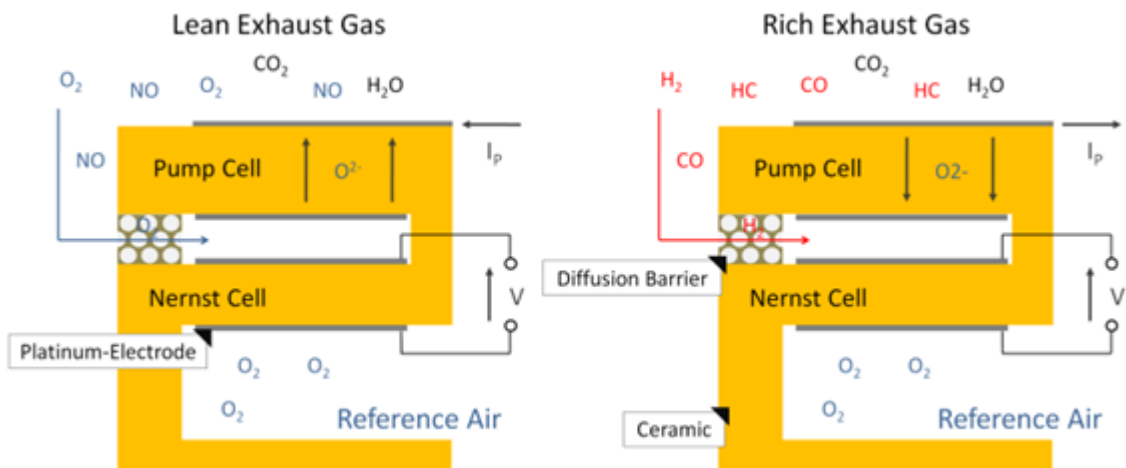
La corriente eléctrica generada,  $I_p$ , es la señal. Existe un rango específico de corriente correspondiente a  $\lambda$  desde 0,7 hasta infinito. La señal es cero cuando el AFR del gas de escape es  $\lambda = 1$ . La curva de salida permite un control constante con un valor nominal predeterminado para  $\lambda$ .

La sonda  $\lambda$  de banda ancha, se compone de la unión de la célula de medida y la célula de oxígeno y está controlada por un amplificador operacional que dependiendo del tipo

de sonda (marca o modelo), éste se encuentra integrado en el conector o en la unidad de control de motor.

**Figura 21**

*Sonda Lambda*



Fuente:

<https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/sensors/oxygen.html>

Los sensores de oxígeno de banda ancha y banda estrecha, los hay digitales y análogos.

Si el vehículo es de antes de 1997 es de banda estrecha.

Si es un vehículo estadounidense, es una banda estrecha (aunque algunos del 2009 son de banda ancha).

Vehículos japoneses o alemanes construidos después del año 2000 son probablemente de banda ancha.

Si tiene 4 cables (y no es un Toyota) es una banda estrecha.

Los vehículos Toyota cuentan con 4 cables y banda ancha.

Si el sensor tiene más de 4 cables es una banda ancha.

Cables de 5 y 6 son de banda ancha.

La mayoría diésel no tendrán sensores de  $O_2$ , sin embargo, hacen unos pocos que sí la tienen.

Para saber cuántos sensores de oxígeno tiene el vehículo, se recomienda buscar una calcomanía debajo de su capó, o en los datos técnicos del vehículo.

Si dispone de sensores de oxígeno de banda ancha, que pueden ser llamados sensor AFR (proporción de aire/combustible), se observarán en estas calcomanías.

## Capítulo IV

### Análisis de Resultados

#### 4.1 Análisis Preliminar

Se realizó la selección del vehículo Ford 150 con base al tipo de sensor que usa, en este caso el sensor de banda ancha. El vehículo utilizado para esta investigación es exclusivamente de servicio particular en el cantón Cumandá. Se desarrolló un proceso de toma de mediciones para cada caso (Figura 22).

#### Figura 22

*Vehículo Ford-150*



La manera ideal de probar un sensor sería mediante el uso de una combinación de herramientas de diagnóstico incluido un osciloscopio, un analizador de gases de escape y un ohmímetro. El osciloscopio comprobará la señal salida del sensor para amplitud y frecuencia. La frecuencia es la velocidad de respuesta del sensor a cambios en el abastecimiento de combustible. El analizador de gases puede comprobar que, si el repostaje es enriquecido o reducido, el sensor intentar recortar la inyección a su ajuste correcto. El ohmímetro se puede utilizar para comprobar el calentador circuito y la integridad de la tierra circuito. Prueba de

sensor patentada. Las herramientas son útiles, pero algunas pueden ser limitado en su capacidad de diagnóstico. El uso de un voltímetro para analizar el sensor la producción es extremadamente limitada en su capacidad y no apto para comprobar en el vehículo. Para evitar daños a los componentes electrónicos del vehículo. Se debe tener mucho cuidado cuando conectando cualquier diagnóstico equipo. Las herramientas de escaneo podrán detectar códigos de avería relacionados con los sensores y cableado asociado que se almacena en el sistema de diagnóstico del vehículo memoria. No olvide que para comprobar la señal de salida que necesita el sensor haber alcanzado su funcionamiento temperatura y el motor debe estar corriendo a una velocidad razonable, por ejemplo 2000 rpm para producir el patrón característico de la señal de conmutación.

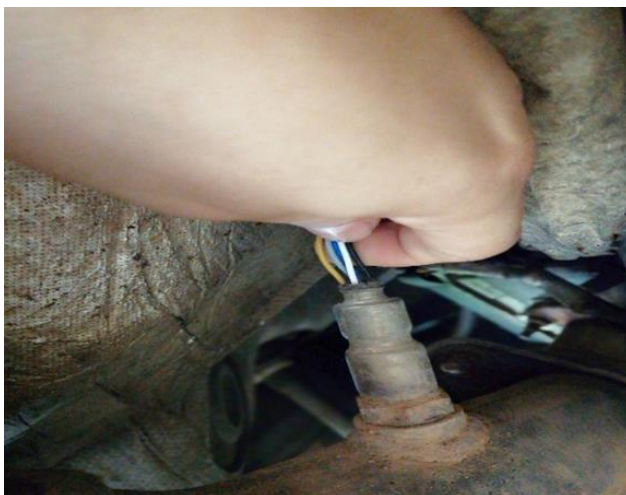
#### **4.2 Factores a Considerar**

Existen diversos factores que pueden afectar el normal funcionamiento de un sensor de oxígeno y por eso es importante diferenciar con claridad si es el propio sensor de oxígeno o algún otro factor está ocasionando que el mismo sensor se comporte de forma irregular.

Las pruebas se realizan en un vehículo Ford F-150 año 2011, el cual dispone de sensor de oxígeno tipo banda ancha tipo NTK en su sistema de inyección (Figura 23).

#### **Figura 23**

*Sensor de Oxígeno de Banda Ancha Tipo NTK*





#### **4.2.1 Ubicación del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha**

El sensor de oxígeno es un componente sensible cuya ubicación está en la salida de escape, conocida también como tubo de escape. Las distintas marcas de automóviles emplean la misma clase de sensor de O<sub>2</sub>, de manera que su apariencia es semejante en todos los casos. Los coches más modernos presentan dos sensores de oxígeno, uno en la salida del colector de escape y otro justo después del convertidor catalítico que evalúa la eficiencia de este.

#### **Figura 24**

*Sensores de Oxígeno antes y después del Catalizador*



#### **4.2.2 Determinación de la Función del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha**

La mayoría de los sensores producen niveles altos y bajos, alrededor de 1Hz cuando se detecta que la mezcla es rica o pobre. Si ve estos pulsos, el vehículo está en modo de circuito cerrado y el sensor está funcionando correctamente.

Se debe considerar lo siguiente:

- Conectar: localice el sensor con la ayuda de los datos técnicos de su vehículo. Se recomienda utilizar sondas de clavija posterior o cables de ruptura para realizar la conexión.

- Utilice los datos técnicos para identificar el cable de la señal de salida del conector del mazo de cables de la sonda lambda.
- Encendido: El motor debe estar a la temperatura de funcionamiento normal para producir una señal válida. Inicie el osciloscopio cuando esté listo para capturar la señal.
- Lectura: Dependiendo del tipo de sensor lambda, se verá que la señal tiene un ciclo alto y bajo de manera consistente con bordes curvos. Estos sensores generalmente cambian alto y bajo una vez por segundo.

En la Figura 25 se muestra el taller donde se realizaron las pruebas.

