



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE SEÑALES PRODUCIDAS POR
SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DE
UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO**

AUTORES:

CORAL PIARPUEZÁN LUIS MIGUEL

FARINANGO AYALA PATRICIO ALEXANDER

DIRECTOR: ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS Msc.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE SEÑALES PRODUCIDAS POR SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO" presentado por los señores: Coral Piarpuezán Luis Miguel con número de cédula 1755449269 y Farinango Ayala Patricio Alexander con número de cédula 1004604581, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes mayo del 2023.

Atentamente,



Ing. Ignacio Benavides MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	175544926-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Coral Piarpuezán Luis Miguel		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Avenida 17 de Julio y Calle Dr. Luis Madera		
EMAIL:	lmcoralp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0981712802

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	TEMA: "DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE SEÑALES PRODUCIDAS POR SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO".
AUTOR (ES):	Coral Piarpuezán Luis Miguel Farinango Ayala Patricio Alexander
FECHA: DD/MM/AAAA	29/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Benavides MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Coral Piarpuezán Luis Miguel



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100460458-1
APELLIDOS Y NOMBRES:	Farinango Ayala Patricio Alexander
DIRECCIÓN:	Ibarra, Av. Sánchez y Cifuentes y Av. Ricardo Sánchez
EMAIL:	pafarinango@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:	
	TELÉFONO MÓVIL: 0980416823

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	TEMA: "DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE SEÑALES PRODUCIDAS POR SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO".
AUTOR (ES):	Coral Piarpuezán Luis Miguel Farinango Ayala Patricio Alexander
FECHA: DD/MM/AAAA	29/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Benavides MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Farinango Ayala Patricio Alexander

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a mi madre Miriam Piarpuezán y mi padre Miguel Coral que son mi inspiración, motivación y fortaleza muy importante en mi vida. Dado que me han enseñado a ser una persona con valores y principios respetables, que pese a todo obstáculo sobresalir con esfuerzo, perseverancia y sobre todo dedicación a lo que me apasiona.

A mi hermano Javier Coral quien es parte fundamental en mis logros, que me enseña a seguir adelante con toda la actitud, constancia y motivación.

Luis Miguel Coral Piarpuezán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por bendecirme con salud, sabiduría, paz y fortaleza. Durante todo este trayecto para ser profesional agradezco a mi familia que siempre me apoyaron incondicionalmente, dado que son indispensables en mi vida.

Agradezco a mis amigos por formar parte de mi vida universitaria, y sobre todo agradecer a la Universidad Técnica del Norte juntamente con los docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz por permitirme adquirir conocimientos en las aulas y laboratorios con buen aprendizaje durante toda esta etapa universitaria.

Agradezco a nuestro director Ing. Ignacio Benavides Msc, y nuestro asesor Ing. Carlos Mafla Msc, quienes nos ayudaron con las correcciones durante el desarrollo y culminación del trabajo de grado.

Finalmente, quiero agradecer a mi compañero Alexander Farinango por ser apoyo incondicional, que a base de esfuerzo, perseverancia y trabajo en equipo se logró realizar el trabajo de grado.

Luis Miguel Coral Piarpuezán

DEDICATORIA

Quiero dedicar este título a Dios, debido a que me acompañó en toda mi vida, dándome la sabiduría e inteligencia necesaria, ya que sin él no lo habría logrado.

También dedicar este título a mi padre Patricio Farinango y mi madre Ana Ayala a quienes los quiero infinitamente, que me han apoyado desde pequeño, me han dado los recursos para seguir estudiando, me han enseñado buenas cosas y sobre todo debido a su gran esfuerzo del día a día para hacer que yo haya terminado este importante objetivo como Ingeniero Automotriz.

Patricio Alexander Farinango Ayala

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios que me ayudó a conseguir este objetivo. Mi corazón se llena de alegría al saber que siempre me ha guiado, y qué me ha dado la sabiduría e inteligencia para poder llegar hasta aquí.

También agradecer a mi padre Patricio Farinango que me apoyó durante toda mi vida, sobre todo en esta última etapa de la universidad, admiro mucho su dedicación y educación que me ha brindado, por eso es mi ejemplo a seguir. Sin embargo, también quiero agradecer a mi madre Ana Ayala que me dió la vida y desde que yo era pequeño ella estuvo ahí acompañándome y guiándome en mi vida.

Agradecer a mi hermana Lizeth Farinango y mi hermano Ismael Farinango que han sido mi apoyo en toda mi vida. Agradecer a mis abuelos, sobrina, cuñado, tías y tíos que con sus palabras y apoyo siempre han estado ahí para mí.

De corazón agradecer a mi mejor amiga Ing. Fernanda Villagómez, que me apoyó durante este proceso, hizo que este proceso sea menos complicado y que mi vida sea mejor. Gracias por estar pendiente de mi en todas las instancias y ser ese apoyo incondicional.

Finalmente agradecer a la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas por darme la oportunidad de estudiar y realizar mi formación en la maravillosa Carrera de Ingeniería Automotriz. Gracias a mi tutor Ing. Ignacio Benavides e Ing. Carlos Mafla por compartir sus conocimientos y guiarme para llegar a cumplir mi objetivo.

Patricio Alexander Farinango Ayala

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar las posibles fallas que podría presentarse durante un mal funcionamiento por el sensor de temperatura del refrigerante (ECT) y el sensor de oxígeno (O₂) o sonda lambda en un vehículo Chevrolet Spark Lt 2010 1.0. Los equipos de medición utilizados fueron el equipo Bosch FSA-740, el analizador de gases AGS-688, el osciloscopio OTC-3840F y un multímetro Focan DT5802A. Estas pruebas se realizaron en el Taller de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Los métodos de investigación utilizados son: el experimental que recopiló toda la información técnica acerca del vehículo y sensores mencionados; el cuantitativo, que consistió en la obtención de resultados de valores reales de funcionamiento, señales, y valores de emisiones durante la simulación de fallas que implica la desconexión del sensor ECT, sonda lambda, un inyector, un cable de bobina, y extracción del filtro de aire. Finalmente en el método cualitativo se realizó una comparación de los resultados obtenidos con la investigación previamente realizada para obtener las consecuencias en base a estas fallas. Además, se tenía un objetivo adicional que era la implementación de una estrategia de diagnóstico, que pudo ser analizada con los resultados obtenidos de las pruebas. Los resultados indican que, al producir una falla de diferentes maneras, el vehículo entra en modo "open loop" o "close loop" dependiendo del caso. En cuanto a las emisiones, se encontró que hay una diferencia significativa, y en algunas fallas, las emisiones entran dentro del rango permitido según la normativa de gases de motores de combustión interna en Ecuador INEN 2 204:2002. La conclusión obtenida es que la afección de los sensores de oxígeno y temperatura provoca un mayor consumo de gasolina y una variación de señales que indican cómo el sensor de oxígeno debe corregir el error. Además, se observó que el equipo Bosch FSA 740 tiene ventajas en comparación con los demás equipos utilizados en la investigación.

Abstract

The aim of this investigation was to analyze possible faults that could occur during a failure by the coolant temperature sensor (ECT) and the oxygen sensor (O₂) or lambda probe in a Chevrolet Spark Lt 2010 1.0 vehicle. The measuring equipment used was the Bosch FSA-740 equipment, the gas analyzer AGS-688, the oscilloscope OTC-3840F and a Focan DT5802A multimeter. These tests were conducted in the Workshop of the Career in Automotive Engineering of the Faculty of Engineering in Applied Sciences. The research methods used are: the experimental one that collected all the technical information about the vehicle and sensors mentioned; the quantitative, which consisted of obtaining results of actual operating values, signals, and emission values during the simulation of faults involving the disconnection of the ECT sensor, lambda probe, an injector, a coil cable, and extraction of the air filter.; and the qualitative method that was made a comparison of the results obtained with the research previously carried out to obtain the consequences based on these faults. In addition, an additional objective was the implementation of a diagnostic strategy, which could be analyzed with the results obtained from the tests. The results indicate that, by producing a fault in different ways, the vehicle goes into "open loop" or "close loop" mode depending on the case. In terms of emissions, it was found that there is a significant difference, and in some failures, emissions fall within the allowed range according to internal combustion engine gas regulations in Ecuador INEN 2 204:2002. The conclusion obtained is that the condition of the oxygen and temperature sensors causes a higher consumption of gasoline and a variation of signals indicating how the oxygen sensor should correct the error. In addition, it was observed that the Bosch FSA 740 equipment has advantages over the other equipment used in the investigation.

Introducción

Los sensores son componentes cruciales en los motores de combustión interna, principalmente en la reducción de emisiones de gases contaminantes los mismos que ayudan con el rendimiento del vehículo. Entre los sensores se pueden destacar, el sensor de temperatura del refrigerante (ECT) y el sensor de oxígeno o sonda lambda, diseñados para monitorear el rendimiento del motor constantemente y realizar ajustes en tiempo real mejorando la eficiencia del combustible mediante señales enviadas a la unidad de control electrónico del motor (ECU).

Sin embargo, las fallas en los sensores de temperatura del refrigerante provocan una serie de problemas, tales como, una señal incorrecta o una falta de señal absoluta. Dando como resultado el mal funcionamiento del motor, la mala economía del combustible y la unidad de control electrónico del motor no realiza ajustes de combustibles precisos, afectando en la producción de emisiones de gases contaminantes. Cabe mencionar que los sensores están expuestos a altas temperaturas, vibraciones y polución, por lo que es recomendable remplazarlos al momento que presente fallas.

Mediante el uso de equipos de medición, como el Bosch FSA 740, el analizador de gases AGS 680, un osciloscopio y escáner, se conoció las consecuencias de las fallas en los sensores de temperatura del refrigerante en un motor de combustión interna, en el vehículo Chevrolet Spark 2010 1.0 LT.

Además, se utilizó tres métodos: el método experimental, recopilando toda la información del vehículo y de los sensores estudiados; el método cuantitativo, obteniendo resultados al producir fallas en el motor, y finalmente el método cualitativo, basado en la comparación de los resultados obtenidos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 Objetivo General.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5 ALCANCE	4
1.6 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	5
1.6.1 Motor de encendido provocado (MEP) o motor Otto	5
1.7 EMISIONES PRODUCIDAS POR LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	7
1.8 SISTEMA DE INYECCIÓN	8
1.8.1 Multipunto MPFI.....	8
1.8.2 Inyección Directa.....	9
1.8.3 Inyección Indirecta	9
1.8.4 Inyección electrónica.....	10
1.9 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	10
1.9.1 Refrigeración por agua	11
1.9.2 Intercooler o intercambiador	12
1.9.3 Líquido refrigerante	12
1.10 COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA	13
1.10.1 ECU (Engine Control Unit).....	13
1.10.2 Inyectores.....	14
1.10.3 Bobina de encendido	15

1.10.4	Convertidor Catalítico	16
1.10.5	Catalizador de 3 vías.....	17
1.11	DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN OBD II	17
1.11.1	Diagnóstico a Bordo (OBD).....	17
1.11.2	Códigos de falla (DTC)	18
1.12	FUEL TRIM	19
1.12.1	Ajuste de combustible a corto plazo (Short Term Fuel Trim).....	20
1.12.2	Ajuste de combustible a largo plazo (Long Term Fuel Trim).....	20
1.12.3	Control de bucle cerrado (Closed loop).....	20
1.12.4	Operación de bucle cerrado (Closed loop)	21
1.12.5	Operación de bucle abierto (Open loop).....	21
1.13	SENSOR DE OXÍGENO (O ₂)	22
1.13.1	Tipos de sensor O ₂	23
1.13.2	Composición del sensor de oxígeno	25
1.13.3	Ubicación del sensor O ₂ Upstream (Pre-catalizador)	26
1.13.4	Ubicación del sensor O ₂ Downstream (Post-catalizador).....	26
1.14	DIAGNÓSTICO DE SENSOR O ₂	27
1.14.1	Códigos de falla del sensor O ₂	27
1.15	SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE DE MOTOR (ECT).....	28
1.15.1	Tipos y composición del sensor ECT	29
1.16	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR ECT.....	29
1.16.1	Códigos de falla del sensor ECT	30
1.17	EQUIPO DE DIAGNÓSTICO BOSCH FSA-740	31
2	MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	32
2.1.1	Enfoque Investigativo.....	32
2.2	PROCESO METODOLÓGICO.....	33
2.2.1	Selección y características del vehículo	33
2.2.2	Definición de variables de estudio.....	35
2.2.3	Características del sensor de temperatura de refrigerante (ECT).....	36

2.2.4	Características del sensor de oxígeno (O ₂)	38
2.2.5	Características del inyector.....	40
2.2.6	Selección de equipos	41
2.2.7	Recopilación de datos técnicos del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante.....	52
2.3	ESTRATEGIAS DE DIAGNÓSTICO EN EL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON EL EQUIPO BOSCH FSA-740 Y EQUIPOS ESTÁNDAR.....	52
2.3.1	Obtención de valores reales y configuración de escáner MAXI CHECK 80853	
2.3.2	Obtención de valores reales y configuración de Esi[Tronic] 2.0	55
2.3.3	Obtención de señales y configuración del osciloscopio OTC-3840F.....	60
2.3.4	Obtención de señales y configuración del módulo de medición de FSA-740.	62
2.3.5	Obtención de valores de gases de escape y configuración del analizador de gases AGS-688	68
2.3.6	Obtención de valores de gases de escape y configuración del analizador BEA-055.	70
2.4	COMPARACIÓN CON NORMATIVA ECUATORIANA INEN 2 204:2002	73
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
3.1	RECOPIACIÓN DE DATOS TÉCNICOS Y RESULTANTES (VOLTAJES, RESISTENCIAS) DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE	74
3.2	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE EN CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO.....	75
3.2.1	Resultados de valores reales con escáner MAXI Check MX808.....	75
3.2.2	Resultados de valores reales con el equipo KTS 560 de Bosch FSA-740	77
3.2.3	Resultado de señal del sensor ECT con el osciloscopio OTC-3840F	77
3.2.4	Resultados de señales del sensor O ₂ con el osciloscopio OTC-3840F	78
3.2.5	Resultados de señales del sensor O ₂ con el módulo de medición de Bosch FSA-740	80
3.2.6	Resultados de emisiones con el analizador de gases BEA-055.....	82

3.2.7	Resultados de emisiones con el analizador de gases AGS-688.....	82
3.3	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ESCÁNER MAXI CHECK 808	83
3.3.1	Resultados de valores reales por desconexión del sensor ECT	83
3.3.2	Resultados de valores reales por desconexión del sensor O2.....	84
3.4	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ESCÁNER KTS-560	85
3.4.1	Resultados de valores reales por desconexión del sensor ECT	85
3.4.2	Resultados de valores reales por desconexión del sensor O2.....	86
3.5	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO, TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL OSCILOSCOPIO OTC-3840F	87
3.5.1	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión del sensor ECT	87
3.5.2	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión de un inyector	89
3.5.3	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión de un cable de bobina	90
3.5.4	Resultados de señales del sensor O2 por extracción del filtro de aire.....	92
3.6	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO, TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE MEDICIÓN DE FSA-740.	93
3.6.1	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión del sensor ECT	93
3.6.2	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión de un inyector	95
3.6.3	Resultados de señales del sensor O2 por desconexión de un cable de bobina	96
3.6.4	Resultados de señales del sensor O2 por extracción del filtro de aire.....	98
3.7	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ANALIZADOR DE GASES AGS-688	100
3.7.1	Resultados de emisiones por desconexión del sensor ECT	100
3.7.2	Resultados de emisiones por desconexión de un inyector.....	101
3.7.3	Resultados de emisiones por desconexión de un cable de bobina.....	102

3.7.4	Resultados de emisiones por extracción del filtro de aire mediante el analizador de gases AGS-688	102
3.7.5	Resultados de emisiones por desconexión del sensor O2 mediante el analizador de gases AGS-688	103
3.8	DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ANALIZADOR BEA-055.....	103
3.8.1	Resultados de emisiones por desconexión del sensor ECT.....	103
3.8.2	Resultados de emisiones por desconexión de un inyector.....	104
3.8.3	Resultados de emisiones por desconexión de un cable de bobina.....	104
3.8.4	Resultados de emisiones por extracción del filtro de aire	105
3.8.5	Resultados de emisiones por desconexión del sensor O2	106
3.9	ANÁLISIS COMPARATIVO DE VALORES REALES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL ESCÁNER MAXI CHECK 808 Y KTS 560.....	106
3.9.1	Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT con Maxi Check 808	106
3.9.2	Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT con KTS 560.....	108
3.9.3	Análisis comparativo por desconexión del sensor O2 con Maxi Check 808	109
3.9.4	Análisis comparativo por desconexión del sensor O2 con KTS 560	111
3.10	ANÁLISIS COMPARATIVO DE SEÑALES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL OSCILOSCOPIO OTC-3840F Y MÓDULO DE MEDICIÓN DE BOSCH FSA-740	112
3.10.1	Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT	112
3.10.2	Análisis comparativo por desconexión de un inyector.....	113
3.10.3	Análisis comparativo por desconexión de un cable de bobina.....	114
3.10.4	Análisis comparativo por extracción del filtro de aire de admisión	116
3.11	ANÁLISIS COMPARATIVO DE VALORES DE EMISIONES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL ANALIZADOR AGS-688 Y BEA-055.....	117
3.11.1	Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT	117

3.11.2	Análisis comparativo por desconexión de un inyector.....	125
3.11.3	Análisis comparativo por desconexión de un cable de bobina.....	132
3.11.4	Análisis comparativo por extracción del filtro de aire de admisión.....	137
3.11.5	Análisis comparativo por desconexión del sensor O2.....	143
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
4.1	CONCLUSIONES	149
4.2	RECOMENDACIONES	151
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
	ANEXOS	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Motores de combustión interna.....	5
Figura 1.2 Sistema de inyección MPFI	9
Figura 1.3 Esquema básico del sistema de inyección indirecta	10
Figura 1.4 Sistema de refrigeración por líquido.....	12
Figura 1.5 Unidad de control electrónico del motor.....	14
Figura 1.6 Tipos de inyector de gasolina.....	14
Figura 1.7 Tipos de bobina de encendido.....	16
Figura 1.8. Estructura interior de un catalizador.	16
Figura 1.9 Proceso químico del catalizador	17
Figura 1.10 Fuel Trim	19
Figura 1.11 Operación en bucle cerrado.....	21
Figura 1.12 Operación en bucle abierto	22
Figura 1.13 Diagrama factor lambda.....	23
Figura 1.14 Oscilograma del sensor de oxígeno de zirconio.....	25
Figura 1.15 Oscilograma del sensor de oxígeno de titanio	25
Figura 1.16 Sensor de oxígeno antes y después del catalizador.....	27
Figura 1.17 Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)	29
Figura 1.18 Equipo Bosch FSA-740	31
Figura 2.1 Vehículo Chevrolet Spark LT y equipo Bosch FSA-740	34
Figura 2.2 Ubicación de los sensores ECT y O ₂	36
Figura 2.3 Ubicación específica del sensor ECT.....	36
Figura 2.4 Diagrama de conexión del sensor ECT.....	38
Figura 2.5 Sensor de oxígeno del vehículo Spark LT	39
Figura 2.6 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno del vehículo Spark LT.....	40
Figura 2.7 Diagrama de conexión de inyectores	41
Figura 2.8 Equipo Bosch FSA-740	43
Figura 2.9 Escáner Bosch KTS 560	44
Figura 2.10 Pantalla principal de software ESI[tronic] 2.0.	45
Figura 2.11 Analizador de gases de escape BEA 055.....	46

Figura 2.12	Pantalla principal del módulo de medición FSA-720	48
Figura 2.13	Multímetro digital Focan DT5802A	49
Figura 2.14	Osciloscopio OTC- 3840F	49
Figura 2.15	Escáner Maxi Check MX808	50
Figura 2.16	Analizador de gases AGS-688 BRAIN BEE	51
Figura 2.17	Captador cuentarrevoluciones MGT-300.....	52
Figura 2.18	Conexión del escáner Maxi Check 808.....	53
Figura 2.19	Selección del modelo del vehículo.....	54
Figura 2.20	Perfil del vehículo	54
Figura 2.21	Pantalla principal de valores reales en Maxi Check 808	55
Figura 2.22	Conexión del escáner KTS 560.....	57
Figura 2.23	Software ESI [tronic] 2.0	57
Figura 2.24	Identificación y selección del vehículo	58
Figura 2.25	Identificación posterior	58
Figura 2.26	Comunicación del escáner KTS560	59
Figura 2.27	Panorama del diagnóstico On Board.....	59
Figura 2.28	Pantalla de valores reales en funcionamiento normal	60
Figura 2.29	Menú del osciloscopio OTC 3840F	61
Figura 2.30	Menú Component Test del osciloscopio OTC 3840F.....	61
Figura 2.31	Menú Sensor Tests del osciloscopio OTC 3840F	62
Figura 2.32	Oscilogramas de referencia de sensor O2 y ECT	62
Figura 2.33	Identificación del tipo de vehículo en FSA.....	64
Figura 2.34	Funciones FSA con su respectiva identificación del vehículo.....	64
Figura 2.35	Conexión del canal CH1 del osciloscopio del FSA-740.....	65
Figura 2.36	Selección prueba componentes y sondas Lambda	65
Figura 2.37	Selección de pruebas de componente Sondas Lambda	66
Figura 2.38	Pantalla Sonda lambda ruptura rápida	66
Figura 2.39	Calefacción de la sonda prueba componentes.....	66
Figura 2.40	Selección osciloscopio universal	67
Figura 2.41	Estructura funcional de pantalla.....	67
Figura 2.42	Menú “Controls” de AGS 688	69

Figura 2.43 Submenú Autozero de AGS 688.....	69
Figura 2.44 Desconexión de manguera de gases de sonda.....	71
Figura 2.45 Pasos de prueba del sistema FSA.....	72
Figura 2.46 Conexión de la sonda al tubo de escape.....	72
Figura 2.47 Pantalla de mediciones de gases	73
Figura 3.1 Oscilograma del sensor ECT en condición normal de funcionamiento.....	78
Figura 3.2 Señal O2 funcionamiento normal a ralentí en OTC-3840F	79
Figura 3.3 Señal O2 con funcionamiento normal a 2500 rpm en OTC-3840F	80
Figura 3.4 Señal O2 en funcionamiento normal a ralentí en FSA-740	81
Figura 3.5 Señal O2 en funcionamiento normal a 2500 rpm en FSA-740	81
Figura 3.6 Señal O2 con desconexión ECT a ralentí en OTC-3840F	88
Figura 3.7 Señal O2 con desconexión ECT a 2500 rpm en OTC-3840F	89
Figura 3.8 Señal O2 con desconexión del inyector 4 a ralentí en OTC-3840F.....	89
Figura 3.9 Señal O2 con desconexión del inyector 4 a 2500 rpm en OTC-3840F	90
Figura 3.10 Señal O2 con desconexión cable de bujía 1 a ralentí en OTC-3840F	91
Figura 3.11 Señal O2 con desconexión cable de bujía 1 a 2500 rpm en OTC-3840F	91
Figura 3.12 Señal O2 extracción filtro de aire a ralentí en OTC-3840F	92
Figura 3.13 Señal O2 extracción filtro de aire a 2500 rpm en OTC-3840F.....	93
Figura 3.14 Señal O2 con desconexión ECT a ralentí en FSA-740	94
Figura 3.15 Señal O2 con desconexión ECT a 2500 rpm en FSA-740.....	95
Figura 3.16 Señal O2 con desconexión del inyector 4 a ralentí en FSA.....	95
Figura 3.17 Señal O2 con desconexión del inyector 4 a 2500 rpm en FSA.....	96
Figura 3.18 Señal O2 con desconexión cable de bobina 1 a ralentí en FSA.....	97
Figura 3.19 Señal O2 con desconexión del cable de bujía 1 a 2500 rpm en FSA-740	98
Figura 3.20 Señal O2 extracción filtro de aire a ralentí en FSA-740	98
Figura 3.21 Señal O2 extracción filtro de aire a 2500 rpm en FSA-740.....	99
Figura 3.22 Valores de emisiones de CO sin sensor ECT.....	118
Figura 3.23 Valores de emisiones HC sin sensor ECT	120
Figura 3.24 Valores de emisiones CO ₂ sin sensor ECT	122
Figura 3.25 Valores de O ₂ sin sensor ECT.....	123
Figura 3.26 Valores lambda sin sensor ECT.....	125

Figura 3.27 Valores de emisiones CO sin inyector	126
Figura 3.28 Valores de emisiones HC sin inyector	127
Figura 3.29 Valores de emisiones de CO ₂ sin inyector	128
Figura 3.30 Valores de O ₂ sin inyector.....	130
Figura 3.31 Valores lambda sin inyector.....	131
Figura 3.32 Valores de emisiones CO sin un cable de bobina	132
Figura 3.33 Valores de emisiones HC sin un cable de bobina	133
Figura 3.34 Valores de emisiones de CO ₂ sin un cable de bobina.....	135
Figura 3.35 Valores de O ₂ sin un cable de bobina	136
Figura 3.36 Valores lambda sin un cable de bobina.....	136
Figura 3.37 Valores de emisiones CO sin filtro de aire	137
Figura 3.38 Valores de emisiones HC sin filtro de aire	139
Figura 3.39 Valores de emisiones de CO ₂ sin filtro de aire	140
Figura 3.40 Valores de O ₂ sin filtro de aire	141
Figura 3.41 Valores lambda sin filtro de aire	142
Figura 3.42 Valores de emisiones CO sin sensor O ₂	144
Figura 3.43 Valores de emisiones HC sin sensor de oxígeno	145
Figura 3.44 Valores de emisiones de CO ₂ sin sensor de oxígeno	146
Figura 3.45 Valores de O ₂ sin sensor de oxígeno.....	147
Figura 3.46 Valores lambda sin sensor de oxígeno.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Códigos de falla genéricos del sensor de oxígeno	28
Tabla 1.2 Valores referenciales NTC.....	30
Tabla 1.3 Códigos de falla genéricos del sensor ECT	30
Tabla 2.1 Datos informativos Chevrolet Spark LT.....	34
Tabla 2.2 Variable dependiente de sensores , actuadores y lubricantes	35
Tabla 2.3 Valores de temperatura en base a la resistencia del sensor ECT	37
Tabla 2.4 Equipos de diagnóstico electrónico	42
Tabla 2.5 Equipos incluidos en FSA-740	42
Tabla 2.6 Funciones del software Esi[tronic]	44
Tabla 2.7 Rangos de medición analizador BEA 055	46
Tabla 2.8 Funciones del software de sistema FSA	47
Tabla 2.9 Datos técnicos y funciones de multímetro digital Focan DT5802A.....	48
Tabla 2.10 Rangos de medición AGS-688.....	51
Tabla 2.11 Relación de teclas y teclas fijas del teclado.....	68
Tabla 2.12 Límites máximos permitidos para motores a gasolina.....	73
Tabla 3.1 Datos resultantes del sensor ECT	75
Tabla 3.2 Datos resultantes del sensor O2	75
Tabla 3.3 Valores reales en condición normal de funcionamiento con Maxi Check MX808	76
Tabla 3.4 Valores reales en estado normal de funcionamiento con KTS 560	77
Tabla 3.5 Valores de gases de escape en funcionamiento normal con BEA-050.....	82
Tabla 3.6 Valores de gases de escape en funcionamiento normal con AGS-688.....	82
Tabla 3.7 Valores reales por desconexión del sensor ECT con MAXI Check 808	83
Tabla 3.8 Valores reales por desconexión del sensor O2 con MAXI Check 808.....	84
Tabla 3.9 Valores reales por desconexión del sensor ECT con KTS 560	85
Tabla 3.10 Valores reales por desconexión del sensor O2 con KTS 560	86
Tabla 3.11 Valores de gases de escape por desconexión del sensor ECT con AGS-688	100
Tabla 3.12 Valores de gases de escape por desconexión de un inyector con AGS-688.....	101
Tabla 3.13 Valores de gases de escape por desconexión de un cable de bobina con AGS-688	102
Tabla 3.14 Valores de gases de escape por extracción del filtro de aire de admisión con AGS-688	103

Tabla 3.15 Valores de gases de escape por desconexión del sensor O2 con AGS-688.....	103
Tabla 3.16 Valores de gases de escape por desconexión del sensor ECT con BEA-055	104
Tabla 3.17 Valores de gases de escape por desconexión de un inyector con BEA-055.....	104
Tabla 3.18 Valores de gases de escape por desconexión de un cable de bobina con BEA-055	105
Tabla 3.19 Valores de gases de escape por extracción del filtro de aire con BEA-055	105
Tabla 3.20 Valores de gases de escape por desconexión del sensor O2 con BEA-055.....	106
Tabla 3.21 Comparación de valores de funcionamiento normal y desconexión del sensor ECT con MAXI Check 808.....	107
Tabla 3.22 Comparación de valores reales por funcionamiento normal y desconexión del sensor ECT con KTS 560.....	109
Tabla 3.23 Comparación de valores de funcionamiento normal y desconexión del sensor O2 con MAXI Check 808.....	110
Tabla 3.24 Comparación de valores reales de funcionamiento normal y desconexión del sensor O2 con KTS 560	111
Tabla 3.25 Comparación de valores de señales mediante desconexión del sensor ECT.....	112
Tabla 3.26 Comparación de valores de señales mediante desconexión de un inyector.....	114
Tabla 3.27 Comparación de valores de señales mediante desconexión del cable de bobina 1..	115
Tabla 3.28 Comparación de valores de señales mediante extracción del filtro de aire de admisión	117

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Examinar las fallas de señales producidas por el sensor de oxígeno y sensor de temperatura del refrigerante de un vehículo Chevrolet Spark LT 1.0 año 2010, mediante la utilización del analizador de sistemas de vehículos Bosch FSA-740.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las variaciones de señales entre las mediciones con el equipo Bosch FSA 740 y mediciones con equipos normales de diagnóstico.
- Implementar estrategias de diagnóstico en señales de los sensores de oxígeno y sensor de temperatura del refrigerante mediante el uso del equipo Bosch FSA 740.
- Simular señales erróneas del sensor de oxígeno y sensor de temperatura del líquido de refrigerante, para observar las fallas producidas por los sensores en el equipo Bosch FSA 740.

1.2 ANTECEDENTES

El transporte que utilizaban antes del siglo XX, eran trenes y barcos que servían para transportar mercancía y personas. Dichos transportes utilizaban la máquina de vapor como su fuente de energía, para poder transportarse de un lugar a otro. En pleno siglo XX se inicia la creación de un vehículo capaz de transportar personas, sin tener que ser máquinas grandes. Henry Ford fue una de las primeras personas en ser responsable del inicio del automóvil, dando paso a un símbolo que marcaría un hito importante en el mundo (Vega et al., 2017).

La evolución de los vehículos inicia cuando Ford produjo el primer vehículo en el año de 1913 a gran escala, pues tuvo factores fundamentales como, la reducción de su tamaño, la eficiencia de los motores y la aerodinámica. En las últimas tres décadas se implementó sistemas electrónicos que funcionan sincronizados, pues mantienen conexión con la Unidad de Control

Electrónica (ECU), a través de los sensores es posible obtener información para los sistemas electrónicos encargados de transformar magnitudes variables en magnitudes eléctricas (Zambler , 2002).

El avance de la tecnología comienza a formar parte de los vehículos mediante la gestión electrónica, puesto que disponen más de 60 sensores que permiten informar a la ECU las condiciones que se encuentra el vehículo con el fin de reducir el consumo de combustible con aproximación a la mezcla estequiométrica. Esto denota mejor autonomía al vehículo y reducción de emisiones. pues se llegó a obtener mayor eficiencia del motor (Aguilar et al., 2021).

La importancia implica en entender el funcionamiento del sistema de inyección electrónica y tener una lógica para solventar problemas, a través del tipo de mantenimiento denominado “diagnóstico”, esto ocurre porque una diagnosis On-Board (OBD) puede proporcionar información de manera fiable que indica si un sensor lambda necesita ser reemplazado. Mediante el uso de los comprobadores de la serie KTS y analizadores de gases de escape, los equipos de diagnosis permiten una verificación de diagnóstico rápida y fiable del funcionamiento de la sonda (Huertas et al., 2005).

Los vehículos equipados con sistemas de autodiagnóstico pueden detectar fallas que ocurren en el circuito de control y almacenarlas en la memoria de fallas. Por lo general se muestra a través de la luz indicadora del motor “Check Engine” (Burgos et al., 2018). Finalmente, los vehículos con sistemas electrónicos dieron paso del manteniendo correctivo, al preventivo. El mantenimiento preventivo se realiza a un vehículo con una programación adecuada, para poder resolver o encontrar problemas que próximamente se darán, reduciendo así la cantidad de daños que se podrían encontrar en el vehículo (Botero , 1991).

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo examinar fallas de las señales producidas por el sensor de oxígeno y temperatura del refrigerante de un vehículo Chevrolet Spark LT 1.0 año 2010?

El problema radica en la dificultad de adquirir e interpretar la información que proporciona los equipos estándar, el análisis del correcto funcionamiento de los sensores implica utilizar más de dos equipos de diagnóstico. Los talleres automotrices utilizan estos equipos tal como el escáner,

que permite obtener valores reales visualizados en una Tablet o en una laptop a través de un interfaz de datos, el osciloscopio se observa en una pantalla pequeña y el analizador de gases se imprime en cada medición. Estos equipos son utilizados de manera individual, pues conlleva una desventaja en la baja calidad y mayor tiempo del proceso de diagnóstico electrónico para encontrar las fallas del vehículo (Denton, 2016).

El diagnóstico de fallas del vehículo implica resolver problemas del mal funcionamiento en la inyección electrónica y mecánica, sin embargo, la innovación de la tecnología determina que los vehículos con sensores y actuadores funcionan juntamente con la computadora del vehículo, con el propósito de reducir el consumo de combustible y minimizar las emisiones contaminantes (Torres et al., 2017)

Por tanto se requiere implementar estrategias de diagnóstico del equipo Bosch FSA-740 que permita realizar apropiadamente el diagnóstico electrónico automotriz más rápido y preciso, mediante la utilización de los tres equipos estándar, por esta razón se realiza pruebas en el vehículo a través de simulaciones de fallas para lograr comprender y comparar los resultados de valores reales, señales y gases de escape obtenidos en el equipo de Bosch FSA-740 con los equipos estándares de otras marcas (escáner, osciloscopio, analizador de gases y multímetro) (Bosch, 2018).

1.4 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación busca realizar diagnósticos más precisos con el equipo Bosch FSA-740 en un vehículo de motor de encendido provocado mediante la simulación de fallas de señales producidas por el sensor de oxígeno y temperatura del refrigerante. El funcionamiento incorrecto de estos sensores involucra un aumento de las emisiones contaminantes y reducción de la eficiencia del motor de combustión interna (Coyago, 2019).

Esta investigación busca controlar las emisiones contaminantes de un motor de combustión interna, para contribuir en el eje de transición ecológica, donde la Secretaria Nacional de Planificación (2021) menciona que: “El objetivo 12, política 12.3 argumenta que se debe implementar prácticas ambientales con responsabilidad social y económica, que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, desde la investigación, innovación y transferencia tecnológica” (p.87).

Al realizar el diagnóstico automotriz de las fallas producidas en el sensor de oxígeno y de temperatura del refrigerante, se identifica problemas relacionados con las emisiones contaminantes y la eficiencia del motor de combustión interna (Bastidas, 2021). Para abordar estos problemas, se analizarán los parámetros de funcionamiento de los sensores, ya que estos influyen en la combustión e inyección de combustible del motor.

La investigación se llevará a cabo mediante la colaboración de docentes capacitados y técnicos de la Carrera de Ingeniería Automotriz. Para la ejecución de la investigación se utilizarán softwares con sus respectivas licencias como: System Soft [plus], el software de diagnóstico ESI [tronic] 2.0, módulos de serie BEA para medición de gases de escape y la ampliación del escáner KTS-560.

1.5 ALCANCE

En esta investigación será utilizado un vehículo Chevrolet Spark LT 1.0 año 2010, donde se realizará las simulaciones de fallas de señales del sensor de oxígeno y de temperatura del refrigerante. En la plataforma de Chevrolet presenta estadísticamente que estos sensores tienen mayores casos de avería en este vehículo, dado que el sensor de oxígeno presenta 49 casos de fallas y luego el sensor de temperatura de refrigerante de motor con 39 casos de falla. Por esta razón, se optó realizar la investigación en estos sensores en condición de funcionamiento normal y durante la simulación de falla.

Esta investigación está enfocada en la utilización del equipo FSA-740 que permitirán adquirir información del vehículo, compatibilidad y comunicación con los sistemas del vehículo para realizar un correcto análisis de las señales de los sensores. Esto implica la implementación de estrategias que permitirán diagnosticar de manera rápida y eficaz los fallos del vehículo. Además, se requiere realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos con el fin de determinar la variación que presenta los valores reales, señales, emisiones en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de fallas. Esto implica realizar una comparación de los equipos de diagnóstico estándar con el equipo Bosch FSA-740 para determinar las diferencias y ventajas y modos de utilización en estos equipos. Por tanto, se requiere determinar la diferencia y ventajas de la utilización del equipo en comparación con los equipos normales de diagnóstico automotriz.

1.6 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores térmicos se encargan de quemar el combustible, cuya reacción química influye en la liberación de energía en forma de calor para convertirla en energía mecánica o movimiento. El desarrollo industrial en el siglo XX con la aparición de los vehículos y sus diferentes aplicaciones que se pueden clasificar en: motores de combustión externa e interna (Álvarez et al., 2002).

En un motor de combustión interna, el fluido que realiza el trabajo es el mismo que produce la combustión. Se tiene una gran variedad que son: motores de flujo continuo (reactores) y motores volumétricos (Secundino, 2011).

En la Figura 1.1 se presenta el motor de combustión interna alternativo (A), turbina de gas (B), rotativo (C) y motor cohete (D).

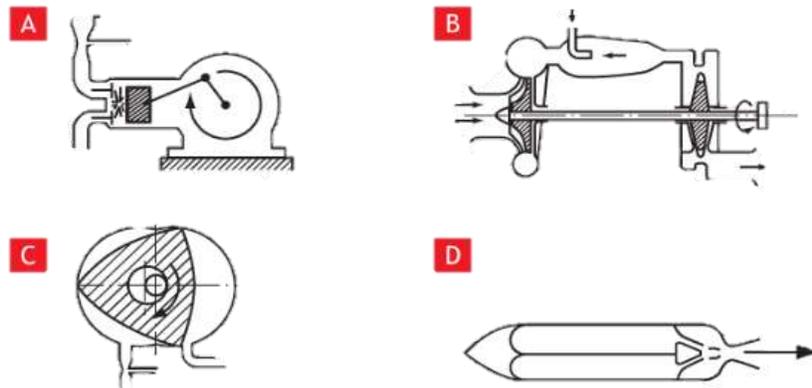


Figura 1.1 Motores de combustión interna

(Secundino, 2011, pág. 12)

1.6.1 Motor de encendido provocado (MEP) o motor Otto

La característica fundamental de este motor es el proceso de combustión, dado que inicia su funcionamiento gracias a la aportación de una fuente de energía externa al ciclo termodinámico, esto se consigue mediante la generación de una chispa entre dos electrodos de una bujía. El momento que se produce la chispa, debe ser adecuado para maximizar la eficiencia del proceso de combustión. Estos motores pueden mezclar el aire y combustible fuera del cilindro durante la admisión (motores de mezcla homogénea) o pueden introducir solo aire durante la admisión para

luego inyectar combustible directamente en el cilindro durante la compresión con el fin de formar una mezcla heterogénea (motores de inyección directa y mezcla estratificada). Como resultado, la combustión se produce mediante el avance de una llama que se propaga desde la bujía y separa continuamente dos zonas distintas en la cámara de combustión: con gases frescos y gases quemados. Estos motores se conocen como: motores de explosión, encendido por chispa y Otto (Payri et al., 2015).

De acuerdo con Secundino (2011), “los ciclos termodinámicos en un motor se pueden realizar en dos o cuatro carreras del pistón. Los motores alternativos de cuatro tiempos realizan un ciclo de trabajo por cada cuatro carreras del pistón y dos vueltas del cigüeñal. El funcionamiento se realiza mediante cuatro tiempos que son: primer tiempo (admisión), que indica que el pistón baja del punto muerto superior al punto muerto inferior aspirando aire, el segundo tiempo (compresión), refiere cuando el pistón sube del punto muerto inferior al punto muerto superior comprimiendo la mezcla o aire según sea el caso, tercer tiempo (expansión), al producirse una chispa o inflamación del combustible según sea el caso, hace que se produzca la combustión, por tanto el pistón desciende del punto muerto superior al punto muerto inferior, y finalmente el cuarto tiempo (escape), se produce cuando el pistón pasa del punto muerto inferior al punto muerto superior, expulsando los gases producidos por la combustión” (p.16).

Estos motores MEP se clasifican en dos formas según la presión de admisión del aire aspirado, que son: aspiración natural o atmosférica y sobrealimentado. El motor de aspiración natural implica que la presión en el colector de admisión es la atmosférica o aún menor, y es realizada por la estrangulación de la carga. Sin embargo, la altura influye en la disminución de la presión atmosférica y la temperatura, debido que afecta la densidad y composición del aire, por lo tanto, afecta el funcionamiento del motor de combustión interna dado que este problema sucede en motores térmicos volumétricos como los motores de combustión interna alternativos, y más aún con motores de aspiración natural (Lapuerta et al., 2006).

Secundino (2011), también afirma que “el motor sobrealimentado implica que la presión obtenida es superior a la atmosférica. Esto se consigue con un turbocompresor, el cual utiliza la energía

residual de los gases de escape para poder obtener más presión, esto ayuda al rendimiento del motor haciendo que su uso sea más extendido” (p.18).

1.7 EMISIONES PRODUCIDAS POR LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero son producidos por los motores de combustión interna, por lo tanto, existe impacto en el medio ambiente. A continuación, los gases regulados son:

- **Dióxido de Carbono (CO₂).** Este gas de efecto invernadero es el principal resultado de la combustión en los automóviles, pues el oxígeno reacciona químicamente con el carbono del combustible para formar CO₂ y con el hidrógeno para formar agua, sin embargo, esta combustión genera gases contaminantes como hidrocarburos, monóxido de carbono, material particulado y óxido de nitrógeno, esto influye fuertemente en el cambio climático y representa una amenaza para la salud pública y el medio ambiente (Europa Environment Agency [EEA], 2016).
- **Hidrocarburos (HC).** La emisión de hidrocarburos (HC) en un motor de combustión interna se debe a la combustión incompleta de la mezcla de aire y combustible, esto se produce debido a la falta de chispa de la bujía que es indispensable para la ignición de la mezcla en la cámara de combustión de un motor de encendido provocado (García , 2021)
- **Monóxido de Carbono (CO).** El monóxido de carbono (CO) se produce en un motor MEP, debido a una combustión incompleta de la mezcla aire-combustible, lo que puede ser causado por mezcla rica (exceso de combustible o deficiencia de oxígeno) y diversas anomalías mecánicas o eléctricas, como una mala regulación de la cantidad de aire y combustible, problemas en el sistema de escape, problemas en el sistema de inyección, mal funcionamiento del sensor de oxígeno o un sistema de encendido defectuoso (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos[EPA], 2022).
- **Material Particulado (PM).** Las anomalías mecánicas o eléctricas causan un aumento en la producción de partículas en un motor debido a la mala calidad del combustible, problemas en el sistema de inyección, fallos en el sistema de recirculación de gases de

escape (EGR), mal funcionamiento del sistema de filtración del aire o falta de mantenimiento preventivo del motor (Barranco et al., 2016).

- **Óxido de Nitrógeno (NOx).** Es un gas tóxico que se produce cuando el oxígeno y el nitrógeno reaccionan a altas presiones y temperaturas en la cámara de combustión, por lo tanto, este gas contaminante afecta directamente al medio ambiente (Rojas et al., 2020).