**Figura 25**

*Taller de Realización de las Pruebas*



### 4.3 Análisis de Forma de Onda

La señal muestra el efecto de la ECU ajustando la mezcla entre rico y magro. Si el sensor detecta una mezcla rica, el combustible inyectado se reduce ligeramente. Aproximadamente un segundo después, el sensor EGO detecta magro y el combustible

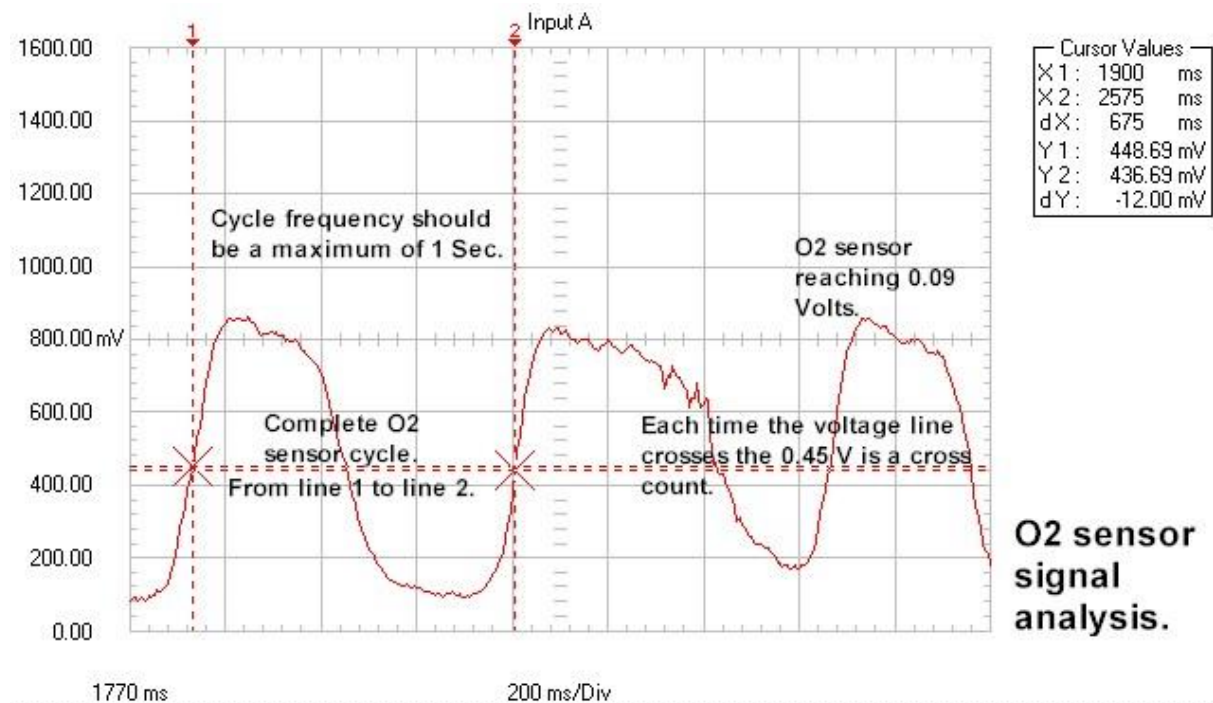
inyectado aumenta ligeramente. Estos ciclos continúan mientras la ECU intenta mantener una relación aire-combustible perfecta (Hanckel, 2005).

El funcionamiento del sensor plano o de banda ancha es sustancialmente diferente al de los tipos tradicionales. No existe un método significativo para probar este sensor, aparte de usar una herramienta de escaneo OBD-II. Sin embargo, si su automóvil ha registrado una falla en el circuito del calentador del sensor, puede probar la resistencia del calentador con un multímetro, a través de los cables Blanco y Gris. La lectura debe ser de unos 4,5 ohmios.

La mejor manera de probar el funcionamiento es utilizar una herramienta de escaneo conectada al puerto OBD-II (diagnóstico a bordo) del vehículo. Esto traducirá la salida del sensor en una forma que podrá leer.

### Figura 26

#### *Forma de Onda del Sensor de Oxígeno*



O2 sensor after replacement. Reaching the 0.090 voltage line.

Fuente: (Hackel, 2005)

Debido a los circuitos internos utilizados en un sensor de oxígeno de banda ancha, no puede conectar un voltímetro u osciloscopio para leer la salida del sensor directamente. Un sensor de O<sub>2</sub> de banda ancha produce una señal que varía no solo en amplitud sino también en dirección. Eso lo hace bastante diferente de un sensor de oxígeno convencional que produce una señal de voltaje que rebota entre 0,1 y 0,9 voltios.

#### **4.4 Averías del Sensor de Oxígeno**

La mayoría de las fallas de los sensores de banda ancha van acompañadas de un código de falla de la ECU del motor, aunque se han encontrado casos en los que este no es el caso. La ECU registrará un código de sensor de oxígeno si el sensor lee fuera de su rango normal, si las lecturas no tienen sentido para la ECU (por ejemplo, falla al indicar pobre cuando existen condiciones pobres) o si falla el circuito del calentador.

Puede usar la herramienta de escaneo para leer la relación aire / combustible real y para verificar la respuesta del sensor a los cambios que deberían causar un cambio en la relación aire / combustible. Sin embargo, los procedimientos no son los mismos que para los sensores tradicionales de banda estrecha. Por ejemplo, en un sistema de banda estrecha, al abrir repentinamente el acelerador por completo, se produce una condición de inclinación repentina y breve seguida de una mezcla más rica a medida que la ECU lo compensa. Pero en un sistema de banda ancha, esta situación ya no surge debido a las nuevas estrategias de control de mezcla que son posibles con los sensores de O<sub>2</sub> planos más precisos. La relación aire/combustible permanecerá estable cuando se abra el acelerador.

Una cosa para tener en cuenta acerca de los sensores de O<sub>2</sub> de banda ancha es que pueden ser engañados de la misma manera que un sensor de oxígeno convencional por fugas de aire entre el colector de escape y el cabezal, y por fallas de encendido que permiten que el oxígeno no quemado pase al escape. Cualquiera de las dos hará que el sensor indique una falsa

condición pobre que, a su vez, hará que la computadora haga que el motor funcione mal, que funcione mal o que el combustible sea constantemente rico.

Los mayores enemigos del elemento sensor, banda estrecha o banda ancha, son los siguientes.

Silicio: soplar una junta de culata puede permitir que el silicio entre en el escape y contamine el sensor. Algunos combustibles también son propensos a tener altos niveles de SiO<sub>2</sub> (dióxido de silicio) y esto también envenenará su convertidor catalítico. Existen otros contaminantes en combustibles más baratos, y usted está haciendo un favor a muchas partes de su motor al no usarlas.

La contaminación por silicio aparece como una capa blanca en la punta del sensor.

Debe evitar lubricar cualquier parte del tracto de entrada con un lubricante a base de silicona. Los fabricantes de WD-40 dicen que su producto no contiene silicona. Esto también puede ser cierto para otros productos similares. Si es necesario limpiar algún mecanismo de conexión, use un limpiador de carburador a base de tolueno o etanol, luego lubrique con una lata de aceite normal o una grasa de buena calidad.

La quema de aceite puede permitir que el fósforo entre en el escape y contamine el sensor. Tenga en cuenta que el aceite contiene muchas impurezas una vez que se ha utilizado en su motor durante un tiempo: los subproductos de la combustión y las diminutas partículas de metal desgastadas de las superficies de contacto reducen las propiedades lubricantes del aceite con el tiempo.

La quema de aceite puede ser causada por turbocompresores con humo, orificios desgastados o extremos superiores con fugas (sellos de aceite del vástago de válvula, guías de válvula). Los cambios de aceite regulares con un aceite apropiado para su vehículo evitarán esto. Si su motor está funcionando rico, se producirá un fenómeno conocido como "lavado del

orificio", en el que el exceso de combustible eliminará la capa micro fina de aceite en la pared del cilindro, lo que provocará un desgaste acelerado del orificio.

Un fallo de encendido engañará a la ECU haciéndole creer que la mezcla es pobre debido a la presencia de exceso de oxígeno en los gases de escape. Esto hará que enriquezca la mezcla cuando no sea necesaria, lo que provocará un mayor consumo de combustible.

Contaminantes metálicos: el no cambiar el aceite con regularidad provocará esto; El aceite sucio está lleno de metales desgastados de las partes internas del motor durante su funcionamiento normal. Como todos los motores queman una pequeña cantidad de aceite, estos metales terminarán en la corriente de gas de escape y gradualmente envenenarán la capa de platino del elemento sensor.

Las incrustaciones de carbono aparecen como polvo negro en la punta del sensor. Es una buena idea llevar cualquier vehículo que se use solo en la ciudad para un cruce ocasional por la autopista para aflojar los depósitos de hollín dentro del motor.