1.8 SISTEMA DE INYECCIÓN

1.8.1 Multipunto MPFI

El sistema de inyección multipunto (MPFI) es una tecnología avanzada en los motores de combustión interna que utiliza para mejorar el rendimiento y la eficiencia del combustible. Esto implica la introducción de un inyector en cada cilindro del motor, lo que permite una distribución más precisa y eficiente del combustible. Éste se diferencia del sistema de inyección monopunto, debido a que, utiliza un solo inyector para suministrar combustible a todos los cilindros del motor. Además, el sistema MPFI tiene diferentes configuraciones, según el modo de inyección aplicado al combustible. Estas configuraciones incluyen la inyección continua, el cual se suministra combustible de manera constante a cada inyector; la inyección intermitente, que suministra el combustible en ráfagas a cada inyector; la inyección simultánea, refiere que todos los inyectores reciben combustible al mismo tiempo; y la inyección secuencial, que los inyectores reciben combustible de manera individual y en secuencia, según el orden de encendido de cada cilindro (Ferrer, 2021).

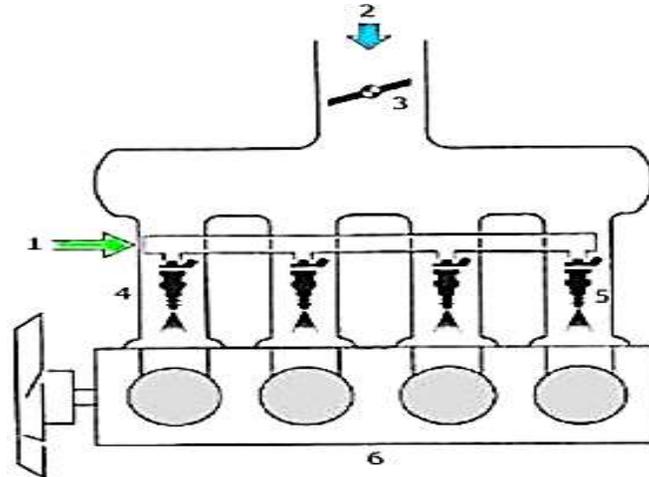


Figura 1.2 Sistema de inyección MPFI

(Ferrer, 2021)

1.8.2 Inyección Directa.

Este sistema de inyección denota que el inyector está ubicado directamente en la cámara de combustión, por lo tanto, el combustible es suministrado dentro del cilindro, esto implica reducción de consumo de combustible y emisiones con respecto a la inyección indirecta. La presión de suministro es superior por tanto, permite hacer mezclas estratificadas ricas con el fin de asegurar la propagación de la llama durante la ignición de la bujía y en una mezcla globalmente pobre durante cargas parciales debe llevarse a cabo la inyección hacia el final de la carrera de compresión (Rovira et al., 2015).

1.8.3 Inyección Indirecta

De igual manera (Rovira et al., 2015) menciona que este sistema involucra la inyección fuera de la cámara de combustión, es decir, el inyector se ubica en el colector de admisión junto a la válvula y el suministro de combustible se realiza en la carrera de admisión o levemente antes, cuyas presiones de inyección van en torno a 3,5 bares. En la Figura 1.3 se muestra el sistema de inyección en el colector de admisión.

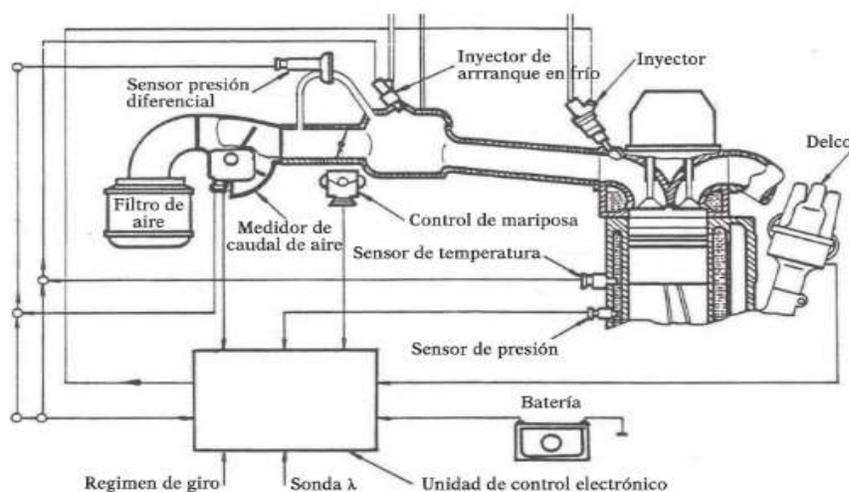


Figura 1.3 Esquema básico del sistema de inyección indirecta

(Rovira de Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)

1.8.4 Inyección electrónica

En 1939 surge el primer sistema de inyección a gasolina de Bosch. Desde este año hasta la actualidad hubo una rápida evolución de los motores de automóviles. El antiguo carburador no satisface las necesidades de los vehículos nuevos como reducción en emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 “dióxido de carbono”), gases contaminantes (HC “hidrocarburos”, CO “monóxido de carbono”, NO_x “óxidos de nitrógeno”), aumento de potencia, ahorro de combustible y respuestas rápidas en aceleraciones. Por lo tanto, Bosch desarrolló sistemas de inyección electrónica de combustible con el fin de proporcionar al motor mejor rendimiento, es decir, ahorrar consumo de combustible en todos los regímenes de funcionamiento lo que incide en la reducción de emisiones. La diferencia que se destaca entre un carburador y un sistema de inyección electrónica radica en la mezcla aire/combustible dado que un carburador por mejor regulación que tenga no logra alimentar el motor en proporción ideal de mezcla (14,7 gramos de aire por 1 gramo de combustible), mientras que los sistemas de inyección electrónica permiten que el motor reciba el volumen de combustible necesario con aproximación a la mezcla ideal (Bosch, 2010).

1.9 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

El funcionamiento del motor de encendido provocado implica la transformación de energía química en mecánica, por lo tanto, se genera calor durante la combustión, ya que al interior de la

cámara de combustión se alcanza temperaturas altas más de 1500 °C. Para ello, es necesario el sistema de refrigeración que permite eliminar el exceso de calor y mantener al motor funcionando correctamente a una temperatura aproximada entre 80 a 90 °C. Estos sistemas de refrigeración pueden ser por aire y agua (Salmerón , 2018, p.20).

1.9.1 Refrigeración por agua

Salmerón (2018) menciona que este tipo de refrigeración implica la utilización de un líquido refrigerante, pues la circulación se realiza por mangueras y conductos del motor caliente. Los complementos que intervienen en el proceso de refrigeración son:

- **Camisa de refrigeración.** En la culata y el bloque del motor, se tienen conductos, por donde circula el líquido refrigerante (p.22).
- **Radiador.** En este componente, se deposita el refrigerante. En la parte superior tiene una serie de tubos muy finos, que van rodeados de unas aletas horizontales, que en conjunto se le conoce como panal. Por este panal traspasa una corriente de aire que se encarga de enfriar el líquido refrigerante, mientras pasa de la parte superior a la parte inferior. Para facilitar la corriente de aire está ubicado en la parte delantera del vehículo (p.22).
- **Manguitos.** Son tubos de goma flexible por donde pasas el agua del radiador al motor.
- **Bomba de agua.** Envía el líquido refrigerante con temperatura baja a las camisas de motor, es decir, distribuye el refrigerante empujando hacia los conductos de refrigeración (p.22).
- **Ventilador.** Se encuentra en la parte trasera del radiador para aumentar el paso de aire y tiene colocadas unas aspas con el fin de disipar el calor (p.22).
- **Termostato.** Permite u obstruye el paso del refrigerante, ya que depende de la temperatura del motor, es decir, cuando se incrementa la temperatura sobre los 83 °C, el termostato se expande, para permitir el paso del líquido refrigerante, caso contrario, se mantiene cerrada. Existe de dos tipos: fuelle y cera (p.22).
- **Termómetro.** Indica a la temperatura que se encuentra en el motor (p.23).
- **Líquido refrigerante.** Se encarga de absorber el calor producido por la combustión en el motor, evitando que las piezas alcancen altas temperaturas y sufran daños (p.23).

- **Dispositivo de control.** Se encarga de indicar la temperatura del líquido refrigerante, por tanto, es medido a través de una resistencia NTC, en contacto con el líquido refrigerante. Se le conoce como el sensor ECT (Engine Coolant Temperature) (p.23).

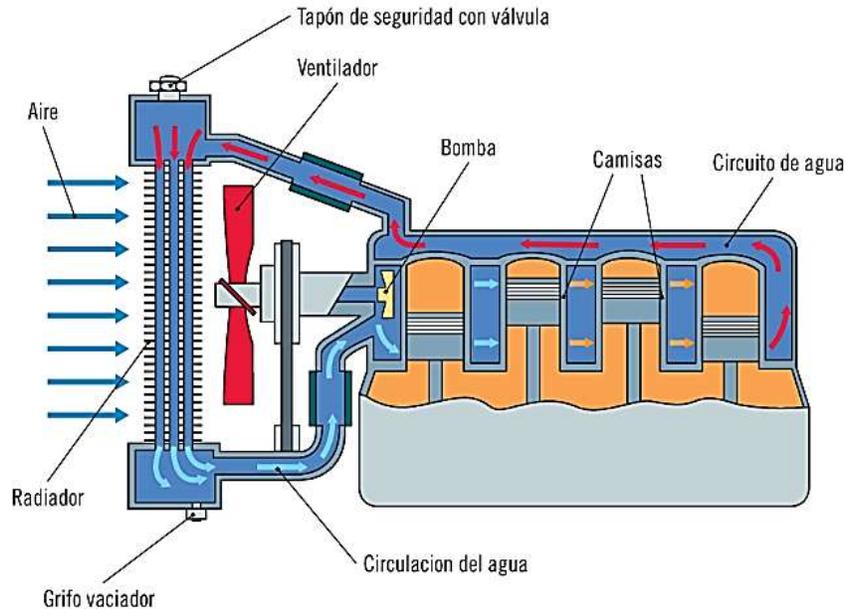


Figura 1.4 Sistema de refrigeración por líquido

(Ordoñez Ramírez , 2012)

1.9.2 Intercooler o intercambiador

Este elemento es hecho para motores sobrealimentados ya que está hecho con aire. Para realizar la capacidad de refrigeración del aire comprimido, se utiliza la compresión refrigerada por aire, que utiliza un refrigerante en lugar de aire. Sin embargo, debido al alto costo del sistema, esta tecnología actualmente está reservada para el segmento de turismos de alta gama. El nuevo desarrollo también permite controlar el enfriamiento del aire entrante. Esto no solo reduce los óxidos de nitrógeno, sino también las emisiones de HC y mejora el rendimiento de limpieza de los gases de escape. Además de aumentar la capacidad de enfriamiento, el aire de proceso del motor se atempera enfriando el aire de carga (MAHLE, 2020).

1.9.3 Líquido refrigerante

Este líquido circula por el motor absorbiendo el calor, pero existen diferentes tipos de refrigerantes siendo orgánicos e inorgánicos. Este debe obligatoriamente diluirse con agua

destilada en la porción que determine el fabricante. Esta composición está formada de la siguiente manera como lo menciona Secundino (2011):

- **Agua destilada.** Es una sustancia líquida que absorbe el calor de manera eficiente que debe estar destilada y desionizada. Su porción debe estar entre 35% y 60% del total.
- **El glicol.** Es el componente de la mezcla en el refrigerante, que baja el punto de congelación del agua y eleva el punto de ebullición. El glicol no se evapora como el agua a 100°C, no se puede utilizar sólo ya que su alta viscosidad puede impedir su circulación ya que varía entre un 35% y el 50% del contenido total de glicol.
- **Aditivos.** Confieren a la mezcla de propiedades especiales. Su participación varía entre el 5% y el 15%. Estos aditivos son generalmente anticorrosivos ya que protege los elementos de la oxidación, también contiene antiespumantes que evitan la formación de espuma que interfiere en la disipación del calor y anti calcáreos que evitan la formación de calcáreos.
- **Propiedades de los líquidos anticongelantes.** Los líquidos anticongelantes deben tener la capacidad de absorber el exceso de calor generado en el motor, evitar el congelamiento del circuito de refrigeración, tener un punto de ebullición superior a 100 °C, lo que permite que el motor funcione a temperaturas más altas y evitar la corrosión de los componentes del circuito de refrigeración (p.34).

1.10 COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

1.10.1 ECU (Engine Control Unit)

La unidad de control de motor está compuesta de un conjunto de componentes electrónicos internos, esta unidad procesa la información recibida por los sensores para controlar el funcionamiento de actuadores en los sistemas de la transmisión, frenos, sistema eléctrico, suspensión, motor y tren de potencia con el fin de regular la combustión del motor. También incluye sistemas como aire acondicionado, control de crucero, airbags y sistema de frenos antibloqueo ABS (Lima , 2017).



Figura 1.5 Unidad de control electrónico del motor

(Donado, 2012)

1.10.2 Inyectores

Los actuadores son dispositivos electromecánicos que son accionados por la ECU. El inyector de combustible es un actuador, dado que se refiere a una electroválvula que abre y cierra electrónicamente ya que es normalmente cerrada. Su accionamiento se basa en un voltaje nominal 12 V, a través de pulsos a masa, que implica la apertura del inyector, para permitir el paso de combustible a la cámara de combustión. Esto sucede por el movimiento de un vástago que se atrae por el campo electromagnético en la bobina interna del inyector. Se tiene en cuenta que estos actuadores son susceptibles a la suciedad, por los pequeños orificios en la punta del inyector que pueden taponarse, y así causar pulverización inadecuada del combustible. En la Figura 1.6 se muestra las partes del inyector (Cibertec , 2019).



Figura 1.6 Tipos de inyector de gasolina

(Marren Fuel Injection, 2023)

Los inyectores de alta impedancia, también conocidos como inyectores saturados de combustible, reciben una señal de corriente de 11-1/2 amperios para abrir y se mantienen abiertos hasta que se cierran. La corriente de bajo amperaje utilizada para mantener el inyector abierto reduce su temperatura, lo que aumenta su fiabilidad. Es por ello por lo que el diseño de alta impedancia es el estilo de inyector más común utilizado en aplicaciones de equipo original (OEM). Por lo general, los inyectores de alta impedancia tienen una impedancia típica de alrededor de 12 a 16 ohmios (Gillogly , 2012).

Los inyectores de baja impedancia son capaces de suministrar combustible en tiempos de inyección más cortos y precisos, la resistencia varía entre 0,5 a 5 ohmios. Además, consumen menos energía eléctrica y generan menos calor, lo que puede contribuir a prolongar su vida útil. Es importante tener en cuenta que los inyectores de baja impedancia no son compatibles con todos los tipos de sistemas de inyección de combustible. Algunos sistemas pueden requerir inyectores de alta impedancia debido a las características eléctricas del circuito de inyección (Pérez , 2019).

1.10.3 Bobina de encendido

Las bobinas de encendido son actuadores que se encargan de elevar el voltaje para generar la chispa en las bujías, con el fin de encender la mezcla en la cámara de combustión. En el mundo automotriz se presentan diferentes tipos de bobinas de encendido. La bobina está compuesta de bobinado primario y secundario sin ningún circuito adicional. La bobina simple presenta 2 contactos (positivo de batería y señal de encendido), además tiene el contacto de salida de alta tensión, por tanto, existe paquete de bobinas compartidas o de chispa perdida cuyo funcionamiento radica que una bobina alimenta alta tensión a dos bujías. La bobina transistorizada se compone por bobinados primario y secundario integrado por un transistor de potencia (controlador) que conmuta la bobina (Cibertec , 2019).



Figura 1.7 Tipos de bobina de encendido

(Ingeniería y Mecánica Automotriz , 2021)

1.10.4 Convertidor Catalítico

El convertidor catalítico (catalizador) ejecuta reacciones de oxidación y/o reducción de los gases de escape, que transforman CO, HC y NO, en CO₂, agua y nitrógeno. Un convertidor generalmente está hecho de uno o más ladrillos de "panal de abeja", que tienen una sección transversal típica de pequeños cuadrados o alternativamente triángulos (EEA, 2016), esto se puede observar en la Figura 1.8.

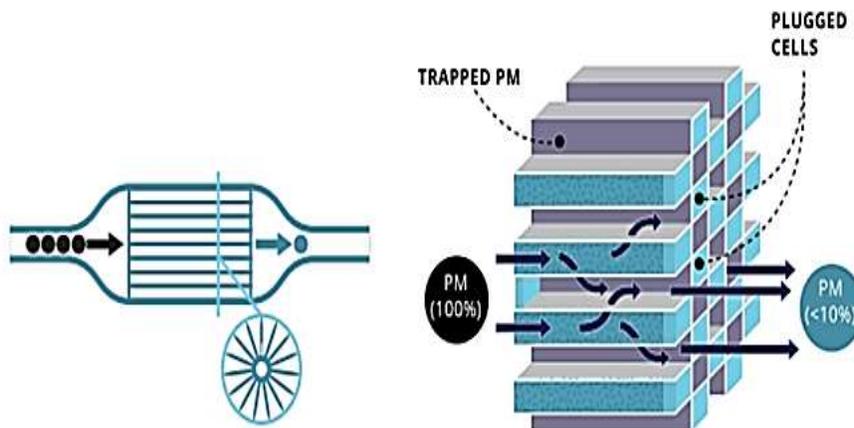


Figura 1.8. Estructura interior de un catalizador.

(EEA, 2016, pág. 43)

1.10.5 Catalizador de 3 vías

Un catalizador de tres vías siempre trabaja en un bucle cerrado donde se incluye el sensor de oxígeno. Este elemento se empezó a utilizar desde la introducción de las normas de emisión Euro 1 y se volvió obligatorio (EEA, 2016). Gracias a este elemento, el vehículo se podía auto calibrar así mismo y controlar los contaminantes que se generaban en los gases de escape. Para poder controlar los gases de escape, el catalizador de tres vías se encarga de realizar los siguientes procesos químicos, al igual que se puede observar en la Figura 1.9:

- Oxidar los CO y HC, para obtener CO₂
- Hidrocarburos (no quemados) → CO₂ + H₂O
- Reducción de NO_x a nitrógeno N₂, mediante el proceso de oxidación del CO y HC.

Los componentes activos del catalizador son: Rh (Rodio), Pt (Platino) y Pd (Paladio). El platino y el Paladio catalizan la oxidación del CO y HC. El rodio actúa como catalizador para convertir los gases en elementos libres el nitrógeno (p.42)

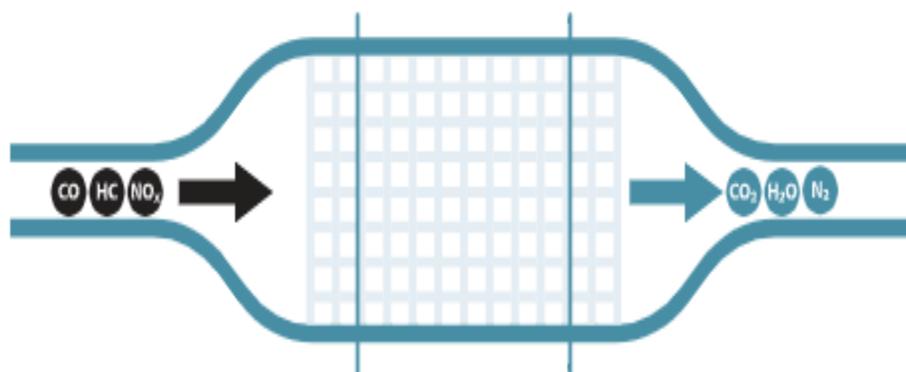


Figura 1.9 Proceso químico del catalizador

(EEA, 2016, pág. 42)

1.11 DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN OBD II

1.11.1 Diagnóstico a Bordo (OBD)

A partir de 1970, la cantidad de componentes accionados mecánica y eléctricamente han aumentado en el campo automotor. Estos componentes hicieron que el diagnóstico de averías sea muy complicado para los talleres encontrar una solución, razón por la que se introdujeron sistemas de diagnóstico integrados en el vehículo gracias al desarrollo de unidades de control electrónicas

más potentes. Por tanto, a partir de 1989, se implementó el diagnóstico a bordo (OBD “On Board Diagnostic) que trata de un sistema de diagnóstico integrado responsable de memorizar e indicar averías de componentes (sensores, actuadores, módulos) teniendo un control de los gases de escape. En la primera versión OBD I, las averías se indicaban mediante una lámpara o testigo de avería y la lectura a través de un código intermitente.

En 1996, entra en vigor OBD II, un sistema de diagnóstico con funciones más amplias que permite introducir en una memoria permanente, funcionamientos incorrectos y divergencias, también se registraban condiciones de funcionamiento durante una avería. Se mejora la normalización de interfaces, protocolos de transmisión de datos, herramientas de lectura, cajas de enchufe para diagnóstico y códigos de averías. Por lo tanto, la lectura de memoria de averías se realiza mediante equipos aptos para OBD de uso comercial (Motorservice, 2014). Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

1.11.2 Códigos de falla (DTC)

Se denomina DTC (Diagnostic Trouble Codes) a los códigos de falla que se muestran en el escáner si el vehículo presenta una anomalía. Es así como estos códigos presentan una estructura para lograr una interpretación adecuada de la información contenida. Además, en OBDII se estandarizó el uso de estos códigos utilizando la norma SAE JQ12, por ende, los 5 dígitos se presentan en la estructura YXXXX (Emprento C.A, 2022).

- El primer valor siempre será una letra que indica la ubicación dónde proviene la falla tales como: P (Powertrain “Tren motriz”) es del motor o la transmisión automática, B (Body “Cuerpo”) pertenece a la carrocería del vehículo, U (Network “Red”) indica la falla relacionada al sistema de transmisión de datos entre los diferentes módulos del vehículo y C (Chasis)
- El segundo valor siempre será un número, por tanto, el cero “0” determina que el código es universal (genérico para todo automóvil) y los números “1,2,3” indican que los códigos son elaborados por el fabricante.
- El tercer valor es un número que indica la procedencia de la falla con mayor precisión, por tanto , número “1” presenta una falla causada por mal funcionamiento de sensores que controlan la relación aire/combustible en el motor, “2” implica falla en sistema de

alimentación (inyectores, bomba de combustible) , “3” se presenta en el sistema de encendido del vehículo (bobinas, sensores de detonación), “4” en sistema de anticontaminación (catalizador, oxígeno calentado, aire secundario), “5” al sistema de marcha mínima (ralentí) y velocidad (altas rpm), “6” por fallas en el Módulo de Control del Motor (ECM) y salidas auxiliares que refiere a memoria o procesador inclusive circuitos de procesamiento, y “7, 8” en la transmisión automática o sistema de control de tracción de 4 ruedas.

- Finalmente, el cuarto y quinto valor muestran la descripción específica de la falla.

1.12 FUEL TRIM

El ajuste de combustible (Fuel Trim) es un proceso que controla el consumo de combustible y las emisiones de gases del vehículo. Este proceso se basa en la retroalimentación proporcionada por el sensor de oxígeno y utiliza la estrategia de bucle abierto o cerrado para ajustar la mezcla estequiométrica adecuada y lograr la potencia deseada a largo o corto plazo (Castellano, 2010).

El sistema de ajuste de combustible tiene un rango de ajuste permitido de +/- 25%. Si funciona correctamente, la lectura debe estar cerca del valor a cero. Sin embargo, si la lectura está fuera de este rango, puede indicar un problema con el sistema de combustible, los sensores de oxígeno o los inyectores de combustible, lo que significa que el sistema está compensando una cantidad excesiva o insuficiente de combustible (Castellano, 2010).

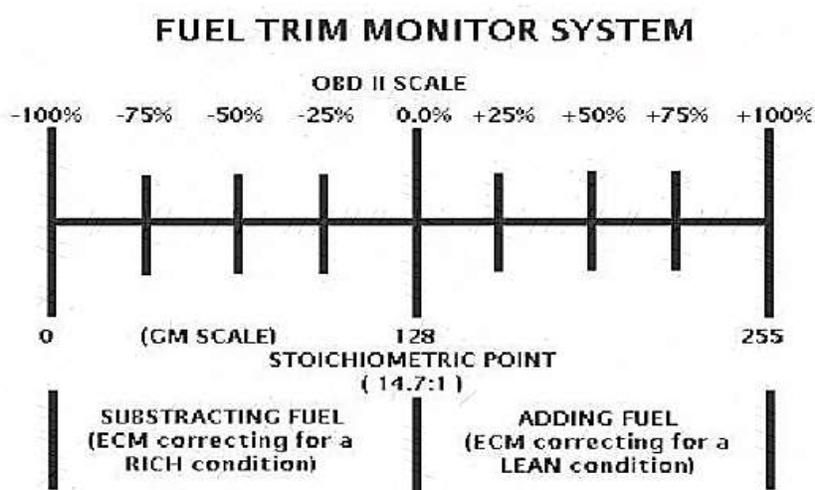


Figura 1.10 Fuel Trim

(Bohacz, 2022)

1.12.1 Ajuste de combustible a corto plazo (Short Term Fuel Trim)

La PCM tiene un programa que controla el ancho del pulso de los inyectores para que estos operan en un bucle cerrado. Empieza con un valor fijo que según sea el caso, lo enriquece o empobrece, basándose en la línea base. Si el control electrónico y motor están funcionando correctamente, el programa STFT realiza las correcciones justas, pero si el sistema se vuelve demasiado rico o pobre, se realizarán correcciones de corto alcance paulatinamente. Si la llave se encuentre en off, los valores almacenados del STFT en la PCM se borran al instante, y se recalculan de nuevo desde el principio la próxima vez (Castellano, 2010).

1.12.2 Ajuste de combustible a largo plazo (Long Term Fuel Trim)

Cuando las correcciones STFT se salen de su rango para lograr el ajuste de ancho de pulso, entonces la PCM ejecuta otro programa conocido como ajuste largo de combustible (LTFT). Este programa modifica el valor original de la línea base del STFT, para comenzar en un lugar más cercano a cero y realizar las correcciones reales que el sistema necesita para mantener en un bucle cerrado (close loop). Este sistema debe mantenerse en un bucle cerrado antes que almacene correcciones de largo alcance. A diferencia del STFT, el LTFT si almacena en la memoria de la PCM los valores al apagar el motor (Castellano, 2010).

Como se observa, el ajuste a realizarse dependerá de las condiciones del vehículo para ejecutar el programa necesario. A continuación, en la Figura 1.10, se muestra como se hace esta corrección en base a un porcentaje. Dependiendo del caso se añadirá o quitará combustible para lograr la mezcla deseada (Castellano, 2010).

1.12.3 Control de bucle cerrado (Closed loop)

Éste controla la cantidad de gas que entró al catalizador, al mantener la mezcla estequiométrica de aire/combustible en el estándar ideal. Para poder realizar el control, la PCM utiliza un medidor de tiempo para determinar el tiempo transcurrido, para que el monitor se ejecute. Se debe tomar en cuenta que, en algunos vehículos, el contador de tiempo solo se hace una cuenta regresiva, sin embargo, otros dependen de la señal que obtienen del sensor de temperatura del Motor (ECT) (Castellano, 2010).

1.12.4 Operación de bucle cerrado (Closed loop)

En el bucle cerrado como se indica en la Figura 1.11, implica el correcto funcionamiento de todos los sensores y pruebas de los monitores, además utiliza la señal del sensor de oxígeno corriente arriba (upstream). A partir de la señal recibida, la PCM determina si el valor de la mezcla es más rica (poco oxígeno) o más pobre (alto contenido de oxígeno), para aproximarse a la mezcla estequiométrica (14,7 g de aire y 1 g de combustible) (Castellano, 2010).

- Si la señal del sensor de oxígeno está por encima de 0.45 voltios, se determina que la mezcla aire/combustible es rica, por lo tanto, la PCM disminuye la duración de la inyección de combustible.
- Si la señal del sensor de oxígeno está por debajo de 0.45 voltios, se determina que la mezcla aire/combustible es pobre, por lo tanto, la PCM aumenta la duración de inyección de combustible.

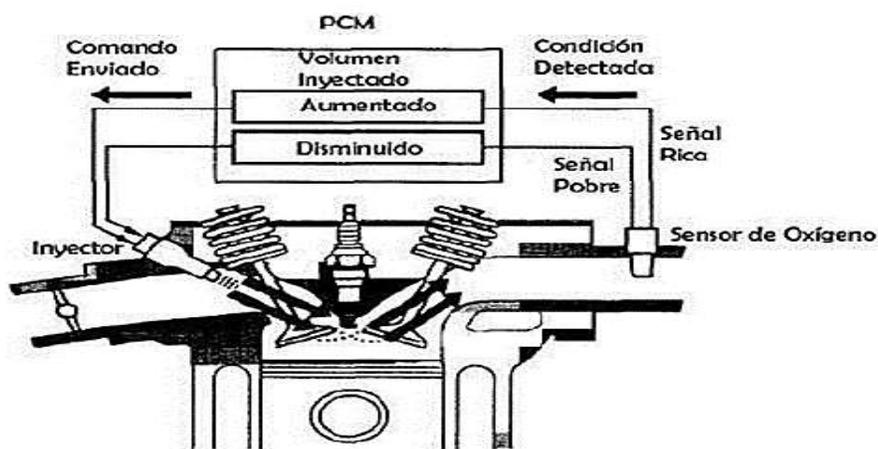


Figura 1.11 Operación en bucle cerrado

(Castellano, 2010)

1.12.5 Operación de bucle abierto (Open loop)

Existen casos en que las condiciones de operaciones requieren que la mezcla sea más rica o pobre de lo ideal, para estas condiciones se tiene una operación de bucle abierto (open loop) como se muestra en la Figura 1.12, donde la PCM ignora las señales del sensor de oxígeno y se controla la duración de inyección en base a las señales de otros sensores. Estos casos se pueden dar durante el arranque en frío, operación con motor en baja temperatura, aceleración, desaceleración, condiciones de carga y dependiendo de la apertura total del plato del cuerpo de aceleración (Castellano, 2010).

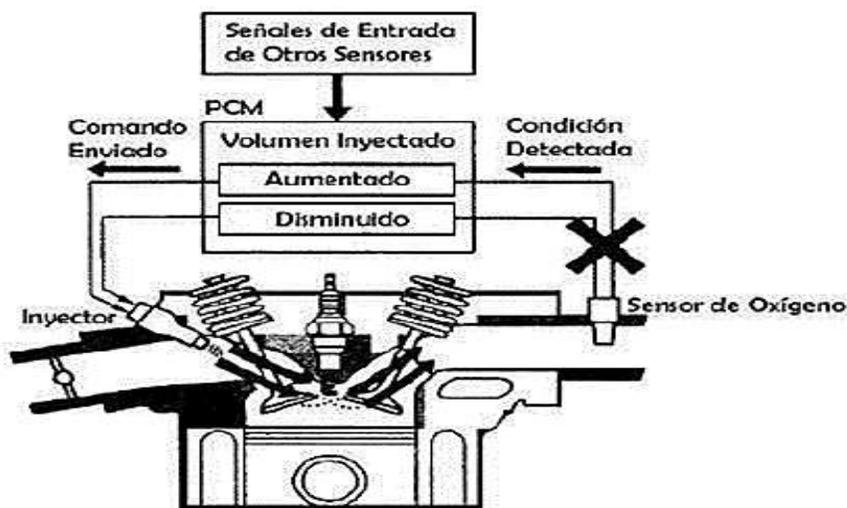


Figura 1.12 Operación en bucle abierto

(Castellano, 2010)

1.13 SENSOR DE OXÍGENO (O₂)

El sensor de oxígeno también se le conoce como sonda lambda, fue inventado por Bosch en 1976 para solventar dos necesidades. La primera se refiere a la reducción de emisiones y la segunda para intentar obtener una mezcla estequiométrica, es decir, 14.7 gramos de aire por 1 gramo de combustible con el fin de conseguir una combustión perfecta (Bosch, 2006).

Se tiene en cuenta que el sensor de oxígeno (O₂) forma parte de los sensores autoridad como: temperatura de entrada de aire (IAT), flujo másico de aire (MAF), temperatura de refrigerante de motor (ECT), posición del cigüeñal (CKP), posición de árbol de levas (CMP), posición de mariposa de aceleración (TPS) y presión del múltiple de admisión (MAP). Cuando se presenta una falla en el vehículo, el sensor O₂ causa algunos problemas, por ejemplo: consumo excesivo de combustible, generación de grandes cantidades de emisiones contaminantes, daño a las partes internas del motor y un daño al convertidor catalítico (Torres et al., 2018).

Función. El sensor O₂ mide la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape como resultado de la combustión del motor, por tanto, permite informar a la ECU el estado de la mezcla si es rica (exceso de combustible o deficiencia de oxígeno) o pobre (exceso de oxígeno o deficiencia de combustible). Esto permite que la ECU realice ajustes en la inyección de combustible con el propósito de maximizar el rendimiento y reducir emisiones (MTE-Thompson, 2019).

Funcionamiento del sensor O₂. Mide la cantidad de oxígeno resultante de la combustión en el múltiple de escape que compara con el aire exterior del ambiente que ingresa a través de un conducto de la goma entre los cables, esa comparación permite al sensor enviar una señal eléctrica (mV) a la ECU. De acuerdo con esto, si la mezcla es rica, la tensión generada es alta (900 mV) razón por la que la ECU disminuye el pulso de inyección haciéndola pobre, por el contrario, si la mezcla es pobre, el sensor emitirá un voltaje bajo (50 mV) por tanto, el pulso de inyección se incrementa. Cabe recalcar que se tiene un voltaje de referencia en la ECU de 450 mV, por lo que el movimiento de transición entre mezcla rica y pobre se denomina Lambda (λ) (MTE-Thompson, 2019).

En la Figura 1.13 se observa un diagrama del factor lambda que indica que $\lambda < 1$ (mezcla rica) y $\lambda > 1$ (mezcla pobre).

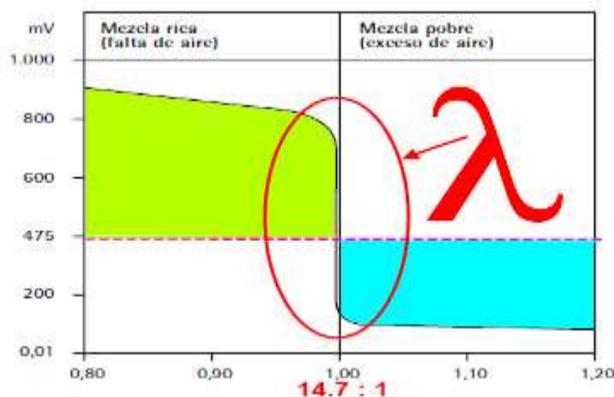


Figura 1.13 Diagrama factor lambda

(Armando, 2021)

1.13.1 Tipos de sensor O₂

El sensor de oxígeno o sonda lambda tiene distintos tipos y características que son:

- **Sensor de oxígeno no calentado (Finger LS).** El funcionamiento de la sonda lambda comienza a una temperatura mínima de 350°C y su instalación se encuentra próxima al motor. Tiene 1 cable negro de señal y la masa es la carcasa. Además, si tiene 2 cables, el color negro es señal y gris indica masa.
- **Sensor de oxígeno calentado 3 cables (Finger LSH).** Son instaladas distantes del motor, su característica se destaca en el uso de calefactor ya que garantiza su

funcionamiento con una temperatura superior a 350°C. Tiene 3 cables por ende son: color negro (señal), blanco (calentador “positivo, negativo”) y masa es la carcasa.

- **Sonda lambda calentada 4 cables (Finger LSH).** Este sensor no se puede reemplazar con sondas de 1 y 3 cables. Los colores indican lo siguiente: Negro (señal), blanco (calentador positivo y masa) y gris indica masa, sin embargo, se tiene en cuenta que si este sensor es aterrado entonces el cable gris está conectado a la carcasa mientras que, si éste se encuentra aislado de la carcasa, la masa es comandada por la ECU (Unidad de Control Electrónico).
- **Sonda lambda planar (LSF).** Consisten por placas de cerámica con un calentador interno alcanzando dos veces más rápido su temperatura de funcionamiento mayor de 300°C. Tiene 4 cables que son aislados por ello los colores identifican lo siguiente: negro (señal), blanco (calentador positivo y masa), y gris (masa de la sonda).
- **Sonda Lambda planar de banda ancha (LSU).** La sonda Lambda planar de banda ancha (también conocida como LSU) es un tipo de sensor de oxígeno utilizado en sistemas de control de emisiones y de combustible de motores de combustión interna. Las sondas Lambda (LSU) son más avanzadas y precisas que existen actualmente en el mercado. Este tipo de sensor se caracteriza por tener dos células de medida y un conector de 6 conductores, lo que le permite proporcionar mediciones extremadamente precisas en un área fina y espesa del gas de escape. Además, este sensor es capaz de medir tanto el oxígeno como otros componentes del gas de escape. La sonda LSU de Bosch, por ejemplo, tiene una tasa de respuesta de hasta 100 veces por segundo, lo que significa que puede detectar cambios en la mezcla de combustible en tiempo real. Además, su diseño de bajo perfil permite una fácil instalación en el sistema de escape del vehículo.
- **Sonda lambda universal.** Se caracteriza por tener el cable cortado en un punto apropiado seguido de un adaptador enchufado a la sonda con la extremidad del cable del vehículo. Sus colores indican lo siguiente: Gris (masa), negro (señal) y blanco (calentador). En una comparación de colores de sondas lambda de Bosch con otras marcas se ilustra que los colores de otra marca son: 1 cable “señal” (lila, azul, blanco o negro), 2 cables de “calefactor” (marrón oscuro, negro o blanco) y 1 cable “masa”

(marrón claro, blanco, verde y gris) por lo tanto, es necesario el uso del diagrama eléctrico del vehículo para identificar correctamente las conexiones (Bosch, 2010).

1.13.2 Composición del sensor de oxígeno

Los sensores de oxígeno estándar o salto de tensión son de dióxido de zirconio (ZrO_2) y los planares tienen dióxido de titanio (TiO_2). El sensor de zirconio se caracteriza por trabajar solamente si se alcanza una temperatura de operación a $350^\circ C$. También tiene un cambio aproximado de una vez por segundo (1 Hz) que puede ser visualizado en el osciloscopio y la forma de onda debe ser similar a la onda (Figura 1.14).

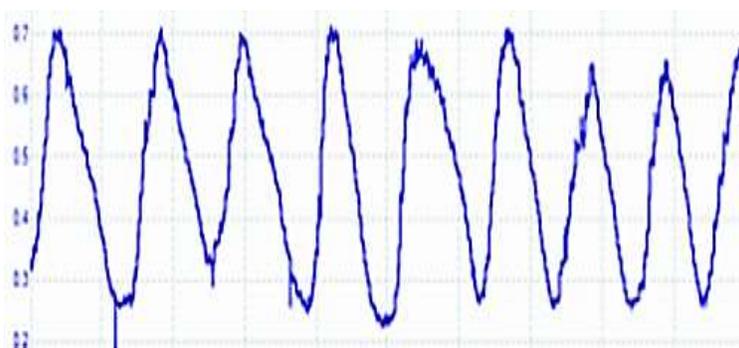


Figura 1.14 Oscilograma del sensor de oxígeno de zirconio

(Pico technology, 2022)

Finalmente, el sensor de titanio requiere una entrada de voltaje debido a que no generan su propio voltaje. Estos sensores cuentan con un elemento calentador que ayuda a alcanzar su temperatura de operación de manera que a partir de $350^\circ C$ se presenta un cambio de una vez por segundo (1 Hz), además sus cambios se pueden ver en el osciloscopio y onda como la (Figura 1.15). De acuerdo con los gases si es mezcla rica o pobre, el sensor analizará emisiones que, a través de ello, se ajustará la cantidad de combustible inyectado al motor (Denton, 2016).

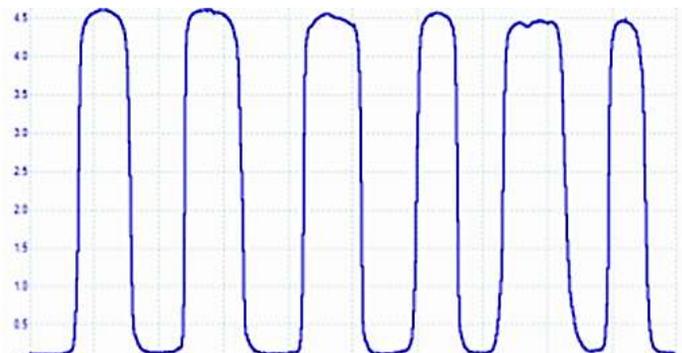


Figura 1.15 Oscilograma del sensor de oxígeno de titanio

(Pico technology, 2022)

1.13.3 Ubicación del sensor O₂ Upstream (Pre-catalizador)

El sensor de oxígeno (Upstream) está ubicado antes del catalizador, pues se encarga de medir el oxígeno residual presente en los gases de escape que salen directamente del motor y comunica al módulo de control del motor, si la mezcla en la cámara de combustión es demasiado rica, la computadora reduce el pulso de inyección y si por el contrario es una mezcla pobre, la computadora aumenta el pulso de inyección de combustible, ya que busca mantener una relación aire-combustible estequiométrica para reducir las emisiones y optimizar el consumo de combustible (Delee, 2021).

El módulo de control de motor calcula el factor Lambda (λ) como se presenta en la siguiente ecuación que denota mezcla rica o pobre (Pierburg, 2008):

$$\lambda = (\text{Masa de aire alimentada}) / (\text{Masa de aire estequiométrica})$$

Lambda < 1 (λ menor de 1) significa “falta de aire” o “mezcla rica”

Lambda > 1 (λ mayor de 1) significa “exceso de aire” o “mezcla pobre”

1.13.4 Ubicación del sensor O₂ Downstream (Post-catalizador)

Está ubicado después del convertidor catalítico, un elemento que ayuda a convertir los contaminantes del escape en subproductos inofensivos. Estos sensores monitorean el desempeño del convertidor. La unidad de control compara los gases de escape que ingresan al convertidor con los gases que salen. Si se reduce la influencia del convertidor en la composición de los gases de escape, significa que el convertidor está desgastado. La computadora puede monitorear el nivel de rendimiento del catalizador y alertar al conductor para que reemplace el mismo (Delee, 2021).

En la Figura 1.16 se puede observar, la forma de la señal del sensor de oxígeno ubicado antes y después del catalizador. El sensor O₂ Upstream presenta señal de cambio rápido y Downstream muestra una señal de cambio lento, dado que mide la cantidad de oxígeno luego del catalizador y comprobar su correcto funcionamiento.

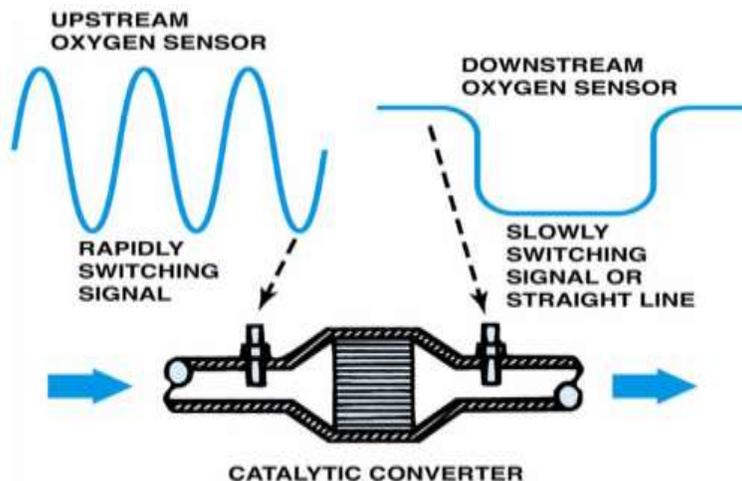


Figura 1.16 Sensor de oxígeno antes y después del catalizador

(Halderman, 2008)

1.14 DIAGNÓSTICO DE SENSOR O₂

El análisis y revisión del sensor O₂ implica observar el estado del tubo de protección de la sonda lambda. Si el tubo protector se encuentra cubierto de hollín indica que el motor está funcionando con una mezcla demasiado rica, por tanto, se debe reemplazar la sonda, siempre y cuando se solucione la falla que causa la mezcla rica, caso contrario la nueva sonda volverá a cubrirse de hollín que implica mal funcionamiento del sensor O₂.