Las reparaciones de automóviles que han utilizado un sellador de juntas de silicona que no está específicamente etiquetado como "Seguro para sensores de oxígeno", si se usan en un área que está conectada al cárter, dañarán el sensor. Tales áreas incluyen tapas de válvulas, cárter de aceite o casi cualquier otra junta o sello que controle el aceite del motor.

Si un automóvil funciona bien durante un período prolongado, el sensor puede obstruirse o incluso destruirse. La capa base, el anticongelante o el aceite en la superficie exterior del sensor pueden matarlo. Esto se debe a que un gas de referencia debe tomarse de la atmósfera y no debe contaminarse. Es posible que un sensor falle en el escape o en el lado de la atmósfera del elemento sensor.

Otra cosa que se debe tener en cuenta es que el valor leído para un sensor de banda ancha en un probador puede ser engañoso. Muchos probadores con software OBD II "genérico" convierten automáticamente la salida de voltaje del sensor de banda ancha del control del motor

a una escala de 0 a 1 voltio, como un sensor de O<sub>2</sub> convencional. Esto lleva a que el voltaje no cambie tanto como se podría esperar cuando se realiza en una mezcla pobre o rica, y puede concluir erróneamente que el sensor de banda ancha no funciona correctamente. La forma más precisa de probar un sensor de banda ancha es con un probador de fábrica que muestre la lectura de voltaje real del control del motor, o un probador del mercado de accesorios que sea capaz de hacerlo.

Un sensor sucio no puede transmitir una lectura precisa de la mezcla de aire/combustible. En este sentido, los sensores de banda ancha y los sensores de O<sub>2</sub> son igualmente sensibles. Hay muchas fuentes de contaminación:

Agua de refrigeración de fugas en el sistema de refrigeración (junta de la culata con fugas o grietas en la culata)

Fósforo del aceite de motor que ha llegado a las cámaras de combustión (guías y sellos de válvulas desgastados, anillos de pistón o cilindros desgastados)

Selladores RTV con alto contenido de silicona

Ciertos aditivos de la gasolina

Un sensor de oxígeno ligeramente sucio reacciona lentamente a cambios repentinos en la mezcla de aire / combustible. Si el sensor de oxígeno está muy sucio, no reacciona en absoluto.

Existen otras fallas comunes por la posición en donde se encuentra el Sensor de Oxígeno, y asociadas a la alta temperatura, por ejemplo:

- Conexión sulfatada.
- Cableado recalentado.
- Arnés cristalizado y quebradizo.

Los síntomas son definidos, aunque también, pueden estar asociados a otros sensores.

De fallar este sensor notarás lo siguiente:

- Aumenta el consumo de combustible.
- Mayor emisión de gases de escape.
- Problemas con la potencia, al arrancar.

#### 4.5 Equipos y Herramientas Utilizadas

Se usó el Escáner LAUNCH X431 PRO V4.0, que es un equipo de diagnóstico automotriz multimarca, el cual, cuenta con una nueva interfaz de diagnóstico inteligente y especialmente cómoda para el trabajo de nueva generación (Figura 27).

**Figura 27**

*Equipo Utilizado*





X-431 PRO V4.0 incorpora nuevas funciones como diagnóstico inteligente e historial de diagnóstico. Incluye un nuevo adaptador de diagnóstico inalámbrico actualizado DBSCAR 5 además de conservar todas las funciones y ventajas de todas las generaciones de escáner X-431 anteriores, incluida la lectura y eliminación de códigos de error (DTC), visualización de los datos actuales del sensor, realizar las pruebas de componentes y muchas otras características especiales, como la codificación, la adaptación, etc.

X-431 PRO V4.0 proporciona acceso completo a las funciones para una amplia gama de marcas estadounidenses, asiáticas y europeas, combinadas con una calidad y diseño superiores. Las características principales del equipo utilizado se muestran en la Figura 28.

### Figura 28

#### *Características del Scanner Utilizado*



#### 4.6 Pruebas del Sensor de Oxígeno con el Escáner X-431 PRO V4.0

Antes de realizar las pruebas, asegúrese de seguir las precauciones del fabricante del sensor de oxígeno al realizar la prueba, así como las instrucciones del fabricante de la

herramienta, y lea el manual de servicio del vehículo (u otro sistema) antes de realizar cualquier prueba. Los sensores de oxígeno se calientan mucho cuando están en uso, ¡tener cuidado! Al utilizar el escáner de diagnóstico siga el procedimiento y escoja el vehículo a chequear (Figuras 29, 30, y 31).

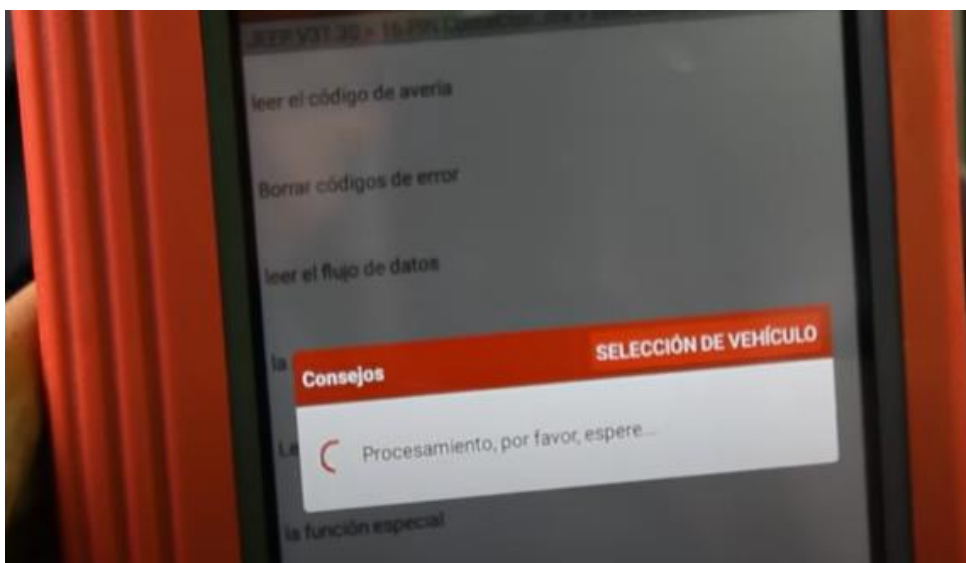
### Figura 29

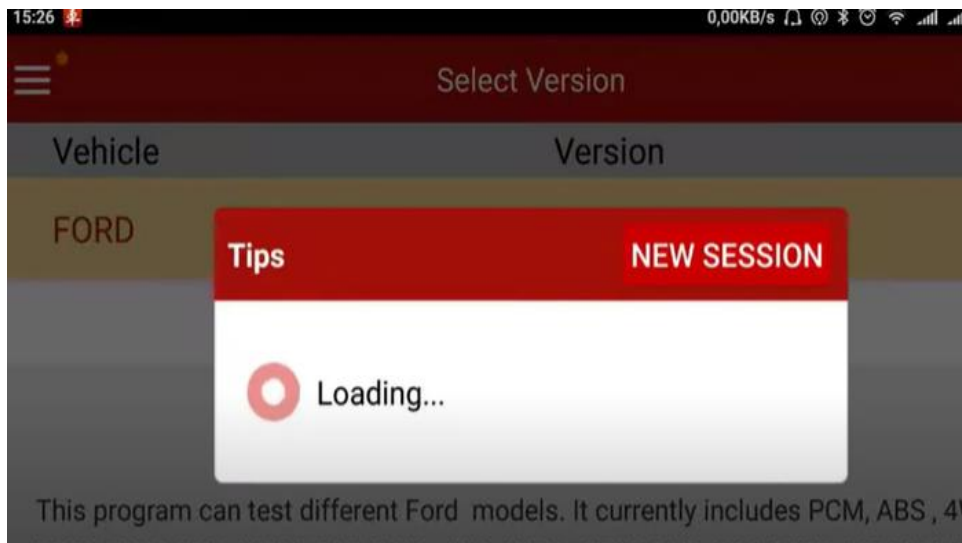
*Selección de la Marca de Vehículo*



### Figura 30

*Selección de la Marca de Vehículo*



**Figura 31***Cargando Información del Vehículo*

#### 4.7 Pruebas del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha Utilizando Gasolina Eco y Super

##### Prueba #1

- Utilizando la gasolina Eco y Super, el sensor de oxígeno de banda ancha comienza a trabajar a cuando está la temperatura de motor a 50 °C, pero la computadora aun no comienza a utilizar los parámetros del sensor de oxígeno para poder pasar el sistema de combustible de abierto a cerrado todo esto para empezar a corregir la cantidad de oxígeno que está saliendo por la línea de escape.
- Para que la computadora cambie el sistema de combustible de modo abierto a cerrado la temperatura de motor debe estar a 60 °C.
- El tiempo que debe transcurrir para llegar a los 50 °C, es de aproximado 3 min, esto depende del clima donde se realice la prueba.
- El uso del equipo es muy importante (Figura 32).

**Figura 32**

*Cargando Información del Vehículo*



- Con motor a 640 rpm y a 98 °C.
- Se verifica que la relación de aire combustible esta cercano a 1, mientras que los valores que envían el sensor de oxígeno esta entre -0.06 y 0.03 mA (Figura 33).

**Figura 33**

*Datos Obtenidos*

Lista de componentes

Nombre	Valor	Unidad
Engine Coolant Temperature	98	degree C
Engine RPM	639.75	rpm
Equivalence Ratio (Lambda)(B2-S1)	0.99	
Fuel/Air Commanded Equivalence Ratio	0.98	%
Oxygen Sensor Current (B2-S1)	-0.06	mA
Short Term Fuel Trim - Bank 2	-4.50	%

Cabe recalcar que si tenemos un valor (+) es igual a mezcla pobre y si tenemos un valor (-) es igual a tener mezcla rica.

#### Prueba #2

- Se verifica el comportamiento del sensor de oxígeno de banda ancha a 2500 rpm y a 99°C (Figura 34).

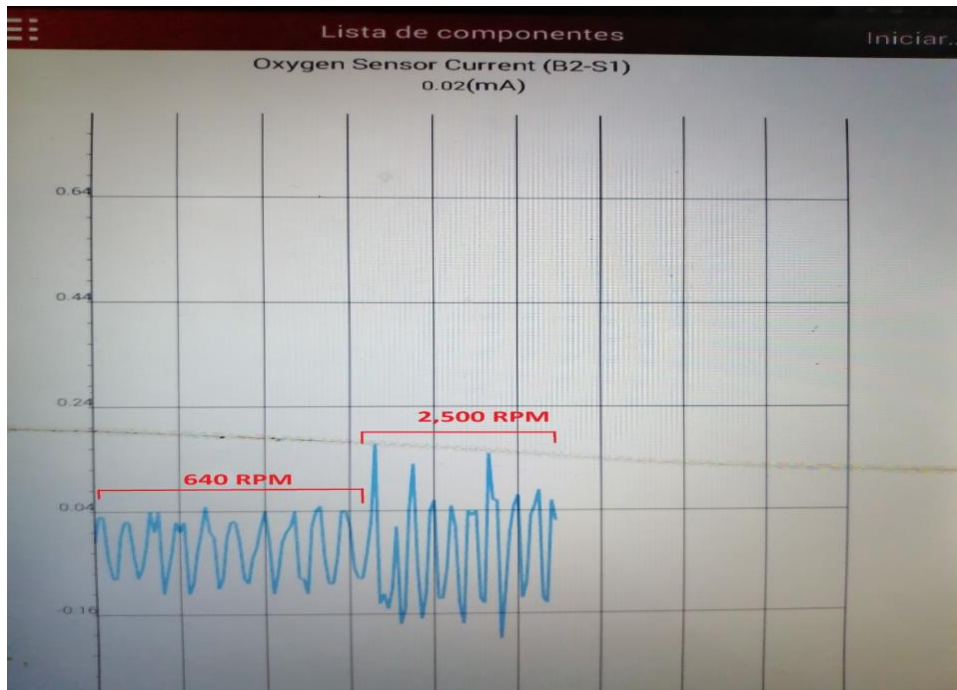
#### Figura 34

*Datos Obtenidos a 2500 rpm*

Nombre	Valor	Unidad
Engine Coolant Temperature	99	degree C
Engine RPM	2513	rpm
Equivalence Ratio (Lambda)(B2-S1)	0.98	
Fuel/Air Commanded Equivalence Ratio	0.97	%
Oxygen Sensor Current (B2-S1)	-0.14	mA
Short Term Fuel Trim - Bank 2	-3.12	%

- Se verifica el comportamiento del sensor de oxígeno de banda ancha al arrancar el vehículo con 640 rpm y aumentar hasta las 2500 rpm y se observa la curva que nos entrega en función de la corriente generada, que este caso es de -0.14 mA.
- Se realiza una prueba de aceleración desde las 640 rpm a las 2500 rpm, donde las pequeñas fluctuaciones del sensor de oxígeno de banda ancha se encuentran entre -0.04 y -0,16 mA, y la velocidad de las fluctuaciones se observa en la Figura 35.



**Figura 35***Datos Obtenidos de 640 a 2500 rpm*

- Se verifica el comportamiento del sensor de oxígeno de banda ancha a 2000 rpm y a 98°C (Figura 36).

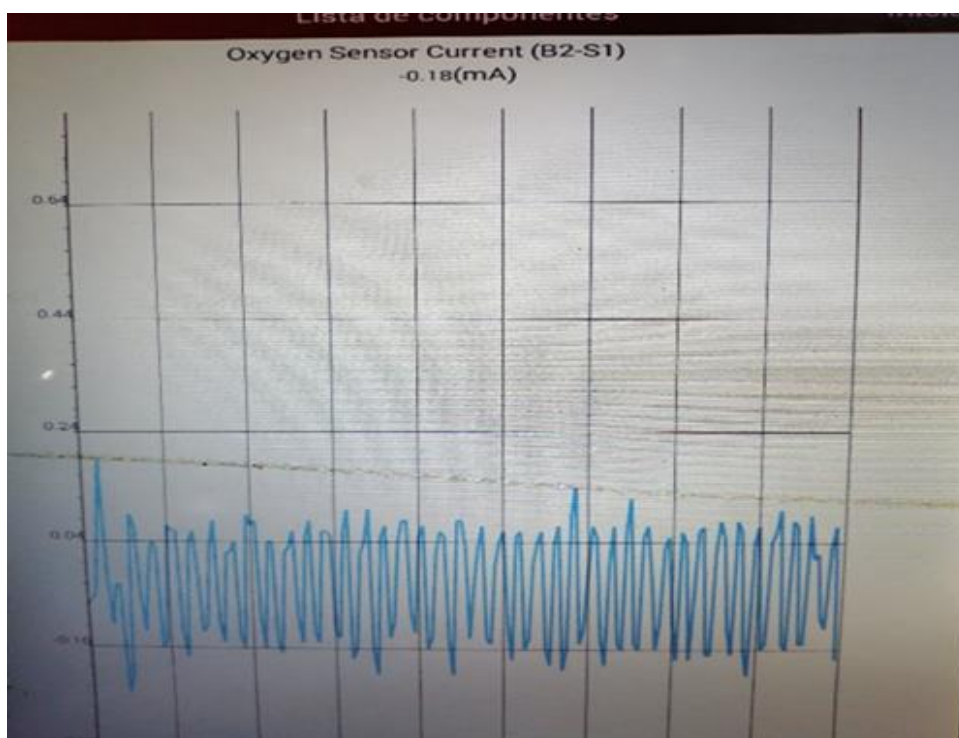
**Figura 36***Datos Obtenidos a 2000 rpm*

Nombre	Valor	Unidad
Engine Coolant Temperature	98	degree C
Engine RPM	2030.25	rpm
Equivalence Ratio (Lambda)(B2-S1)	0.98	
Fuel/Air Commanded Equivalence Ratio	1.03	%
Oxygen Sensor Current (B2-S1)	-0.18	mA
Short Term Fuel Trim - Bank 2	-4.69	%

- Se realiza una prueba a 2,000 rpm, donde las pequeñas fluctuaciones del sensor de oxígeno de banda ancha se encuentran entre -0.16mA y 0,04 mA, y la velocidad de las fluctuaciones es mucho más rápido (Figura 37).
- Mientras lee los valores de escaneo, acelere y observe los valores mínimo y máximo del sensor de O<sub>2</sub>. Aunque esto no es una evidencia concluyente del funcionamiento correcto del sensor de O<sub>2</sub>, sirve como una indicación preliminar del funcionamiento correcto.
- Puede usar la herramienta de escaneo para leer la relación aire/combustible real y para verificar la respuesta del sensor a los cambios que deberían causar un cambio en la relación aire/combustible.