La presencia de residuos de color blanco o grises en el tubo hace referencia a la quema de aceite en el motor y aditivos con el combustible. La solución implica reemplazar la sonda y eliminar la causa que ha provocado la quema de aceite. Además, el montaje debe respetarse el par de apriete correcto que se indica en el manual técnico de cada vehículo (Hella Tech World, 2018).

1.14.1 Códigos de falla del sensor O₂

Los códigos genéricos de diagnóstico son estandarizados y utilizados en vehículos fabricados después de 1996, que cumplen con el estándar OBD-II (On Board Diagnostics) sin importar el fabricante o modelo del vehículo.

La Tabla 1.1 muestra los diferentes códigos de falla genéricos del sensor de oxígeno, que presentan un indicio de posibles causas de fallas en el vehículo.

Tabla 1.1 Códigos de falla genéricos del sensor de oxígeno

DTC OBD II Sensor de oxígeno	
Código	Descripción
P0030	Circuito de control del sensor de oxígeno (Banco 1 Sensor 1)
P0031	Circuito de control del sensor de oxígeno bajo (Banco 1 Sensor 1)
P0032	Circuito de control del sensor de oxígeno alto (Banco 1 Sensor 1)
P0130	Mal funcionamiento en el circuito del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)
P0131	Bajo voltaje en el circuito del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)
P0132	Alto voltaje en el circuito del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)
P0133	Respuesta lenta en el circuito del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)
P0134	No detecta actividad en el circuito del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)
P0135	Mal funcionamiento en el circuito del calefactor del sensor de O2 (Banco 1 Sensor 1)

Fuente: (Guevara , 2013)

1.15 SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE DE MOTOR (ECT)

El sensor de temperatura de refrigerante de motor (ECT “Engine Coolant Temperature”) forma parte de los sensores autoridad. Los tipos de sensores que se conoce son termistores y termopar. Hoy en día, los vehículos cuentan con termistores que son básicamente una resistencia sensitiva a varios niveles de temperatura dado que su valor resistivo influye en función de cambios de la energía térmica. La temperatura ambiente en estos termistores se considera baja con una resistencia alta (Corona et al., 2016).

Función. El sensor mide la temperatura del refrigerante del motor con el fin de informar a la ECU la variación de temperatura y determinar la inyección adecuada.

Funcionamiento del ECT. El sensor de temperatura del refrigerante del motor está en contacto con el líquido refrigerante que circula por mangueras y conductos dentro del motor. Este sensor es un termistor de tipo NTC (Coeficiente Térmico Negativo), por lo tanto, cuenta con una resistencia que se conecta con una fija, donde la ECM envía un voltaje de 5V para medir la variación de voltaje, dado que la resistencia aumenta al disminuir la temperatura del líquido

refrigerante y viceversa. El sensor está constituido a base de óxidos férricos semiconductores y su diseño puede adoptar diversas formas (Secundino, 2011, p.340).



Figura 1.17 Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)

(Fernández , 2023)

1.15.1 Tipos y composición del sensor ECT

Los termistores se clasifican en dos grandes grupos que son: NTC (Coeficiente de temperatura negativo) y PTC (Coeficiente de temperatura positivo). Los NTC se caracterizan por la variación opuesta de los valores de resistencia, es decir, al aumentar la temperatura la resistencia o voltaje baja y viceversa. Por otro lado, los PTC se caracteriza que en su resistencia o voltaje aumentan a la misma vez que la temperatura se incrementa. Los termistores radican en la alta sensibilidad a la temperatura, sin embargo, las limitantes que conlleva estos termistores son el autocalentamiento, pues requieren de fuente de corriente con un rango de temperaturas limitados (Corona et al., 2016).

1.16 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR ECT

El diagnóstico del funcionamiento correcto del sensor ECT implica realizar pruebas para determinar circuitos abiertos, tensiones y resistencias. Un circuito abierto indica a la computadora que la resistencia es alta, por lo tanto, determina una lectura de temperatura fría. Con respecto al cortocircuito, la ECM interpreta baja resistencia que denota una lectura de temperatura lo más alta posible (E-AUTO, 2022).

Los valores de voltaje que se pueden encontrar en el sensor ECT sobre 2V para motor frío y 0.5V para motor caliente. Cuando se tiene un sensor defectuoso se puede tener valores de 1.5V para motor frío y 1.25V para motor caliente, lo que provoca tener mezcla rica cuando el motor está caliente (Ingeniería y Mecánica automotriz, 2020). Los valores de voltaje y resistencia de coeficiente de temperatura negativo que tiene este sensor se muestran en la

Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Valores referenciales NTC

Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje (V)
0	4800-6600	4.00-4.50
20	2200-2800	3.00-3.50
40	1000-1200	2.50-3.00
60	800	2.00-2.50
80	270-380	1.00-1.30
110	-	0.50
Circuito roto	-	5.0 ± 0.1
Cortocircuito al suelo	-	0

Fuente: (Ingeniería y Mecánica automotriz, 2020)

1.16.1 Códigos de falla del sensor ECT

La

Tabla 1.3 muestra diferentes códigos de falla genéricos o universales, referentes al sensor de temperatura de refrigerante de motor, ya que la computadora del vehículo detecta un daño electrónico o mal funcionamiento del sensor en el vehículo, generando estos códigos.

Tabla 1.3 Códigos de falla genéricos del sensor ECT

Códigos DTC OBD II Sensor ECT	
Código	Descripción
P0115	Mal funcionamiento en el circuito de temperatura del refrigerante del motor
P0116	Problema de rango/operación en el circuito de temperatura del refrigerante del motor
P0117	Entrada baja en el circuito de temperatura del refrigerante del motor
P0118	Entrada alta en el circuito de temperatura del refrigerante del motor
P0119	Intermitente en el circuito de temperatura del refrigerante del motor
P0125	Temperatura de refrigerante de motor insuficiente para control de combustible a lazo cerrado
P0126	Temperatura del refrigerante del motor insuficiente para operación estable

P0128 Termostato del refrigerante del motor (temperatura del refrigerante inferior a la temperatura de regulación del termostato)

Fuente: (Guevara , 2013)

1.17 EQUIPO DE DIAGNÓSTICO BOSCH FSA-740

El equipo Bosch FSA-740 Edition es un dispositivo modular versátil. Se puede combinar con otras herramientas de medición (nuevas o existentes). Este dispositivo multifuncional contiene un módulo de medición, sensores, una computadora y un carro de transporte. Los diagnósticos se realizan mediante pruebas controladas por el menú, pruebas de componentes y generadores de señales. Al inspeccionar el sensor sin desmontarlo, puede solucionar con precisión el problema del componente afectado. Cuenta con: un osciloscopio, software con pruebas de componentes, optimización de tiempo comprobando componentes sin inspección adicional (sin extraerlos), simular la señal de prueba del sensor montado en el vehículo, identificar los componentes de CAN-Bus, sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.



Figura 1.18 Equipo Bosch FSA-740

(Robert Bosch España , 2018)

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo del presente trabajo de investigación está basado en la aplicación de tres métodos de investigación que son experimental, cuantitativo y cualitativo. Estos son necesarios debido a que se presentan varios procesos y pruebas controlando variables principales del vehículo estudiado que se realizarán bajo condiciones propuestas por autores para así analizar y comparar los resultados con la finalidad de cumplir los objetivos del proyecto.

El presente proyecto comprende de tres tipos de investigación. En el método experimental se requiere conocer y recopilar información técnica del vehículo Spark LT 2010, procedimientos para el uso correcto del equipo Bosch FSA 740, pruebas a realizar, manuales técnicos, teoría relacionada a la inyección electrónica automotriz y motor de encendido provocado. En el método cuantitativo se requiere obtener los resultados de las pruebas de simulación de fallas que se realicen en el vehículo, cuyos valores obtenidos permitan analizar el funcionamiento del sensor de oxígeno y temperatura, a través del uso de equipos estándares de otras marcas y de Bosch. El método cualitativo requiere analizar, comprender, comparar los resultados obtenidos entre el equipo Bosch FSA 740 y equipos estándar, por consiguiente, detallar las mediciones y verificar con manuales técnicos dichos valores obtenidos con el propósito de diagnosticar las fallas electrónicas que pueden presentarse en el vehículo.

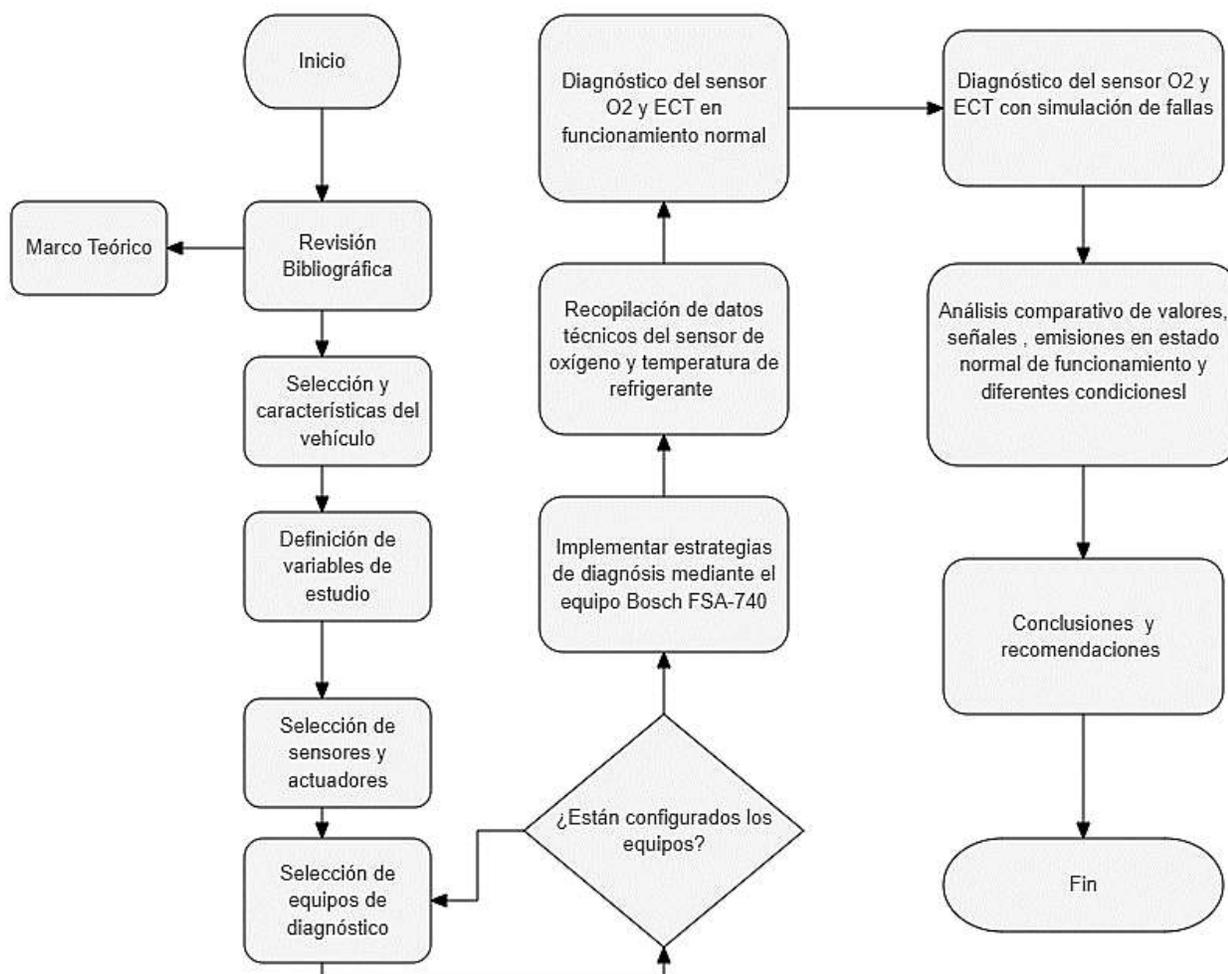
2.1.1 Enfoque Investigativo

El enfoque investigativo del proyecto es analizar el comportamiento del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante, para obtener datos resultantes de su funcionamiento, a través de la simulación de fallos en actuadores y sensores seleccionados. Además, es importante mencionar la

comparación de los equipos de diagnóstico con el fin de determinar los beneficios y contras con respecto a la precisión de los resultados.

Luego de la comparación de resultados, se determina sus rangos de funcionamiento, la variación en las señales, valores y emisiones a través de la simulación de fallas, por lo tanto, conocer cómo influye los resultados en mediciones de los gases de escape. En adición, se menciona que las emisiones se rigen de acuerdo con la normativa ecuatoriana INEN 2204:2002, y así determinar si el vehículo está trabajando en correctas condiciones en funcionamiento normal y la variación de resultados cuando se presenta fallas de sensores y actuadores.

2.2 PROCESO METODOLÓGICO



2.2.1 Selección y características del vehículo

En la presente investigación, el vehículo seleccionado es el Chevrolet Spark LT 1.0 con motor de encendido provocado de inyección electrónica. En este vehículo es posible la realización de las pruebas, el cual, contiene el sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante que favorece al proceso de diagnóstico, dado que el sistema del vehículo es OBD II. El desarrollo de las pruebas propuestas se realizará a través de simulación de fallas y lograr conocer el cambio en las emisiones producidas por el motor MEP. En la Figura 2.1 se muestra el vehículo y el equipo Bosch FSA-740 con sus sistemas incorporados.



Figura 2.1 Vehículo Chevrolet Spark LT y equipo Bosch FSA-740

La Tabla 2.1 indica los datos técnicos del vehículo Chevrolet Spark LT 1.0. Esto implica conocer las características del automóvil con el fin de adquirir información técnica para la ejecución de diagnósticos, pruebas de simulación de falla con el fin de verificar la variación de rangos de valores, señales y emisiones cuando el sensor de oxígeno y temperatura del refrigerante no funcionan correctamente.

Tabla 2.1 Datos informativos Chevrolet Spark LT

DATOS INFORMATIVOS	
Marca	Chevrolet
Año	2010
Modelo	Spark LT
Cilindraje	1000 cm^3

Número de cilindros	4 cilindros
Tipo de Inyección	Inyección electrónica Multipunto (MPFI)
Identificación de motor	B10S1
Potencia del motor	48 kW
Tipo de accionamiento	Con propulsión de dos ruedas

2.2.2 Definición de variables de estudio

Este punto trata sobre la definición de las variables dependientes. Estas se definen como variables que varían en función a las pruebas estáticas realizadas al motor. Como resultado se obtiene las señales de los componentes electrónicos. En la Tabla 2.2 se puede observar las variables esenciales para el análisis de las pruebas.

Tabla 2.2 Variable dependiente de sensores, actuadores y lubricantes

Variable dependiente	Abreviatura	Unidad de medida
Temperatura de refrigerante	ECT	°C
Porcentaje valor lambda	O ₂	V
Inyector	Inyector	V
Aceite de motor	SAE 20W50	cSt
Especificaciones	Multigrado API SL	
Normativa Oficial Mexicana	NOM-116-SCFI-2018	

En el diagnóstico de los sensores en motores de combustión interna, implica la transformación de magnitudes físicas a eléctricas, con el fin de enviar a la ECU información mediante señales y éste controle el pulso de inyección de los inyectores para tener un control eficiente. A continuación, en la Figura 2.2 se muestra la ubicación del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante de motor MEP.

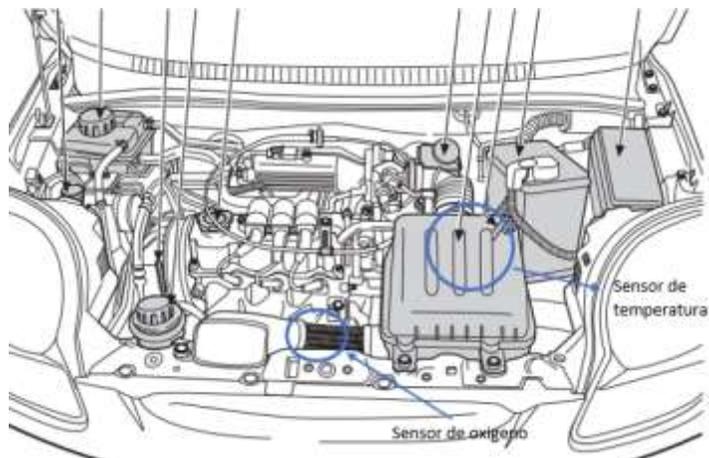


Figura 2.2 Ubicación de los sensores ECT y O₂

(Manual del Chevrolet Matiz, 2008)

2.2.3 Características del sensor de temperatura de refrigerante (ECT)

Para tener acceso al conector del sensor se extrae el depurador de aire, ya que está ubicado sobre el cuerpo del termostato, dado que en esta investigación se simula una desconexión del sensor ECT, por tanto, se requiere conocer la variación los valores y emisiones que produce la simulación de falla con respecto al funcionamiento normal.

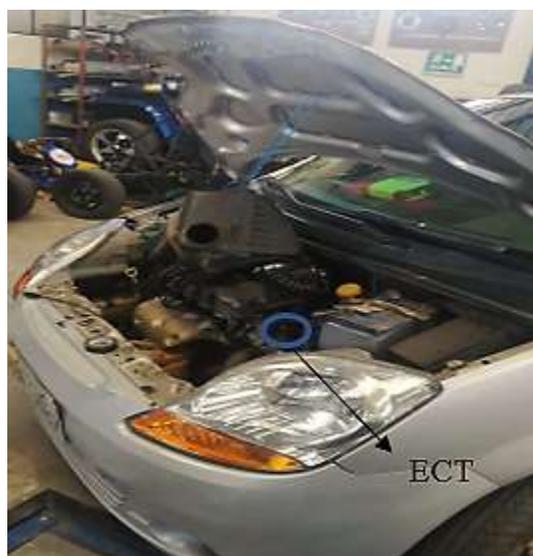


Figura 2.3 Ubicación específica del sensor ECT

Este sensor de temperatura de refrigerante es un termistor tipo NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo), por lo tanto, los valores de tensión varían de 3,82 a 1,02 V. En la Tabla 2.3 se presenta los valores de la temperatura del motor con sus respectivas resistencias.

Tabla 2.3 Valores de temperatura en base a la resistencia del sensor ECT

Temperatura	Resistencia
20 °C	3520 Ω
50 °C	185.2 Ω
80 °C	132.0 Ω
85 °C	49.2 Ω
105 °C	27.5 Ω

Fuente: (Manual Spark Definitivo 2007 2008)

En la Figura 2.4 se presenta el diagrama de conexión del sensor de temperatura de refrigerante (ECT), el sensor de presión de múltiple de admisión (MAP) y temperatura de aire de admisión (IAT). Este diagrama detalla que el cable de color amarillo (YE) es señal que conecta a la ECM en el pin 76 y rosado con blanco (PK/BK) es masa conectado al pin 19.

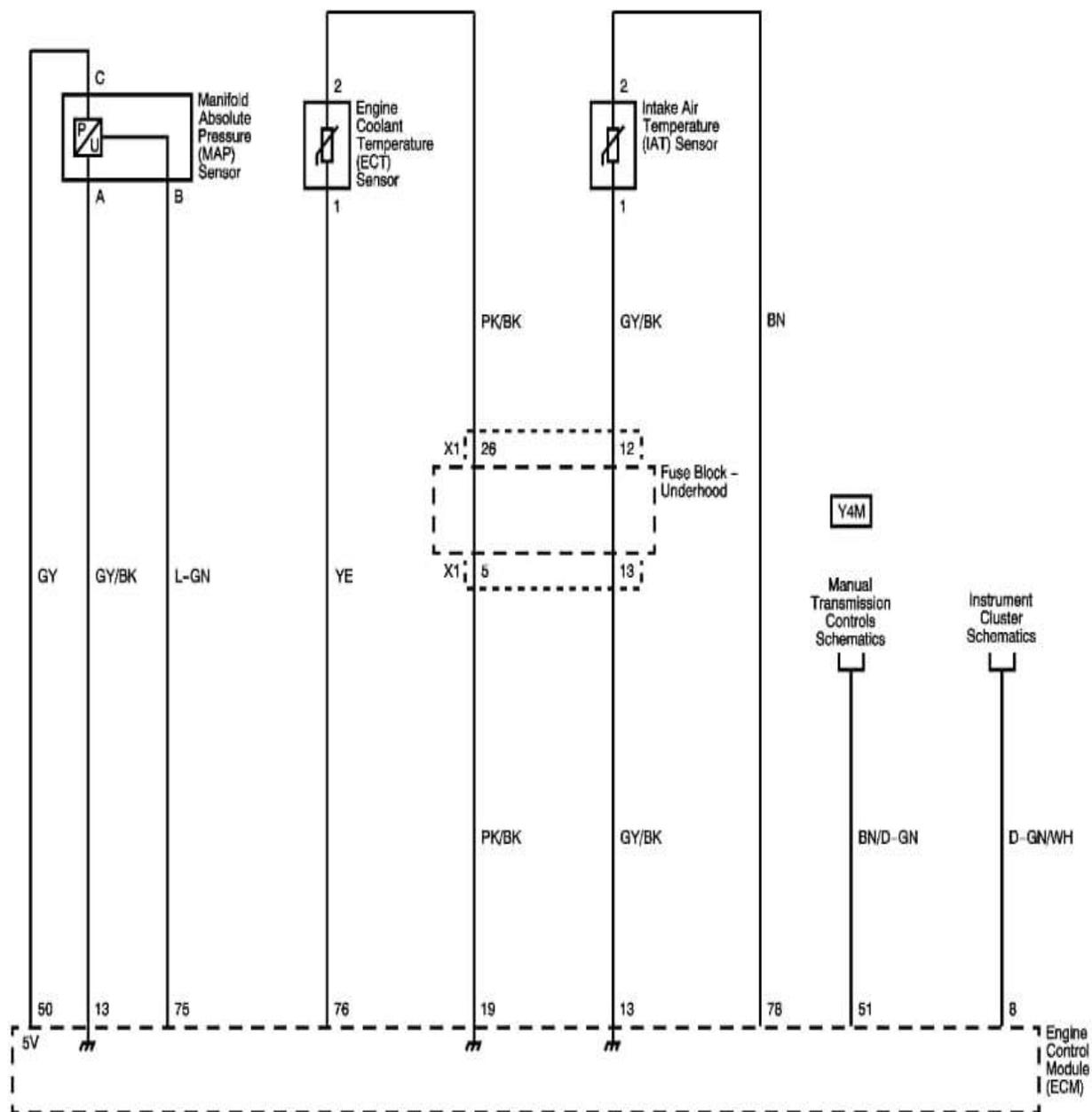


Figura 2.4 Diagrama de conexión del sensor ECT

Fuente: (Manual de taller Chevrolet Spark)

2.2.4 Características del sensor de oxígeno (O₂)

El vehículo Spark LT posee un sensor oxígeno de zirconio de 4 cables como se indica en la Figura 2.5, pues este sensor está en contacto con los gases de escape del motor y se encuentra ubicado antes del catalizador (Upstream).



Figura 2.5 Sensor de oxígeno del vehículo Spark LT

El manual de taller de Chevrolet Spark indica que los valores del sensor de oxígeno en funcionamiento normal a régimen de ralentí deben oscilar sobre los 600 mV e inferior a los 300 mV. El valor referencial debe estar entre 400 a 500 mV antes de encender el vehículo.

La Figura 2.6 presenta el diagrama de conexión del sensor de oxígeno calefactado, el manual indica el cable de señal de referencia es color verde oscuro con rosado conectado al pin 44 del módulo de medición de motor (ECM), el cable de la masa del sensor es gris con negro conectado al pin 13, el positivo del calefactor es color naranja con negro y el negativo del calefactor es azul oscuro con blanco conectado al pin 35.

Cabe mencionar, que este vehículo utilizado en el desarrollo de la investigación dispone únicamente el sensor de oxígeno antes del catalizador, por tanto, no tiene el sensor de oxígeno postcatalizador (Downstream).

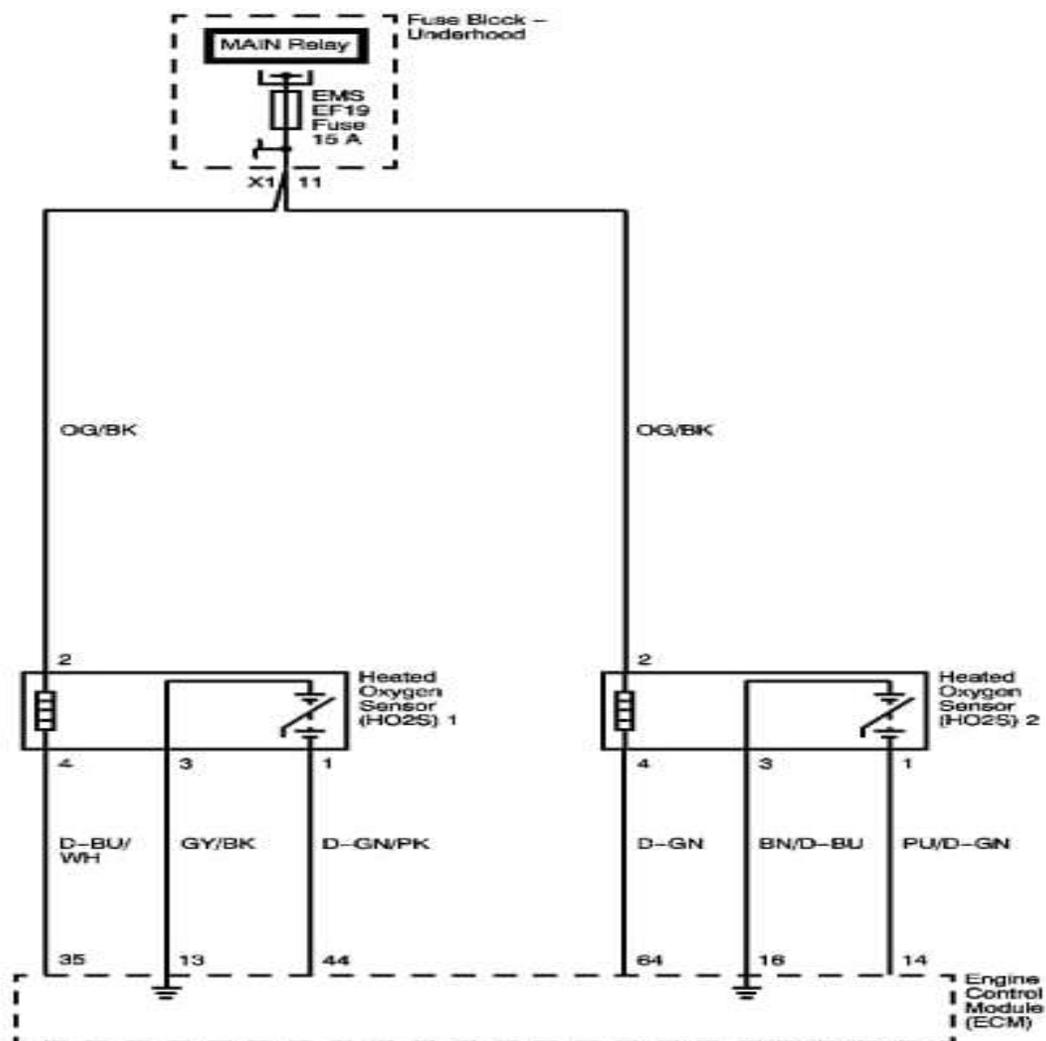


Figura 2.6 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno del vehículo Spark LT

Fuente: (Manual de taller Chevrolet Spark)

2.2.5 Características del inyector

Los inyectores del vehículo Spark LT, son de control saturado de alta impedancia dado que el valor de resistencia en estos inyectores varía de 15,5 a 15,6 ohmios. La ventaja de este tipo de inyector radica en la capacidad de mantener el circuito a una temperatura fría, ya que funciona a niveles de corriente bajos de 0,8 a 1 amperios, sin embargo, el tiempo de respuesta es lento. El pulso de inyección normal generalmente varía entre de 2 a 3 ms. Para calcular el amperaje se utiliza la ley de Ohm.

La Figura 2.7 presenta el diagrama de conexión de los inyectores, pues el cable 2 de color naranja con negro (OG/BK) en todos los inyectores es la alimentación de 12 voltios. La diferencia radica en la conexión a masa controlados por el módulo de control de motor, pues el cable del inyector 1 de color café (BN) está conectado al pin 90 de la ECM, inyector 2 de color verde claro con negro (L-GN/BK) al pin 58, inyector 3 de color rosado con negro (PK/BK) al pin 89, y el inyector 4 de color azul claro (L-BU/BK) conectado al pin 89.

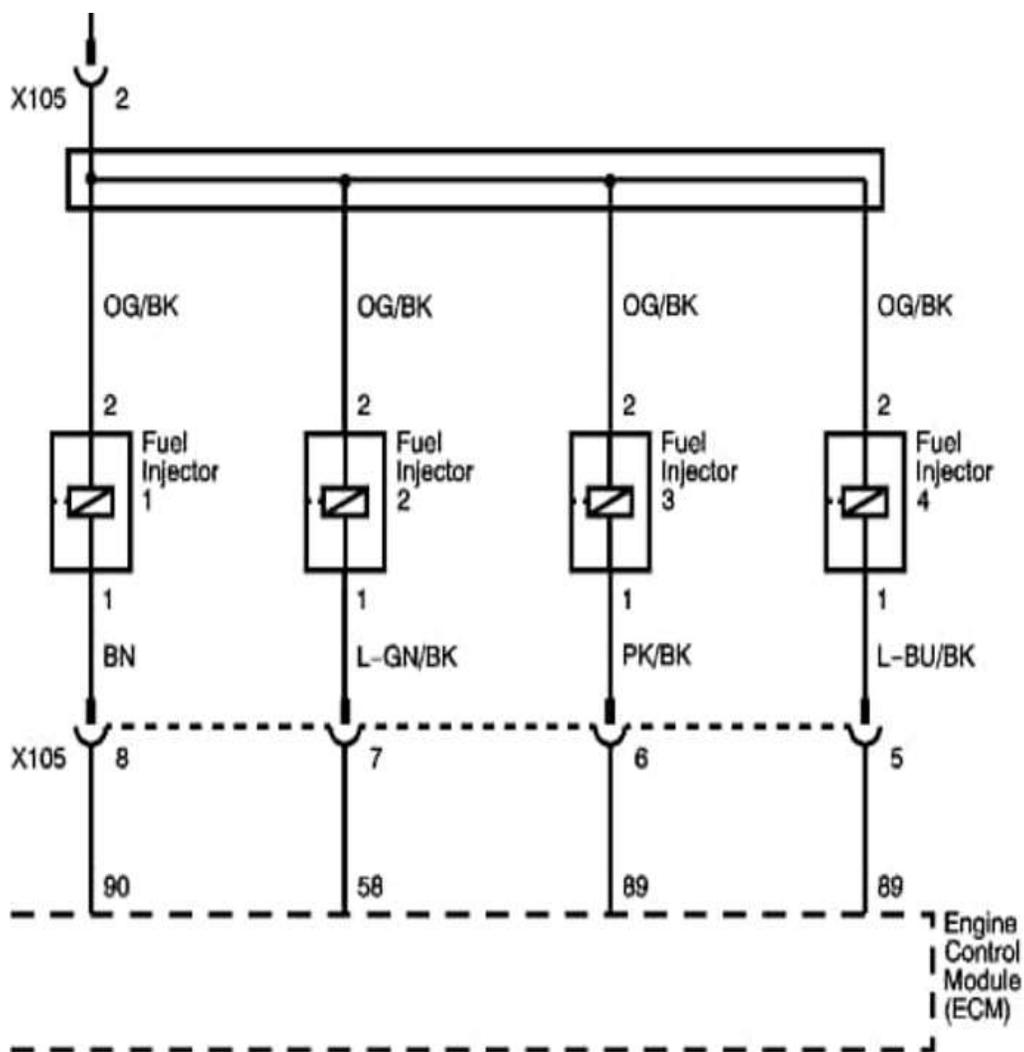


Figura 2.7 Diagrama de conexión de inyectores

2.2.6 Selección de equipos

En la Tabla 2.4 se detalla los equipos utilizados para la ejecución de pruebas de diagnóstico en el sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante. Esto implica la obtención de resultados con

la finalidad de comparar los datos entre equipos estándar de diagnóstico con los sistemas del equipo de Bosch FSA-740.

Tabla 2.4 Equipos de diagnóstico electrónico

Equipos	Modelo	Marca
Equipo de diagnóstico	FSA-740	Bosch
Multímetro	DT5802A	Focan
Osciloscopio	3840F	OTC
Escáner	MX808	Maxi Check
Analizador de gases	AGS-688	Brain Bee

El equipo Bosch FSA-740 presenta un conjunto de sistemas y subequipos tales como escáner, analizador de gases y osciloscopio con sus respectivos softwares, que conforman un solo equipo de diagnóstico, por lo tanto, son indispensables para el desarrollo de la investigación. En la Tabla 2.5 se presenta los subequipos incluidos en el equipo FSA-740 con sus respectivos softwares.

Tabla 2.5 Equipos incluidos en FSA-740

Subequipos	Modelo	Software
Escáner	KTS 560	ESI [tronic] 2.0
Analizador de gases	BEA 055	BEA 950-PC
Módulo de medición	FSA-720	SystemSoft[plus]

2.2.6.1 Bosch FSA-740

El equipo Bosch FSA-740 se caracteriza por ser un equipo de diagnóstico automotriz muy útil y completo, debido a los sistemas que posee, con la finalidad de realizar y comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas electrónicos del vehículo. Además, cuenta con el software ESI [tronic] 2.0, que contiene información técnica del vehículo Spark LT.

Para este proyecto de investigación se utilizó los subequipos de diagnóstico con sus respectivos softwares, tales como el escáner KTS-560, juntamente con el software ESI [tronic], el analizador de gases BEA-055 con su software BEA 950-PC, el osciloscopio del módulo de medición portátil de FSA-740. También se utilizó equipos y herramientas de diagnóstico estándar como el escáner Maxi Check MX808, el multímetro digital Focan DT5802A, analizador de gases AGS-688, el captador cuentarrevoluciones MGT-300 y el osciloscopio OTC-3840F.

En la Figura 2.8 se muestra el equipo Bosch FSA-740, requerido para la ejecución de las pruebas propuestas en el sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante de un vehículo de motor de encendido provocado.



Figura 2.8 Equipo Bosch FSA-740

2.2.6.2 Escáner Bosch KTS 560 y software ESI [tronic] 2.0

En la Figura 2.9 presenta el equipo incorporado del FSA-740, este escáner cuenta con su adaptador para el conector DLC (Data Link Conector), con el fin de establecer comunicación con la ECU y obtener valores reales de los parámetros de funcionamiento del vehículo. Su conexión con el monitor del FSA-740 es mediante bluetooth o conexión por cable.

Cabe aclarar que este escáner funciona juntamente con el software ESI [tronic] 2.0, que implica seleccionar el tipo de vehículo a diagnosticar o con el número VIN (Número de Identificación Vehicular) que detalla la matrícula.



Figura 2.9 Escáner Bosch KTS 560

En la

Tabla 2.6 se presenta las funciones del software Esi[tronic] 2.0, ya que proporciona datos técnicos de vehículos de más de 150 marcas, por lo tanto, favorece al diagnóstico electrónico automotriz.

Tabla 2.6 Funciones del software Esi[tronic]

Funciones
• Información del vehículo
• Diagnóstico de las unidades de control
• Catálogo de equipamiento de vehículos
• Reparaciones basadas en experiencia/ Soluciones conocidas
• Manuales e instrucciones
• Diagramas de circuitos para los sistemas de confort
• Calendario e información de mantenimiento

En la Figura 2.10 se observa la pantalla principal del software Esi[tronic] 2.0 en el computador PC que es indispensable en el funcionamiento del equipo Bosch FSA-740 con el propósito de realizar un diagnóstico eficaz con información técnica y modos sencillos de utilización.



Figura 2.10 Pantalla principal de software ESI[tronic] 2.0.

2.2.6.3 Analizador de gases de escape BEA 055 y software BEA 950-PC

El analizador BEA 055 se caracteriza por facilitar la medición de gases de escape en vehículos a gasolina. Este equipo está constituido de una placa de circuito impreso de ordenador con medición de gases de escape, temperatura y número de revoluciones. Hay que mencionar que se miden los componentes de gases de escape tales como CO, HC, CO₂ y NO_x. El software utilizado es BEA 950-PC dado que se establece comunicación mediante conexión USB entre el equipo y el computador. Este analizador forma parte del equipo Bosch FSA-740 presente en la Figura 2.11, por tanto, es de gran utilidad para obtener resultados de los gases de escape y determinar la variación de emisiones durante la realización de las pruebas de simulación de fallas.



Figura 2.11 Analizador de gases de escape BEA 055

La Tabla 2.7 presenta los rangos de medición, unidad de medida y resolución que posee este analizador de gases durante su funcionamiento. Este equipo a través del módulo de medición de Bosch FSA-740, dispone de pinzas de conexión de batería y cable de bobina para transmitir las revoluciones del motor y un sensor tipo sonda para medir la temperatura de aceite.

Tabla 2.7 Rangos de medición analizador BEA 055

Parámetro	Rango de medición	Unidad	Resolución
Monóxido de carbono (CO)	0 – 10	% volumen	0,001 % vol.
Dióxido de carbono (CO ₂)	0 – 18	% volumen	0,01 % vol.
Hidrocarburos (HC)	0 – 9999	PPM	1 ppm vol.
Oxígeno (O ₂)	0 – 25	%	0,01 % vol.
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0 – 5000	PPM	1 ppm vol.
Lambda (λ)	0,5 – 9,999	-	0,001
Revoluciones de motor (RPM)	400 – 8000	1/min	10
Temperatura de aceite	-20 – 150	°C	1

Fuente: Manual Bosch BEA-055

2.2.6.4 Módulo de medición portátil FSA-720 y software SystemSoft[plus]

El módulo de medición portátil FSA-720 es un subequipo que forma parte del conjunto de sistemas de Bosch FSA-740, por lo tanto, se caracteriza por contener funciones importantes que favorecen el proceso de diagnóstico tomando en cuenta que primero se identifica el vehículo a diagnosticar y con sus respectivos ajustes.

La .

Tabla 2.8 presenta las funciones correspondientes de este software que destaca por la capacidad de realizar un análisis de sistemas para vehículos.

Tabla 2.8 Funciones del software de sistema FSA

Funciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación del vehículo 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ajustes 	
Análisis de sistemas para vehículos	
<ul style="list-style-type: none"> • Pasos de prueba (Comprobación de motores Otto y diésel) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trazador de curvas
<ul style="list-style-type: none"> • URI 	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio Universal
<ul style="list-style-type: none"> • Generador de señales 	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio de encendido primario
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de componentes (Comprobación de componentes de vehículo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Osciloscopio de encendido secundario

Fuente: Manual Bosch FSA-740

En la Figura 2.12 se observa la pantalla principal del módulo de medición FSA-720, pues este equipo tiene el software SystemSoft[plus] en el computador.

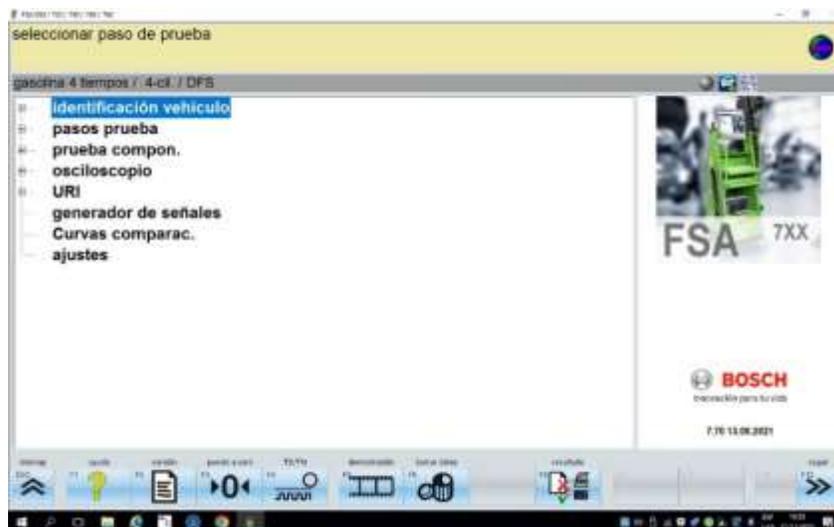


Figura 2.12 Pantalla principal del módulo de medición FSA-720

2.2.6.5 Multímetro Digital Focan DT5802A

Este equipo permite diagnosticar los sensores y actuadores del vehículo, mediante la verificación de voltajes de señal, masa, alimentación y resistencias. La Tabla 2.9 presenta los datos técnicos del multímetro y las funciones indispensables para el proceso de diagnóstico a través de mediciones, con el propósito de obtener valores relacionados a los manuales del vehículo, que favorecen a la verificación del correcto funcionamiento de los sensores y actuadores que se analizaron.

Tabla 2.9 Datos técnicos y funciones de multímetro digital Focan DT5802A

Datos técnicos		
• Medición de tensión directa y alterna	• Medición de capacitancia	• Congelación de pantalla
• Medición de corriente directa y alterna	• Prueba de diodos	• Prueba de transistor
• Medición de resistencia	• Prueba de continuidad	• Apagado automático

Fuente: Manual de multímetro Focan DT5802A

Cabe destacar que la utilización del multímetro implica tener conocimientos acerca de su uso, caso contrario, un mal manejo del equipo y mediciones incorrectas, implicaría que el

multímetro no funcione. La Figura 2.13 presenta el multímetro digital utilizado durante el desarrollo de este proyecto de investigación.



Figura 2.13 Multímetro digital Focan DT5802A

2.2.6.6 Osciloscopio OTC- 3840F

Es un equipo de diagnóstico estándar de 2 canales que proyecta oscilogramas en una pantalla LCD. En la Figura 2.14 se observa el osciloscopio OTC-3840F, que es utilizado en el proyecto de investigación, pues permite presentar las formas de onda, valores máximos, mínimos de voltajes, frecuencia de variación de las señales de sensores y actuadores.

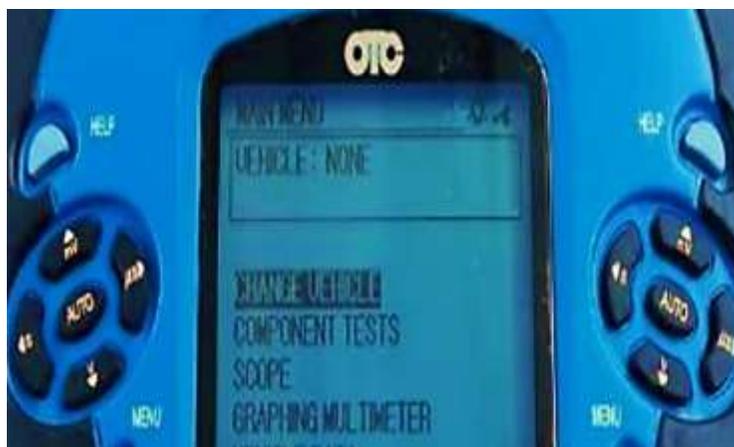


Figura 2.14 Osciloscopio OTC- 3840F

2.2.6.7 Escáner automotriz Maxi Check MX808

En la Figura 2.15, el escáner utilizado Maxi Check 808 es un equipo de diagnóstico estándar, que permite mantener comunicación con la ECU del vehículo para analizar y verificar códigos de falla, valores reales del correcto funcionamiento de actuadores y sensores, con el fin de interpretar fallas electrónicas, mediante los datos del fabricante del vehículo Spark LT.



Figura 2.15 Escáner Maxi Check MX808

2.2.6.8 Analizador de gases de escape AGS-688

Este equipo de fabricación italiana tiene la función de analizar los gases de escape producidos por el motor de combustión interna, de modo que permite examinar los siguientes compuestos químicos: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), Oxígeno(O₂) y óxido de nitrógeno (Nox). Mediante este equipo es posible diagnosticar la falla de un componente o el motivo de una mala combustión. Cabe recalcar que el objetivo del analizador de gases es detectar el porcentaje de los gases de escape, posteriormente a ello, tiene la capacidad de imprimir los resultados a través de una impresora térmica. Además, este equipo se caracteriza por tener rangos de medición avalados por la CORPAIRE.

Por otro lado, este equipo automotriz minimiza el flujo de los gases de escape, mediante el uso del sistema de filtrado reforzado y con trampa de agua. Ahora bien, para obtener los valores en la pantalla LCD, se coloca una sonda en el tubo de escape, que en definitiva su medición se

basa en porcentajes de gases. En la Figura 2.16 se muestra el analizador de gases AGS-688 utilizado para el desarrollo de la investigación.



Figura 2.16 Analizador de gases AGS-688 BRAIN BEE

Los rangos de medición del analizador de gases AGS-688 y la resolución son características que van acorde al tipo de fabricante, en la tabla 2.10 se ilustra a detalle los límites máximos y mínimos con sus respectivas unidades. Además, se ilustra los rangos de parámetros de revoluciones de motor y temperatura de aceite.

Tabla 2.10 Rangos de medición AGS-688

Parámetro	Rango de medición	Unidad	Resolución
Monóxido de carbono (CO)	0 – 9,99	% volumen	0,01% vol
Dióxido de carbono (CO ₂)	0 – 19,9	% volumen	0,1 % vol
Hidrocarburos (HC)	0 – 9999	PPM	1 ppm vol
Oxígeno (O ₂)	0 – 25	%	0,01 % vol
Óxido de nitrógeno (NO _x)	0 – 5000	PPM	10 ppm vol
Lambda (λ)	0,5 – 5,0	-	0,001
Revoluciones de motor (RPM)	300 – 9990	1/min	10
Temperatura de aceite	20 - 150	°C	1

Fuente: Manual del analizador de gases AGS-688 BRAIN BEE

2.2.6.9 Captador cuentarrevoluciones MGT-300

Este equipo automotriz funciona juntamente con el analizador de gases AGS-688, debido a que transmite las revoluciones del motor. Su conexión viene dada por dos terminales que van directo a los bornes positivo (+) y negativo (-) de la batería. Además, cuenta con un sensor de detonación que mediante un imán de ubica sobre la culata del motor que determina las revoluciones del motor, pues este equipo se enlaza inalámbricamente al analizador. En la Figura 2.17 se observa el captador cuentarrevoluciones cuando el motor se encuentra a régimen de ralentí a 940 rpm.



Figura 2.17 Captador cuentarrevoluciones MGT-300

2.2.7 Recopilación de datos técnicos del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante

La recopilación de datos implica determinar los datos técnicos del sensor O₂ y ECT, por lo tanto, se requiere medir voltaje, resistencia, identificar cables de señal, masa, calefactor positivo y negativo.

Además, se requiere obtener la información de la altura, temperatura ambiente y presión atmosférica. Esto implica conocer a qué condiciones se encuentra el vehículo Spark LT para desarrollar las pruebas de diagnóstico.

2.3 ESTRATEGIAS DE DIAGNÓSTICO EN EL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON EL EQUIPO BOSCH FSA-740 Y EQUIPOS ESTÁNDAR

El diagnóstico implica en la obtención de resultados de valores reales, señales y emisiones en condición normal de funcionamiento del vehículo. Se requiere realizar simulaciones de falla para determinar la variación de los resultados mediante la desconexión del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante, un inyector, un cable de bobina y extracción del filtro de aire. Posteriormente, se requiere realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos en los equipos de diagnóstico estándar, equipo BoschFSA-740 en funcionamiento normal con fallas simuladas.

2.3.1 Obtención de valores reales y configuración de escáner MAXI CHECK 808

El desarrollo del proyecto de investigación implica en la obtención de los valores reales del vehículo en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de fallas, por lo tanto, se requiere realizar la configuración del escáner MAXI CHECK 808 acorde a las características del vehículo Spark LT ya que esta información se encuentra detallada en la matrícula. A continuación se procede a detallar los pasos a seguir para la obtención de datos en tiempo real:

1. En primer lugar, identificar el conector OBD que se encuentra en la parte inferior del volante del vehículo y conectar el escáner MAXI CHECK 808. La Figura 2.18 presenta la pantalla principal del escáner.



Figura 2.18 Conexión del escáner Maxi Check 808

2. Luego se selecciona la función “Diagnósticos”, pues se selecciona la marca Daewoo y en la Figura 2.19 presenta el modelo del vehículo (Spark), debido a que se selecciona acorde

a las características presentadas en la matrícula. Antes de continuar con el procedimiento de diagnóstico es indispensable colocar la llave en posición ON.

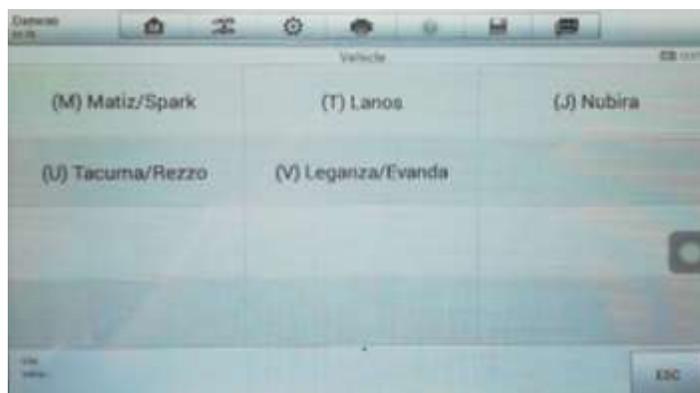


Figura 2.19 Selección del modelo del vehículo

- Otro método de ingresar los datos del vehículo es mediante la selección "VIN", es decir, ingresar el número de identificación vehicular del Chevrolet Spark 2010. En la Figura 2.20 se obtiene el perfil del vehículo que denota el año (2010), manufactura del producto (Chevrolet), nombre (Spark) y VIN del vehículo.

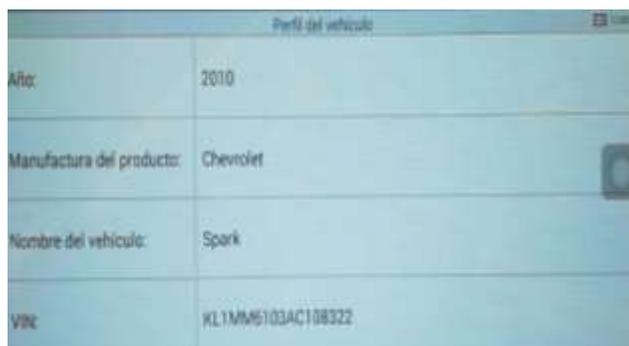
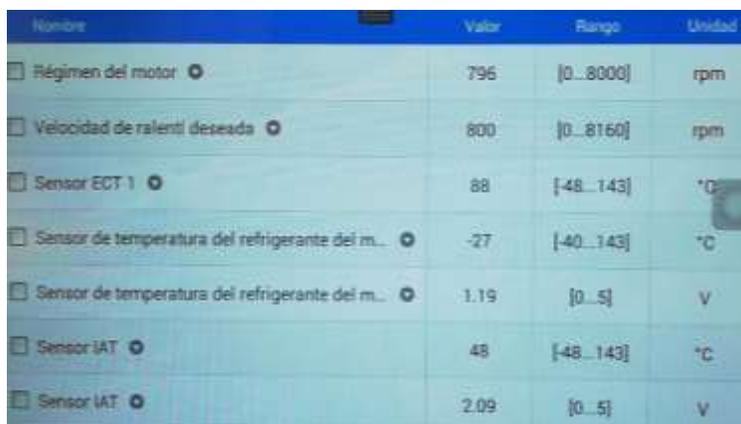


Figura 2.20 Perfil del vehículo

- Al establecerse la comunicación del escáner con el vehículo, se selecciona el sistema "Engine" para lograr observar los valores reales de funcionamiento de sensores y actuadores, pues se requiere analizar valores reales de funcionamiento del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante para así conocer la variación de datos y los códigos de falla que se generan cuando se realiza la simulación de fallas en el vehículo.

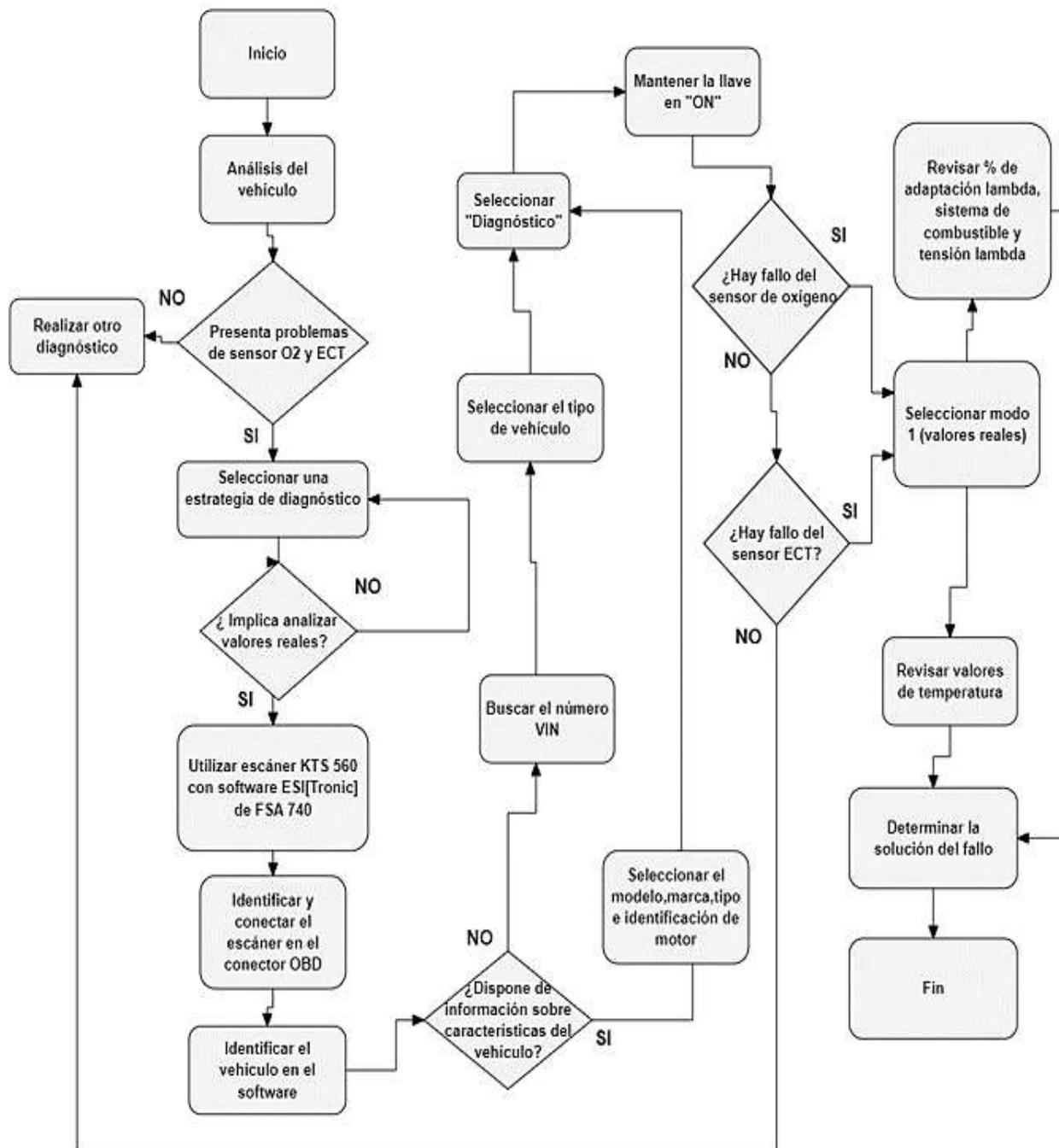


Nombre	Valor	Rango	Unidad
<input type="checkbox"/> Régimen del motor	796	[0..8000]	rpm
<input type="checkbox"/> Velocidad de ralentí deseada	800	[0..8160]	rpm
<input type="checkbox"/> Sensor ECT 1	88	[-48..143]	°C
<input type="checkbox"/> Sensor de temperatura del refrigerante del m...	-27	[-40..143]	°C
<input type="checkbox"/> Sensor de temperatura del refrigerante del m...	1.19	[0..5]	V
<input type="checkbox"/> Sensor IAT	48	[-48..143]	°C
<input type="checkbox"/> Sensor IAT	2.09	[0..5]	V

Figura 2.21 Pantalla principal de valores reales en Maxi Check 808

2.3.2 Obtención de valores reales y configuración de Esi[Tronic] 2.0

Esta estrategia implica la obtención de los valores reales del vehículo en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de fallas. Para ello se requiere realizar la configuración del Esi[tronic] acorde a las características del vehículo Spark LT. Se procede a detallar los pasos a seguir con el equipo KTS 560 mediante la utilización del software Esi [Tronic] 2.0.



1. En primer lugar, identificar el conector OBD II que se encuentra en la parte inferior del volante del vehículo y conectar el escáner KTS-560 como se indica en la



2. **Figura 2.22.**



Figura 2.22 Conexión del escáner KTS 560

3. La Figura 2.23 presenta la pantalla principal del Software ESI [tronic] 2.0. Para acceder a la función “Diagnóstico”, en primer lugar, se identifica el vehículo Spark LT acorde las características presentadas en la matrícula.

Identificación vehículo						
Designación	Identificación VIN	Últimos 30 vehículos	Clave RB	Clave KBA(D)	Nº permiso circulación (CH)	Type-Mine/Nº Cn
Pais	Todos					
Tipo vehíc.	Vehículo ligero					
Tipo accion	Gasolina					
Marca						

Figura 2.23 Software ESI [tronic] 2.0

4. Una vez dentro del programa, seleccionar “Identificación VIN”, e ingresar el número de identificación vehicular del Chevrolet Spark 2010. Se selecciona el ícono “Leer VIN” para obtener los tipos y modelos del vehículo, como se indica en la Figura 2.24.

La identificación de VIN está completa.

VIN: K L 1 M M 6 1 0 3 A C 1 0 8 3 2 2

Clave RB	Tipo	Modelo interno	Litro	kW	Año de fabricación	Ident.motor
CHE633	Matiz 1.0 i	M200	1.0	48.0	02/2005 - 12/2010	B10S1
CHE2226	Spark 1.0 i	M200	1.0	48.0	02/2005 - 12/2010	B10S1
CHE3780	Spark 1.0	M200	1.0	48.0	02/2005 -	B10S1
CHE2745	Matiz 1.0 i	M200	1.0	48.0	09/2010 - 08/2015	-

Figura 2.24 Identificación y selección del vehículo

5. Al seleccionar el tipo y modelo del vehículo, el software requiere una identificación posterior, en el caso del vehículo Spark LT, cuenta con tipo de conexión de diagnóstico con enchufe de 16 polos para OBD, como se indica en la Figura 2.25.

Identificación posterior

Tipo conector conex. diagnóstico

Enchufe de 16 polos para OBD

Enchufe de 16 polos para OBD

Enchufe de 12 polos

Figura 2.25 Identificación posterior

6. Antes de continuar con el procedimiento de diagnóstico es indispensable colocar la llave en posición ON. Seguido seleccionar el botón que se encuentra en la parte inferior derecha “Inicio” que permite establecer comunicación con el vehículo como indica la Figura 2.26.

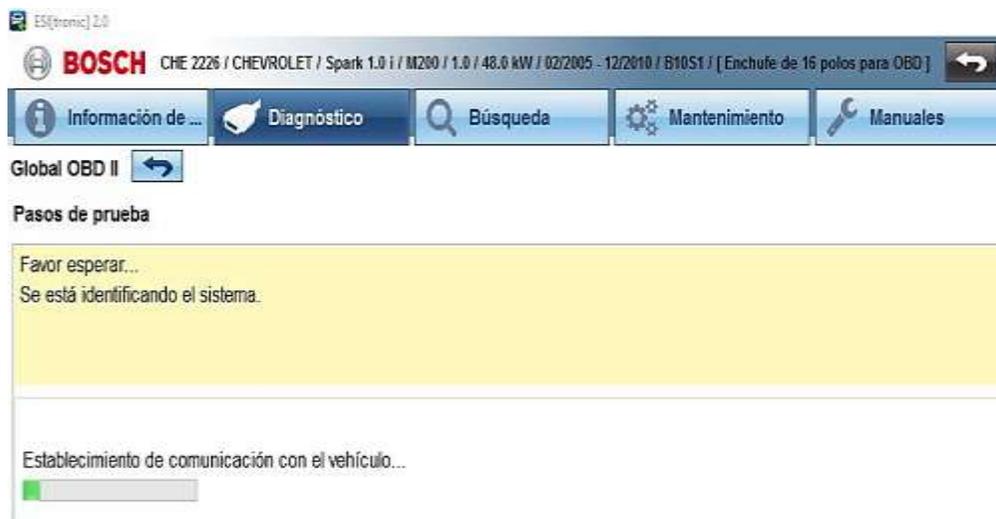


Figura 2.26 Comunicación del escáner KTS560

7. Al establecerse la comunicación del escáner con el vehículo, la Figura 2.27 presenta el panorama On Board, que implica los 9 modos de diagnóstico. En esta investigación se requiere analizar valores reales de funcionamiento del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante y conocer los códigos de falla que se generan cuando se realiza la simulación de fallas en el vehículo.

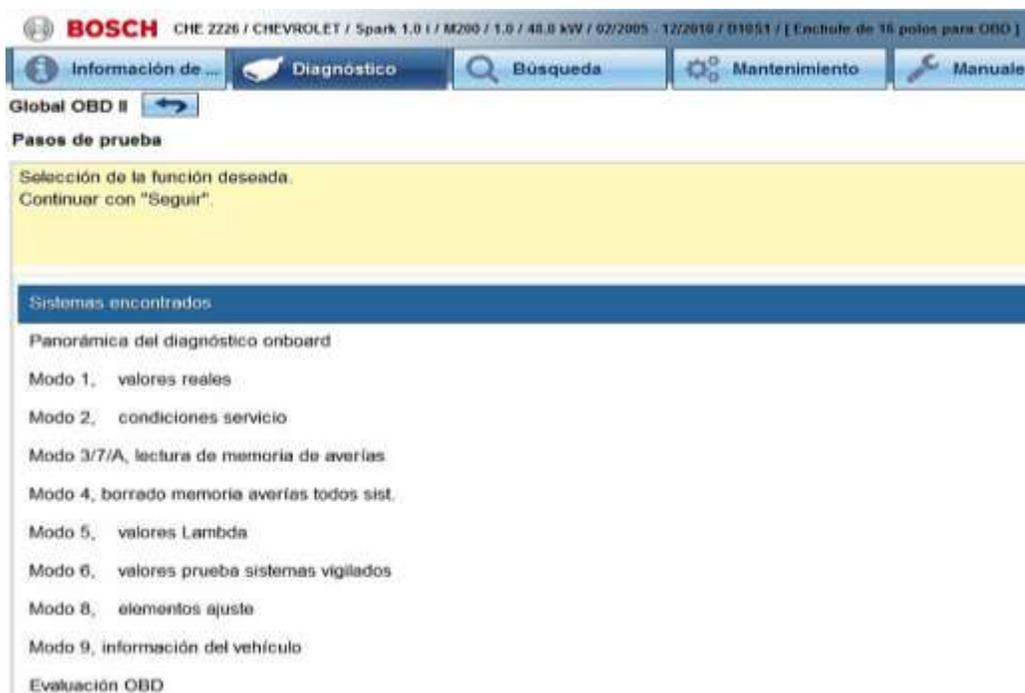


Figura 2.27 Panorama del diagnóstico On Board

- Luego seleccionar el modo 1 para presentar los valores que permiten analizar los resultados de cada sensor y finalmente encender el vehículo para observar los datos en tiempo real como se presenta en la Figura 2.28.

Unidad control	Valor real	Valor	Unidad
<input type="checkbox"/> ECM	Sistema de combustible apto servicio	Sí	
<input type="checkbox"/> ECM	Temperatura del aire aspirado	48	°C
<input type="checkbox"/> ECM	Valor de carga calculado	22.4	%
<input type="checkbox"/> ECM	Adaptación Lambda línea 1	7.8	%
<input type="checkbox"/> ECM	Presión del tubo de aspiración	28	kPa
<input type="checkbox"/> ECM	Kilometraje con MIL activado	0	km
<input type="checkbox"/> ECM	Identificación fallos disp. servicio	Sí	
<input type="checkbox"/> ECM	Sonda Lambda (bancada 1, sensor 1): Tensión	0.840	V
<input type="checkbox"/> ECM	Sonda Lambda apta para el servicio	No	
<input type="checkbox"/> ECM	Diagnóstico a bordo (OBD): Estado	OBD I certificado	
<input type="checkbox"/> ECM	Número de revoluciones del motor	787	1/min
<input type="checkbox"/> ECM	Integrador Lambda línea 1	0.0	%

Figura 2.28 Pantalla de valores reales en funcionamiento normal

2.3.3 Obtención de señales y configuración del osciloscopio OTC-3840F

La obtención de señales del sensor de oxígeno implica analizar la variación que se produce en condiciones normales de funcionamiento y durante las simulaciones de falla, por lo tanto, se utiliza el osciloscopio OTC-3840F.

- En esta sección se explica la configuración del osciloscopio. En primer lugar se debe acceder al menú principal y seleccionar “CHANGE VEHICLE”, introducir las características del vehículo que es 4 cilindros, 4 tiempos, batería de 12 voltios y el encendido DIS, tal como indica la Figura 2.29.



Figura 2.29 Menú del osciloscopio OTC 3840F

2. En el siguiente paso, se selecciona “COMPONENT TEST”, el cual dirigirá a otro menú que implica seleccionar sensores, actuadores, eléctrico e ignición como indica la Figura 2.30.

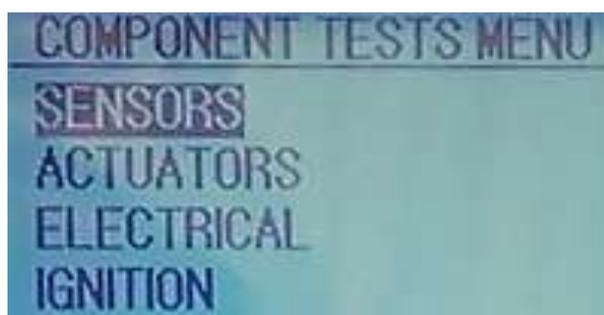


Figura 2.30 Menú Component Test del osciloscopio OTC 3840F

3. Al seleccionar “SENSORS” lleva a otro menú, donde permite elegir los sensores del vehículo. Se escoge “O₂S Sensor (Zirc)”, debido a que el sensor de oxígeno del vehículo Spark LT es de Zirconio y también se selecciona el sensor ECT como indica la



4. Figura 2.31.



Figura 2.31 Menú Sensor Tests del osciloscopio OTC 3840F

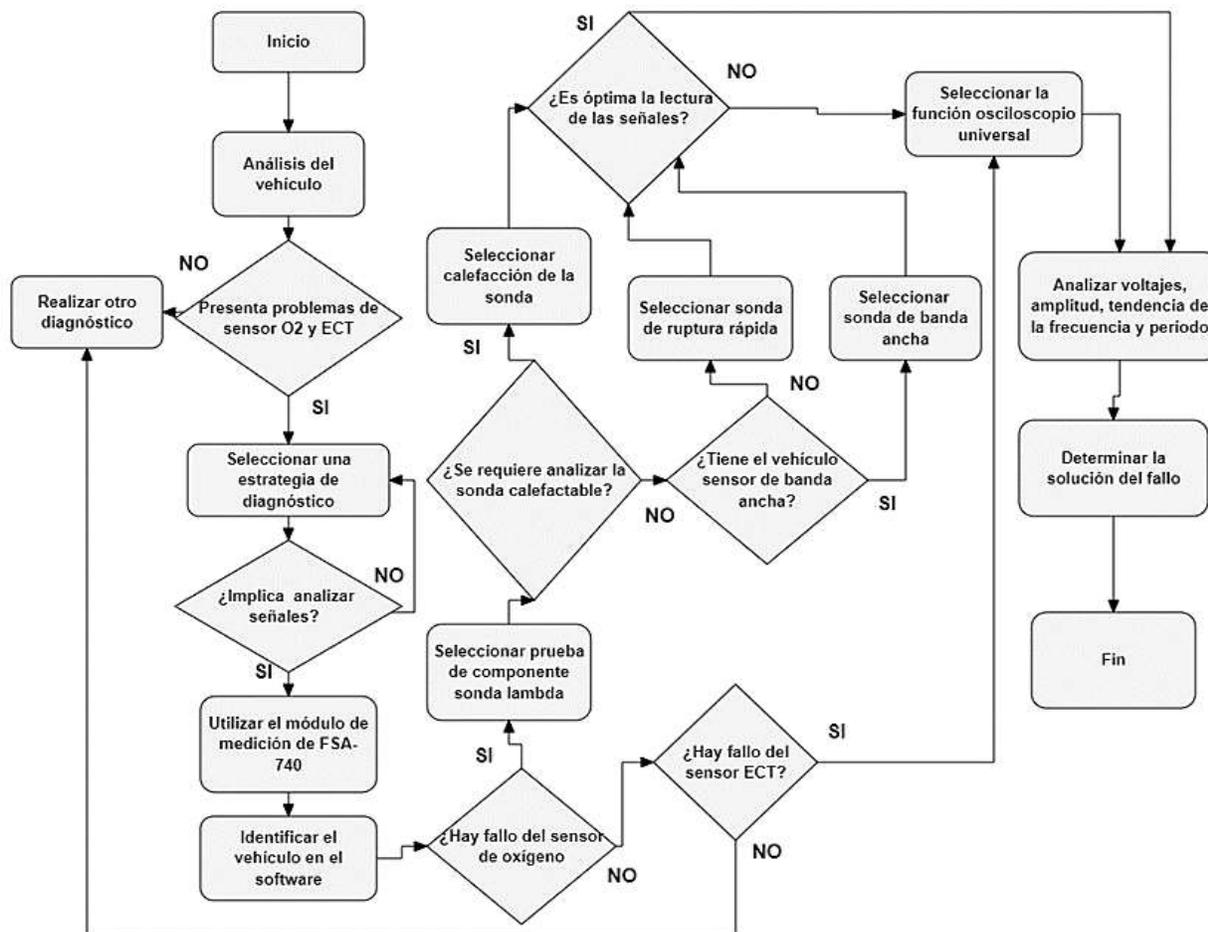
- De esta forma es posible acceder a las opciones sensor de oxígeno (O₂) y temperatura de refrigerante de motor (ECT), que dispone el osciloscopio para observar y analizar la variación de señales. La Figura 2.32 indica las gráficas de las señales de referencia.



Figura 2.32 Oscilogramas de referencia de sensor O₂ y ECT

2.3.4 Obtención de señales y configuración del módulo de medición de FSA-740

Esta estrategia implica realizar el diagnóstico de señal del sensor de oxígeno, mediante la utilización del módulo de medición de FSA-740, por lo tanto, debe haber sido configurado acorde a las características del vehículo Spark LT. En este método se requiere obtener resultados de las simulaciones de fallas, con la finalidad de analizar, comparar, observar la variación de señales y valores que se producen en el sensor de oxígeno con respecto al funcionamiento normal del vehículo.



A continuación, se presenta el procedimiento paso a paso para configurar el módulo de medición y diagnosticar la señal del sensor de oxígeno:

1. En primer lugar, se utilizó el equipo FSA-740, motivo por el cual fue necesario ubicar el ícono principal para abrir el programa en el computador (FSA for Core). Al seleccionar el programa FSA es importante identificar el vehículo acorde a sus características. La configuración implica en la identificación del tipo de vehículo con el propósito de colocar los datos del motor del vehículo Spark LT, se tiene en cuenta que es de gasolina de 4 tiempos, 4 cilindros, el orden de encendido 1-3-4-2 y su tipo de encendido es de chispa pérdida. Es necesario recalcar que “DFS” hace referencia a chispa doble de encendido, por lo tanto, se muestra en la Figura 2.33, la identificación concluida, con el fin de acceder a las funciones del módulo de medición del equipo Bosch FSA-740.

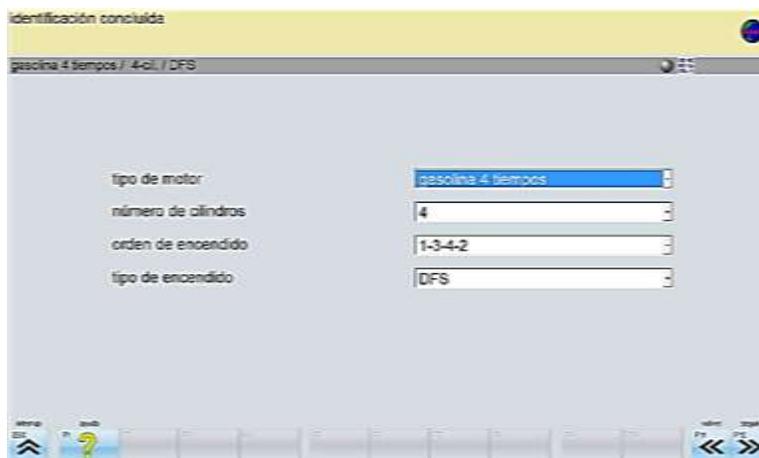


Figura 2.33 Identificación del tipo de vehículo en FSA

Luego de la identificación del vehículo, se presentan las funciones que posee el módulo de medición de FSA-740, tales como pasos prueba, osciloscopio, URI que genera señales, curvas de comparaciones, ajustes y pruebas de componentes como se indican en la Figura 2.34. El uso correcto del equipo implica configurar el idioma a español en el menú “Ajustes”.

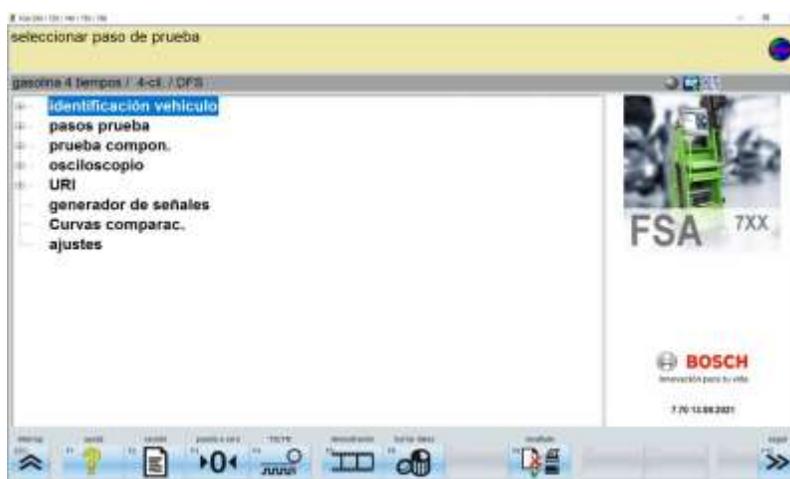


Figura 2.34 Funciones FSA con su respectiva identificación del vehículo

2. Antes de realizar las pruebas, es necesario desconectar los sensores o actuadores que impliquen en la simulación de falla. Luego realizar la conexión del FSA-740 con el cable de señal del sensor de oxígeno como se presenta en la Figura 2.35.



Figura 2.35 Conexión del canal CH1 del osciloscopio del FSA-740

3. Para la obtención de la señal, el primer método implica en la selección “prueba componentes” , pues en este caso se requiere analizar el sensor de oxígeno, por lo tanto se escoge “sondas Lambda” como detalla la Figura 2.36.

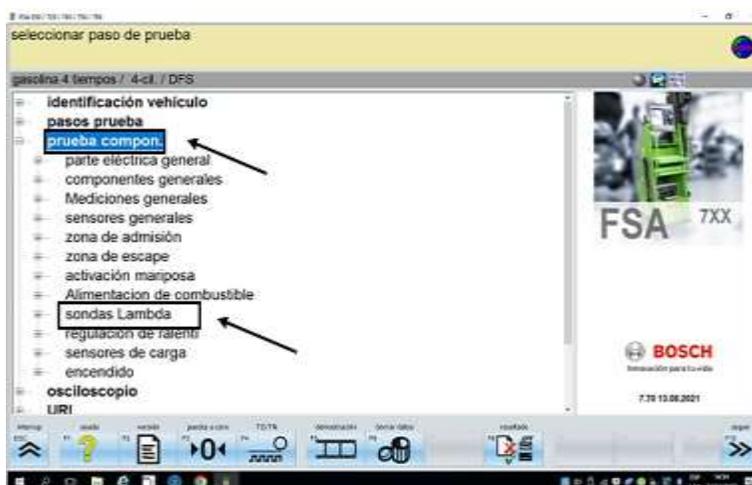


Figura 2.36 Selección prueba componentes y sondas Lambda

Al seleccionar “sondas Lambda” se clasifican en sonda de ruptura rápida, sonda de banda ancha y calefacción de la sonda, como indica la Figura 2.37. El sensor de oxígeno del vehículo Spark LT es de zirconio de 4 cables, por lo tanto, las funciones a utilizar son de ruptura rápida y calefacción, dado que la sonda de banda ancha refiere a otro tipo de sensor.

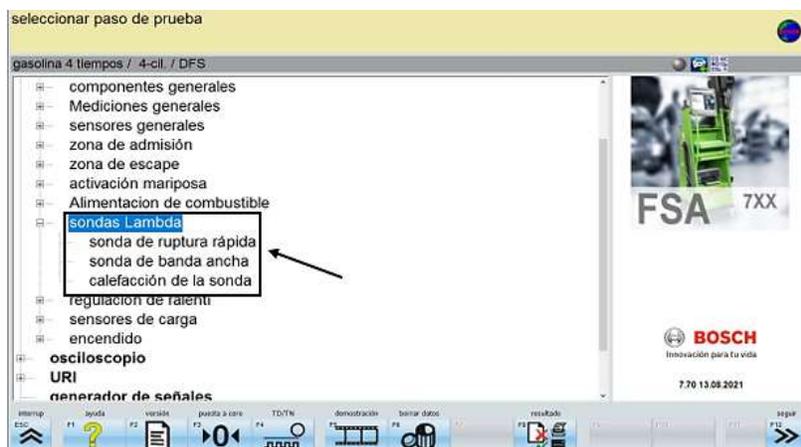


Figura 2.37 Selección de pruebas de componente Sondas Lambda

4. Se selecciona sonda ruptura rápida y se muestra la pantalla lista para analizar la variación de la señal como se indica en la Figura 2.38.

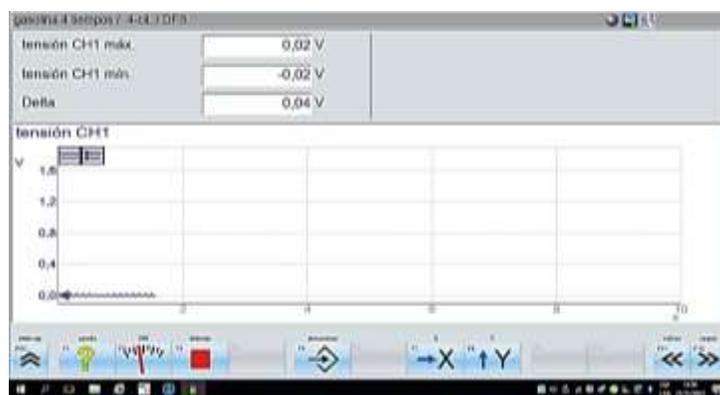


Figura 2.38 Pantalla Sonda lambda ruptura rápida

5. Al utilizar la función calefacción de la sonda, la Figura 2.39 presenta la pantalla principal donde se requiere observar la variación de la señal calefactable con sus valores.

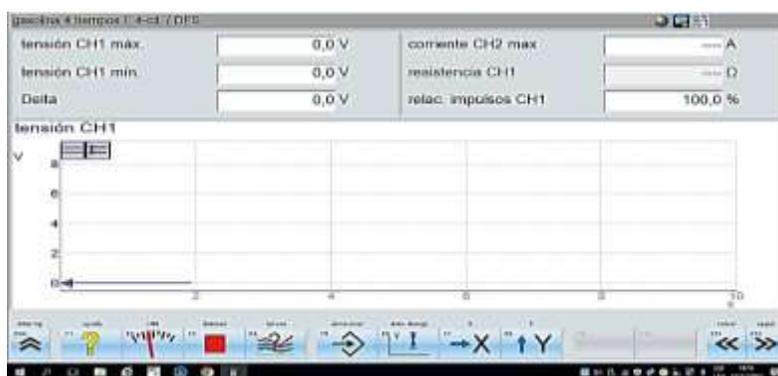


Figura 2.39 Calefacción de la sonda prueba componentes

6. Además, el módulo de medición permite diagnosticar y analizar la señal del sensor de oxígeno mediante la función osciloscopio universal como indica la Figura 2.40.

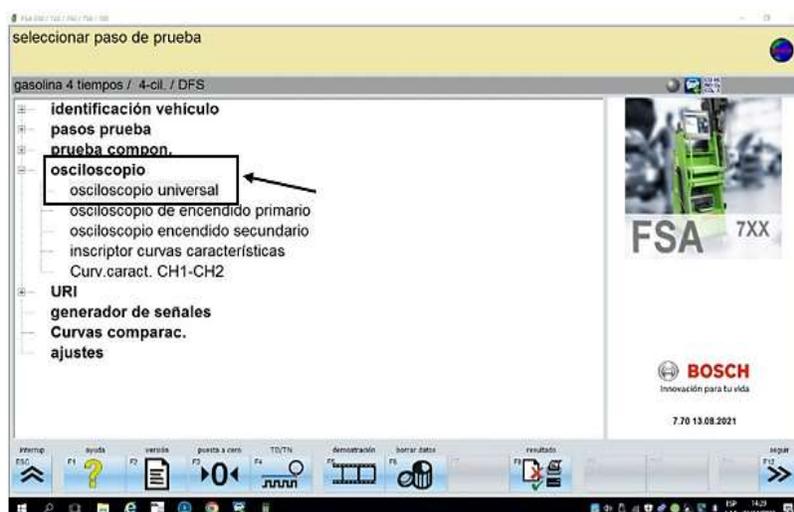


Figura 2.40 Selección osciloscopio universal

La función “osciloscopio” presentada en la Figura 2.41 detalla que la sección (1) es la barra de título del programa ya que se visualiza todos los niveles del programa, (2) campo de indicación con información e indicaciones para el usuario, (3) barra de estado con información acerca del vehículo y sensores, (4) área de la ventana para los resultados de medición, (5) teclas fijas y programables.

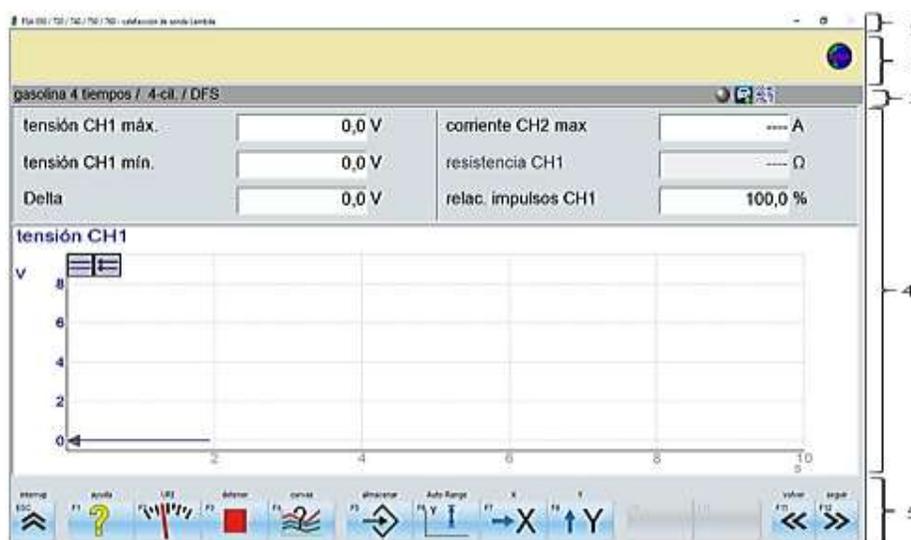


Figura 2.41 Estructura funcional de pantalla

Finalmente se explica el manejo del software de sistema FSA que se realiza con el teclado del computador (PC), con el mouse USB o mando a distancia. Cabe aclarar que es imprescindible que se haya efectuado el ajuste de canal antes del funcionamiento del control a distancia.

La función “ESC, F1 a F12” son teclas fijas o programables por consiguiente las teclas fijas tales como (ESC, F1, F10 y F12) son iguales en todos los pasos del programa. Por otro lado, las teclas programables (F2 a F9) cambian de acuerdo con el paso de programa seleccionado, por tanto, estas teclas se describen en la ayuda online.

La Tabla 2.11 detalla la relación de teclas y teclas fijas del teclado que son indispensables para el buen manejo del software de sistema FSA.

Tabla 2.11 Relación de teclas y teclas fijas del teclado.

Función	Teclado
• Mostrar ayuda online del respectivo paso de comprobación.	<F1>
• Finalizar la medición actual o la ejecución del programa.	<ESC>
• Retroceder un paso.	<F11>
• Avanzar un paso o confirmar los datos.	<F12>
• Desplazarse a otros botones, registros o cuadros de entrada.	TAB
• Movimiento dentro de un botón, de un registro o campo de lista.	Cursor
• Imprime en cualquier parte del programa, una copia del contenido de la pantalla.	Impresión
• Avanzar un paso o confirmar los datos	Tecla Entrar

Fuente: Manual Bosch FSA-740

2.3.5 Obtención de valores de gases de escape y configuración del analizador de gases AGS-688

La medición de los gases de escape implica analizar la variación de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), y óxido de nitrógeno (NO_x) que se produce en condiciones normales de funcionamiento y durante las simulaciones de falla, por lo tanto, se utiliza el analizador de gases AGS-688.

1. Este punto explica los pasos para encender el analizador de gases AGS 688, con esto se logra tener resultados más exactos. Ahora bien, es necesario comenzar con el menú principal, pues se presiona el botón “ENTER” y con los botones “+” y “-”, para navegar en los submenús del equipo.
2. Luego presenta submenús que son (1) Gas Analyser, (2) Opacimeter y (3) Setup. Para esta investigación, se requiere analizar emisiones que produce el motor, durante la simulación de fallas, por lo tanto, se selecciona “Gas Analyser”. Posteriormente, se encuentra otros submenús que son (1) Measurement, (2) Emission Test y (3) Controls. Se selecciona “Controls”, como indica la Figura 2.42.

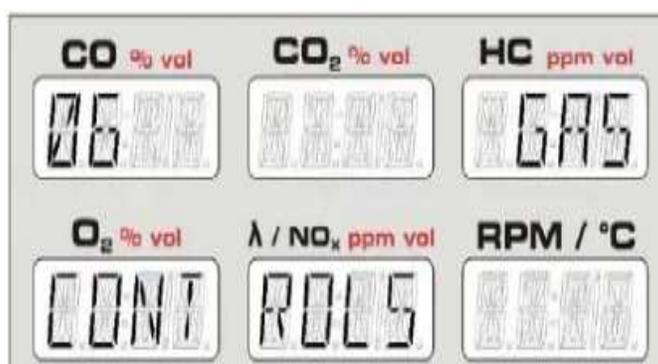


Figura 2.42 Menú “Controls” de AGS 688

3. Los submenús posteriores son (0601) Calibration Date, (0602) RPM / Oil Indicator, (0603) HC residue test, (0604) Leak test, (0605) Autozero, (0606) Oxigen sensor, (0607) Analyser status, (0608) and Analyser error, (0609). De todos los submenús mencionados se selecciona el (0605) Autozero como indica la Figura 2.43.