### Figura 37

#### *Fluctuaciones del Sensor de Oxígeno de Banda Ancha*

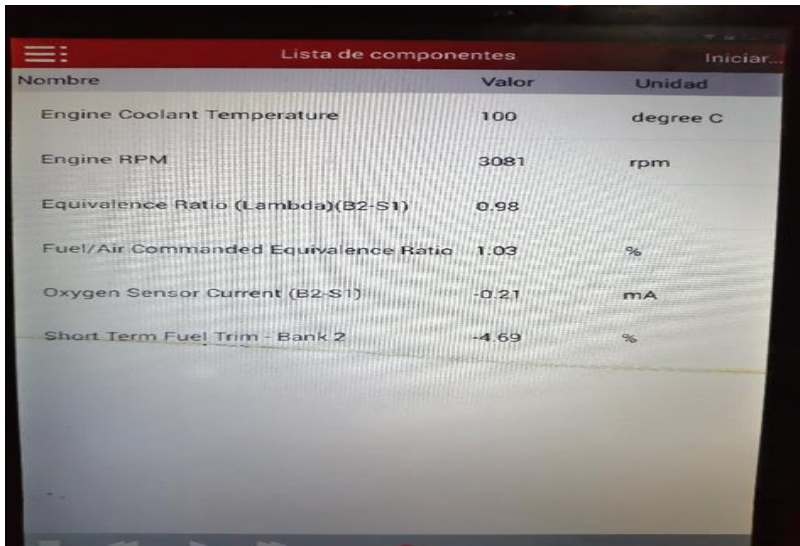


- La relación aire / combustible permanecerá estable cuando se abra el acelerador.

- Se verifica el comportamiento del sensor de oxígeno de banda ancha a 2000 rpm y a 98°C (Figura 38).

### Figura 38

*Datos Obtenidos a 3000 rpm*

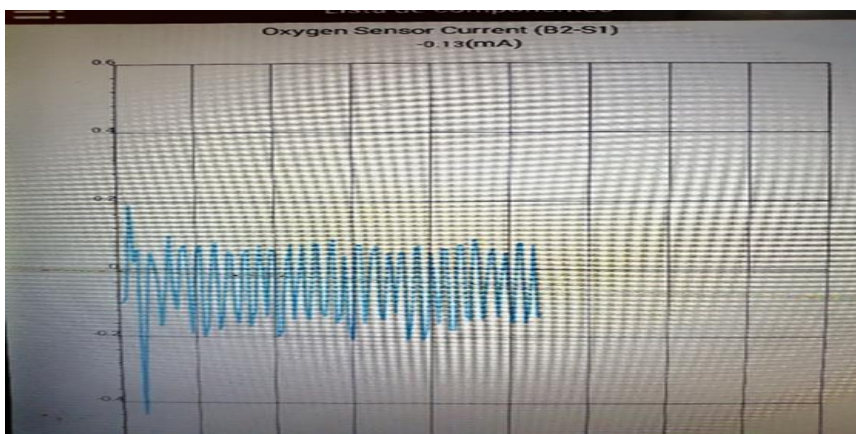


Nombre	Valor	Unidad
Engine Coolant Temperature	100	degree C
Engine RPM	3081	rpm
Equivalence Ratio (Lambda)(B2-S1)	0.98	
Fuel/Air Commanded Equivalence Ratio	1.03	%
Oxygen Sensor Current (B2-S1)	-0.21	mA
Short Term Fuel Trim - Bank 2	-4.69	%

- Se verifica el funcionamiento del sensor a 3,000 rpm (Figura 38), la velocidad de fluctuación a 3,000 rpm es mucho mayor, debido a que el sensor de oxígeno está trabajando más rápido todo esto con el objetivo de que la computadora pueda calibrar mejor los tiempos de inyección, Los valores del sensor de oxígeno de banda ancha son un poco mayores a 3,000 rpm. Está trabajando a -0,20 y 0,09 mA.

### Figura 38

*Fluctuaciones del Sensor de Oxígeno*

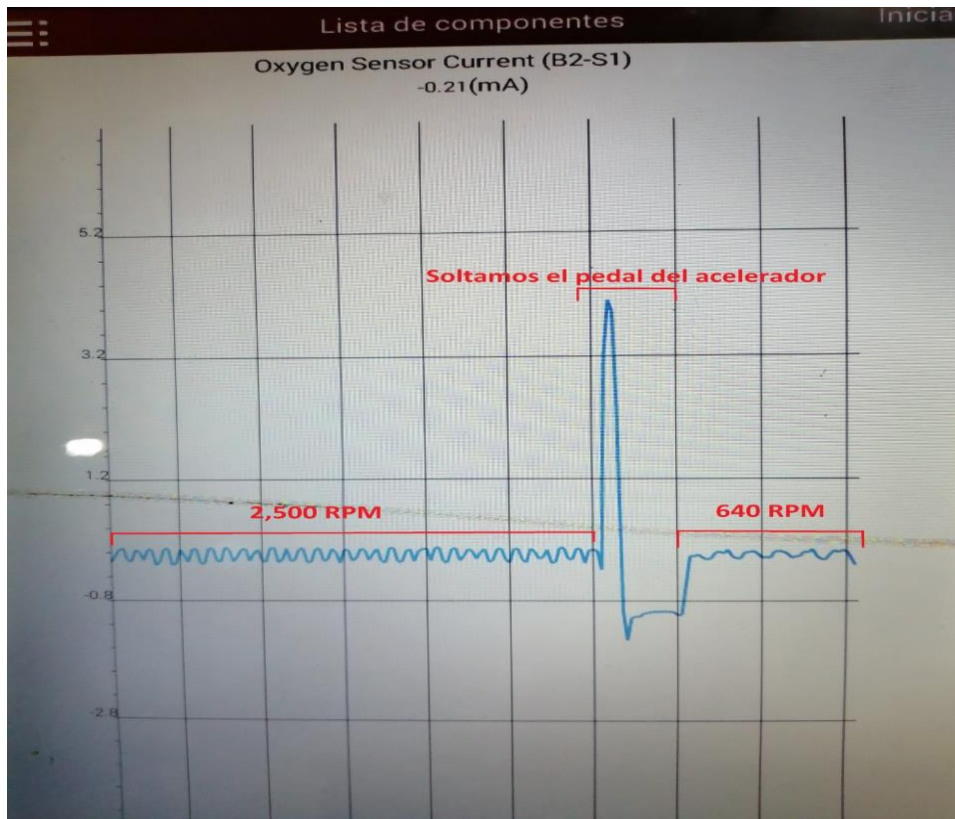




En las pruebas, al momento de soltar el pedal del acelerador se observa que el sensor de oxígeno está en valores (+) y (-) altos, antes de poder oscilar a sus parámetros de funcionamiento (Figura 40).

#### Figura 40

*Variación el Momento de Soltar el Pedal del Acelerador*

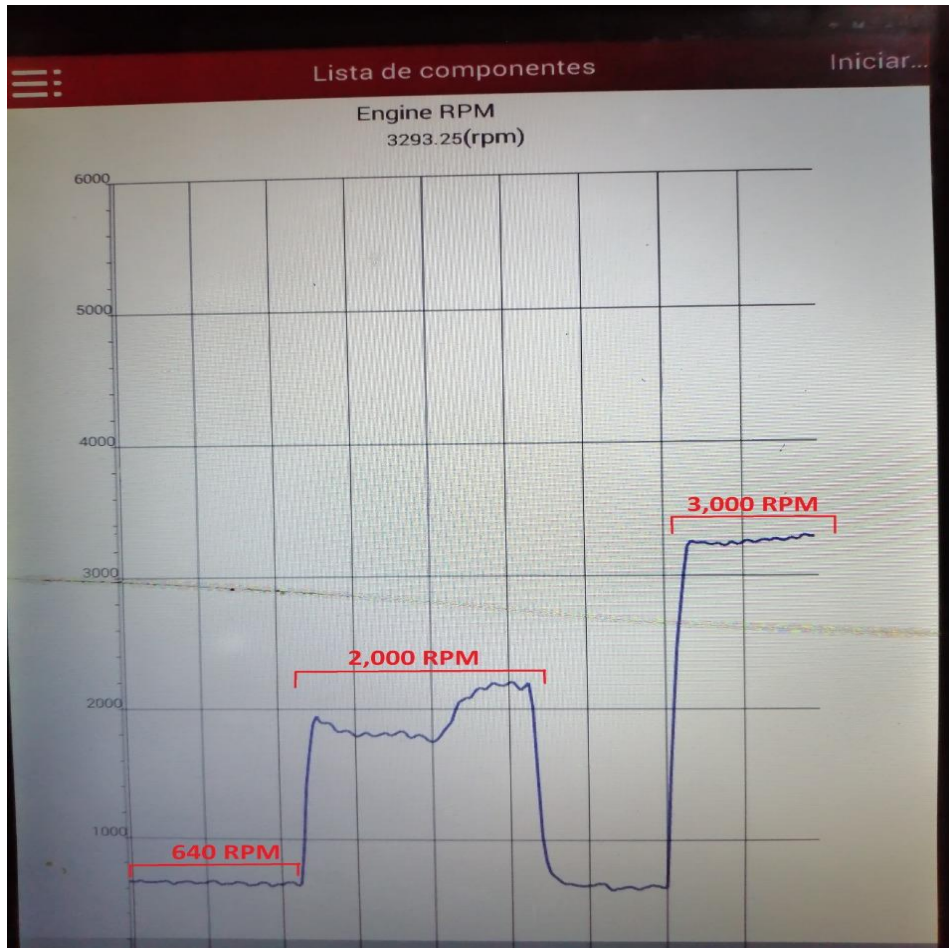


Los parámetros (+) y (-) al momento de soltar el pedal del acelerador.