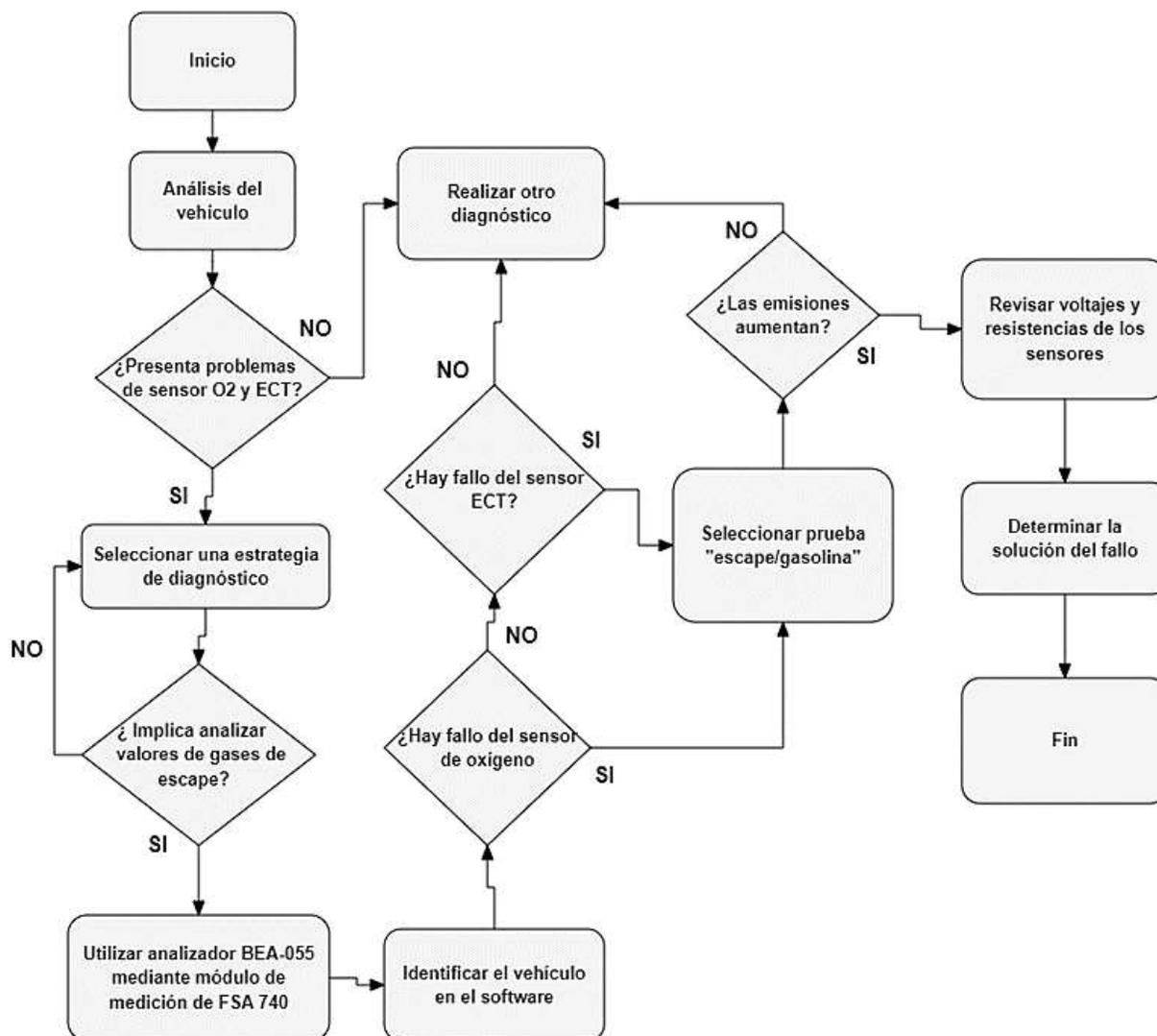


Figura 2.43 Submenú Autozero de AGS 688

4. El analizador empieza hacer que fluya aire limpio a través del filtro de carbones activos, dirigidos hacia la cámara de medición, donde se realiza otra calibración de gases CO, CO₂, HC y O₂ en una cantidad del 20.80 % Vol. El filtro de carbones ayuda a purificar el aire del polvo y los HC quedados en el sistema, siempre y cuando, éste funcione perfectamente. No obstante, se debe recordar que los filtros deben ser cambiados anualmente y el equipo siempre se auto encera antes de una medición.

2.3.6 Obtención de valores de gases de escape y configuración del analizador BEA-055.

En esta estrategia de diagnóstico se detalla el procedimiento requerido para el desarrollo de la prueba a través de simulación de fallas, los pasos a seguir implican obtener datos resultantes de las emisiones mediante equipo BEA-055 de Bosch FSA-740.



El procedimiento para la medición de los gases de escape, es indispensable configurar el analizador de gases para su correcto funcionamiento, por lo tanto, se requiere tomar en cuenta los siguientes ajustes:

- **Estanqueidad.** - Para la medición exacta de los gases de escape es imprescindible verificar la estanqueidad del sistema de toma de gases de escape (sonda), tubos flexibles y filtro grueso. Por esta razón se debe realizar una prueba de fugas.
- **Tiempo de precalentamiento.** – En este analizador de gases, se tiene en cuenta que su tiempo de precalentamiento es de aproximadamente 1 minuto, por tanto, no es posible realizar ninguna medición durante ese minuto.
- **Ajuste a cero en el arranque de medición.** - Este ajuste se realiza tras conectar la bomba, el punto cero del sistema se ajusta con el aire ambiente automáticamente cuya duración de proceso es de 30 segundos.
- **Ajuste a cero durante la medición de gases de escape.** - Esta medición es realizada automáticamente y en intervalos irregulares de comprobación aire ambiente, ya que el analizador BEA 055 conecta una electroválvula al aire ambiente. El ajuste dura 30 segundos y el uso de filtro de carbón activo implica la depuración de hidrocarburos del aire ambiente aspirado.

Para iniciar el proceso de encendido es necesario desconectar la manguera del filtro principal con el fin de que los HC de la sonda llegue a cero. En la Figura 2.44 se muestra la desconexión de la manguera de gases con el analizador de gases BEA-055.



Figura 2.44 Desconexión de manguera de gases de sonda

A continuación, se describe el procedimiento para realizar las mediciones de los gases de escape, con el fin de analizar la variación de resultados en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de fallas en el vehículo. Los pasos para seguir son:

1. Ubicar los sensores por analizar y desconectar el conector para simular la falla, con el fin de interrumpir la comunicación del sensor seleccionado con la computadora del vehículo. Se enciende el vehículo y se ingresa al software de sistema FSA, para observar el menú con sus diferentes funciones e identificar el vehículo acorde a sus características.
2. Luego seleccionar “pasos prueba”, que posteriormente indica el menú con las pruebas que dispone el sistema como se observa en la Figura 2.45 y seleccionar la prueba “escape/gasolina”.

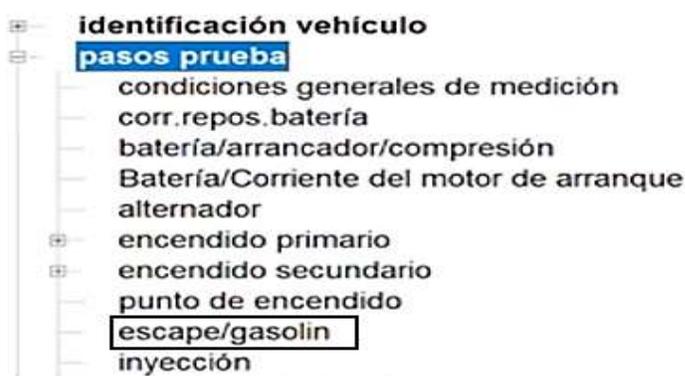


Figura 2.45 Pasos de prueba del sistema FSA

3. Para completar este procedimiento es indispensable conectar la sonda del analizador BEA-055 para la medición en el tubo de escape como se presenta en la Figura 2.46.



Figura 2.46 Conexión de la sonda al tubo de escape

4. Finalmente, la Figura 2.47 muestra la pantalla de mediciones de gases de escape que permite observar número de revoluciones, temperatura de aceite, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), oxígeno (O₂), lambda y óxido de nitrógeno (NO).

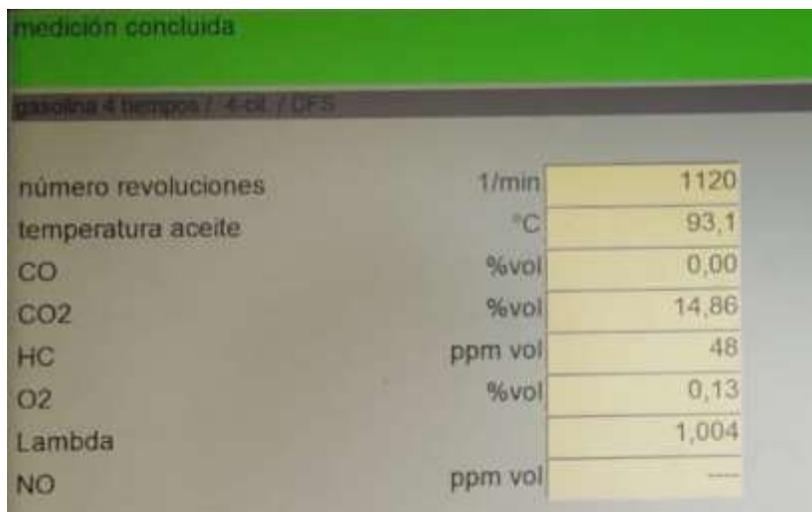


Figura 2.47 Pantalla de mediciones de gases

2.4 COMPARACIÓN CON NORMATIVA ECUATORIANA INEN 2 204:2002

La Normativa Ecuatoriana INEN 2 204:2002, establece que se debe cumplir con los parámetros de gases establecidos para los motores a gasolina como indica la Tabla 2.12, para poder circular en las vías de la República de Ecuador. Los límites máximos permitidos rigen de acuerdo con el año, en este caso, el vehículo Spark LT es 2010, también influye la altitud, pues el proyecto de investigación se desarrolla a 2225 msnm. Acorde a esta normativa, este vehículo tiene un límite máximo permitido de emisión de 1,0 % de monóxido de carbono (CO) y 200 ppm de hidrocarburos (HC).

Tabla 2.12 Límites máximos permitidos para motores a gasolina

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 – 1500 **	1500 – 3000 **	0 – 1500 **	1500 – 3000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

* Volumen

** Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

Fuente: Norma INEN 2 204:2002

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó pruebas de simulación de fallas de sensores y actuadores, como desconexión del sensor de oxígeno, temperatura de refrigerante de motor MEP, desconexión de un inyector, un cable de bobina y extracción del filtro de aire. Esto implica el análisis y comparación de los resultados obtenidos. Es indispensable la recopilación de datos técnicos del vehículo como voltajes y resistencias del sensor O₂ y ECT en funcionamiento normal.

Estos resultados comprenden la variación de señales, valores reales y emisiones mediante la utilización del equipo Bosch FSA-740 y equipos de diagnóstico estándar. Por consiguiente, se utiliza las estrategias implementadas para el diagnóstico del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante.

Las pruebas y mediciones son realizadas en el Taller de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, campus El Olivo a una altura de 2225 msnm y presión atmosférica de 76,39 kPa.

3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS TÉCNICOS Y RESULTANTES (VOLTAJES, RESISTENCIAS) DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE

La recopilación de datos técnicos implica identificar los voltajes, resistencias y colores de los cables que posee el sensor de oxígeno O₂ y temperatura de refrigerante ECT. La medición de voltaje y resistencia se realizó mediante el uso del multímetro Focan DT5802A. Para realizar este procedimiento se requiere mantener el vehículo con el switch en contacto.

La Tabla 3.1 detalla los voltajes referenciales, resistencia cuando el vehículo se encuentra en frío y caliente. Además, se denota los colores de los cables que presenta el sensor ECT, dado que es un termistor de coeficiente negativo de temperatura, esto quiere decir que, al aumentar la temperatura, la resistencia disminuye. Este sensor tiene dos cables los cuales, indican la señal y masa.

Tabla 3.1 Datos resultantes del sensor ECT

Terminal	Color del cable	Función	Voltaje Referencial	Voltaje y resistencia en motor frío	Voltaje y resistencia en motor caliente
1	Amarillo	Señal	4,99-5 V	3,82 V	1,02 V
2	Rosado /negro	Masa	0,00 V	3,16 K Ω	0,32 Ω
• Temperatura ambiente		25 °C			
• Presión atmosférica		76,39 kPa			

La Tabla 3.2 indica los valores resultantes del sensor de oxígeno O₂ del vehículo Spark LT como el voltaje y color de cables, este sensor es de circonio de 4 cables. Estos hacen referencia a calefactable positivo, negativo, señal y masa del sensor.

Tabla 3.2 Datos resultantes del sensor O₂

Terminal	Color de cable	Función	Voltaje Referencial
1	Negro	Señal del sensor	0,4 V
2	Gris	Masa o baja referencia	0,01 V
3	Morado	Positivo de calefactor	12,45 V
4	Blanco	Negativo de calefactor	3,98 V
Temperatura ambiente		25 °C	
Presión atmosférica		76,39 kPa	

3.2 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE EN CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO

3.2.1 Resultados de valores reales con escáner MAXI Check MX808

En la Tabla 3.3 se detalla los valores reales cuando el vehículo se encuentra en condiciones normales de funcionamiento en régimen de ralentí con sus parámetros, ya que son obtenidos por el escáner Maxi Check MX808. El sensor de oxígeno calentado cuenta con calefactores para

optimizar el tiempo de funcionamiento del sensor y requiere sobrepasar los 300 °C para empezar las mediciones de los gases de escape.

Los datos del escáner, indica el estado del bucle de control de combustible cerrado, el ajuste de combustible a corto plazo es cero, debido a que el ajuste a corto plazo se realiza únicamente en lazo cerrado. Con respecto al ajuste de combustible a largo plazo se realiza sea lazo abierto o cerrado. La pulso de inyección de combustible es 2,33 ms y el ajuste está dentro de la tolerancia +-10 % , con aproximación cero, ya que la válvula EVAP se encuentra cerrada, por lo tanto no hay ingreso de vapor de combustible , es decir , no varía la mezcla, solo mediante la inyección.

El sensor de temperatura de refrigerante de motor (ECT) funciona correcta correctamente, pues informa a la ECM que la temperatura es 91 °C con un voltaje de 1,12 voltios, ya que este sensor es un termistor tipo NTC por lo que, el aumento de temperatura reduce la resistencia y voltaje.

Tabla 3.3 Valores reales en condición normal de funcionamiento con Maxi Check MX808

Nombre	Valor	Unidad
Régimen del motor	786	Rpm
Sensor ECT 1	91	°C
Sensor de temperatura del refrigerante del motor	1.12	V
Carga del motor	Carga parcial	
Sensor MAP	28	kPa
BARO	75	kPa
Estado del bucle de control de combustible	Cerrado	
Sensor de oxígeno O ₂	0.879	V
Ciclo de trabajo del inyector	2.33	ms
Ajuste del combustible a corto plazo	0	%
Ajuste del combustible a largo plazo	1	%
Comando de la válvula solenoide de purga	0	%

3.2.2 Resultados de valores reales con el equipo KTS 560 de Bosch FSA-740

En la Tabla 3.4 se observa los datos que se obtienen mediante el escáner KTS 560, los cuales son obtenidos a régimen de ralentí. El vehículo Spark LT se encuentra en condición normal de funcionamiento, pues estos valores reflejan el correcto funcionamiento del sensor de temperatura de refrigerante (ECT), pues informa que el motor se encuentra a una temperatura de 89 °C.

Con respecto al sensor de oxígeno (O₂), se denota una adaptación lambda que refiere al ajuste corto de combustible de 7,8 % dado que se encuentra en lazo cerrado. Estos datos obtenidos son requeridos para la comparación de datos durante la simulación de fallos del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante.

Tabla 3.4 Valores reales en estado normal de funcionamiento con KTS 560

Nombre	Valor	Unidad
Temperatura del líquido refrigerante	89	°C
Temperatura del aire aspirado	48	°C
Valor de carga calculado	22.4	%
Adaptación lambda línea 1	7.8	%
Presión del tubo de aspiración	28	kPa
Sonda lambda (bancada 1, sensor 1)	0.840	V
Integrador Lambda (línea 1 – sensor 1)	0.0	%

3.2.3 Resultado de señal del sensor ECT con el osciloscopio OTC-3840F

En la Figura 3.1 se presenta la señal del sensor de temperatura de refrigerante en condición normal de funcionamiento a régimen de ralentí en el osciloscopio OTC-3840F. Esto detalla la variación de voltaje mínimo de 1,2 a 2,25 voltios. Este pico se genera debido al arranque del vehículo, por lo tanto conforme aumenta el voltaje de la señal, esto indica que la

temperatura disminuye. Para el diagnóstico del sensor ECT durante la simulación de falla se utiliza valores reales con el fin de analizar los datos en tiempo real.

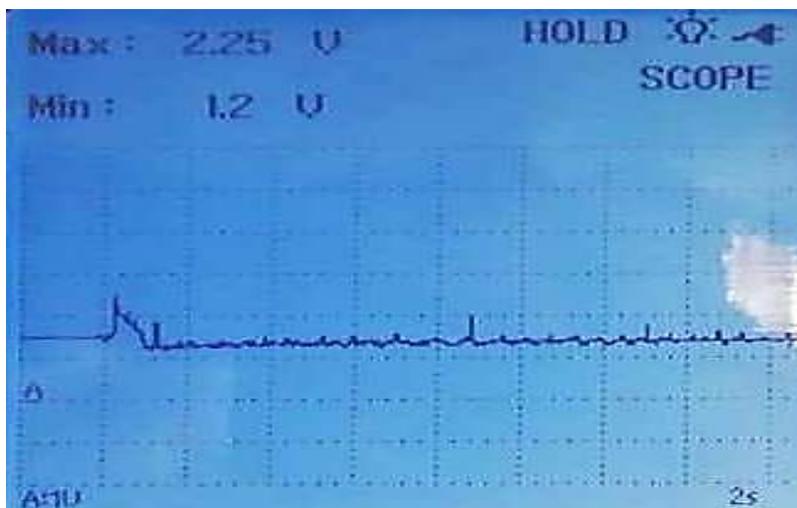


Figura 3.1 Oscilograma del sensor ECT en condición normal de funcionamiento

3.2.4 Resultados de señales del sensor O₂ con el osciloscopio OTC-3840F

3.2.4.1 A régimen de ralentí

El vehículo se encuentra en condición normal de funcionamiento, pues acorde al fabricante del vehículo Spark LT, el oscilograma del sensor de oxígeno debe oscilar a régimen de ralentí sobre los 600 mV y por debajo de los 300 mV. La Figura 3.2 ,presenta la señal del sensor de oxígeno en la pantalla del osciloscopio OTC-3840F, con la configuración de la escala de 0,2 (voltios/división) y tiempo 2 (segundos/división), con el fin de mejorar la observación de la señal para un correcto análisis, puesto que, menores escalas imposibilitan la visión correcta del oscilograma. Esto implica una desventaja para el diagnóstico del sensor de oxígeno, a través del equipo de diagnóstico estándar (OTC-3840F).

Además, la amplitud máxima pico a pico es 480 mV, pues el valor máximo es 720 mV, mínimo 240 mV y el período de la señal es 4,4 segundos. Con respecto a la frecuencia, se denota 1 ciclo entre 4,4 segundos. Estos valores son datos base para la comparación de resultados con el fin de analizar la variación del sensor de oxígeno durante la simulación de fallas.

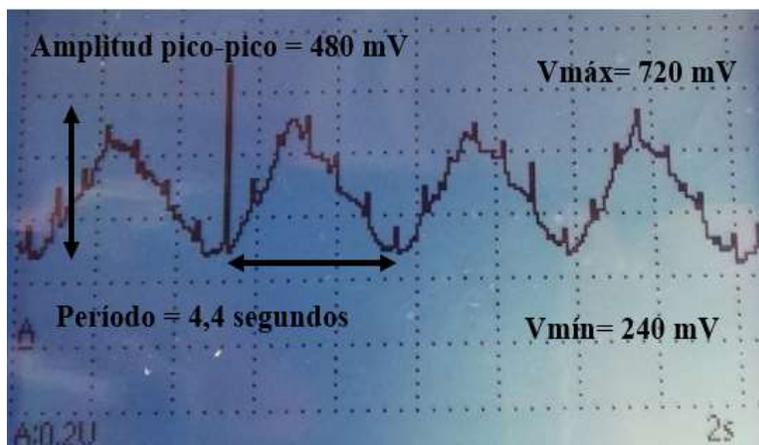


Figura 3.2 Señal O₂ funcionamiento normal a ralentí en OTC-3840F

3.2.4.2 A régimen de 2500 rpm

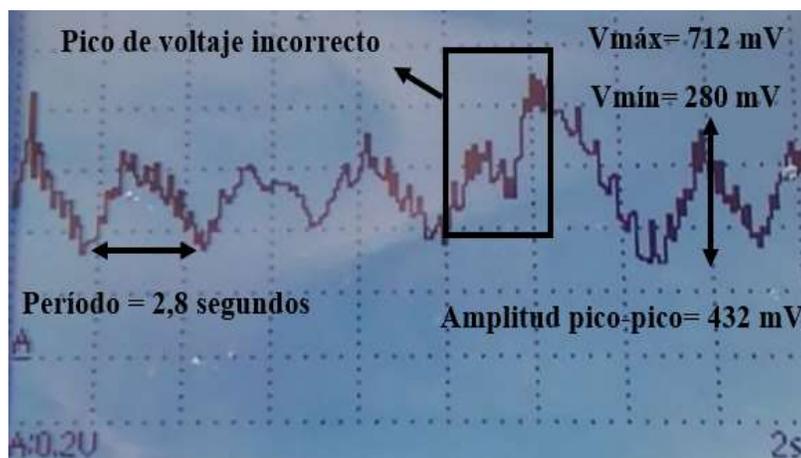


Figura 3.3 detalla la variación del oscilograma del sensor de oxígeno, cuando el vehículo Spark LT se encuentra a régimen de 2500 rpm con respecto a ralentí. El vehículo en condición normal de funcionamiento presenta la señal de un valor máximo de 712 mV y mínimo de 280 mV, pues la amplitud pico a pico es 432 mV con período de 2,8 segundos.

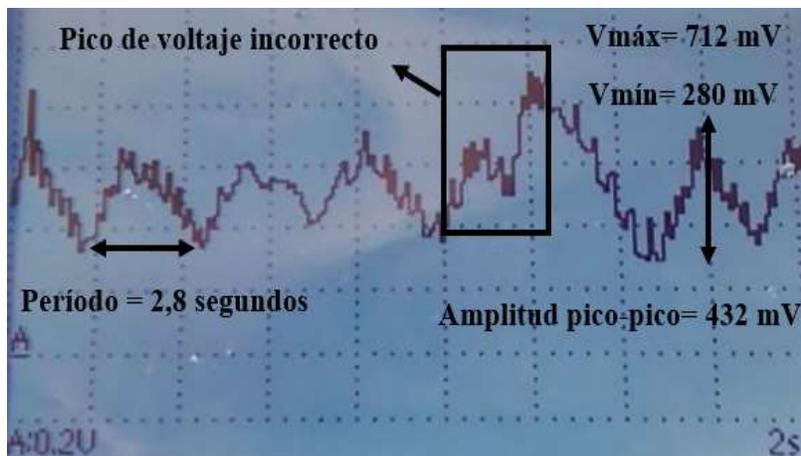


Figura 3.3 Señal O₂ con funcionamiento normal a 2500 rpm en OTC-3840F

Esto acontece un aumento de la frecuencia de señal, dado que, al aumentar el régimen, el flujo de gases de escape se incrementa, es así como, las oscilaciones del sensor de oxígeno aumentan, por consiguiente, la ECM aumenta el ancho de pulso de los inyectores, que implica mayor consumo de combustible. Además, el oscilograma presenta un pico de voltaje incorrecto, a causa de una corta caída de revoluciones del motor de encendido provocado.

3.2.5 Resultados de señales del sensor O₂ con el módulo de medición de Bosch FSA-740

3.2.5.1 A régimen de ralentí

En esta sección se detalla la señal del sensor de oxígeno presente en la Figura 3.4 cuando el vehículo se encuentra en condición normal de funcionamiento, por tanto, se aplicó la prueba en ralentí. La configuración es 250 (milivoltios/división) y 40 (milisegundos/división). La amplitud máxima cresta-cresta es 530 mV dado que el límite máximo es 830 mV y mínimo es 300 mV.

Con relación al período se denota que el tiempo es 37,9 milisegundos, pues estos datos obtenidos en condición normal de funcionamiento permiten comparar con los datos de simulación de fallas con el propósito de analizar la variación de la señal. Este osciloscopio universal permite utilizar comandos para medir con precisión el período y la amplitud del oscilograma.

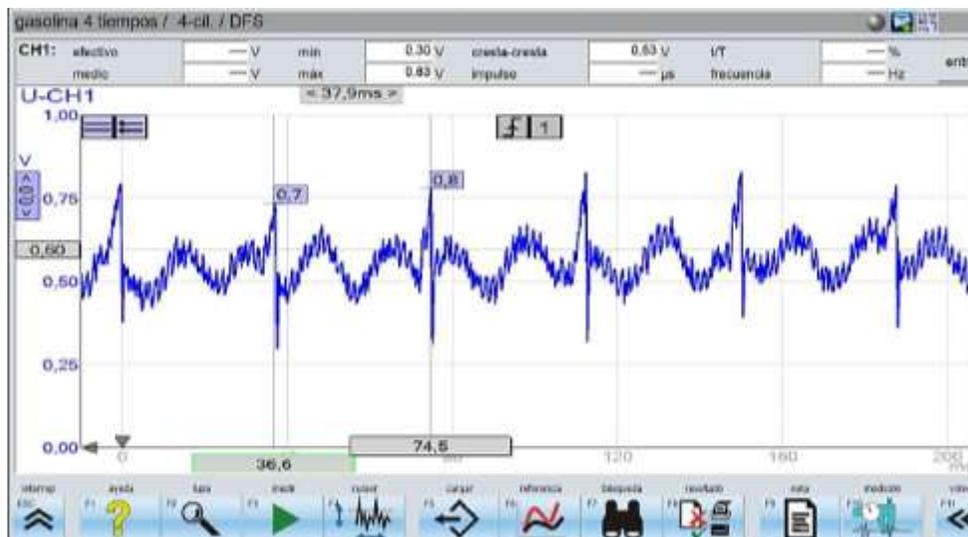


Figura 3.4 Señal O₂ en funcionamiento normal a ralentí en FSA-740

3.2.5.2 A régimen de 2500 rpm

La Figura 3.5 detalla la variación del oscilograma del sensor de oxígeno, cuando el vehículo Spark LT se encuentra a régimen de 2500 rpm con respecto a ralentí. El vehículo en condición normal de funcionamiento presenta la señal de un valor máximo de 800 mV y mínimo de 325 mV, pues la amplitud cresta-cresta se reduce a 475 mV y período de 11,9 milisegundos.

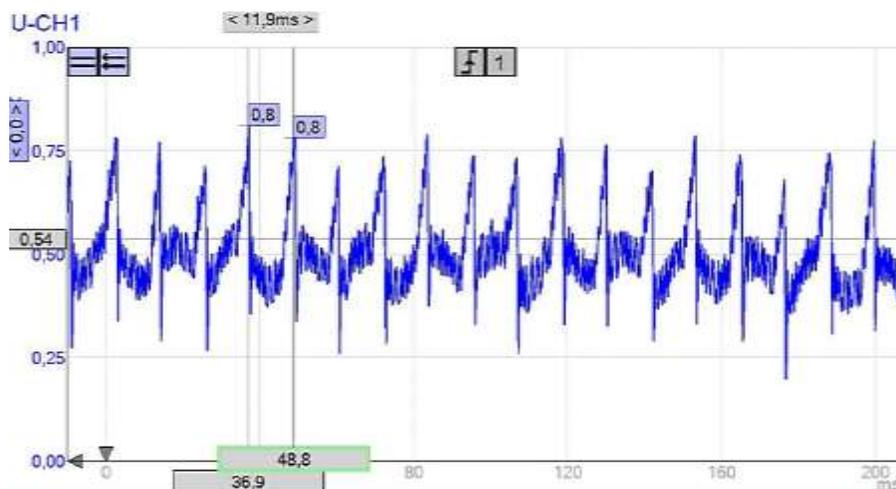


Figura 3.5 Señal O₂ en funcionamiento normal a 2500 rpm en FSA-740

Estos valores acontecen un aumento de la frecuencia de señal, dado que, al aumentar el régimen, el flujo de gases de escape se incrementa, es así como, las oscilaciones del sensor O₂

aumentan, por consiguiente, la ECM aumenta el ancho de pulso de los inyectores, que implica mayor consumo de combustible.

3.2.6 Resultados de emisiones con el analizador de gases BEA-055

En este apartado se presentan los resultados obtenidos mediante el equipo BEA-050, que indican el funcionamiento normal del vehículo según se muestra en la Tabla 3.5. Se puede observar que los resultados obtenidos cumplen con los valores permitidos por la normativa INEN 2 204:2002.

Dicha normativa establece que, para vehículos del año 2000 en adelante, en altitudes entre 1500 y 3000 msnm, se permiten emisiones de CO de hasta el 1%, mientras que los valores permitidos para los HC son de hasta 200 ppm.

Tabla 3.5 Valores de gases de escape en funcionamiento normal con BEA-050

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol.)	O ₂ (% vol.)	Lambda (λ)
860	0.005	67	14.73	0.53	1.021
1500	0.009	63	14.81	0.30	1.011
2500	0.835	151	14.26	0.07	0.971

3.2.7 Resultados de emisiones con el analizador de gases AGS-688

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante el equipo de medición de gases AGS-688, el cual es utilizado por la Carrera de Ingeniería Automotriz. Como se puede observar en la Tabla 3.6, los valores de hidrocarburos (HC) a 1500 rpm están ligeramente por encima del límite permitido por la normativa INEN 2 204:2002. Es importante destacar que en secciones anteriores se ha demostrado que las mediciones en el equipo BEA-050 cumple con los valores permitidos por dicha normativa que denota el correcto funcionamiento del vehículo.

Tabla 3.6 Valores de gases de escape en funcionamiento normal con AGS-688

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol.)	O ₂ (% vol.)	Lambda (λ)
860	0.00	152	15.8	0.67	1.021

1500	1.05	216	15	0.41	0.981
2500	0.02	60	15.5	0.85	1.034

3.3 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ESCÁNER MAXI CHECK 808

3.3.1 Resultados de valores reales por desconexión del sensor ECT

A continuación, en la Tabla 3.7 se observa los datos obtenidos a régimen de ralentí durante la simulación de falla que implica desconectar el sensor ECT. Se observa que la ECM interpreta el valor de la temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un voltaje de 5V. Posteriormente se realizó una aceleración a un régimen de 2500 rpm, pues se mantuvo a la misma temperatura y voltaje.

Cuando se presenta este problema, se encienden los electroventiladores como modo de seguridad, debido a que no se obtiene información si el motor está caliente o frío. El código de fallo generado es P0118 (Tensión alta en el circuito del sensor de temperatura de refrigerante de motor “ECT”).

Tabla 3.7 Valores reales por desconexión del sensor ECT con MAXI Check 808

Nombre	Valor	Unidad
Régimen del motor	793	Rpm
Sensor ECT I	-40	$^{\circ}\text{C}$
Sensor de temperatura del refrigerante del motor	5	V
Sensor IAT	47	$^{\circ}\text{C}$
Sensor IAT	2.13	V
Carga del motor	Carga parcial	
Sensor MAP	31	kPa
BARO	75	kPa
Estado del bucle de control de combustible	Cerrado	
Sensor de oxígeno O ₂	0.415	V

Ciclo de trabajo del inyector	2.3	ms
Ajuste del combustible a corto plazo	-15	%
Ajuste del combustible a largo plazo	1	%
Comando de la válvula solenoide de purga	7	%
Código de falla: Tensión alta en el circuito del sensor de temperatura de refrigerante de motor (ECT)	P0118	DTC

Con respecto al sensor de oxígeno, se denota que el bucle de control de combustible está cerrado por lo tanto, el ajuste de combustible a corto plazo funciona correctamente con reducción de -15%. Al estar desconectado el sensor ECT, la computadora reduce a 2,3 milisegundos el pulso de inyección, debido a la apertura de la válvula del canister a un 7%, esto quiere decir que está ingresando vapores de combustible a la cámara de combustión enriqueciendo la mezcla, razón por la que la computadora realiza el ajuste de combustible a corto plazo de -15% y a largo plazo de 1%.

3.3.2 Resultados de valores reales por desconexión del sensor O₂

A continuación, en la Tabla 3.8 se observa los datos obtenidos a régimen de ralentí durante la simulación de falla que implica desconectar el sensor de oxígeno (O₂). Se observa que la ECM interpreta el valor de la temperatura de 88 °C con un voltaje de 1,19V. Estos valores denotan que el sensor de temperatura de refrigerante (ECT) funciona correctamente.

Tabla 3.8 Valores reales por desconexión del sensor O₂ con MAXI Check 808

Nombre	Valor	Unidad
Régimen del motor	796	Rpm
Sensor ECT 1	88	°C
Sensor de temperatura del refrigerante del motor	1.19	V
Sensor IAT	48	°C
Sensor IAT	2.09	V
Carga del motor	Carga Parcial	

Sensor MAP	28	kPa
BARO	75	kPa
Estado del bucle de control de combustible	Abierto	
Sensor de oxígeno O ₂	0.41	V
Ciclo de trabajo del inyector	2.28	ms
Ajuste del combustible a corto plazo	0	%
Ajuste del combustible a largo plazo	1	%
Comando de la válvula solenoide de purga	5	%
Código de falla: (Circuito de control del sensor 1 del calentador del sensor de oxígeno calentado)	P0030	DTC

Con respecto al sensor de oxígeno, se denota que el bucle de control de combustible está abierto, por lo tanto, el ajuste de combustible a corto plazo no funciona. Al estar desconectado el sensor O₂, la computadora mantiene el pulso de inyección de 2,28 milisegundos, sin embargo, en estos valores se denota apertura de la válvula del canister a un 5%, esto quiere decir que está ingresando vapores de combustible a la cámara de combustión, razón por la que la computadora determina el ajuste de combustible a largo plazo de 1%. Los valores del sensor de oxígeno son interpretados constantemente con un valor de 410 mV. Esta simulación genera un código de falla P0030 (Circuito de control del sensor 1 del calentador del sensor de oxígeno calentado).

3.4 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ESCÁNER KTS-560

3.4.1 Resultados de valores reales por desconexión del sensor ECT

La Tabla 3.9 presenta los valores reales durante la falla simulada de desconexión del sensor ECT a régimen de ralentí, pues, el escáner KTS 560 presenta un valor de temperatura del líquido refrigerante de -40 °C, por lo tanto, favorece al diagnóstico, debido a que, determina un circuito abierto de alta tensión del sensor.

Tabla 3.9 Valores reales por desconexión del sensor ECT con KTS 560

Nombre	Valor	Unidad
Temperatura del líquido refrigerante	-40	°C
Sistema de combustible línea 1	(B1) Regulación sin limitaciones	
Temperatura del aire aspirado	38	°C
Valor de carga calculado	22.4	%
Adaptación lambda línea 1	5.5	%
Presión del tubo de aspiración	75	kPa
Sonda lambda (bancada 1, sensor 1)	0.410	V
Integrador Lambda (línea 1 – sensor 1)	0.0	%
Código de falla: Sensor de temperatura de líquido refrigerante, tipo señal muy grande	P0118	DTC

Con respecto al sensor de oxígeno, el sistema de combustible presenta regulación sin limitaciones, que hace referencia a lazo cerrado, por lo tanto, muestra una adaptación lambda o ajuste corto de combustible de 5,5 %. Esta simulación genera un código de falla P0118 (Sensor de temperatura de líquido refrigerante, tipo señal muy grande).

3.4.2 Resultados de valores reales por desconexión del sensor O₂

La Tabla 3.10 presenta los valores reales durante la falla simulada de desconexión del sensor O₂ a régimen de ralentí, pues, el escáner KTS 560 presenta un valor de temperatura del líquido refrigerante de 81 °C, esto quiere decir que, el sensor ECT funciona correctamente.

Tabla 3.10 Valores reales por desconexión del sensor O₂ con KTS 560

Nombre	Valor	Unidad
Temperatura del líquido refrigerante	81	°C
Sistema de combustible línea 1	(B1) Lazo abierto por fallo	
Temperatura del aire aspirado	48	°C
Valor de carga calculado	22.4	%
Adaptación lambda línea 1	7.0	%
Presión del tubo de aspiración	31	kPa
Sonda lambda (bancada 1, sensor 1)	0.410	V

Integrador Lambda (línea 1 – sensor 1)	0.0	%
Código de falla: (Calefacción sondas lambda 1 - bancada 1)	P0030	DTC

Con respecto al sensor de oxígeno, el sistema de combustible presenta lazo abierto por fallo, por lo tanto, la adaptación lambda presenta un 7%. Esta simulación genera un código de falla P0030 (Calefacción sondas lambda 1 -bancada 1). Los valores del sensor de oxígeno son interpretados constantemente con un valor de 410 mV. Con relación al escáner MAXI Check, este valor no varía, es decir, permanece constante.

3.5 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO, TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL OSCILOSCOPIO OTC-3840F

3.5.1 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión del sensor ECT

3.5.1.1 A régimen de ralentí

La Figura 3.6 presenta la señal del sensor de oxígeno en la pantalla del osciloscopio OTC-3840F a régimen de ralentí. La simulación de falla es la desconexión del sensor de temperatura de refrigerante (ECT), por tanto, la observación correcta para la señal obtenida implica un ajuste de escala del osciloscopio de voltaje 0,2 (voltios /división) y tiempo de 2 (segundos/división).

El pico máximo de la señal es 760 mV y mínimo 200 mV, es decir, su amplitud máxima pico-pico es 560 mV con período de 3 segundos. En relación con el funcionamiento normal, este resultado refleja mayor frecuencia debido al aumento de la amplitud y reducción del período, ya que, la desconexión del sensor ECT, implica mayor consumo de combustible.

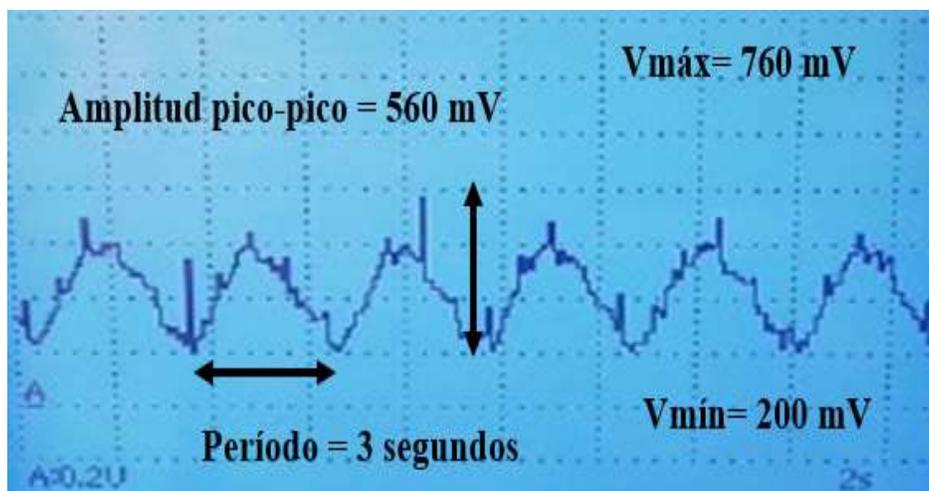


Figura 3.6 Señal O₂ con desconexión ECT a ralentí en OTC-3840F

3.5.1.2 A régimen de 2500 rpm

Cuando el motor MEP está a un régimen de 2500 rpm, la Figura 3.7 presenta una variación de la señal con una reducción de la amplitud pico a pico de 460 mV, es decir, el valor mínimo es 240 mV y máximo de 700 mV con un período reducido de 1,4 segundos, por lo tanto, la tendencia de la frecuencia aumenta.

Esto implica que, a mayor régimen, existe mayor flujo de gases de escape, por lo que el sensor de oxígeno realiza más mediciones por lo tanto, presenta más oscilaciones en menor período y amplitud, ya que la ECM requiere mantener una aproximación a la mezcla estequiométrica lambda 450 mV. Esto contribuye al incremento del ancho de pulso de los inyectores, que denota mayor consumo de combustible.

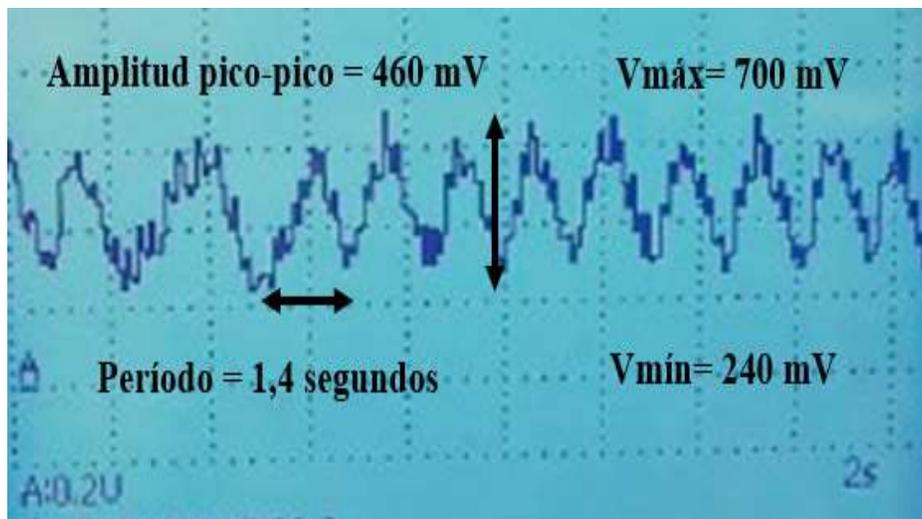


Figura 3.7 Señal O₂ con desconexión ECT a 2500 rpm en OTC-3840F

3.5.2 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión de un inyector

3.5.2.1 A régimen de ralentí

La simulación de falla mediante la desconexión del inyector 4, se realiza cuando el vehículo se encuentra a régimen de ralentí, es así, como la Figura 3.8 presenta la señal del sensor de oxígeno en la pantalla del osciloscopio OTC-3840F. La configuración de la escala es seleccionada de 50 (milivoltios/ división) y 5 (segundos/división), con el fin de obtener un oscilograma de la señal más amplia y precisa para el correcto análisis.