- A 2,000 rpm son de 2,08 mA y -1,02 mA
- A 3,000 rpm son de 3,54 mA y -1,32 mA

En la Figura 41 se muestra la gráfica de las rpm a las que se trabajó.

Una cosa para tener en cuenta acerca de los sensores de O<sub>2</sub> de banda ancha es que se pueden engañar de la misma manera que un sensor de oxígeno convencional por fugas de aire entre el colector de escape.

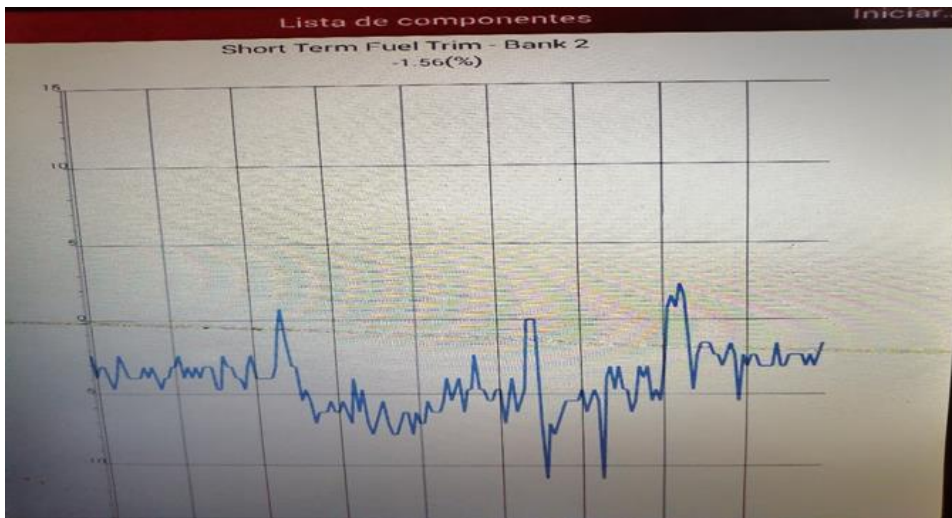
**Figura 39***Revoluciones del Motor para las Pruebas*

Otro factor importante para considerar es el conocido como los ajustes de combustible o Fuel Trim. El problema se debe al envejecimiento de los motores, o bien a alguna falla en el sistema de combustible o ignición del vehículo, la ECU debe ajustar todo el tiempo esta mezcla de aire/combustible, añadiendo o sacando combustible a la mezcla de forma de lograr esta estequiometría (Relación aire combustible de 14,7/1 en la cámara de combustión).

En la Figura 42 se muestra la gráfica de la inyección a corto plazo de los inyectores.

## Figura 40

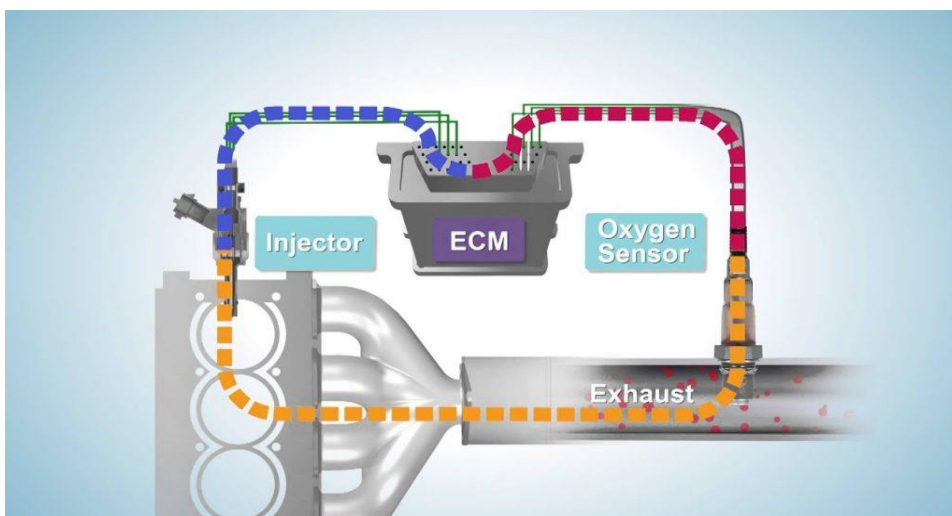
### *Ajustes de Combustible o Fuel Trim*



Cuando el sensor de oxígeno detecta demasiado oxígeno en los gases, significa que la mezcla es pobre, es decir, falta combustible que se queme con este excedente de oxígeno, y lo que hace es mandar un comando de enriquecimiento de mezcla. Por otro lado, cuando la cantidad de oxígeno es muy pequeña, significa que la mezcla es muy rica, y se manda un comando de empobrecimiento de mezcla, Este proceso es lo que se conoce como ajustes de combustible, o por su término en inglés “Fuel Trim”, el cual se realiza con una frecuencia no menor a 5 veces por segundo (Figura 43).

## Figura 41

### *Ajuste de Combustible*

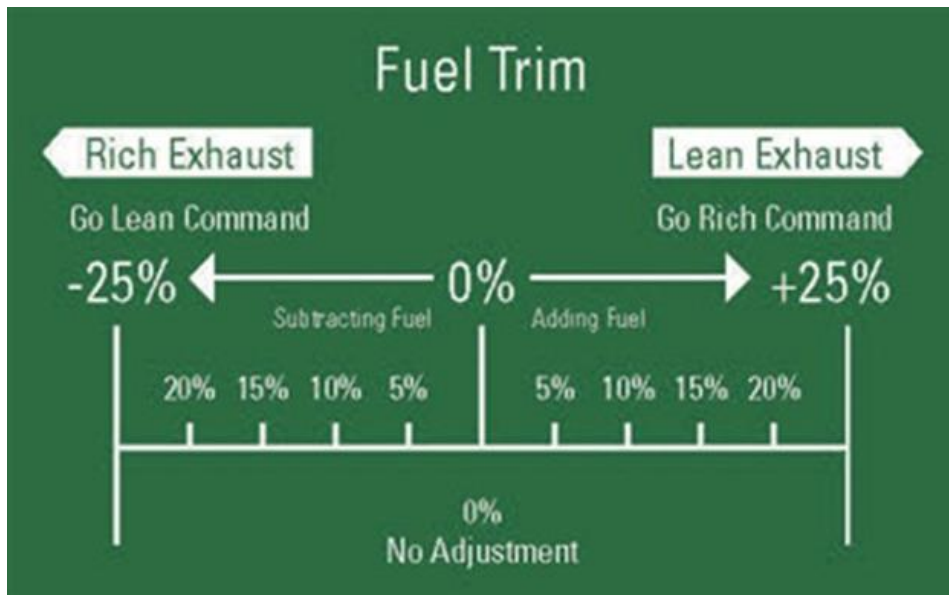


Fuente: (Mundoautomotriz.tech, 2021)

El objetivo de la ECU es mantener estos ajustes de combustible en el entorno de 0 %, lo que indicaría una mezcla ideal, y permitiendo así que el catalizador realice su trabajo correctamente (Figura 44).

**Figura 42**

*Valores de los Ajustes de Combustible Expresadas en %*



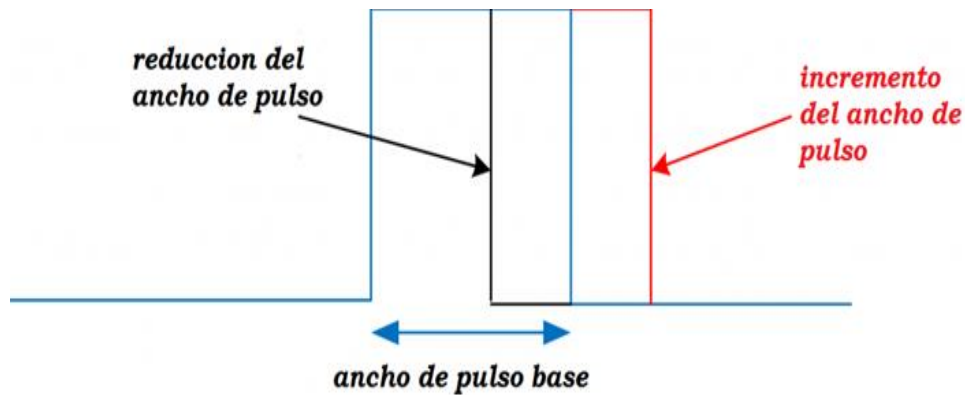
Fuente: (Mundoautomotriz.tech, 2021)

Los valores de los ajustes de combustible se expresan en %, es decir, son relativos a algo. Cuando el motor enciende, la ECU ya tiene grabado en su memoria interna el ancho de pulso base de los inyectores de combustible, digamos 3 ms. Cuando el sensor de oxígeno detecta una mezcla pobre, el ajuste de combustible indica que se debe enriquecer la misma, y esto se expresa como +3% por ejemplo, indicando a la ECU que debe incrementar el ancho de pulso base un 3%, es decir, llevarlo a 3.09 ms.

Con esto se logra que se inyecte más combustible a la mezcla y hacerla más rica. Si en cambio, el sensor de oxígeno detecta una mezcla rica, el ajuste de combustible cambiaría a un número negativo, -5% por ejemplo, indicando que se debe reducir el ancho de pulso a 2.85 ms (Figura 45).

**Figura 43**

*Ajuste del Ancho de Pulso del Inyector de Combustible*



Ford clasifica el recorte de combustible como un "monitor continuo" que se ejecuta cuando el sistema de control de combustible está en funcionamiento de circuito cerrado. Esto nos muestra que el recorte de combustible es un cálculo continuo basado en los datos reportados por el sensor de oxígeno. El oxígeno adicional en el escape indica una mezcla pobre de aire / combustible, por lo que el PCM aumenta el ancho de pulso del inyector para agregar más combustible (ajuste positivo de combustible). Muy poco oxígeno en el escape indica una mezcla rica, lo que hace que el PCM reduzca el ancho de pulso del inyector (ajuste negativo de combustible).

La fórmula para el cálculo del ajuste de combustible es:

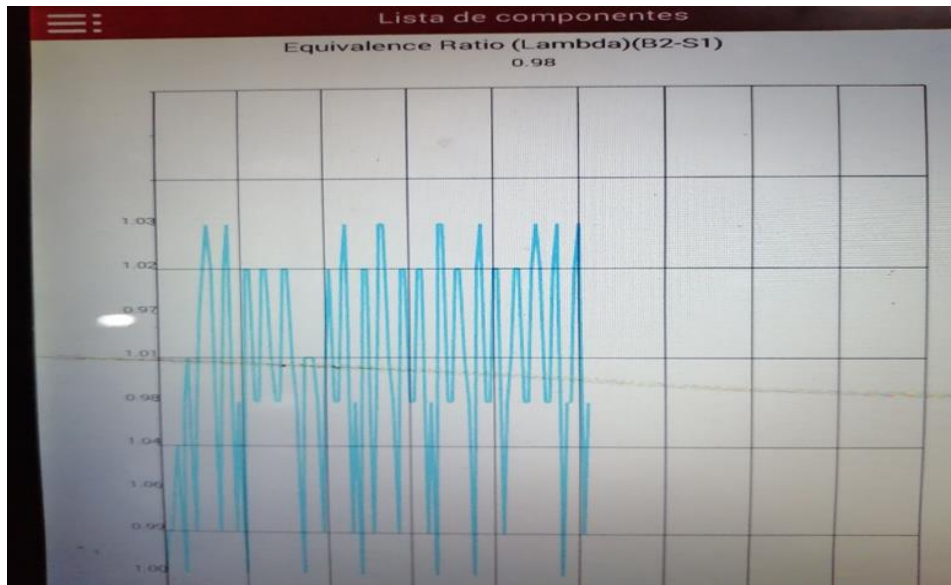
Masa de combustible = Masa de aire x (recorte de combustible a corto plazo x recorte de combustible a largo plazo) dividido por (relación de equivalencia x 14,64)

Comprender estos términos y su relación ayuda a comprender cómo usar los datos de ajuste de combustible que se muestran en una herramienta de escaneo.

En la Figura 46 se muestra la gráfica de la equivalencia de Lambda, el valor de trabajo es lo más cercano a 1.

## Figura 44

### Radio de Equivalencia Lambda



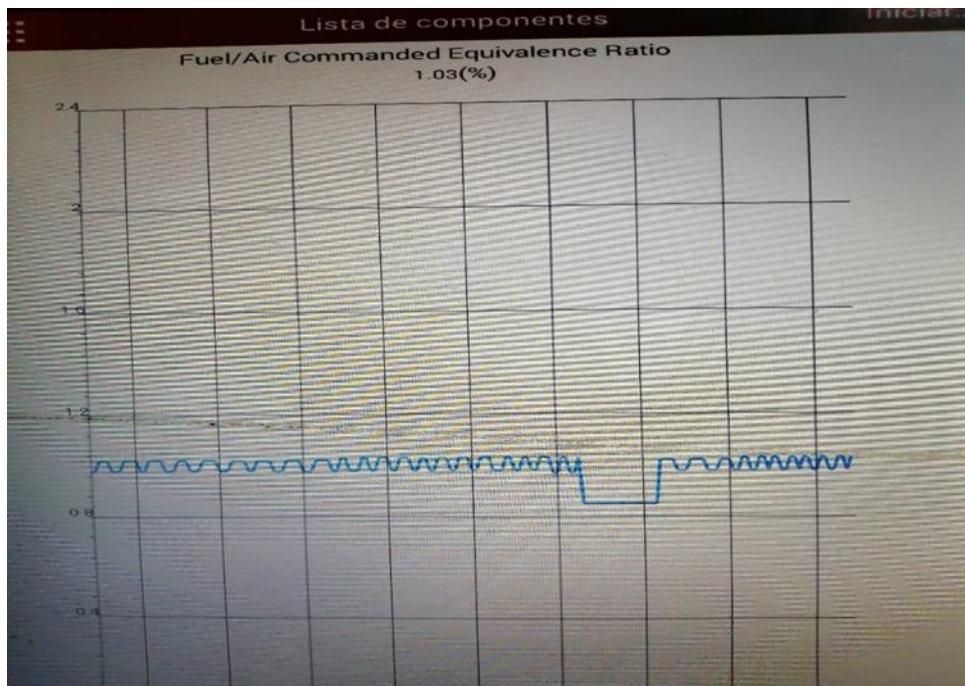
OL EQ RATIO = EQ\_RAT: La relación de equivalencia ordenada se utiliza para determinar la relación de aire/combustible ordenada del motor. Para vehículos con sensor de oxígeno convencional, la herramienta de escaneo debe mostrar 1.0 en circuito cerrado y la relación de ecualización ordenada por PCM durante el circuito abierto.

Los sensores de oxígeno lineales y de amplio rango mostrarán la relación de ecualización ordenada por PCM tanto en bucle abierto como en bucle cerrado. Para calcular la relación A/F real que se ordena, multiplique la relación A/F estequiométrica por la relación EQ.

Por ejemplo, la estequiométrica es una relación de 14,64:1 para la gasolina. Si la relación EQ ordenada es .95, ¿la A / F ordenada es 13,9 A/F.

En la Figura 47 se muestra la gráfica de la requivalecia de aire/combustible que nos da en % y que trabaja lo más cercano a 1.



**Figura 45***Radio de Equivalencia A/F*

La señal de salida de un sensor de  $O_2$  de banda ancha o un sensor A/F no cambia bruscamente cuando la mezcla de aire/combustible se torna rica o pobre. Esto lo hace más apropiado para los motores de bajas emisiones actuales y también para ajustar motores de alto rendimiento.

Cuando se usa gasolina de mayor octanaje, los valores de la relación aire-combustible (AFR) y lambda ( $\lambda$ ) disminuyen. Siempre que los valores de la relación aire-combustible (AFR) y lambda ( $\lambda$ ) disminuyen hacia la mezcla estequiométrica (AFR = 14.7 y  $\lambda = 1$ ), la combustión del combustible de gasolina se vuelve mejor y más cercana a la combustión ideal.

El impacto de la calidad de los combustibles de gasolina en el oxígeno ( $O_2$ ) de emisiones de escape: Los resultados indicaron que una gasolina de mayor octanaje, el oxígeno ( $O_2$ ) de emisiones de escape disminuye. El aumento del contenido de benceno y aromáticos de la gasolina mejora la combustión del combustible de gasolina hacia la combustión ideal, en donde la combustión ideal, se consumirá todo el oxígeno. Entonces, como resultado, el

aumento del contenido de benceno y aromáticos mejora la calidad de la gasolina en términos de combustión en los motores de los vehículos, lo que conduce a una disminución de la emisión de oxígeno ( $O_2$ ) de escape.

Se sabe que la gasolina Super presenta mayor cantidad de aromáticos que la gasolina Eco.