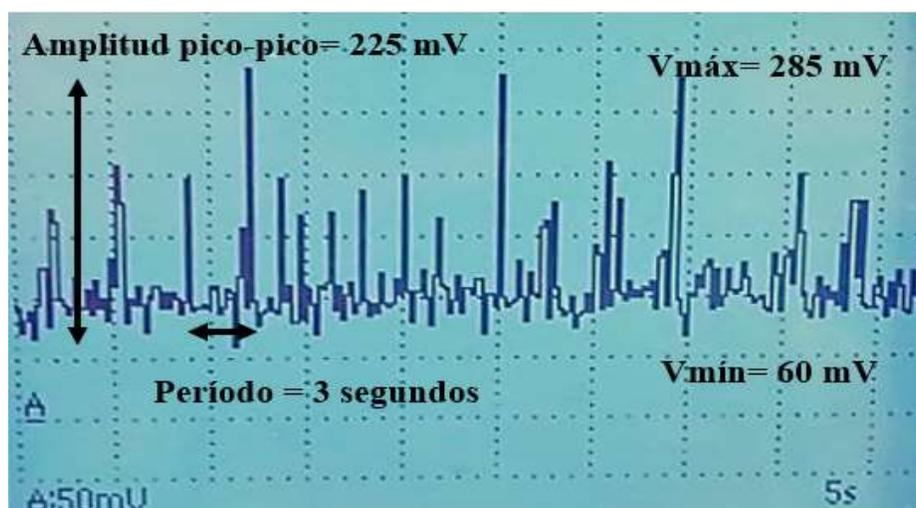


Figura 3.8 Señal O₂ con desconexión del inyector 4 a ralentí en OTC-3840F

La amplitud máxima pico a pico es 225 mV con valor mínimo de 60 mV y máximo de 285 mV, por tanto, estos valores determinan que la oscilación se encuentra bajo los 450 mV. Esto significa que la mezcla en la cámara de combustión es pobre, debido a que, el inyector 4 no está inyectando gasolina en el cilindro.

3.5.2.2 A régimen de 2500 rpm

Durante la desconexión de inyector del cilindro 4 aplicado a un régimen de 2500 rpm, se muestra en la Figura 3.9, la señal del sensor de oxígeno cuyo voltaje máximo es 217,5 mV y mínimo de 75 mV, por tanto, la amplitud de la señal muestra una reducción con 142,5 mV y el período de 1,2 segundos. Además, se observa aumento de la frecuencia de la señal y el rango de voltaje está por debajo de los 450 mV, esto quiere decir, que es mezcla pobre.

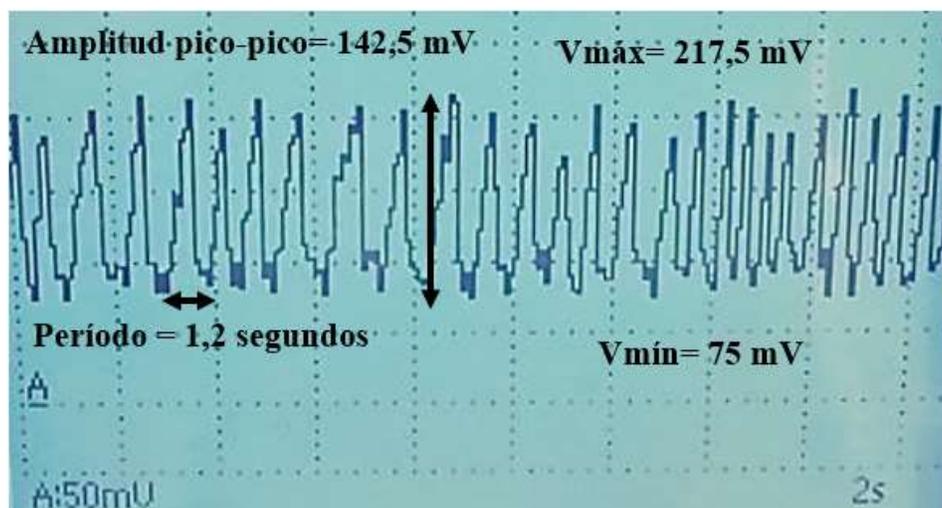


Figura 3.9 Señal O₂ con desconexión del inyector 4 a 2500 rpm en OTC-3840F

3.5.3 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión de un cable de bobina

3.5.3.1 A régimen de ralentí

Durante la desconexión de cable de bujía del cilindro 1 se obtuvo la señal del sensor de oxígeno a ralentí en la pantalla del osciloscopio OTC-3840F presente en la Figura 3.10. La escala viene dada con 0,2 (voltios/división) con tiempo de 2 (segundos/división) para mejor observación y análisis de la señal. El voltaje máximo es 640 mV y mínimo es 220 mV, por lo tanto, se presenta una amplitud de 420 mV. También, se detalla el período con 3,6 segundos. Esto implica, mezcla

pobre dado que el combustible inyectado no es quemado en la cámara de combustión del cilindro 1, por lo tanto, se genera más cantidad de hidrocarburos (HC).

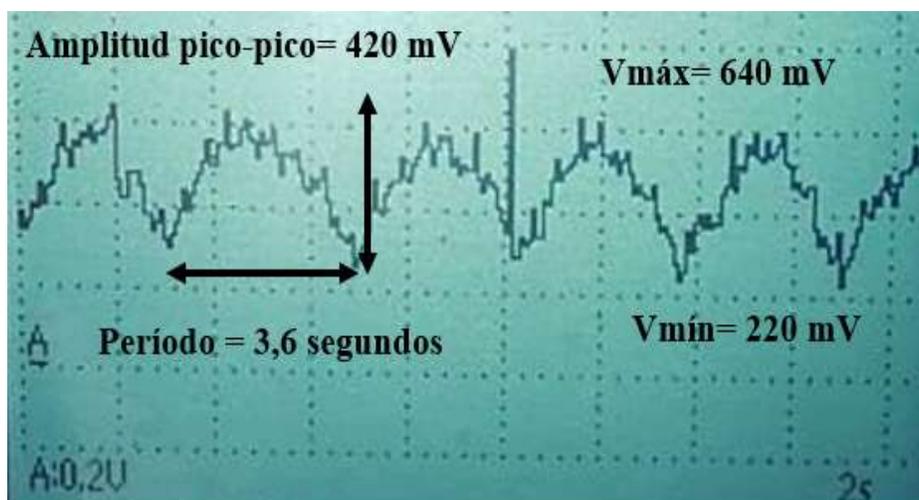


Figura 3.10 Señal O₂ con desconexión cable de bujía 1 a ralentí en OTC-3840F

3.5.3.2 A régimen de 2500 rpm

El motor es sometido a un régimen de alta de 2500 rpm, por tanto, en la Figura 3.11 se presenta la señal del sensor de oxígeno con valor mínimo de 280 mV y máximo de 670 mV, por tanto, su amplitud máxima es reducida a 390 mV.

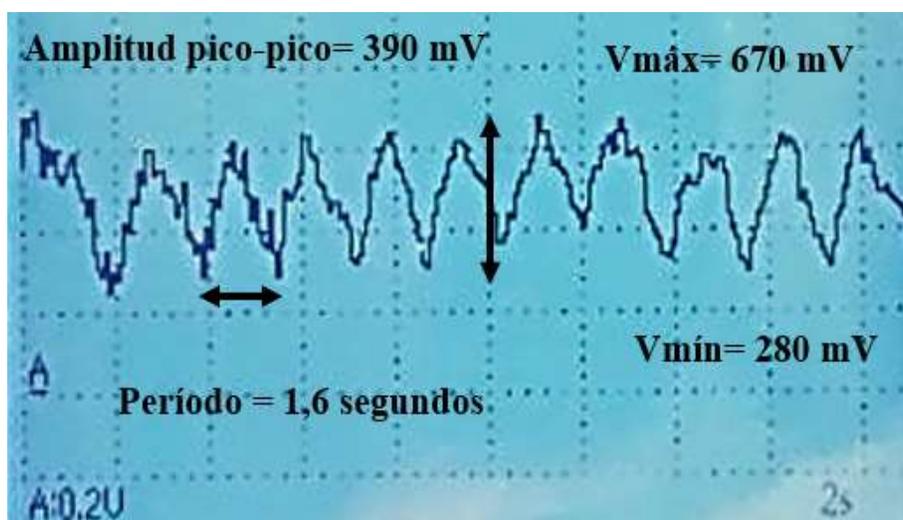


Figura 3.11 Señal O₂ con desconexión cable de bujía 1 a 2500 rpm en OTC-3840F

Con respecto al período, se redujo a 1600 milisegundos y un aumento de los ciclos, es decir, la tendencia de la frecuencia se incrementa. Esto implica mayor consumo de combustible con respecto a régimen de ralentí, puesto que más oscilaciones del sensor de oxígeno, refiere más el ancho de pulso de los inyectores. El problema radica que, la de desconexión del cable de bobina del cilindro 1, no permite la ignición del combustible, por lo tanto, se produce mezcla pobre con mayor emisión de hidrocarburos (HC).

3.5.4 Resultados de señales del sensor O₂ por extracción del filtro de aire

3.5.4.1 A régimen de ralentí

La prueba se realiza a régimen de ralentí, pues la simulación de falla implica la extracción del filtro de aire de admisión, entonces, la Figura 3.12 detalla la señal del sensor de oxígeno en la pantalla del osciloscopio OTC-3840F, con la configuración de escala de 0,2 (voltios/división) y 2 (segundos/división).

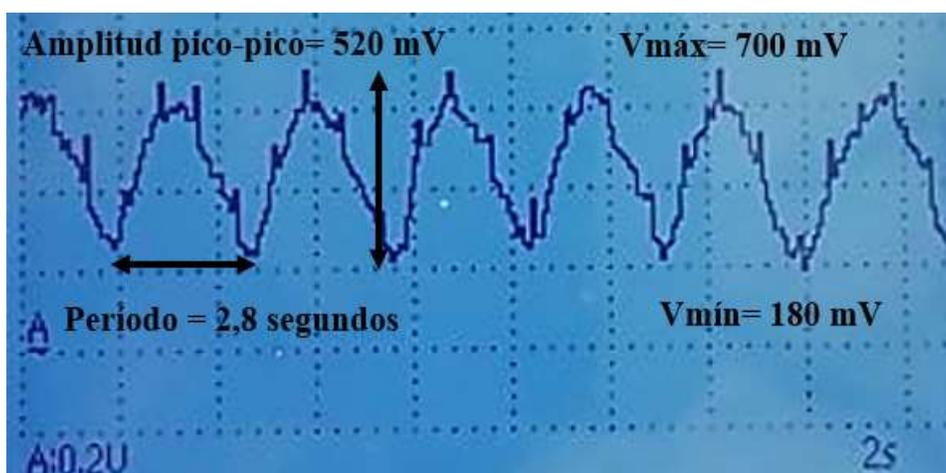


Figura 3.12 Señal O₂ extracción filtro de aire a ralentí en OTC-3840F

La amplitud máxima pico a pico es 520 mV, pues el valor máximo es 700 mV y mínimo de 180 mV. Con respecto al funcionamiento normal, se presenta reducción del período a 2,8 segundos, por lo tanto, la frecuencia se incrementa. Estos valores denotan que la señal tiende a la mezcla pobre, debido a que el aire entra directamente a la mariposa de aceleración, entonces denota más aire en la cámara de combustión.

3.5.4.2 A Régimen de 2500 rpm

Esta prueba simula un fallo, mediante la extracción del filtro de aire de admisión, pues el vehículo Spark LT se encuentra a un régimen de 2500 rpm. La Figura 3.13, presenta la señal del sensor de oxígeno, pues la amplitud máxima pico a pico se reduce a 440 mV, pues el valor máximo es 690 mV y mínimo 250 mV.

Con respecto a la frecuencia, se denota un aumento, debido a que el período disminuye a 1,4 segundos. Esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones, por tanto, la computadora aumenta el ancho de pulso de los inyectores, sin embargo, la extracción del filtro de aire implica una mezcla pobre, dado que, el aire ingresa directamente a la mariposa de aceleración hacia la cámara de combustión.

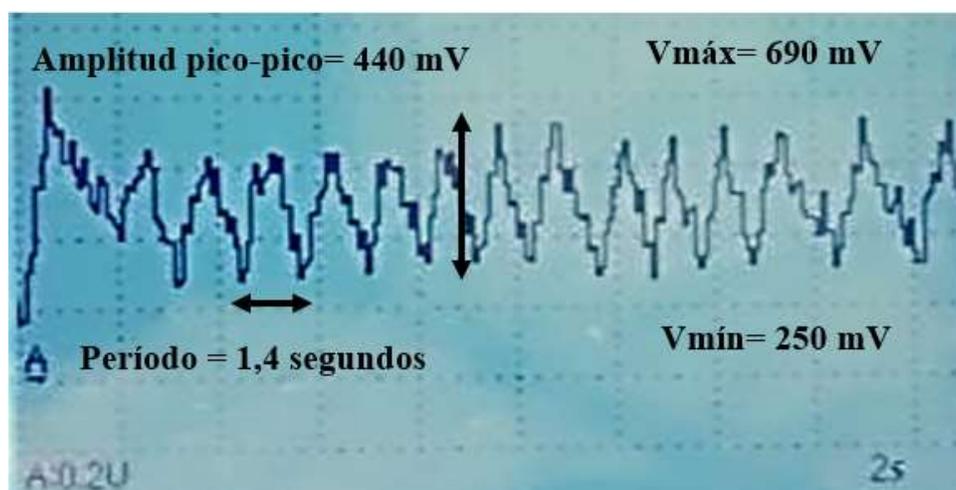


Figura 3.13 Señal O₂ extracción filtro de aire a 2500 rpm en OTC-3840F

3.6 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO, TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE MEDICIÓN DE FSA-740.

3.6.1 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión del sensor ECT

3.6.1.1 A régimen de ralentí

La estrategia de diagnóstico seleccionada para el análisis del sensor de oxígeno implica la utilización de osciloscopio universal del módulo de medición de Bosch FSA-740, pues este equipo

tiene la disponibilidad de analizar la señal, a través de comandos de medición y cursor. Estas opciones favorecen al diagnóstico de la señal, incluyendo también una señal de referencia. La Figura 3.14 presenta el oscilograma del sensor de oxígeno, cuando el vehículo se encuentra a régimen de ralentí, ya que la simulación de falla es mediante la desconexión del sensor ECT.

La configuración de la escala del voltaje es 0,25 (voltios/ división) y 100 (milisegundos/división). Esto denota que la amplitud máxima cresta-cresta de la señal es 650 mV, cuyo valor máximo es 880 mV y mínimo de 230 mV con período de 37,7 milisegundos. En relación con el funcionamiento normal, la frecuencia aumenta, por lo tanto, esto implica que hay mayor consumo de combustible.

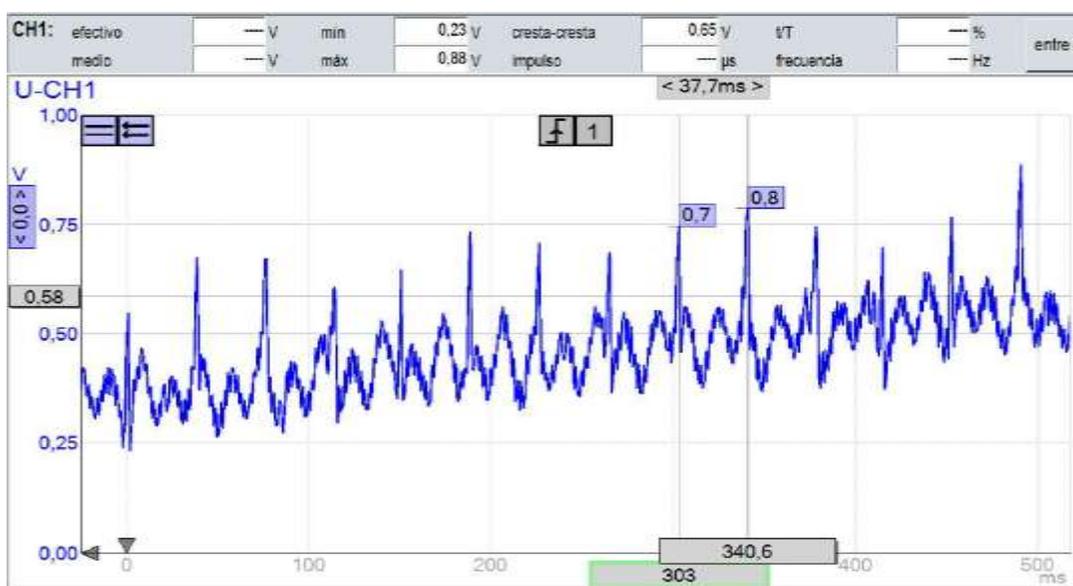


Figura 3.14 Señal O₂ con desconexión ECT a ralentí en FSA-740

3.6.1.2 A régimen de 2500 rpm

La Figura 3.15 detalla la variación del oscilograma del sensor de oxígeno cuando el vehículo Spark LT se encuentra a régimen de 2500 rpm con respecto a ralentí, por tanto, la señal presenta un valor máximo de 825 mV y mínimo de 235mV, pues la amplitud cresta-cresta es 570 mV con período de 12 milisegundos. Esto acontece un aumento de la frecuencia de señal, dado que, al aumentar el régimen, el flujo de gases de escape se incrementa, es así como, las oscilaciones del sensor de oxígeno aumentan, por consiguiente, la ECM aumenta el ancho de pulso de los inyectores, que implica mayor consumo de combustible.

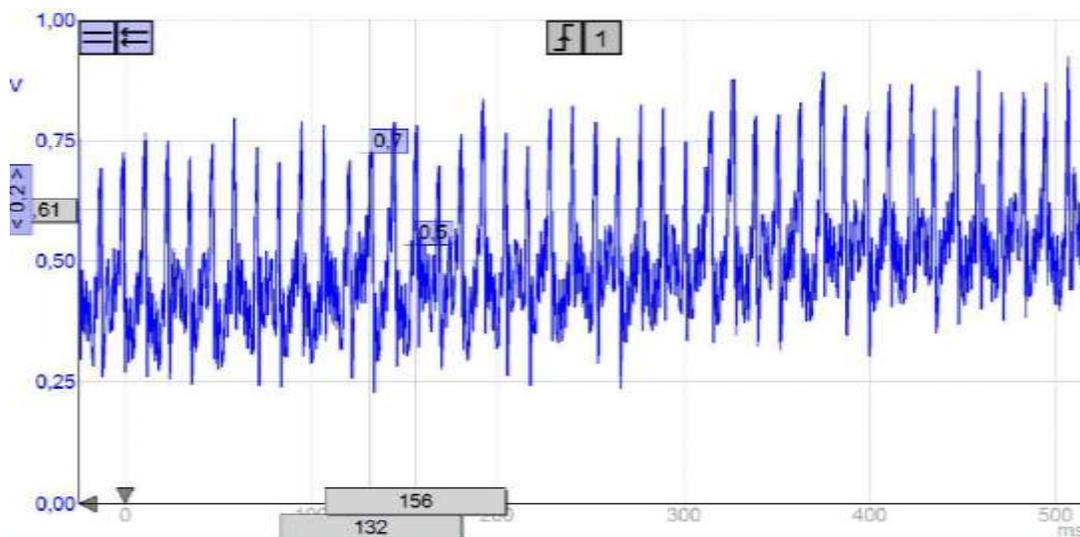


Figura 3.15 Señal O₂ con desconexión ECT a 2500 rpm en FSA-740

3.6.2 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión de un inyector

3.6.2.1 A régimen de ralentí

La desconexión del inyector es una falla simulada que implica mezcla pobre, debido al corte de inyección de combustible, por tanto, se realiza la prueba a régimen de ralentí. La configuración de la escala del osciloscopio del FSA es de 0,25 (voltios/división) y 40 (milisegundos/división).

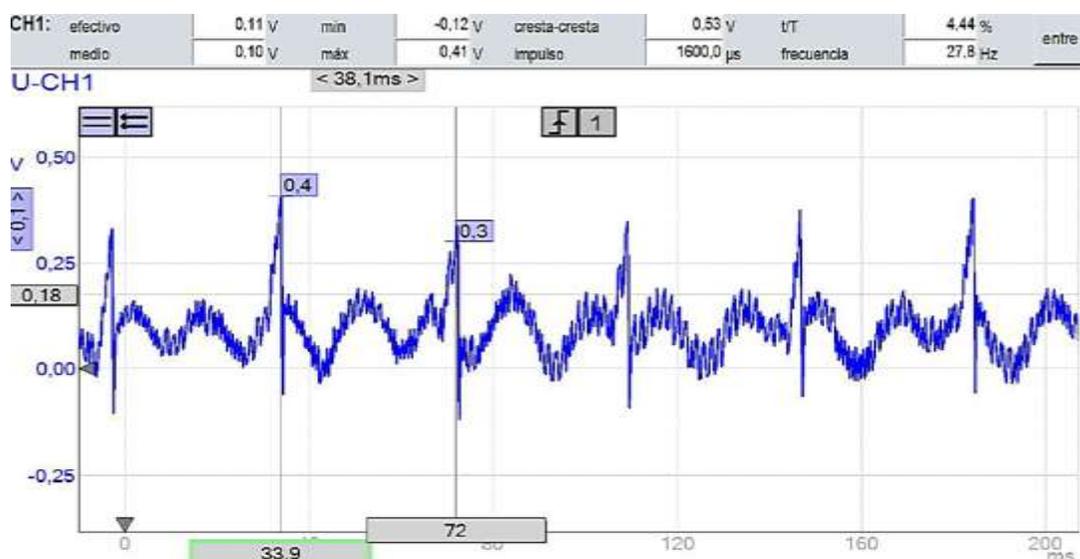


Figura 3.16 Señal O₂ con desconexión del inyector 4 a ralentí en FSA

En la Figura 3.16 se detalla la señal del sensor de oxígeno, por esta razón, se utiliza la estrategia de diagnóstico, a través del uso del osciloscopio universal de Bosch FSA-740. El valor máximo es 410 mV, mínimo de -120 mV, por tanto, la amplitud máxima cresta-cresta es 530 mV y la señal tiene un período de 38,1 milisegundos. El rango de voltaje varía menor a 450 mV, con esto quiere decir, que existe mezcla pobre en la cámara de combustión.

3.6.2.2 A régimen de 2500 rpm

El vehículo se encuentra a un régimen de 2500 rpm, la Figura 3.17, presenta la variación de la señal del sensor de oxígeno con relación al régimen de ralentí. La amplitud máxima cresta-cresta aumenta a 520 mV, pues el límite máximo es 620mV y mínimo es 100 mV.

Se evidencia aumento de la frecuencia de la señal, dado que presenta una reducción del período de 12,8 milisegundos. Esto implica mayor consumo de combustible, debido a que, el aumento de régimen acontece un incremento del flujo de gases de escape, pues, el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones y la ECM aumenta el ancho de pulso de los inyectores. Cabe destacar que los comandos del FSA permiten analizar y medir las oscilaciones de la señal, que favorecen al diagnóstico del sensor O₂.

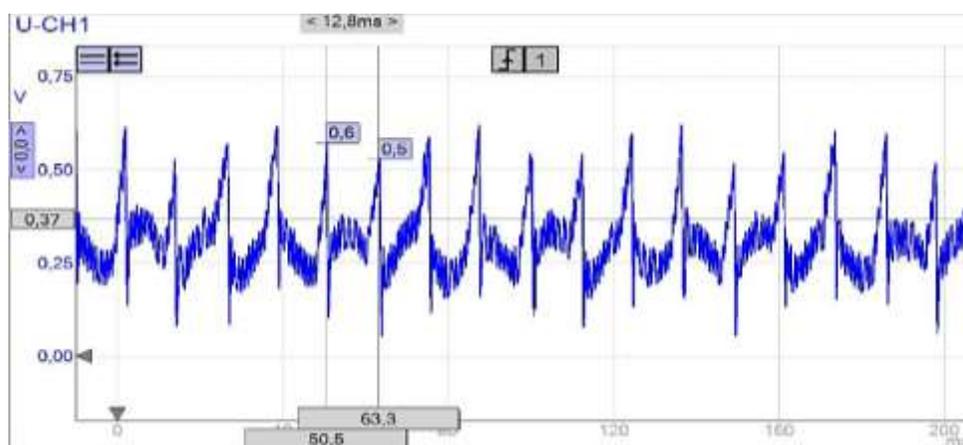


Figura 3.17 Señal O₂ con desconexión del inyector 4 a 2500 rpm en FSA

3.6.3 Resultados de señales del sensor O₂ por desconexión de un cable de bobina

3.6.3.1 A régimen de ralentí

El vehículo se encuentra a régimen de ralentí, pues la simulación de falla es a través de la desconexión de un cable de bujía del cilindro 1. La Figura 3.18 presenta la señal del sensor de

oxígeno en la pantalla del módulo de medición de Bosch FSA-740. La configuración de la escala del osciloscopio es de 60 (milivoltios/división) y 43 (milisegundos/ división), pues, el período de la señal es 17,36 milisegundos.

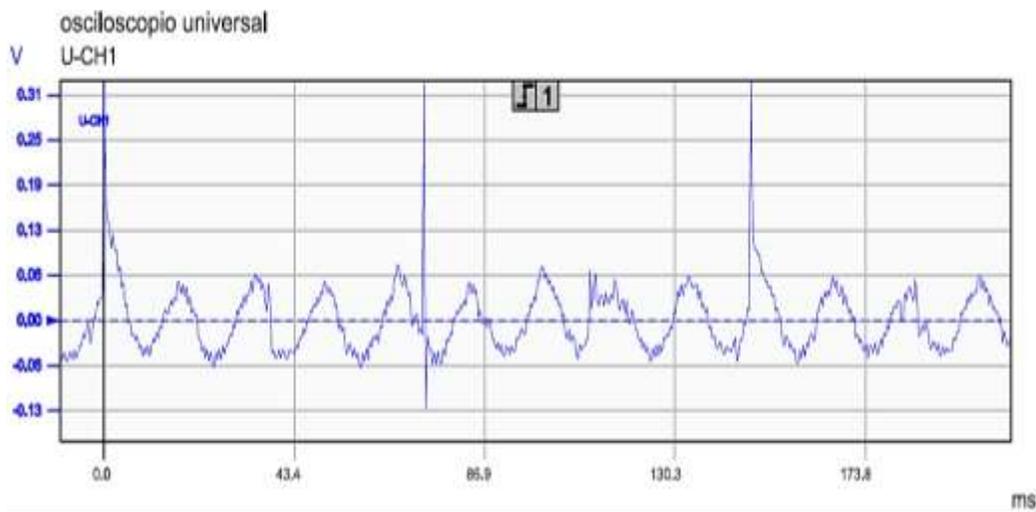


Figura 3.18 Señal O₂ con desconexión cable de bobina 1 a ralentí en FSA

La amplitud máxima cresta a cresta es 130 mV, pues el límite máximo es 70 mV y mínimo es -60 mV. Esta oscilación varía por debajo de los 450 mV, por lo tanto, hace referencia a mezcla pobre, debido a que el combustible inyectado en la cámara de combustión del cilindro #1 no es quemado por la inactividad de la bujía, como consecuencia, se genera más cantidad de hidrocarburos (HC).

3.6.3.2 A régimen de 2500 rpm

Esta prueba simula un fallo, mediante la desconexión del cable de bujía del cilindro 1, pues se realiza a un régimen de 2500 rpm, además, la estrategia de diagnóstico utilizada es de osciloscopio universal del módulo de medición de Bosch FSA-740, por tanto, la Figura 3.19, presenta la señal del sensor de oxígeno, pues la configuración de la escala del voltaje es 60 (milivoltios/división) y tiempo de 600 (milisegundos/división).

La amplitud máxima de cresta-cresta aumenta a 60 mV pues el límite mínimo es -60 mV y máximo de 120 mV. Con respecto a la frecuencia, se denota un aumento, debido a que el período de las oscilaciones disminuye a 10,85 milisegundos. Esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones, por tanto, la computadora aumenta el

ancho de pulso de los inyectores, sin embargo, la desconexión de cable de bobina implica una mezcla pobre, dado que no es posible el quemado dentro de la cámara de combustión por falta de chispa, es así como genera más hidrocarburos.

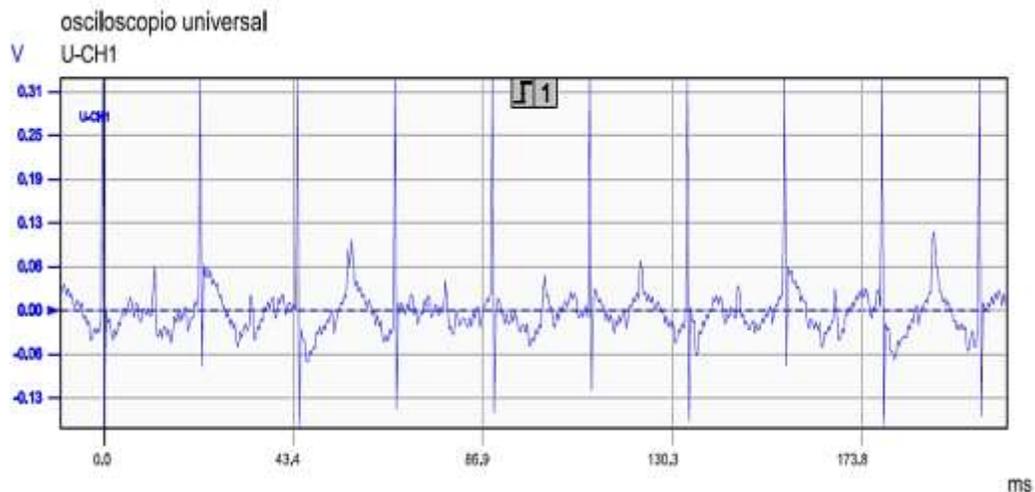


Figura 3.19 Señal O₂ con desconexión del cable de bujía 1 a 2500 rpm en FSA-740

3.6.4 Resultados de señales del sensor O₂ por extracción del filtro de aire

3.6.4.1 A régimen de ralentí

La prueba se realiza a régimen de ralentí, pues la simulación de falla implica la extracción del filtro de aire de admisión, entonces, la Figura 3.20 detalla la señal del sensor de oxígeno en la pantalla del módulo de medición de Bosch FSA-740 con la configuración de escala de 250 (milivoltios/división) y 40 (milisegundos/división).

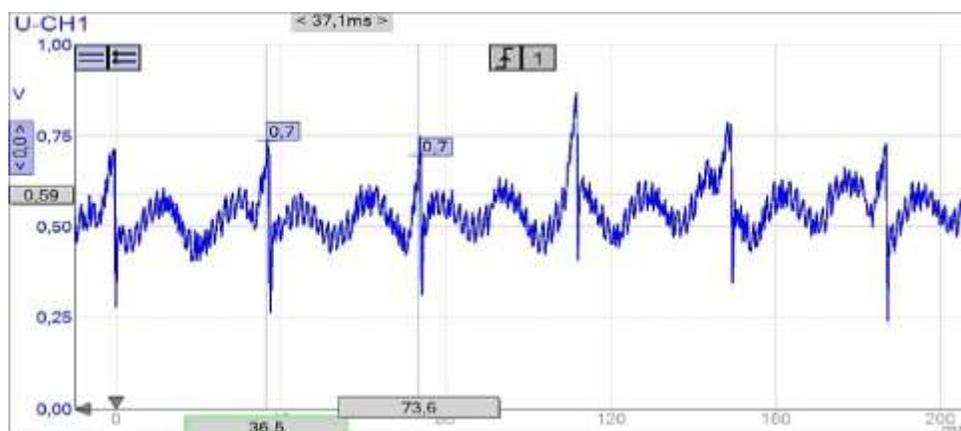


Figura 3.20 Señal O₂ extracción filtro de aire a ralentí en FSA-740

La amplitud máxima pico a pico es 570 mV, pues el valor máximo es 820 mV y valor mínimo es 250 mV. Con respecto al funcionamiento normal, se presenta reducción del período a 37,1 milisegundos, por lo tanto, la frecuencia se incrementa. Estos valores denotan que la señal tiende a la mezcla pobre, debido a que el aire ingresa directamente a la mariposa de aceleración, entonces, se denota más aire en la cámara de combustión.

3.6.4.2 A régimen de 2500 rpm

Esta prueba simula un fallo, mediante la extracción del filtro de aire de admisión, pues el vehículo Spark LT se encuentra a un régimen de 2500 rpm. La Figura 3.21 , presenta la señal del sensor de oxígeno, pues la amplitud máxima cresta-cresta se reduce a 560 mV, pues el valor máximo es 760 mV y mínimo 200 mV.

Con respecto a la frecuencia, se denota un aumento, debido a que el período disminuye a 12,9 milisegundos. Esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones, por tanto, la computadora aumenta el ancho de pulso de los inyectores, sin embargo, la extracción del filtro de aire implica una mezcla pobre, dado que, el aire ingresa directamente a la mariposa de aceleración hacia la cámara de combustión.

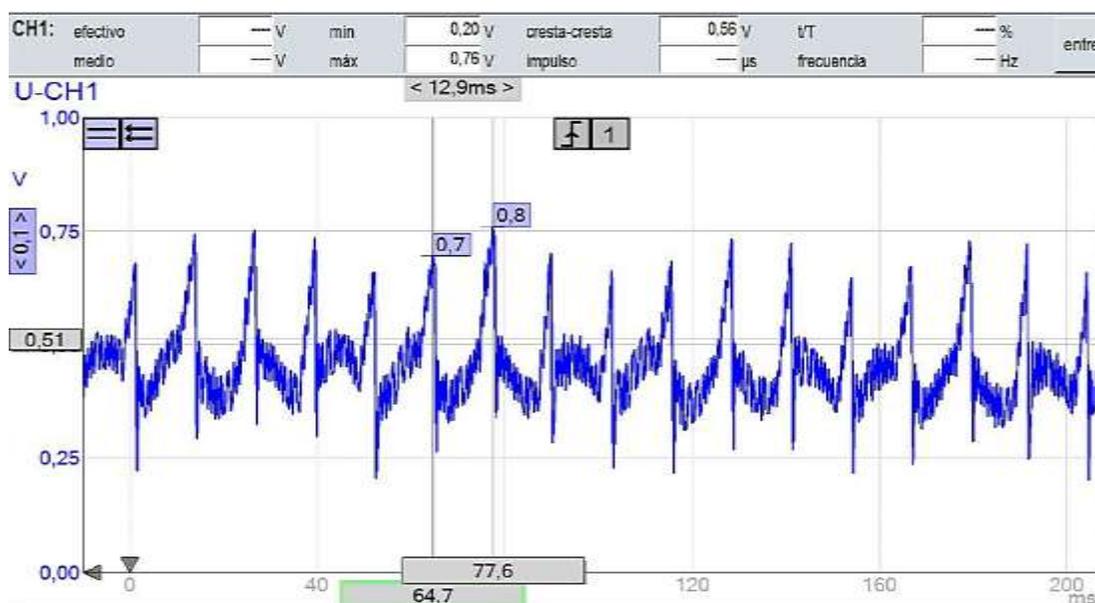


Figura 3.21 Señal O₂ extracción filtro de aire a 2500 rpm en FSA-740

3.7 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ANALIZADOR DE GASES AGS-688

3.7.1 Resultados de emisiones por desconexión del sensor ECT

En este apartado la Tabla 3.11 indica los resultados obtenidos con el equipo AGS-688 al provocar un fallo de desconexión del sensor ECT. Se observa que los resultados varían un 40% entre todos los gases a diferentes revoluciones. Mientras que con el CO₂ se obtuvo resultados que varían un 3%. Durante el análisis de los niveles de hidrocarburos en el sistema de prueba, se encontró que al régimen de 860 rpm se registraron valores por encima de los límites permitidos establecidos por la Norma INEN 2 204:2002. Específicamente, se obtuvo una concentración de 276 partes por millón (ppm) en hidrocarburos, lo que sugiere que el sistema no cumple con los estándares de emisión establecidos por la normativa mencionada.

La concentración de hidrocarburos en el sistema de prueba a 1500 y 2500 rpm, por otro lado, fue evaluada y se determinó que cumple con los requisitos de emisión establecidos por la normativa descrita. En estos regímenes, se registró una concentración de 200 ppm o menos, lo que indica que cumplen con los estándares de emisión y son aceptables según la Norma INEN 2 204:2002.

Tabla 3.11 Valores de gases de escape por desconexión del sensor ECT con AGS-688

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
860	0.23	276	14.6	1.74	1.861
1500	0.32	200	14.6	1.62	1.056
2500	0.19	151	15	1.28	1.046

Es importante señalar que la medición de hidrocarburos es un indicador comúnmente utilizado para evaluar la calidad de la combustión en los motores de combustión interna. Los hidrocarburos son emitidos durante la combustión incompleta de combustibles, y por lo tanto, una alta concentración de hidrocarburos indica una combustión deficiente. La medición precisa de

hidrocarburos es esencial para garantizar que los motores de combustión interna cumplan con los estándares de emisión establecidos y reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.

3.7.2 Resultados de emisiones por desconexión de un inyector

Utilizando el equipo AGS, se evaluó que las emisiones varían acorde a los resultados presentados en la Tabla 3.13. En este caso, se desconectó uno de los inyectores del sistema de combustión, lo que ocasionó una falla en el sensor de oxígeno. Como resultado, los valores de CO fueron prácticamente nulos, con una reducción del 99% en comparación con lo permitido por la normativa INEN 2 204:2002.

La desconexión de un inyector en el sistema de combustión resultó en una disminución del suministro de combustible y, como consecuencia, una reducción del 50% en la concentración de hidrocarburos (HC). Además, se observó un aumento significativo en los valores de oxígeno, en comparación con los valores de emisiones durante el funcionamiento normal del sistema. Esto se debe al hecho de que el cilindro con el inyector desconectado solamente tiene una entrada y salida de oxígeno y no se realiza una combustión adecuada debido a la falta de gasolina en dicho cilindro.

Es importante destacar que la reducción en la concentración de HC y la disminución de la emisión de CO son objetivos importantes en la reducción de emisiones contaminantes. La desconexión de un inyector podría ser una estrategia viable para lograr estos objetivos en el sistema de combustión. Sin embargo, es necesario tener en cuenta los efectos en otros parámetros de emisiones, como la concentración de oxígeno, al implementar esta estrategia en el diseño del sistema de combustión.

Tabla 3.12 Valores de gases de escape por desconexión de un inyector con AGS-688

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
740	0.00	94	11.5	5.70	1.332
1500	0.01	83	10.7	6.64	1.416
2500	0.01	100	11.8	5.32	1.300

3.7.3 Resultados de emisiones por desconexión de un cable de bobina

Al desconectar el cable de la bobina, se procedió a realizar una medición de las emisiones, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.15. Se constató que los valores de monóxido de carbono (CO) exceden en un 22% los límites permitidos por la normativa INEN 2 204:2002. Esta situación se debe a la falta de combustión en un cilindro, lo que da lugar a la liberación de combustible sin procesar a través del sistema de escape, generando una emisión mayor de CO.

Tabla 3.13 Valores de gases de escape por desconexión de un cable de bobina con AGS-688

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
800	1.22	119	14.7	0.58	0.987
1500	1.01	99	15.1	0.33	0.983
2500	0.22	42	15.7	0.23	1.002

3.7.4 Resultados de emisiones por extracción del filtro de aire mediante el analizador de gases AGS-688

En la Tabla 3.17 se presentan los resultados de las emisiones obtenidos utilizando el equipo AGS, sin utilizar un filtro de aire. En este caso, se observa que los niveles de hidrocarburos (HC) son un 94% más bajos y los niveles de monóxido de carbono (CO) son un 100% más bajos en comparación con la normativa aplicable INEN 2 204:2002. Sin embargo, debido a la falta de un filtro de aire, es posible que haya un exceso de oxígeno en la mezcla de combustible y aire, lo cual se refleja en los valores lambda. Es importante tener en cuenta que los niveles de emisiones pueden verse afectados por diversos factores, como el uso de filtros adecuados, la calidad del combustible y las condiciones de conducción.

Tabla 3.14 Valores de gases de escape por extracción del filtro de aire de admisión con AGS-688

N° Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
790	0.00	2	15.3	0.80	1.036
1500	0.00	1	15.4	0.66	1.029
2500	0.00	12	15.2	0.86	1.038

3.7.5 Resultados de emisiones por desconexión del sensor O₂ mediante el analizador de gases AGS-688

Se realizó una medición de emisiones en un motor sin el sensor de oxígeno utilizando un equipo de medición, como se indica en la Tabla 3.19. A pesar de la falta del sensor, los niveles de emisiones obtenidos se encuentran dentro del rango permitido por la normativa INEN 2 204:2002.

Tabla 3.15 Valores de gases de escape por desconexión del sensor O₂ con AGS-688

N° Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
820	0.82	99	15.7	0.64	1.23
1500	0.00	75	15.4	1.15	1.048
2500	0.57	53	15.7	0.28	0.992

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la falta del sensor de oxígeno puede provocar una falla en el motor debido a la falta de retroalimentación para ajustar la mezcla de combustible y aire. Además, se observa que el gas CO₂ no está funcionando correctamente en el motor, lo que puede afectar la eficiencia del combustible y aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero.

3.8 DIAGNÓSTICO DEL SENSOR DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DE REFRIGERANTE CON SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DE ANALIZADOR BEA-055

3.8.1 Resultados de emisiones por desconexión del sensor ECT

Mediante la desconexión del sensor ECT, con el equipo FSA-740 se obtuvieron diferentes resultados como lo muestra la Tabla 3.16, se encontró datos de CO en un 8%.

Tabla 3.16 Valores de gases de escape por desconexión del sensor ECT con BEA-055

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
860	0.806	213	13.11	1.90	1.057
1500	0.633	187	11.84	3.86	1.181
2500	0.747	205	14.18	0.25	0.979

En el caso del oxígeno, se encontró una mayor diferencia del 94% en los regímenes de 1500 a 2500 rpm. Al estar desconectado el sensor ECT, se observa que se genera mayor emisión de HC a 860 rpm, superando lo permitido por la normativa INEN 2 204:2002.

3.8.2 Resultados de emisiones por desconexión de un inyector

El resultado obtenido a través del uso del equipo BEA-050 puede ser encontrado en la Tabla 3.14. En este caso, se encontró que los valores obtenidos son similares a aquellos obtenidos con el equipo AGS. Estos resultados son caracterizados por una estabilidad que se refleja en una diferencia máxima del 4% en los datos, salvo en los valores de CO los cuales resultan nulos. En todos los regímenes del inyector son desconectado, se puede observar una reducción del 55% en los valores de HC, así como una reducción del 100% en los valores de CO, con respecto a los estándares estipulados por la normativa INEN 2 204:2002. Finalmente, en las pruebas realizadas al vehículo, se pudo constatar que el motor en ralentí presenta una deficiencia en su funcionamiento debido a la falta de un cilindro en funcionamiento. No obstante, el vehículo logra superar las pruebas sin dificultad.

Tabla 3.17 Valores de gases de escape por desconexión de un inyector con BEA-055

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
740	0.00	92	11.18	5.23	1.320
1500	-0.002	94	11.09	5.47	1.338
2500	0.00	91	10.62	5.94	1.384

3.8.3 Resultados de emisiones por desconexión de un cable de bobina

Se llevó a cabo un análisis utilizando el equipo BEA-055 después de desconectar el cable de la bujía. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.16. En comparación con los

resultados obtenidos utilizando el equipo AGS-688, se observa que los niveles de emisiones de hidrocarburos (HC) son más altos que el valor máximo permitido, lo cual puede indicar una combustión incompleta de combustible en el motor. Por otro lado, los niveles de monóxido de carbono (CO) se encuentran dentro del rango aceptable, lo que sugiere que la mezcla de combustible y aire en el motor está en un rango adecuado.

Tabla 3.18 Valores de gases de escape por desconexión de un cable de bobina con BEA-055

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
800	0.719	254	14.50	0.15	0.973
1500	0.124	97	14.01	1.05	1.043
2500	0.917	288	14.46	0.13	0.965

Es importante tener en cuenta que los niveles de emisiones pueden verse afectados por una serie de factores, incluyendo la calidad del combustible, el mantenimiento del vehículo y las condiciones de conducción. Por lo tanto, se debe considerar realizar un análisis adicional para determinar la causa exacta de los niveles de emisiones de HC elevados y tomar las medidas necesarias para reducirlos.

3.8.4 Resultados de emisiones por extracción del filtro de aire

Se realizó una medición de emisiones utilizando el equipo BEA en un motor en ralentí y se observó que los niveles de monóxido de carbono (CO) superan el límite permitido según la normativa INEN 2 204:2002, mientras que los niveles de hidrocarburos (HC) se encuentran dentro del rango aceptable, como se muestra en la Tabla 3.18.

Tabla 3.19 Valores de gases de escape por extracción del filtro de aire con BEA-055

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO₂ (% vol.)	O₂ (% vol.)	Lambda (λ)
790	2.07	149	13.67	0.2	0.943
1500	0.04	63	14.61	0.21	1.006
2500	0.00	57	14.52	0.49	1.02

3.8.5 Resultados de emisiones por desconexión del sensor O₂

La Tabla 3.20 presenta los resultados obtenidos de las mediciones de emisiones de gases con el equipo BEA-050. En este estudio en particular, no se realizó una corrección en ralentí y el motor registró valores de emisión un 220% mayores en CO y 143% mayores en HC en comparación con los niveles permitidos por la normativa INEN 2 204:2002.

Los resultados obtenidos indican que la falta de corrección en ralentí puede tener un impacto significativo en la medición de las emisiones de gases en los vehículos. Además, el hecho de no contar con un sensor de oxígeno puede resultar en mediciones inexactas y potencialmente peligrosas para la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, se sugiere que los estudios futuros incluyan una corrección en ralentí y el uso de un sensor de oxígeno para mejorar la precisión y la fiabilidad de los datos obtenidos en la evaluación de las emisiones de gases en vehículos. En resumen, se puede concluir que la medición de emisiones de gases en los vehículos es una tarea crítica y que el uso de un sensor de oxígeno y una corrección en ralentí son componentes esenciales para garantizar mediciones precisas y confiables. Los resultados presentados destacan la necesidad de implementar prácticas adecuadas y medidas de seguridad para minimizar el impacto de las emisiones de gases en la salud y el medio ambiente.

Tabla 3.20 Valores de gases de escape por desconexión del sensor O₂ con BEA-055

Nº Rev. (1/min)	CO (% vol.)	HC (ppm)	CO ₂ (% vol.)	O ₂ (% vol.)	Lambda (λ)
820	3.20	586	12.79	0.23	0.89
1500	0.007	84	14.55	0.64	1.026
2500	0.027	69	14.74	0.23	1.006

3.9 ANÁLISIS COMPARATIVO DE VALORES REALES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL ESCÁNER MAXI CHECK 808 Y KTS 560

3.9.1 Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT con Maxi Check 808

La Tabla 3.21 presenta la comparación de datos del equipo Maxi Check en condición normal de funcionamiento y simulación de falla mediante la desconexión del sensor ECT, a un

régimen de ralentí. Los valores de temperatura varían de 91 a -40 °C y datos de voltaje de 1,12 a 5 voltios, pues la falla simulada implica que los -40 °C con voltaje de 5 voltios, se mantienen constantes, es decir, que, al aumentar el régimen a 2500 rpm, estos valores no cambian, por lo tanto, la computadora del vehículo enciende el electroventilador en modo de seguridad con el fin de no recalentar el motor.

Tabla 3.21 Comparación de valores de funcionamiento normal y desconexión del sensor ECT con MAXI Check 808

Nombre	Valores de funcionamiento normal	Valores de desconexión del sensor ECT	Unidad
Régimen del motor	786	793	Rpm
Sensor ECT 1	91	-40	°C
Sensor de temperatura del refrigerante del motor	1.12	5	V
Carga del motor	Carga parcial	Carga parcial	
Sensor MAP	28	31	kPa
BARO	75	75	kPa
Estado del bucle de control de combustible	Cerrado	Cerrado	
Sensor de oxígeno O ₂	0.879	0.415	V
Ciclo de trabajo del inyector	2.33	2.3	ms
Ajuste del combustible a corto plazo	0	-15	%
Ajuste del combustible a largo plazo	1	1	%
Comando de la válvula solenoide de purga	0	7	%
Código de falla: Tensión alta en el circuito del sensor de temperatura de refrigerante de motor (ECT)	----	P0118	DTC

La carga del motor es parcial y presión barométrica de 75 kPa es la misma. El estado del bucle de control de combustible no se diferencia, pues se encuentra en lazo cerrado, por lo tanto, los valores del sensor de oxígeno oscilan normalmente, esto implica analizar la señal en el osciloscopio para identificar la variación de las oscilaciones. El ajuste de combustible a corto plazo en la falla simulada implica mayor reducción debido a que el pulso de inyección disminuye de 2,33 a 2,3 ms, el cual la apertura de la válvula del canister es 7 %, por lo tanto, el ajuste de combustible a corto plazo durante la falla es -15 % y a largo plazo es 1%. Esto quiere decir, que se encuentra en lazo cerrado debido a que el sensor de oxígeno está trabajando a una temperatura óptima de funcionamiento. La desconexión del sensor ECT implica mayor consumo de combustible, pero estos valores denotan reducción del pulso de inyección y ajuste de combustible negativo, esto quiere decir, que la apertura de la válvula EVAP implica ingreso de vapor de combustible a la cámara de combustión que significa que la mezcla es rica y por esta razón el pulso de inyección se reduce.

3.9.2 Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT con KTS 560

La Tabla 3.22 presenta la comparación de los valores reales de la falla simulada (desconexión del sensor ECT) y de condición normal de funcionamiento, a régimen de ralentí, pues, el escáner KTS 560 presenta una variación del valor de temperatura del líquido refrigerante de 89 a -40 °C, por lo tanto, favorece al diagnóstico, debido a que, si se observa este resultado, inmediatamente se determina un circuito abierto de alta tensión del sensor ECT. El valor de carga calculado de 22,4 % es la misma para ambas condiciones de funcionamiento y la presión del tubo de aspiración varía de 28 a 34 kPa pues esto implica que a mayor presión de vacío en la admisión, la adaptación lambda es menor, es decir, reducción del pulso de inyección.

Con respecto al sensor de oxígeno, el sistema de combustible presenta regulación sin limitaciones en ambas condiciones, pues hace referencia a lazo cerrado, por lo tanto, muestra una adaptación lambda o ajuste corto de combustible de 7,8 a 5,5 % y no hay variación a largo plazo dado que el límite de ajuste normal es +- 10%. Los valores del sensor de oxígeno oscilan normalmente, esto implica analizar la señal en el osciloscopio para identificar de mejor manera la variación de las oscilaciones. Esta simulación genera un código de falla P0118 (Sensor de temperatura de líquido refrigerante, tipo señal muy grande).

Tabla 3.22 Comparación de valores reales por funcionamiento normal y desconexión del sensor ECT con KTS 560

Nombre	Valor de funcionamiento normal	Valor de desconexión del sensor ECT	Unidad
Temperatura del líquido refrigerante	89	-40	°C
Sistema de combustible línea 1	(B1) Regulación activa sin limitaciones	(B1) Regulación activa sin limitaciones	
Temperatura del aire aspirado	48	38	°C
Valor de carga calculado	22.4	22.4	%
Adaptación lambda línea 1	7.8	5.5	%
Presión del tubo de aspiración	28	34	kPa
Sonda lambda (bancada 1, sensor 1)	0.840	0.425	V
Integrador Lambda (línea 1 – sensor 1)	0.0	0.0	%
Código de falla: Sensor de temperatura de líquido refrigerante, tipo señal muy grande	----	P0118	DTC

3.9.3 Análisis comparativo por desconexión del sensor O₂ con Maxi Check 808

La Tabla 3.23 presenta la comparación de los datos obtenidos a régimen de ralentí durante la simulación de falla que implica desconectar el sensor de oxígeno (O₂). Se observa que la ECM interpreta el valor de la temperatura de 91 a 88 °C con un voltaje de 1,12 a 1,19V. Estos valores denotan que el sensor de temperatura de refrigerante (ECT) funciona correctamente.

La carga de motor parcial, la presión barométrica de 75 kPa y la presión detectada por el sensor MAP de 28 kPa son las mismas en ambas condiciones. Con respecto al sensor de oxígeno, no presenta oscilaciones pues se denota que el bucle de control de combustible en condición de fallo está abierto, por lo tanto, el ajuste de combustible a corto plazo no funciona.

Tabla 3.23 Comparación de valores de funcionamiento normal y desconexión del sensor O₂ con MAXI Check 808

Nombre	Valor de funcionamiento normal	Valor desconectado sensor O ₂	Unidad
Régimen del motor	786	796	Rpm
Sensor ECT 1	91	88	°C
Sensor de temperatura de refrigerante de motor	1.12	1.19	V
Carga del motor	Carga parcial	Carga parcial	
Sensor MAP	28	28	kPa
BARO	75	75	kPa
Estado del bucle de control de combustible	Cerrado	Abierto	
Sensor de oxígeno O ₂	0.879	0.41	V
Ciclo de trabajo del inyector	2.33	2.28	ms
Ajuste del combustible a corto plazo	0	0	%
Ajuste del combustible a largo plazo	1	1	%
Comando de la válvula solenoide de purga	0	5	%
Código de falla: Circuito de control del sensor 1 del calentador del sensor de oxígeno calentado	----	P0030	DTC

Al estar desconectado el sensor O₂, la computadora reduce el pulso de inyección de 2,33 a 2,28 milisegundos, sin embargo, estos valores denotan la apertura de la válvula de purga a un 5% , esto quiere decir que está ingresando vapores de combustible a la cámara de combustión, razón por la que la computadora determina el ajuste de combustible a largo plazo de 1%.

El escáner detecta lazo abierto, dado que el sensor de oxígeno no estaba trabajando, entonces la computadora toma valores del sensor ECT y como está sobre los 91°C, se reduce el pulso de inyección de combustible. Los valores del sensor de oxígeno son interpretados constantemente con valor de 410 mV. Esta simulación genera un código de falla P0030 (Circuito de control del sensor 1 del calentador del sensor de oxígeno calentado).

3.9.4 Análisis comparativo por desconexión del sensor O₂ con KTS 560

La Tabla 3.24 presenta la comparación de los valores reales en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de falla, mediante la desconexión del sensor O₂ a régimen de ralentí, pues, el escáner KTS 560 presenta una variación del valor de temperatura del líquido refrigerante de 89 a 81 °C, esto quiere decir que, el sensor ECT funciona correctamente. El valor de carga 22,4 es la misma y pues la presión del tubo de aspiración reduce de 28 a 31 kPa. El sensor MAP informa esta presión del múltiple de admisión a la ECU, para así, controlar que la inyección de combustible sea necesaria, puesto que el sensor de oxígeno no está funcionando.

Con respecto al sensor de oxígeno, se denota que no presenta la variación de voltajes, por lo tanto, no existe oscilaciones. El sistema de combustible en condición de falla presenta lazo abierto por fallo, sin embargo, la adaptación lambda presenta una reducción de 7,8 a 7% debido a la presencia de mayor vacío en la admisión. Esta simulación genera un código de falla P0030 (Calefacción sondas lambda 1 -bancada 1). Los valores del sensor de oxígeno son interpretados constantemente con un valor de 410 mV.

Tabla 3.24 Comparación de valores reales de funcionamiento normal y desconexión del sensor O₂ con KTS 560

Nombre	Valor de funcionamiento normal	Valor de desconexión del sensor O ₂	Unidad
Temperatura del líquido refrigerante	89	81	°C
Sistema de combustible línea 1	(B1) Regulación activa sin limitaciones	(B1) Lazo abierto por fallo	
Temperatura del aire aspirado	48	48	°C
Valor de carga calculado	22.4	22.4	%
Adaptación lambda línea 1	7.8	7.0	%
Presión del tubo de aspiración	28	31	kPa
Sonda lambda (bancada 1, sensor 1)	0.840	0.410	V
Integrador Lambda (línea 1 – sensor 1)	0.0	0.0	%
Código de falla: Calefacción sondas lambda 1 -bancada 1	----	P0030	DTC

3.10 ANÁLISIS COMPARATIVO DE SEÑALES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL OSCILOSCOPIO OTC-3840F Y MÓDULO DE MEDICIÓN DE BOSCH FSA-740

3.10.1 Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT

La Tabla 3.25 presenta la comparación de resultados obtenidos de la señal del sensor de oxígeno en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de falla, que implica la desconexión del sensor de temperatura de refrigerante ECT.

Estos resultados del osciloscopio OTC-3840F, denotan la diferencia de valores entre funcionamiento normal y condición de falla, puesto que, se presenta un aumento de amplitud de 80 mV a ralentí, la reducción del período es 1,4 segundos, por lo tanto, la frecuencia también aumenta con una diferencia de 10 Hz. Con respecto a régimen de 2500 rpm se denota el aumento de frecuencia de 35 Hz. Esto determina que el aumento de la frecuencia de la señal del sensor de oxígeno durante la desconexión del sensor ECT, implica mayor consumo de combustible, debido a que, la ECM incrementa el ancho de pulso de los inyectores.

Tabla 3.25 Comparación de valores de señales mediante desconexión del sensor ECT

Equipos	Estado de funcionamiento o falla	Régimen	Límite máximo (mV)	Límite mínimo (mV)	Amplitud (mV)	Período (ms)	Frecuencia (Hz)
Osciloscopio OTC-3840F	Funcionamiento normal	Ralentí	720	240	480	4400	0,23
		2500 rpm	712	280	432	2800	0.36
	Desconexión del sensor ECT	Ralentí	760	200	560	3000	0,33
		2500 rpm	700	240	460	1400	0,71
Módulo de medición de Bosch FSA-740	Funcionamiento normal	Ralentí	830	300	530	37,9	26,39
		2500 rpm	800	325	475	11,9	84,03
	Desconexión del sensor ECT	Ralentí	880	230	650	37,7	26,53
		2500 rpm	825	235	590	12	41,66

En cuanto al análisis de los resultados del módulo de medición de Bosch FSA-740, los valores de la señal del sensor de oxígeno reflejan variación de datos durante la desconexión del sensor ECT. Con respecto al funcionamiento normal, se denota que el período a régimen de 2500 rpm es mayor que a ralentí, pues la diferencia es 26 milisegundos, esto implica un aumento de la frecuencia en un 57,64 Hz. Mientras que, en la simulación de falla, el período se incrementa conforme aumenta el régimen, pues la diferencia de períodos entre ambos regímenes es 26,7 ms, es así que, la frecuencia aumenta en un 15,13 Hz. La comparación a ralentí entre funcionamiento normal y desconexión de sensor ECT determina que la simulación de falla presenta aumento de frecuencia de 0,14 Hz, esto implica que la computadora aumenta el ancho de pulso de los inyectores que significa mayor consumo de combustible.

3.10.2 Análisis comparativo por desconexión de un inyector

La Tabla 3.26 presenta la comparación de resultados obtenidos de la señal del sensor de oxígeno en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de falla, que implica la desconexión del inyector 4.

Estos resultados del osciloscopio OTC-3840F, denotan la diferencia de valores entre funcionamiento normal y condición de falla, puesto que, se presenta un aumento de amplitud de 255 mV a ralentí, la reducción del período es 1,4 segundos, por lo tanto, la frecuencia también aumenta con una diferencia de 10 Hz. Estos valores determinan que la oscilación se encuentra bajo los 450 mV. Esto significa que la mezcla en la cámara de combustión es pobre, debido a que, el inyector 4 no está inyectando gasolina en el cilindro.

Con respecto al régimen de 2500 rpm y ralentí durante la simulación de fallo, se denota un aumento de frecuencia de 50 Hz. Esto determina que el aumento de la frecuencia de la señal del sensor de oxígeno durante la desconexión del inyector 4, implica mayor consumo de combustible, debido a que, la ECM incrementa el ancho de pulso de los inyectores.

En cuanto al análisis de los resultados del módulo de medición de Bosch FSA-740, los valores de la señal del sensor de oxígeno reflejan variación de datos durante la desconexión del inyector 4. Con respecto al funcionamiento normal, se denota que el período a régimen de 2500 rpm es menor que a ralentí, pues la diferencia es 26 milisegundos, esto implica un aumento de la frecuencia en un 57,64 Hz. Mientras que, en la simulación de falla, el período se reduce conforme

aumenta el régimen, pues la diferencia de períodos entre ambos regímenes es 25,3 ms, es así como, la frecuencia aumenta en un 51,88 Hz. La comparación a ralentí entre funcionamiento normal y desconexión de sensor ECT determina que la simulación de falla presenta reducción de frecuencia de 0,14 Hz, esto implica que la ECU disminuye el ancho de pulso de los inyectores que significa menor consumo de combustible, sin embargo, radica en emisiones y pérdida de potencia, pues el rango de voltaje se ubica por debajo de 450 mV, esto quiere decir, que existe mezcla pobre en la cámara de combustión. Cabe destacar que los comandos del FSA permiten analizar y medir con mayor precisión las oscilaciones de la señal, pues favorece al diagnóstico del vehículo.

Tabla 3.26 Comparación de valores de señales mediante desconexión de un inyector

Equipos	Estado de funcionamiento o falla	Régimen	Límite máximo (mV)	Límite mínimo (mV)	Amplitud (mV)	Período (ms)	Frecuencia (Hz)
Osciloscopio OTC-3840F	Funcionamiento normal	Ralentí	720	240	480	4400	0,23
		2500 rpm	712	280	432	2800	0,36
	Desconexión de inyector 4	Ralentí	285	60	225	3000	0,33
		2500 rpm	217,5	75	142,5	1200	0,83
Módulo de medición de Bosch FSA-740	Funcionamiento normal	Ralentí	830	300	530	37,9	26,39
		2500 rpm	800	325	475	11,9	84,03
	Desconexión de inyector 4	Ralentí	410	-120	530	38,1	26,25
		2500 rpm	620	100	520	12,8	78,13

3.10.3 Análisis comparativo por desconexión de un cable de bobina

La Tabla 3.27 presenta la comparación de resultados obtenidos de la señal del sensor de oxígeno en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de falla, que implica la desconexión del cable de bujía del cilindro 1.

Estos resultados del osciloscopio OTC-3840F, denotan la diferencia de valores entre funcionamiento normal y condición de falla, puesto que, se presenta un aumento de amplitud de 60 mV a ralentí, la reducción del período es 0,8 segundos, por lo tanto, la frecuencia también aumenta con una diferencia de 0,05 Hz. Esto implica, mezcla pobre dado que el combustible inyectado no es quemado en la cámara de combustión del cilindro 1, por lo tanto, se genera más cantidad de hidrocarburos (HC).

Con respecto al régimen de 2500 rpm y ralentí durante la simulación de fallo, se denota un aumento de frecuencia de 31,21 Hz. Esto determina que el aumento de la frecuencia de la señal del sensor de oxígeno durante la desconexión del inyector 4, implica mayor consumo de combustible, debido a que, la ECM incrementa el ancho de pulso de los inyectores.

Tabla 3.27 Comparación de valores de señales mediante desconexión del cable de bobina 1

Equipos	Estado de funcionamiento o falla	Régimen	Límite máximo (mV)	Límite mínimo (mV)	Amplitud (mV)	Período (ms)	Frecuencia (Hz)
Osciloscopio OTC-3840F	Funcionamiento normal	Ralentí	720	240	480	4400	0,23
		2500 rpm	712	280	432	2800	0.36
	Desconexión del cable de bobina 1	Ralentí	640	220	420	3600	0,28
		2500 rpm	670	280	390	1600	0,63
Módulo de medición de Bosch FSA-740	Funcionamiento normal	Ralentí	830	300	530	37,9	26,39
		2500 rpm	800	325	475	11,9	84,03
	Desconexión del cable de bobina 1	Ralentí	70	-60	130	17,36	57,6
		2500 rpm	60	-60	120	10,85	92,16

En cuanto al análisis de los resultados del módulo de medición de Bosch FSA-740, los valores de la señal del sensor de oxígeno reflejan variación de datos durante la desconexión de la desconexión del cable de bujía del cilindro 1. Con respecto al funcionamiento normal, se denota

que el período a régimen de 2500 rpm es menor que a ralentí, pues la diferencia es 26 milisegundos, esto implica un aumento de la frecuencia en un 57,64 Hz. Mientras que, en la simulación de falla, el período se reduce conforme aumenta el régimen, pues la diferencia de períodos entre ambos regímenes es 6,51 ms, es así como, la frecuencia aumenta en un 34,56 Hz. La comparación a ralentí entre funcionamiento normal y desconexión de sensor ECT determina que la simulación de falla presenta aumento de frecuencia de 31,21 Hz, Esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones, por tanto, la ECU aumenta el ancho de pulso de los inyectores, sin embargo, la desconexión de cable de bobina presenta la oscilación por debajo de los 450 mV, por lo tanto, hace referencia a mezcla pobre, debido a que el combustible inyectado en la cámara de combustión del cilindro 1 no es quemado por la inactividad de la bujía, como consecuencia, se genera más cantidad de hidrocarburos (HC).

3.10.4 Análisis comparativo por extracción del filtro de aire de admisión

La Tabla 3.28 presenta la comparación de resultados obtenidos de la señal del sensor de oxígeno en condición normal de funcionamiento y durante la simulación de falla, que implica la extracción del filtro de aire de admisión.

Estos resultados del osciloscopio OTC-3840F, denotan la diferencia de valores entre funcionamiento normal y condición de falla, puesto que, se presenta a ralentí un aumento de amplitud de 40 mV, la reducción del período es 1,6 segundos, por lo tanto, la frecuencia también aumenta con una diferencia de 0,13 Hz. Estos valores denotan que la señal tiende a la mezcla pobre, debido a que el aire entra directamente a la mariposa de aceleración, entonces denota más aire en la cámara de combustión. Con respecto al régimen de 2500 rpm y ralentí durante la simulación de fallo, se denota un aumento de frecuencia de 0,35 Hz. Esto determina que el aumento de la frecuencia de la señal del sensor de oxígeno durante la extracción del filtro de aire de admisión implica mayor consumo de combustible, ya que, la ECM incrementa el ancho de pulso de los inyectores.

En cuanto al análisis de los resultados del módulo de medición de Bosch FSA-740, los valores de la señal del sensor de oxígeno reflejan variación de datos durante la extracción del filtro de aire de admisión. Con respecto al funcionamiento normal, se denota que el período a régimen de 2500 rpm es menor que a ralentí, pues la diferencia es 26 milisegundos, esto implica un aumento

de la frecuencia en un 57,64 Hz. Mientras que, en la simulación de falla, el período se reduce conforme aumenta el régimen, pues la diferencia de períodos entre ambos regímenes es 24,2 ms, es así como, la frecuencia aumenta en un 50,57 Hz. La comparación a ralentí entre funcionamiento normal y desconexión de sensor ECT determina que la simulación de falla presenta aumento de frecuencia de 0,56 Hz. Esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor de oxígeno presenta más oscilaciones, por tanto, la computadora aumenta el ancho de pulso de los inyectores, sin embargo, la extracción del filtro de aire implica una mezcla pobre, dado que, el aire ingresa directamente a la mariposa de aceleración hacia la cámara de combustión.

Tabla 3.28 Comparación de valores de señales mediante extracción del filtro de aire de admisión

Equipos	Estado de funcionamiento o falla	Régimen	Límite máximo (mV)	Límite mínimo (mV)	Amplitud (mV)	Período (ms)	Frecuencia (Hz)
Osciloscopio OTC-3840F	Funcionamiento normal	Ralentí	720	240	480	4400	0,23
		2500 rpm	712	280	432	2800	0.36
	Extracción del filtro de aire de admisión	Ralentí	700	180	520	2800	0,36
		2500 rpm	690	250	440	1400	0,71
Módulo de medición de Bosch FSA-740	Funcionamiento normal	Ralentí	830	300	530	37,9	26,39
		2500 rpm	800	325	475	11,9	84,03
	Extracción del filtro de aire de admisión	Ralentí	820	250	570	37,1	26,95
		2500 rpm	760	200	560	12,9	77,52

3.11 ANÁLISIS COMPARATIVO DE VALORES DE EMISIONES EN FUNCIONAMIENTO NORMAL Y SIMULACIÓN DE FALLAS MEDIANTE UTILIZACIÓN DEL ANALIZADOR AGS-688 y BEA-055

3.11.1 Análisis comparativo por desconexión del sensor ECT

3.11.1.1 Monóxido de carbono (CO)

En esta sección se presentan diversas gráficas que comparan el desempeño de los equipos con su funcionamiento normal, empleando un diagrama de barras. Con el propósito de cumplir con la normativa INEN 2 204:2002, se establece que los vehículos fabricados después del año

2000 deben cumplir con un límite máximo de 1% de monóxido de carbono (CO), medido en términos de volumen porcentual.

En el presente estudio se evaluó el impacto de la desconexión del sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) en las emisiones de monóxido de carbono (CO), como se puede observar en la Figura 3.21. Se observó que la presencia del sensor ECT permitió cumplir con los límites de emisiones establecidos por la normativa INEN 2 204:2002 correspondiente en cuanto al CO se refiere.

No obstante, al realizar mediciones a 1500 rpm con el equipo de análisis de gases AGS, se registró un valor que superó el límite de emisiones establecido. Por el contrario, el equipo de análisis de gases BEA arrojó resultados que cumplen con la normativa INEN 2 204:2002 en condiciones normales de operación. Estos hallazgos sugieren que el equipo AGS presenta limitaciones en la medición de emisiones de CO, mientras que el equipo BEA se muestra más preciso en dicha tarea. En consecuencia, el uso del equipo BEA podría mejorar la eficacia de la medición de emisiones de CO en comparación con el equipo AGS.

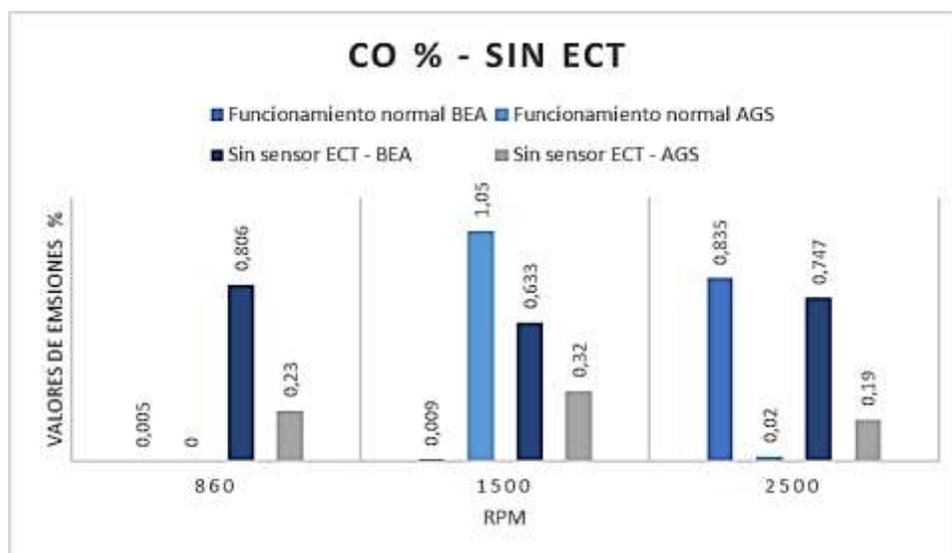


Figura 3.22 Valores de emisiones de CO sin sensor ECT

3.11.1.2 Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos (HC) no quemados, son emitidos por los motores de combustión interna de los vehículos. Estos compuestos químicos, que incluyen metano, etano, propano y butano, se originan a partir de la gasolina y otros combustibles que se combustionan en el motor.

Durante el proceso de combustión, la mezcla de combustible y aire se quema en la cámara de combustión, generando energía para mover los pistones del motor. Sin embargo, no todos los compuestos químicos de la gasolina se queman por completo, lo que da lugar a la emisión de los HC no quemados a la atmósfera. Además, los HC también pueden ser emitidos por los sistemas de escape del vehículo, como resultado de la evaporación de la gasolina y otros componentes del combustible.

La normativa INEN 2 204:2002 establece los límites máximos permitidos para la emisión de HC de los vehículos automotores, con el objetivo de reducir la contaminación del aire y mejorar la calidad ambiental. En particular, los vehículos fabricados a partir del año 2000 no deben emitir más de 200 partes por millón (ppm) de HC no quemados. En conclusión, la normativa INEN 2 204:2002 establece límites máximos permitidos para la emisión de HC de los vehículos automotores, con el objetivo de reducir la contaminación del aire y mejorar la calidad ambiental. Los HC no quemados son emitidos por los motores de combustión interna de los vehículos, como resultado de la combustión incompleta de la gasolina y otros combustibles. Para cumplir con esta regulación, se deben implementar tecnologías de combustión más eficientes y sistemas de control de emisiones más avanzados.

Se realizaron pruebas con dos equipos diferentes: BEA y AGS, tanto con y sin el sensor de temperatura del refrigerante del motor, como se muestra en la Figura 3.26. Los resultados muestran los niveles de HC (hidrocarburos) en partes por millón (ppm) a diferentes RPM del motor.

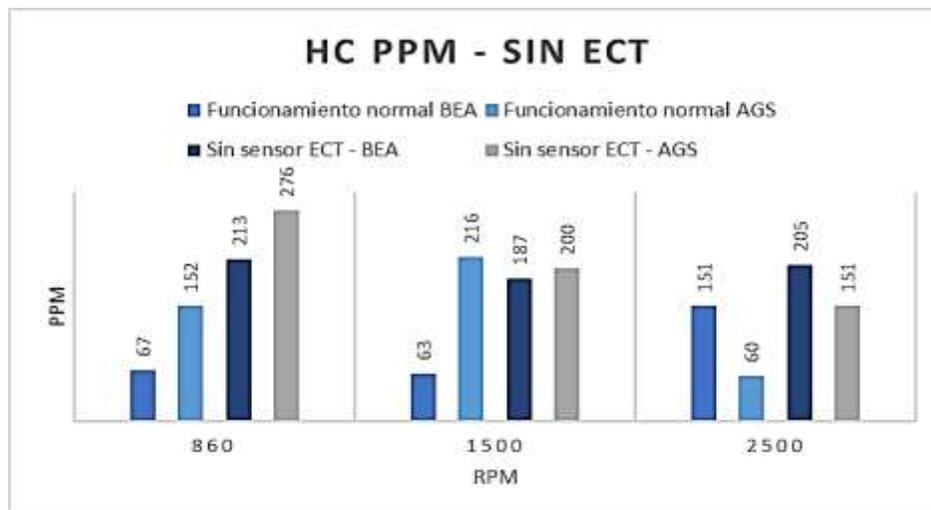


Figura 3.23 Valores de emisiones HC sin sensor ECT

En general, se observa que los niveles de HC son mayores a RPM más altas, lo cual es esperado ya que a RPM más altas el motor produce más gases de escape y aumenta la carga sobre el sistema de escape. Además, se puede ver que el equipo AGS da resultados significativamente más altos que el equipo BEA en todas las RPM medidas, excepto a 2500 RPM sin el sensor de temperatura del refrigerante.

La Normativa INEN 2 204:2002 establece un límite máximo de 200 ppm de HC en los gases de escape, lo que significa que todos los valores de HC reportados en las pruebas exceden este límite. Esto indica que el vehículo no cumple con la normativa de emisiones establecida en Ecuador.

La falta de un sensor de temperatura del refrigerante en los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante, se puede decir que estos dos sensores están estrechamente relacionados. El sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape para determinar si la mezcla de combustible y aire es rica o pobre.

Si el motor está funcionando a una temperatura demasiado baja, puede haber problemas en la combustión y se pueden producir emisiones más altas. Por lo tanto, si el sensor de temperatura del refrigerante está ausente, puede haber problemas en la medición de la cantidad de oxígeno en los gases de escape y, por lo tanto, pueden aparecer niveles más altos de HC. Además, la falta de

un sensor de temperatura del refrigerante también puede afectar la eficiencia del sistema de inyección de combustible y, por lo tanto, contribuir a niveles más altos de emisiones.

3.11.1.3 Dióxido de carbono (CO₂)

Es importante destacar que, si bien el análisis previo se centró en las emisiones de hidrocarburos (HC), el dióxido de carbono (CO₂) también es un gas de escape importante que debe tenerse en cuenta en el análisis de la eficiencia de combustión del motor.

El CO₂ se produce durante la combustión de combustibles fósiles en el motor, como la gasolina. Es importante mencionar que, aunque las emisiones de CO₂ no son un contaminante directo como los HC, contribuyen al cambio climático y al calentamiento global. Por lo tanto, reducir las emisiones de CO₂ es un objetivo importante en la eficiencia de combustión del motor.

Por último, se debe tener en cuenta que un porcentaje mayor del 13% en el análisis de CO₂ en los gases de escape indica una combustión más completa y eficiente en el motor. Una combustión casi perfecta indica que se ha utilizado todo el combustible y no se ha perdido ninguna energía en forma de emisiones no quemadas. Por lo tanto, una mayor eficiencia de combustión se traduce en una mayor economía de combustible y una reducción de las emisiones de CO₂, lo que es beneficioso tanto para el medio ambiente como para la economía del propietario del vehículo.

Durante la primera prueba de desconexión del sensor ECT, se observó que la combustión no fue perfecta, lo cual se evidencia en la Figura 3.24 del equipo BEA, donde se puede apreciar que en ninguna de las dos RPM evaluadas (860 y 1500) se alcanza un valor superior al 13% de CO₂ sin la presencia del sensor ECT. En cambio, el equipo AGS indica que el valor de CO₂ es del 14% en todas las RPM, lo que sugiere que se tiene una mezcla de combustible muy buena.

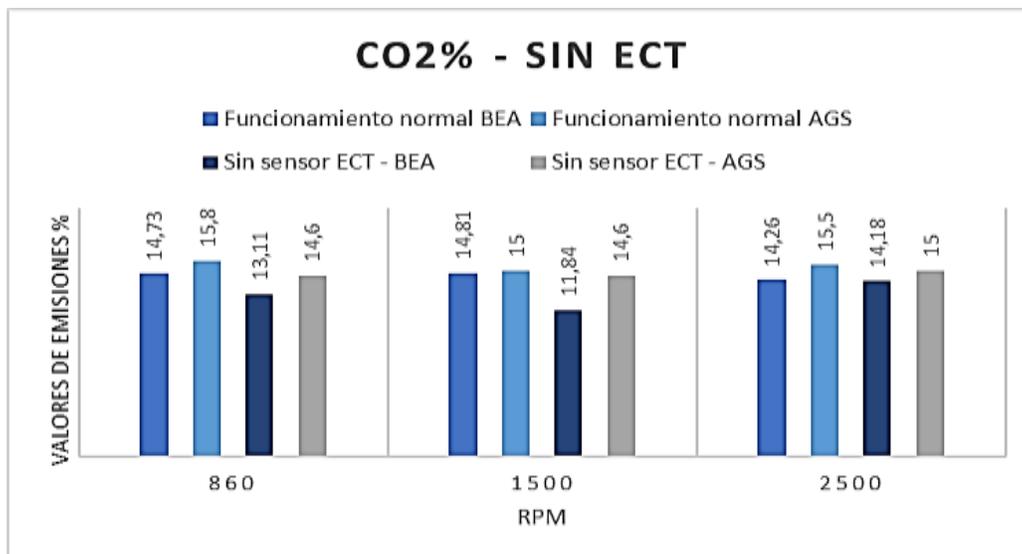


Figura 3.24 Valores de emisiones CO₂ sin sensor ECT

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el equipo AGS indica que, en funcionamiento normal, el valor de CO₂ supera el 14%, lo que indica que la combustión no está siendo eficiente. En este caso, el análisis de cada equipo debe ser considerado cuidadosamente. A pesar de que el equipo AGS indica un valor de CO₂ ideal del 14%, su medición de CO₂ en funcionamiento normal indica que hay problemas de combustión. Por otro lado, el equipo BEA proporciona resultados más confiables y evidencia que la combustión no es perfecta.

El valor de CO₂ es un indicador importante de la calidad de la combustión, y se espera que el valor ideal sea del 14%. Sin embargo, otros factores, como la presencia del sensor ECT, pueden influir en la medición de CO₂.

3.11.1.4 Oxígeno (O₂)

El oxígeno es uno de los componentes principales en la reacción química que ocurre durante la combustión del combustible en el motor de combustión interna. El aire que se aspira al motor contiene alrededor de un 21% de oxígeno, y este oxígeno se combina con el combustible para producir la energía que impulsa el motor.

Sin embargo, es importante señalar que la cantidad óptima de oxígeno para la combustión depende de varios factores, incluyendo el tipo de combustible, el diseño del motor y la relación

aire-combustible. Un exceso o una falta de oxígeno puede afectar negativamente el rendimiento y la eficiencia del motor, así como aumentar las emisiones contaminantes.

Por esta razón, los motores modernos están equipados con un sensor de oxígeno en el sistema de escape que monitorea continuamente la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape y envía una señal a la computadora del vehículo para que ajuste la cantidad de combustible que se inyecta en el motor. De esta manera, se asegura que la mezcla de aire y combustible esté en el rango óptimo para la combustión que debe ser menos del 2% de oxígeno, lo que maximiza la eficiencia del motor y reduce las emisiones nocivas.

En esta sección se presenta un análisis de la cantidad de oxígeno presente en la mezcla a través de la Figura 3.25. Durante el funcionamiento normal, se observa una mezcla adecuada de combustible en el motor. Sin embargo, al desconectar el sensor de temperatura del motor (ECT), se puede apreciar que el equipo BEA indica una mezcla muy pobre de combustible a 1500 rpm, debido a un exceso de oxígeno en la mezcla. Por otro lado, el equipo AGS indica una cantidad de oxígeno superior a la del funcionamiento normal. Esta discrepancia en las mediciones se debe a que la computadora interpreta que el motor se encuentra en frío al no recibir una señal del sensor de temperatura.

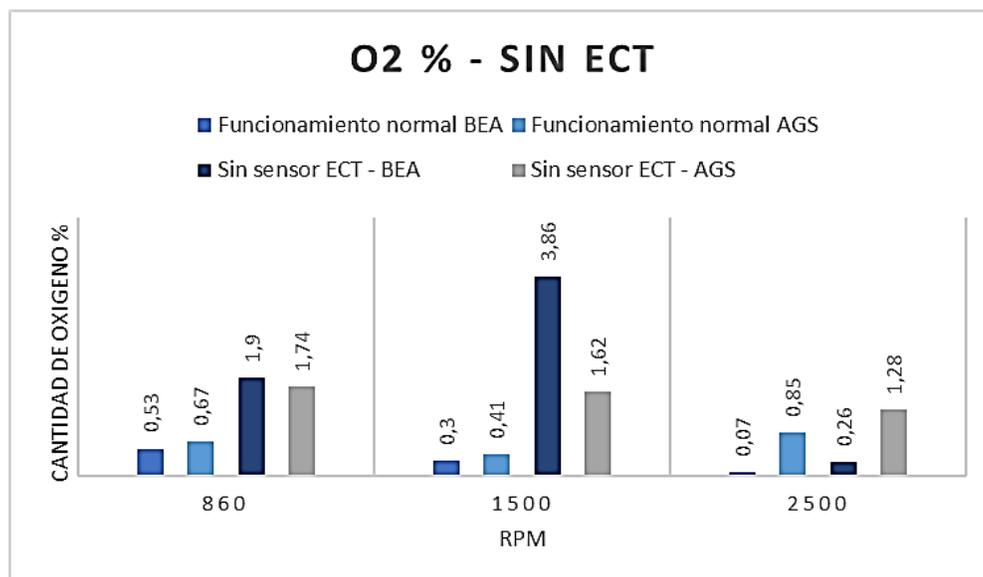


Figura 3.25 Valores de O₂ sin sensor ECT

Estos resultados evidencian la precisión de los equipos BEA y AGS en la medición de la mezcla de combustible y oxígeno en el motor. Además, también demuestran la importancia del sensor de temperatura en el control de la mezcla de combustible en el motor, ya que una señal inadecuada del sensor puede llevar a una mezcla incorrecta de combustible y oxígeno, afectando el rendimiento y eficiencia del motor. Este análisis científico permite comprender mejor los efectos del sensor ECT en el control de la mezcla de combustible en el motor y la relevancia de los equipos de medición en la investigación y el desarrollo de sistemas de control automotriz.

3.11.1.5 Lambda (λ)

La relación estequiométrica entre el combustible y el aire que ingresa al motor es crucial para un funcionamiento óptimo y eficiente. La relación ideal entre la cantidad de aire y combustible se llama relación estequiométrica, que varía según el tipo de combustible utilizado. En el caso de la gasolina, la relación estequiométrica es de aproximadamente 14.7 partes de aire por una parte de combustible.

El coeficiente lambda, representado por el símbolo λ , es una medida que indica la relación entre la cantidad real de oxígeno que ingresa al motor y la cantidad de oxígeno que debería ingresar al motor en una mezcla ideal. Es decir, el coeficiente lambda se utiliza para medir si la mezcla aire-combustible es rica o pobre en oxígeno.

Cuando la mezcla de aire y combustible tiene un coeficiente lambda mayor a 1, se dice que la mezcla es pobre, es decir, hay una cantidad excesiva de aire y una cantidad insuficiente de combustible. Esto puede provocar una combustión incompleta del combustible, lo que resulta en una disminución del rendimiento y de la eficiencia del motor. Además, una mezcla pobre puede generar altas temperaturas de combustión, lo que puede dañar las piezas del motor y aumentar las emisiones contaminantes.

Por otro lado, cuando la mezcla de aire y combustible tiene un coeficiente lambda menor a 1, se dice que la mezcla es rica, es decir, hay una cantidad excesiva de combustible y una cantidad insuficiente de aire. Esto puede provocar una combustión incompleta del combustible, lo que resulta en una disminución del rendimiento y de la eficiencia del motor. Además, una mezcla rica puede generar la acumulación de depósitos de carbono en el motor y aumentar las emisiones contaminantes.

En la Figura 3.26, el equipo AGS muestra que en ralentí el motor trabaja con una mezcla pobre, lo que indica que hay una cantidad excesiva de aire y una cantidad insuficiente de combustible en la mezcla. Esta situación puede generar una combustión incompleta del combustible, reduciendo la eficiencia del motor y aumentando las emisiones contaminantes.

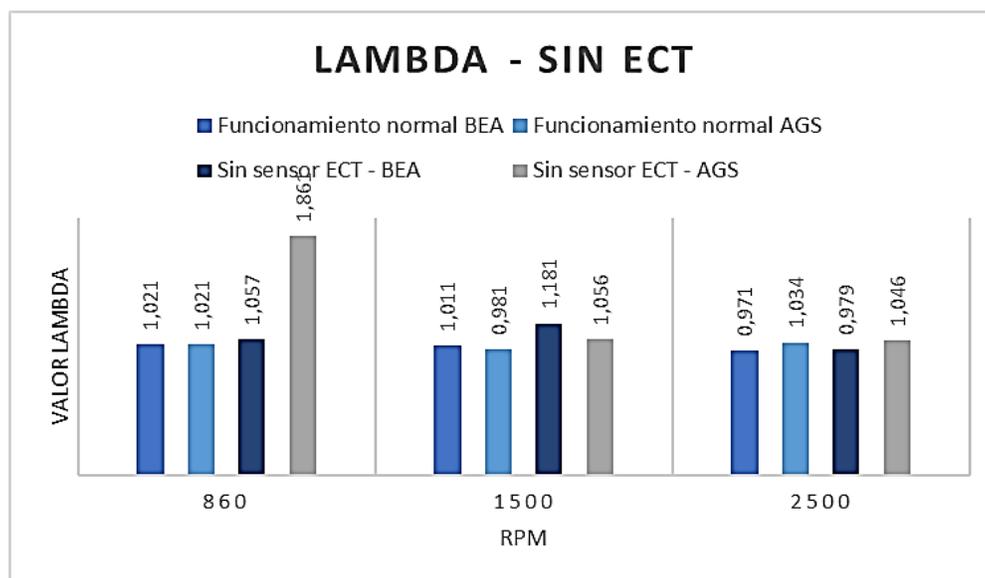


Figura 3.26 Valores lambda sin sensor ECT

Con relación a los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante, estos también son fundamentales para el correcto funcionamiento del motor. Si la mezcla no es adecuada, el sensor de oxígeno puede detectar una concentración de oxígeno fuera de los límites normales, afectado en las emisiones y también en las mediciones del sensor. Por otro lado, el sensor de temperatura del refrigerante detecta si la temperatura del motor aumenta demasiado, el sensor de temperatura del refrigerante envía una señal al sistema de control del motor para que reduzca la cantidad de combustible inyectado y evitar así una combustión incompleta del mismo.