## Conclusiones

Al finalizar esta investigación se pudo observar el comportamiento del sensor del oxígeno del tipo banda ancha mediante el uso de un osciloscopio y determinar que su funcionamiento no varía al usar diferente tipo de gasolina.

La sonda lambda de banda ancha es utilizada para poder determinar con una cierta precisión mezclas que oscilan entre 11:1 a 22:1, o factores lambda de 0.9 (rica) a 2.2 (pobre) y para su correcto funcionamiento, el sistema consta de dos etapas, una de medida y otra generadora de oxígeno. Con un circuito de control se determina el factor lambda resultante de los gases de escape.

Esta investigación se realizó un estudio del sensor lambda, o sensor de oxígeno, que es un elemento vital en los sistemas de emisiones del vehículo, asegurando de que la mezcla de combustible tiene la cantidad correcta de oxígeno para una combustión eficiente y respetuosa con el medio ambiente. En este análisis describimos qué es un sensor lambda, cómo funciona, cuándo debería ser comprobado y cómo sustituirlo.

Un sensor de  $O_2$  convencional solo puede medir la cantidad de oxígeno ( $O_2$ ) en el gas de escape y cambiar entre dos señales: una para mezcla rica y otra para mezcla pobre. Por otro lado, un sensor de banda ancha es capaz de proporcionar una imagen mucho más detallada y variada de la composición del oxígeno y el combustible dentro de un rango más amplio.

Un parámetro crucial que influye en la formación de gases contaminantes en los motores de combustión interna es la relación aire-combustible (AFR). Durante los transitorios en los motores de gasolina, pueden ocurrir desviaciones significativas de AFR de los valores objetivo, pero la resolución de AFR ciclo por ciclo, que es útil para comprender el origen de las desviaciones, es difícil de lograr con el hardware existente. Esto se debe a que los dispositivos electroquímicos actuales, como los sensores universales de oxígeno de los gases

de escape (UEGO), tienen una constante de tiempo de 50 a 100 ms, según las condiciones de funcionamiento del motor.

El uso de componentes electrónicos e inyección directa con el sensor de oxígeno de banda ancha puede ser la tecnología para resolver este problema, ya que los sistemas de control electrónicos tradicionales usan estequiometría de referencia para regular las proporciones de aire y combustible, el uso del sensor de oxígeno de banda ancha permite el uso de valores de relación de aire y combustible de referencia. en un rango más amplio.

El control de todos los elementos electrónicos presentes en los automóviles se ve posibilitado por el uso de códigos de averías OBD. Dichos códigos facilitan la localización de problemas en el vehículo, así como el posterior tratamiento de este y, en consecuencia, el mantenimiento del estado idóneo de funcionamiento del vehículo.

Los síntomas de un sensor de oxígeno de banda ancha defectuoso son esencialmente los mismos que los de un sensor de oxígeno convencional: motor funcionando rico, bajo consumo de combustible y/o una falla en las emisiones debido a niveles de monóxido de carbono (CO) más altos de lo normal en el escape.

## Recomendaciones

Este documento podrá apoyar investigaciones futuras más avanzadas, dirigidas al estudio de la influencia del uso de gasolinas en los motores de combustión.

Debido al continuo desarrollo de la tecnología referente a la sonda lambda, es prioritario la necesidad de una continua revisión de esta sonda. Entre los trabajos a los que podría dar lugar el presente proyecto se destacan los siguientes:

- Investigación de la sonda lambda en diferentes aplicaciones como puede ser su uso en otros vehículos.
- Evaluación del efecto de una sonda lambda defectuosa, enfocándose en la variación de emisiones, consumo de combustible y efectos sobre el catalizador.
- Desarrollo del comportamiento electrónico del módulo central de control como respuesta ante valores de entrada como las revoluciones, la riqueza del motor o el estado de carga.
- Monitorización y estudio de los valores de emisiones, así como la riqueza de la mezcla en base a los diferentes estados de funcionamiento del motor.

## Bibliografía

- Acosta Gil, A., Baines, V., Behrisch, M., Bieker, L., Blokpoel, R., Bragard, Q., ... & Weinert, F. (2014). SUMO2014-Modeling Mobility with Open Data.
- Al-Arkawazi, Shamil Ahmed Flamarz. "El impacto de la calidad del combustible de gasolina en el consumo de combustible, la relación aire-combustible (AFR), lambda ( $\lambda$ ) y las emisiones de escape de los vehículos a gasolina". *Ingeniería Cogent* 6.1 (2019): 1616866.
- Automovilismo, B. (2016). Sonda Lambda LSU 4.9.
- Burgos Macias, N. L., & Pacheco Coque, C. A. (2018). Diseño y desarrollo de un banco de pruebas para diagnóstico automotriz.
- Caiza Jácome, P. G., & Portilla Aguilar, Á. A. (2011). *Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor de Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina* (Master's thesis, Quito: EPN, 2011.).
- Collings, N., Harris, JA y Glover, K. (2013). Estimación de los gases de escape lambda y oxígeno del motor IC a partir de la respuesta de un sensor universal de oxígeno de gases de escape. *Ciencia y tecnología de la medición*, 24 (9), 095101.
- Denton, Tom. (2016). Automóvil sistemas eléctrico y electrónico del automovil. Mexico: MARCOCOMBO, S.A.
- EPA y DOE. ( 2017 ). Guía de economía de combustible-modelo año 2017
- Farrell, J., Holladay, J. y Wagner, R. ( 2018 ). Co-optimización de combustibles y motores \ Combustibles de mezcla con el potencial de optimizar el rendimiento futuro de los motores de gasolina. Obtenido de <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/co-optimization-fuels-engines>
- Foley, A., Smyth, BM, Pukšec, T., Markovska, N. y Duić, N. (2017). Una revisión de los desarrollos en tecnologías e investigaciones que han tenido un impacto medible

- directo en la sostenibilidad considerando el acuerdo de París sobre el cambio climático. *Revisiones de energías renovables y sostenibles*, 68 , 835-839.
- Hackel, V., Schnabel, C. y Tiefenbach, A. (2005). *Unidad de control electrónico del sensor de oxígeno de banda ancha (lambdatronic)* (No. 2005-01-0061). Documento técnico SAE.
- Huertas, J. I., & Valdez, A. (2005). Desarrollo de Ciclos Típicos de Conducción para el Municipio de Naucalpan. In V Simposio de Contaminación Atmosférica. México (pp. 1-50).
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sánchez, C. A. (2006). Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento. *Información tecnológica*, 17(5), 21-30.
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Agudelo, A. F. (2006). Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 2: Motores diesel. *Información tecnológica*, 17(5), 31-41.
- Liu, B., & Frey, H. C. (2015). Variability in light-duty gasoline vehicle emission factors from trip-based real-world measurements. *Environmental science & technology*, 49(20), 12525-12534.
- Martínez Loaiza, D. A. (2020). Comportamiento de un MEP de baja cilindrada bajo el efecto de diferentes gasolinas.
- Mora Naula, G. X., & Pallazhco Caldas, D. V. (2014). *Determinación de los parámetros de funcionamiento del sistema de gestión electrónica del motor YAMAHA FRZ600cc para la competencia Formula SAE* (Bachelor's thesis).
- Najjar, YS, Almardini, AAW y Sawan, AJ (2019). *Comparación del rendimiento utilizando sensores de oxígeno de banda ancha versus de banda estrecha en motores de gasolina*. *Estudios de caso en ingeniería térmica* , 16 , 100552.

- Narváez Clerque, J. I., & Narváez Moreno, J. J. (2019). *Análisis de los sistemas eléctricos y electrónicos de un motor de combustión interna mediante la utilización del osciloscopio automotriz BOSCH FSA-500* (Bachelor's thesis).
- Ortmann, R. (2005). *Técnica de los gases de escape para motores de gasolina*. Reverte.
- Regitz, S. y Collings, N. (2008). Mediciones de la relación aire-combustible de respuesta rápida utilizando un dispositivo novedoso basado en un sensor lambda de banda ancha. *Ciencia y tecnología de la medición*, 19 (7), 075201.
- Riegel, J., Neumann, H. y Wiedenmann, HM (2002). Sensores de gases de escape para control de emisiones automotrices. *Iónicos de estado sólido*, 152, 783-800.
- Stanglmeier, F., Kern, C., Winkler, K. y Zettl, C. (2012). Menor consumo de combustible con nuevos sensores de oxígeno. *MTZ en todo el mundo*, 73 (3), 24-27.
- Tipanluisa, L. E., Remache, A. P., Ayabaca, C. R., & Reina, S. W. (2017). Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Información tecnológica*, 28(1), 03-12.
- Zabler, E. (2002). *Los sensores en el automóvil*. Reverte.