3.11.2 Análisis comparativo por desconexión de un inyector

3.11.2.1 Monóxido de carbono (CO)

En este estudio se evaluó el impacto de la desconexión de un inyector en las emisiones de monóxido de carbono (CO) en el motor, mediante el uso de los equipos analizadores de gases BEA y AGS. La Figura 3.22 muestra que al quitar el inyector, los valores de CO se redujeron en un 100%, lo que indica un impacto significativo en la emisión de CO en el motor.

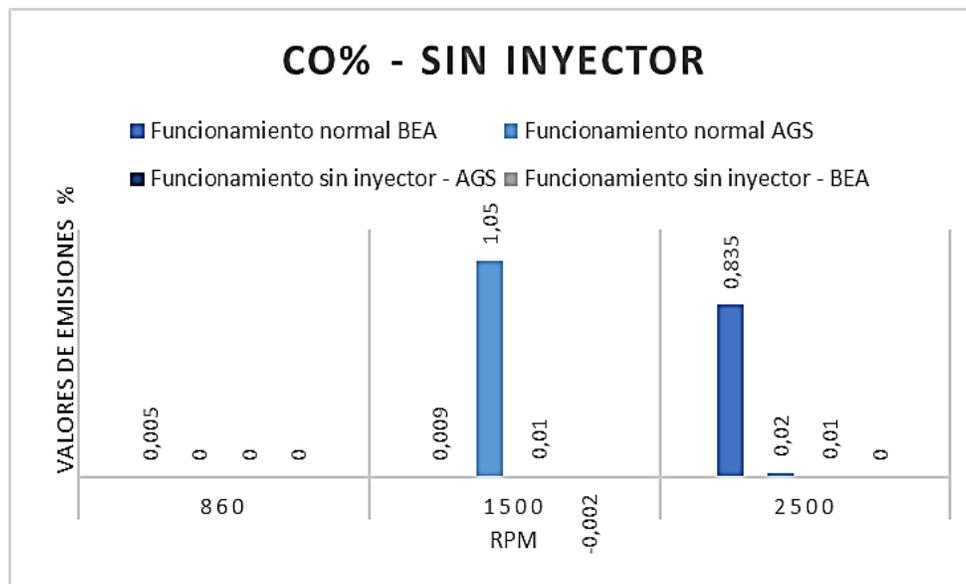


Figura 3.27 Valores de emisiones CO sin inyector

Sin embargo, la desconexión del inyector también puede tener un efecto en los sensores de oxígeno y temperatura del motor. La falta de combustión completa en uno de los cilindros del motor puede afectar la medición de oxígeno en los gases de escape, lo que a su vez podría afectar la precisión de los sensores de oxígeno en el motor. Además, la reducción en la temperatura del motor debido a la falta de combustión en uno de los cilindros puede afectar la medición de la temperatura del motor, lo que también podría afectar la precisión de los sensores de temperatura.

En cuanto a los resultados de los equipos analizadores de gases, se observaron diferencias en los valores registrados por ambos equipos. El equipo BEA registró un valor negativo de -0.002, lo que sugiere que no se detectó ninguna partícula de CO en los gases de escape del motor. En cambio, el equipo AGS registró un valor muy cercano a cero, pero aún dentro del rango permitido por la normativa INEN 2 204:2002.

Estos resultados indican que el equipo BEA es más sensible en la detección de CO en los gases de escape del motor que el equipo AGS. Esto podría deberse a diferencias en la tecnología y la sensibilidad de los sensores utilizados por cada equipo. Por lo tanto, se puede concluir que el equipo BEA podría ser más adecuado para la medición de emisiones de CO en vehículos, especialmente en aquellos que requieren cumplir con las regulaciones más estrictas.

En conclusión, la desconexión de un inyector demostró una reducción significativa en las emisiones de CO en el motor, pero también puede afectar la precisión de los sensores de oxígeno y temperatura del motor. El uso de diferentes equipos analizadores de gases mostró que existe una variabilidad en la precisión de las mediciones, lo que destaca la importancia de la selección cuidadosa de los equipos para la medición de emisiones de CO en vehículos.

3.11.2.2 Hidrocarburos (HC)

En este caso al desconectar el inyector, en la Figura 3.27 se observa que los valores de HC (hidrocarburos sin quemar) son más altos cuando se utiliza el equipo AGS en todas las RPM (revoluciones por minuto) medidas. Esto sugiere que el equipo BEA puede ser más efectivo para analizar y detectar emisiones de HC en el sistema de escape del vehículo.

En cuanto a la prueba sin inyector, se observa que el valor de HC en general es más bajo en comparación con las pruebas realizadas con el vehículo en funcionamiento normal. Esto se debe a que la falta de un inyector afecta el suministro de combustible al motor, lo que a su vez reduce las emisiones de HC.

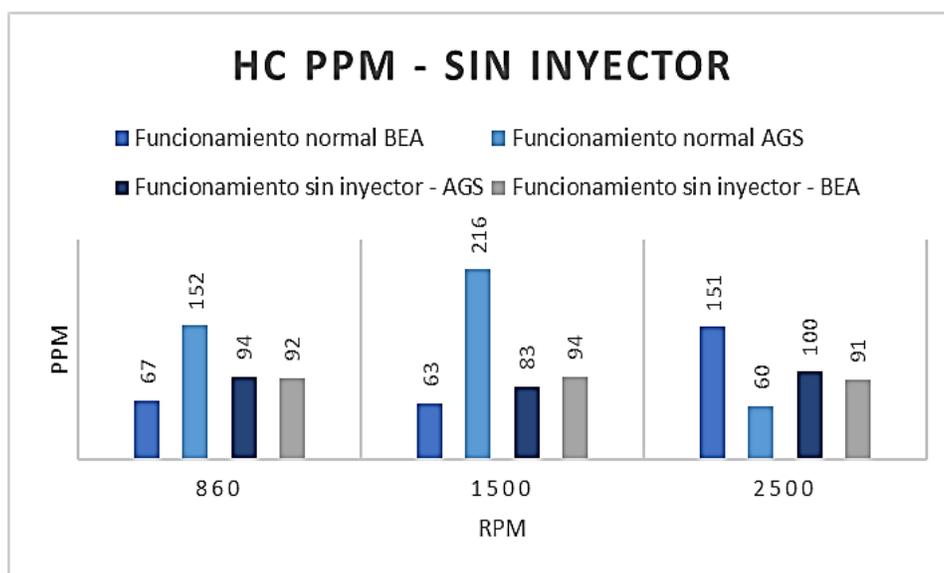


Figura 3.28 Valores de emisiones HC sin inyector

Con respecto a la normativa INEN 2 204:2002, que establece un límite máximo de 200 ppm de HC en los gases de escape, se puede observar que los valores medidos en las pruebas no

superan este límite en varios casos. Esto indica que el vehículo cumple con los estándares de emisiones establecidos por la normativa descrita.

Es importante mencionar que la falla que se tiene al quitar un inyector afecta a los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante. Estos dos sensores están diseñados para medir la cantidad de oxígeno en el escape y la temperatura del motor, respectivamente. Si el suministro de combustible al motor se ve afectado debido a la falta de un inyector, esto puede tener un efecto en las mediciones realizadas por los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante, ya que estas mediciones dependen del rendimiento del motor y la combustión adecuada del combustible. En general, una combustión ineficiente puede generar niveles más altos de emisiones y puede afectar el rendimiento del motor en general.

3.11.2.3 Dióxido de carbono (CO₂)

En este apartado se muestra una gran diferencia al provocar el fallo de desconectar el inyector. Aunque esta acción cumple con la normativa INEN 2 204:2002, la Figura 3.32 ilustra claramente que la mezcla de combustible resulta ser pésima, ya que no alcanza el 12% de CO₂ que se considera de una mezcla regular. Tanto los datos obtenidos por los dos equipos son casi idénticos, lo que demuestra que ambos son eficientes en cuanto a la obtención de resultados con relación al CO₂.

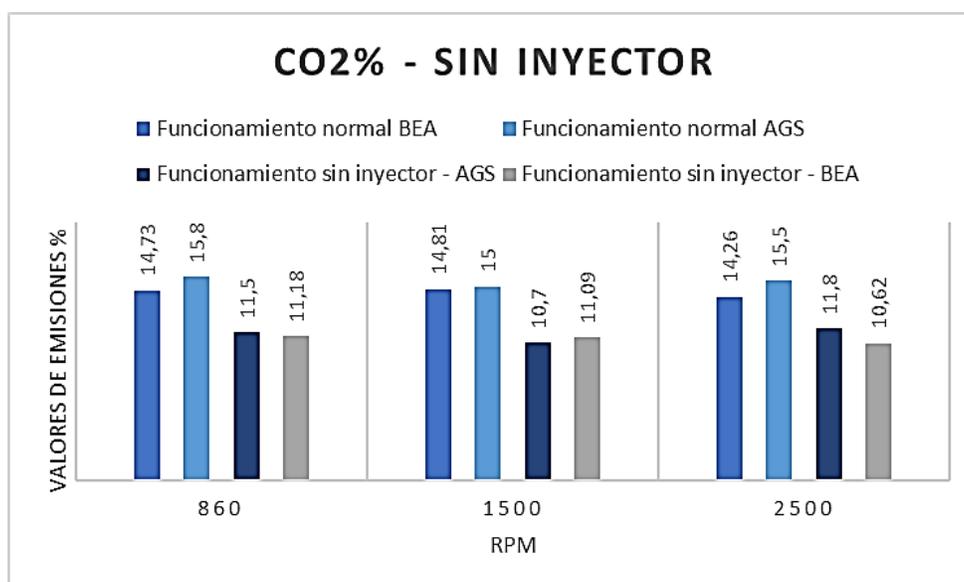


Figura 3.29 Valores de emisiones de CO₂ sin inyector

Si el sensor de oxígeno muestra menos CO_2 de lo esperado, indica que el motor está funcionando demasiado rico (es decir, que hay demasiado combustible en la mezcla de combustible y aire). Esto puede llevar a una combustión incompleta, lo que aumenta las emisiones de gases contaminantes y reduce la eficiencia del combustible. A largo plazo, un motor que funciona demasiado rico puede causar daños en los componentes internos del motor, como los cilindros, las bujías y los convertidores catalíticos.

Por otro lado, si la mezcla de aire y combustible es demasiado rica, es decir, hay demasiado combustible en relación con el aire, esto puede hacer que la temperatura del motor aumente. Si la temperatura del motor aumenta, también lo hará la temperatura del refrigerante, lo que puede hacer que el sensor de temperatura del refrigerante indique una lectura más alta de lo normal. Esto puede llevar a que el motor se sobrecaliente y se produzcan daños en el mismo si no se toman medidas para corregir el problema.

3.11.2.4 Oxígeno (O_2)

En la Figura 3.30 se muestra una gráfica obtenida al desconectar un inyector en el motor. Los resultados obtenidos indican una alta concentración de oxígeno en el cilindro, debido a que el aire entra en la cámara de combustión durante el ciclo de admisión, pero no hay combustible para quemar y producir la energía necesaria para el ciclo de combustión. Como resultado, el aire entra y sale del cilindro sin realizar la combustión.

Ambos equipos de medición coinciden en la detección de la falla generada por la desconexión del inyector. Estos resultados demuestran la precisión y la importancia de los equipos de medición en la detección de fallas en el motor. Además, este análisis científico permite comprender mejor los procesos que ocurren en el motor durante el ciclo de admisión, combustión y escape, y cómo la desconexión de componentes críticos como los inyectores pueden afectar significativamente el rendimiento y la eficiencia del motor.

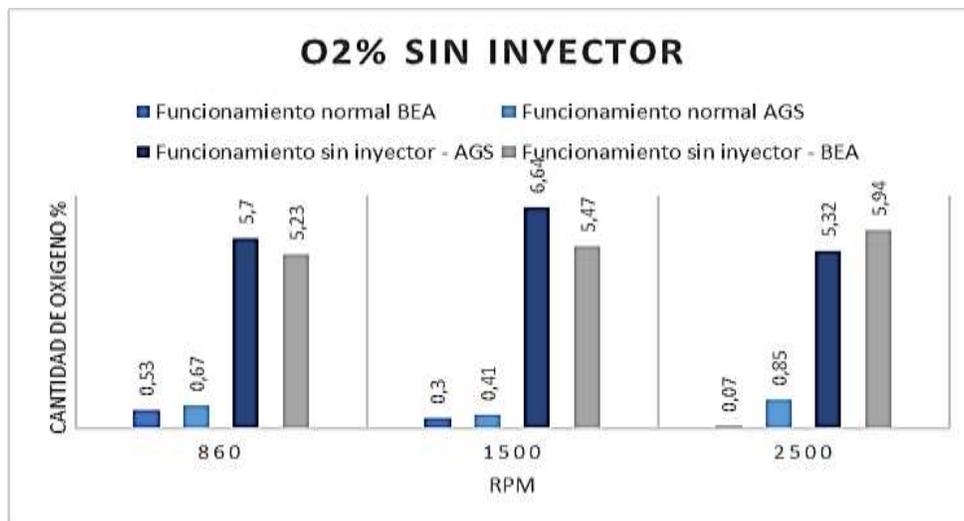


Figura 3.30 Valores de O₂ sin inyector

Un aumento en la cantidad de oxígeno en la mezcla de combustible puede tener un impacto significativo en el funcionamiento de los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante en un motor. En primer lugar, un exceso de oxígeno en la mezcla de combustible puede hacer que el sensor de oxígeno detecte una lectura errónea. Esto se debe a que el sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape y utiliza esta información para ajustar la cantidad de combustible que se inyecta en el motor. Si hay demasiado oxígeno en los gases de escape, el sensor puede interpretar que la mezcla es demasiado delgada y aumentar la cantidad de combustible que se inyecta en el motor, lo que puede resultar en un consumo excesivo de combustible.

Por otro lado, un aumento en la cantidad de oxígeno en la mezcla de combustible también puede tener un impacto en el sensor de temperatura del refrigerante. El sensor de temperatura del refrigerante se utiliza para medir la temperatura del refrigerante en el motor y proporcionar esta información a la unidad de control del motor (ECU) para ajustar la mezcla de combustible y controlar otros aspectos del funcionamiento del motor. Si hay demasiado oxígeno en la mezcla de combustible, la temperatura del motor puede disminuir debido a la falta de calor generado por la combustión completa de la mezcla. Como resultado, el sensor de temperatura del refrigerante puede detectar una temperatura más baja de lo normal, lo que puede resultar en una respuesta inadecuada de la ECU y un aumento en las emisiones del motor.

3.11.2.5 Lambda (λ)

Al desconectar el inyector, se reduce la cantidad de combustible inyectado, lo que aumenta la cantidad de oxígeno presente en la mezcla. Como resultado, el motor funciona con una mezcla pobre, lo que puede generar una combustión incompleta del combustible, afectando la eficiencia y emisiones del motor. En la Figura 3.31, se observa que los datos obtenidos por los dos equipos son más exactos en comparación con otros escenarios en los que se realizaron modificaciones al sistema de combustible. Además, la precisión en la obtención de datos de lambda es adecuada, lo que indica que la medición de la mezcla aire-combustible es confiable.

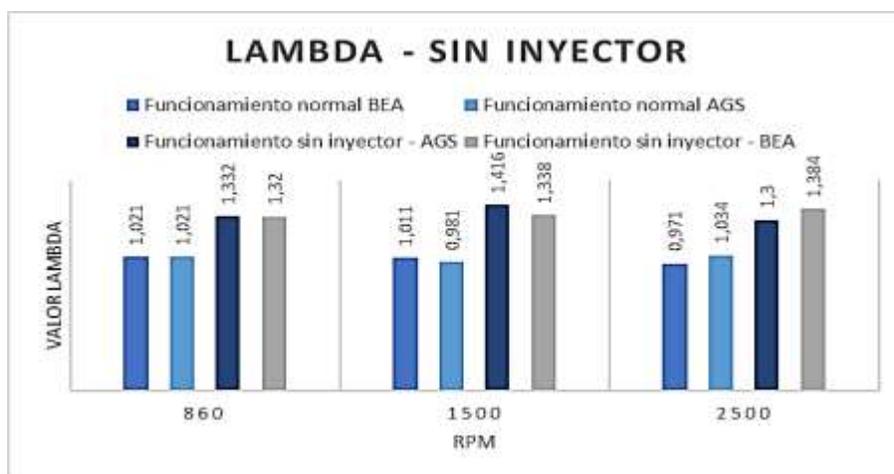


Figura 3.31 Valores lambda sin inyector

Existen varios problemas al trabajar en mezcla pobre que afecta a los sensores de oxígeno y del refrigerante del motor. En el caso del sensor de oxígeno, al trabajar en mezcla pobre, la cantidad de oxígeno en los gases de escape será mayor de lo normal, lo que puede hacer que el sensor de oxígeno muestre valores falsamente altos. Esto puede llevar a que el sistema de gestión del motor interprete que la mezcla aire-combustible es demasiado rica y ajuste la mezcla para que sea más pobre, lo que puede generar una mezcla aún más pobre y empeorar la eficiencia y emisiones del motor.

Por otro lado, el sensor de temperatura del refrigerante es fundamental para mantener la temperatura del motor dentro de los límites adecuados. Al trabajar en mezcla pobre, la temperatura del motor puede aumentar y sobrecalentar, lo que puede generar daños en los componentes del motor, incluyendo el sensor de temperatura del refrigerante.

3.11.3 Análisis comparativo por desconexión de un cable de bobina

3.11.3.1 Monóxido de carbono (CO)

En la Figura 3.32 los datos indican que las emisiones de CO aumentan a medida que la velocidad del motor aumenta. Además, se observa una diferencia en las mediciones de CO entre los dos equipos de análisis de gases de escape.

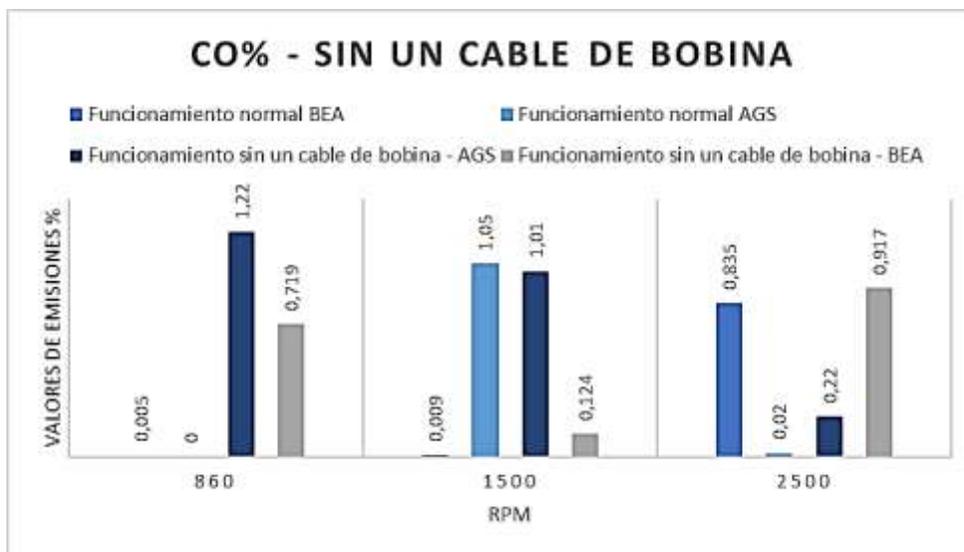


Figura 3.32 Valores de emisiones CO sin un cable de bobina

En el caso del BEA, se obtuvieron valores más bajos de CO en general, tanto para el vehículo funcionando normalmente como con un cable de bobina desconectado. Mientras que, con el equipo AGS, se obtuvieron valores más altos de CO, especialmente cuando el vehículo estaba funcionando con un cable de bobina desconectado.

Es importante destacar que las emisiones de CO no deben superar el límite máximo permitido por la normativa INEN 2 204:2002, que establece un valor máximo de 1%. En este sentido, las mediciones indican que el vehículo cumple con esta normativa en todas las condiciones medidas, incluso cuando se desconectó un cable de bobina. Por otro lado, se menciona que desconectar un cable de bobina puede tener efectos en los sensores de oxígeno y refrigerante del motor, Si se quita un cable de bobina, puede afectar la calidad de la combustión del motor, lo que puede hacer que el sensor de oxígeno funcione mal, dando lugar a un aumento de emisiones de gases contaminantes.

Por otro lado, el sensor de refrigerante del motor se encarga de medir la temperatura del líquido refrigerante que circula por el motor. Si el cable de la bobina es removido, el motor puede operar fuera de su rango de temperatura óptimo y el sensor de refrigerante puede generar lecturas incorrectas. Esto puede hacer que el motor funcione con una mezcla de aire-combustible inadecuada, lo que resultaría en emisiones de gases contaminantes más altas de lo normal. Además, un sensor de refrigerante defectuoso también puede afectar la eficiencia del motor y su durabilidad a largo plazo.

Finalmente, en cuanto a la comparación de los resultados obtenidos con los equipos BEA y AGS, se observa que los niveles de CO son en general más altos en las pruebas realizadas con el equipo AGS en comparación con el equipo BEA. Esto puede deberse a las diferencias en la calibración y el diseño de los equipos, lo que destaca la importancia de utilizar equipos bien calibrados y validados para realizar pruebas precisas de emisiones.

3.11.3.2 Hidrocarburos (HC)

En la Figura 3.33 al analizar los resultados obtenidos, se puede observar que los niveles de HC varían significativamente dependiendo del equipo utilizado y de la velocidad del motor. Cuando se utilizó el equipo BEA en el vehículo en funcionamiento normal, se obtuvieron niveles de HC dentro de los límites permitidos por la normativa INEN 2 204:2002 en todas las velocidades de motor probadas.

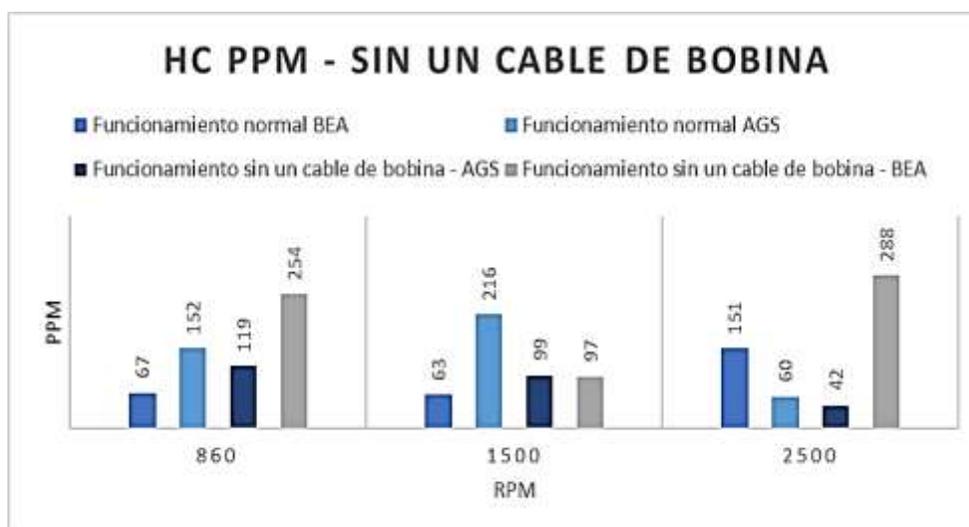


Figura 3.33 Valores de emisiones HC sin un cable de bobina

Cuando se realizaron las pruebas desconectado un cable de bobina, los niveles de HC aumentaron significativamente en ambas pruebas. Con el equipo BEA, los niveles superaron el límite permitido en todas las velocidades de motor, mientras que con el equipo AGS, los niveles estaban dentro del límite permitido.

En cuanto a los efectos de los niveles elevados de HC desconectado el cable de bobina, es importante mencionar que estos dos sensores están diseñados para medir la cantidad de oxígeno en el escape y la temperatura del motor, respectivamente. Los niveles elevados de HC pueden afectar negativamente la precisión de las mediciones de estos sensores, lo que a su vez puede llevar a un rendimiento deficiente del vehículo y un mayor consumo de combustible.

En conclusión, los resultados de las pruebas indican que el equipo BEA parece ser más preciso para medir los niveles de HC en un vehículo con un motor de 1.0L en comparación con el equipo AGS. Además, los niveles elevados de HC desconectado el cable de bobina pueden afectar negativamente la precisión de los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante, lo que puede resultar en un rendimiento deficiente del vehículo. Es importante realizar pruebas regulares de emisiones para mantener un vehículo en buen estado y cumplir con los requisitos legales de emisiones.

3.11.3.3 Dióxido de carbono (CO₂)

La prueba de emisiones realizada en un motor de gasolina reveló que, en lugar de retirar un inyector, la desconexión del cable de bobina tuvo un impacto más significativo en la mejora de la mezcla de combustible. La Figura 3.33 muestra que, a diferentes RPM, la desconexión del cable de bobina produjo una mejora superior al 14% en la emisión de CO₂. La comparación de los resultados obtenidos por los equipos BEA y AGS mostró una diferencia del 7% en la desconexión del cable de bobina. Sin embargo, se observó que el equipo BEA proporcionó resultados más precisos con respecto al fallo.

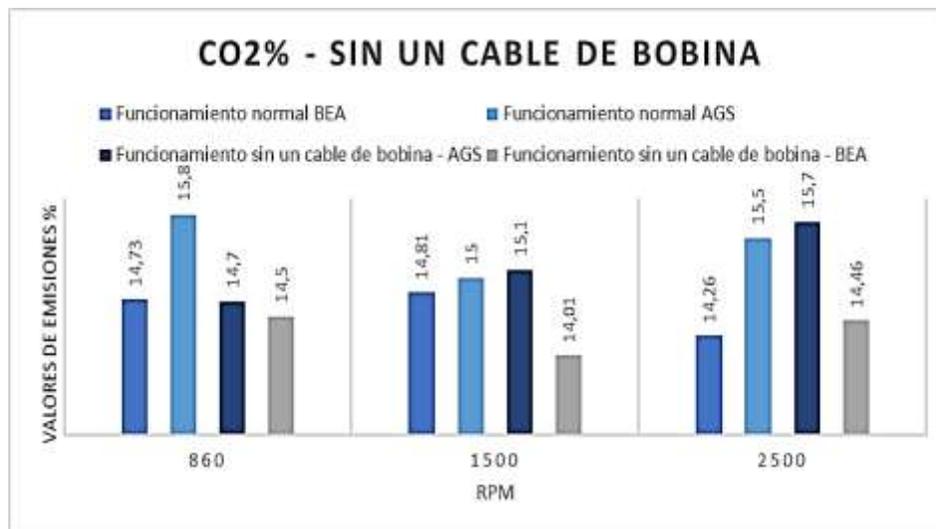


Figura 3.34 Valores de emisiones de CO₂ sin un cable de bobina

En conclusión, se puede observar que existe un valor más alto de las emisiones de CO₂, debido a esto tiene un efecto negativo en los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante, lo que resulta en una disminución del rendimiento del motor, aumento del consumo de combustible y empeoramiento de las emisiones de escape. Por lo tanto, es importante mantener las emisiones de CO₂ en niveles óptimos para asegurar un funcionamiento óptimo del motor y la eficacia del sistema de control de emisiones.

3.11.3.4 Oxígeno (O₂)

En la Figura 3.35 muestra la respuesta de los equipos de medición BEA y AGS al quitar un cable de la bobina en el motor. Se puede observar que el equipo BEA muestra resultados opuestos a los obtenidos al desconectar un inyector, mientras que el equipo AGS presenta valores similares a 860 rpm y 1500 rpm. Estos resultados pueden tener un impacto en el funcionamiento de los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante en el motor.

El exceso de oxígeno en la mezcla de combustible puede afectar la precisión de los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante en el motor. En el caso de la desconexión de un cable de la bobina, puede haber una disminución en la cantidad de energía que se suministra a una de las bobinas de encendido, lo que puede provocar una combustión incompleta de la mezcla de combustible en un cilindro. Como resultado, puede haber un exceso de oxígeno en los gases de escape, lo que puede afectar la precisión del sensor de oxígeno y generar lecturas erróneas.

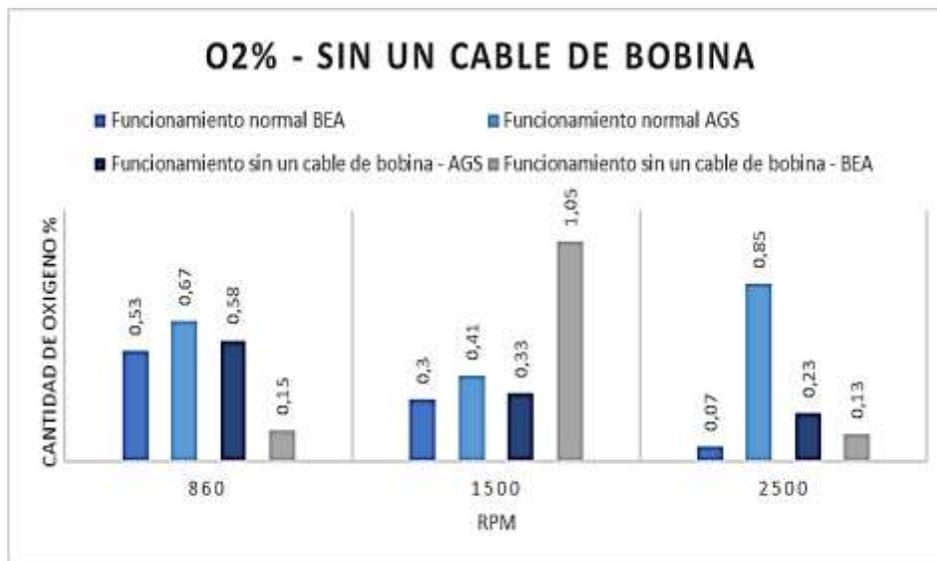


Figura 3.35 Valores de O₂ sin un cable de bobina

3.11.3.5 Lambda (λ)

En la Figura 3.36 se puede observar el efecto de desconectar un cable en el sistema de inyección de combustible del motor. Debido a esta desconexión, el motor está recibiendo más combustible de lo normal, lo que resulta en una mezcla rica. Esto se puede observar en los datos obtenidos por los dos equipos, que indican una mayor cantidad de combustible en la mezcla.

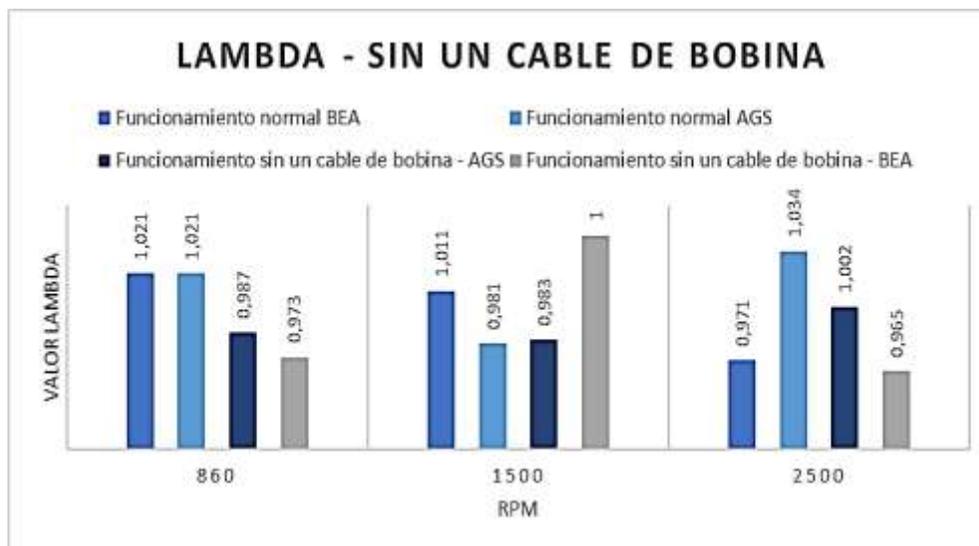


Figura 3.36 Valores lambda sin un cable de bobina

Trabajar en mezcla rica por períodos prolongados puede tener un impacto negativo en los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante del motor. En el caso de los sensores de oxígeno, un exceso de combustible en la mezcla resulta en un aumento de la cantidad de monóxido de carbono (CO) y hidrocarburos sin quemar que llegan al sensor. Esto puede causar que el sensor se ensucie o se sature, lo que puede afectar su capacidad para detectar adecuadamente la cantidad de oxígeno en la mezcla y, por lo tanto, puede reducir la eficiencia del motor.

En cuanto al sensor de temperatura del refrigerante, trabajar en mezcla rica puede resultar en una mayor producción de calor en el motor, lo que puede hacer que la temperatura del refrigerante aumente más allá del rango de operación seguro. Esto puede resultar en daños en el motor a largo plazo, como la corrosión de los componentes o el sobrecalentamiento de los pistones. Por lo tanto, es importante mantener la mezcla de combustible adecuada para garantizar el buen funcionamiento y durabilidad del motor y sus sensores.

3.11.4 Análisis comparativo por extracción del filtro de aire de admisión

3.11.4.1 Monóxido de carbono (CO)

En la Figura 3.37, los datos muestran que el vehículo tiene emisiones de CO dentro de los límites permitidos por la normativa INEN 2 204:2002 en la mayoría de las condiciones de funcionamiento y con ambos equipos de análisis de gases de escape. Sin embargo, algunos resultados son preocupantes.

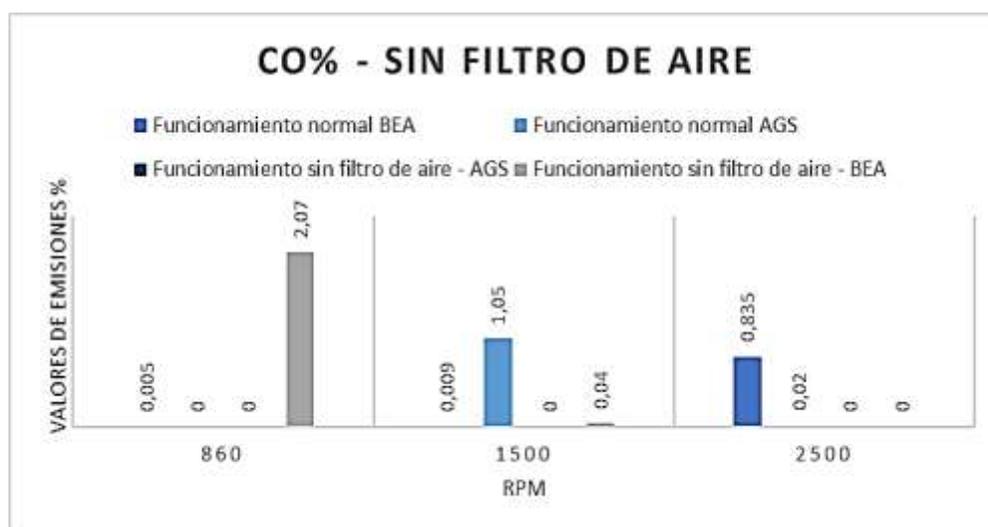


Figura 3.37 Valores de emisiones CO sin filtro de aire

Primero, cuando se analizaron los gases de escape con el equipo BEA y el vehículo sin un filtro de aire, se registraron niveles elevados de CO a 860 rpm, con un valor de 2.07%, lo que indica que el filtro de aire es importante para reducir las emisiones de CO en el vehículo. Además, la eliminación del filtro de aire puede causar problemas en los sensores de oxígeno y refrigerante del motor, lo que podría afectar el rendimiento y la eficiencia del vehículo.

En segundo lugar, cuando se analizaron los gases de escape con el equipo AGS y el vehículo a 1500 rpm, se registraron niveles de CO que superan el límite permitido de 1%, con un valor de 1.05%. Este resultado indica que el vehículo no cumple con la normativa INEN 2 204:2002 en esta condición de funcionamiento y que se necesitarían ajustes para reducir las emisiones del gas contaminante monóxido de carbono (CO).

En conclusión, los datos muestran que el vehículo cumple en su mayoría con la normativa INEN 2 204:2002 en cuanto a emisiones de CO en los gases de escape. Sin embargo, se deben tomar medidas para reducir las emisiones en condiciones específicas, como a 1500 rpm con el equipo AGS. Además, se debe tener cuidado al modificar el sistema de admisión de aire del motor, ya que puede tener efectos negativos en el rendimiento y la eficiencia del vehículo.

3.11.4.2 Hidrocarburos (HC)

En la Figura 3.38 el análisis técnico de los datos proporcionados sugiere que la cantidad de hidrocarburos (HC) emitidos por el vehículo es más alta a mayor velocidad del motor y que el uso del filtro de aire reduce significativamente las emisiones de HC. También se puede observar que el equipo AGS y BEA producen resultados diferentes, lo que puede deberse a la diferencia en la técnica de medición utilizada por cada equipo.

Es importante mencionar que la reducción de las emisiones de HC al quitar el filtro de aire no indica que esta sea una práctica recomendable o que no tenga efectos negativos en el motor. La acumulación de suciedad y partículas en los componentes del motor debido a la falta de filtración del aire podría generar fallas en el sistema de inyección y combustión del motor, aumentando así el consumo de combustible y generando un desgaste prematuro de los componentes. Por lo tanto, se recomienda mantener el filtro de aire en buen estado para garantizar el correcto funcionamiento del motor y reducir las emisiones contaminantes.

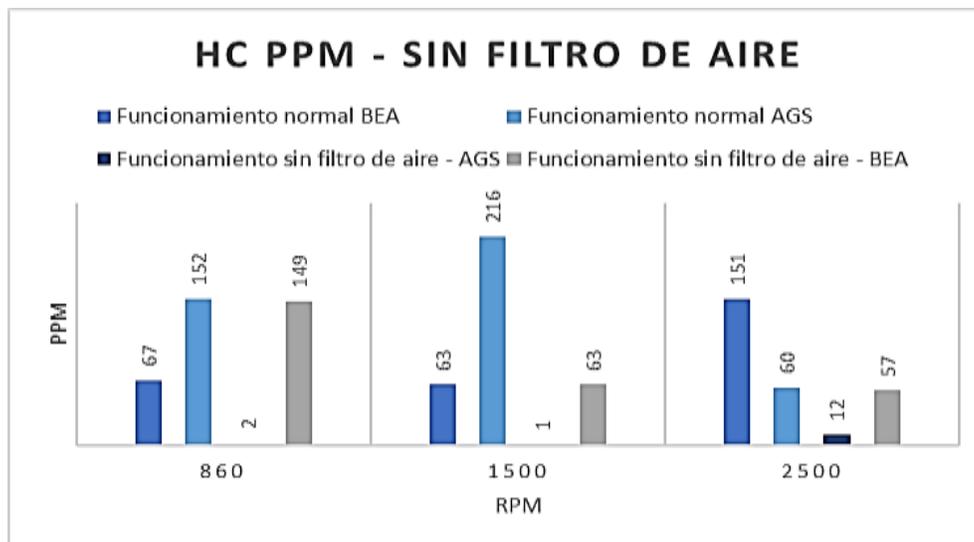


Figura 3.38 Valores de emisiones HC sin filtro de aire

En cuanto a la afectación en los sensores del vehículo, los niveles altos de HC sin filtro de aire pueden provocar una acumulación de carbonilla en los sensores de oxígeno y en el sensor de temperatura del refrigerante, lo que puede afectar negativamente su capacidad para funcionar correctamente. Además, las emisiones de HC también pueden afectar la vida útil de otros componentes del motor, como el convertidor catalítico. Por lo tanto, es importante mantener el filtro de aire del vehículo en buenas condiciones para reducir las emisiones de HC y proteger los componentes del motor.

3.11.4.3 Dióxido de carbono (CO₂)

Al analizar los resultados obtenidos al quitar el filtro de aire de admisión en un motor de gasolina, se puede observar que el equipo BEA, en la Figura 3.39, indica que la mezcla de combustible no es óptima en ralentí (860 rpm). Esto indica que la eliminación del filtro de aire de admisión puede generar una falla en el motor y comprometer su rendimiento.

Por otro lado, el equipo AGS indica que a 860 rpm la mezcla de combustible tiene valores superiores al 15%, lo que puede ser considerado como bueno en términos generales. Sin embargo, si se compara con el funcionamiento normal del motor, se observa una variación en los valores obtenidos.

Es importante destacar que la eliminación del filtro de aire de admisión puede afectar la cantidad y calidad del aire que ingresa al motor, lo que puede alterar la mezcla de combustible y comprometer el rendimiento del motor. Estos resultados indican la importancia de mantener los componentes originales del sistema de admisión de aire para garantizar un rendimiento óptimo del motor y reducir las emisiones de contaminantes.

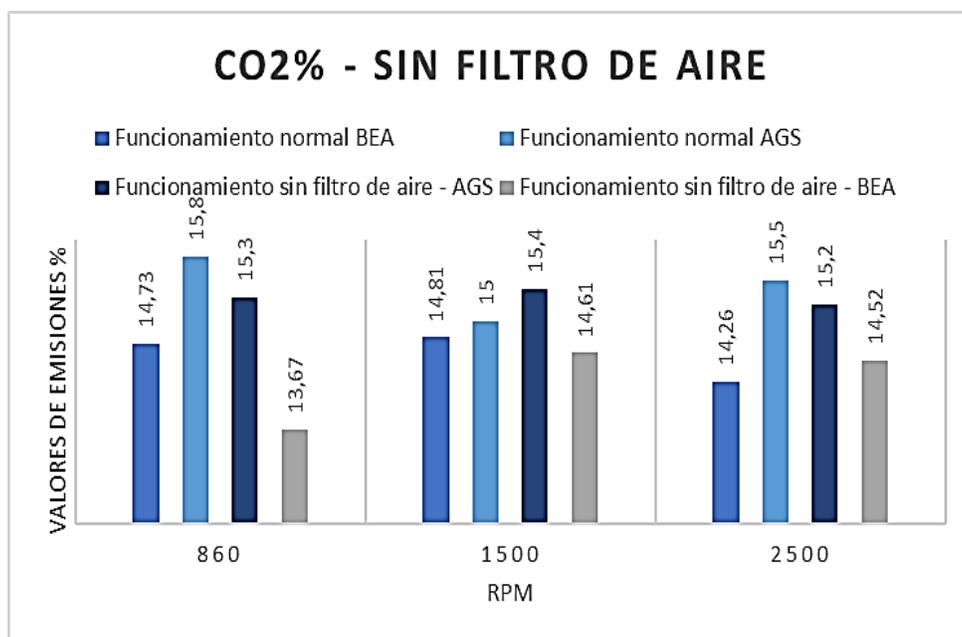


Figura 3.39 Valores de emisiones de CO₂ sin filtro de aire

El aumento de las emisiones de CO₂ puede afectar la precisión del sensor de oxígeno, ya que este componente se utiliza para medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape. Una mezcla de combustible inadecuada puede resultar en una lectura inexacta del sensor de oxígeno, lo que a su vez puede resultar en un aumento de las emisiones de CO₂.

Por otro lado, el aumento de la temperatura del motor y del refrigerante debido a la falta de filtración adecuada del aire puede afectar la precisión del sensor de temperatura del refrigerante. Un sensor de temperatura del refrigerante impreciso puede afectar el rendimiento del motor y la eficiencia del sistema de control de emisiones.

3.11.4.4 Oxígeno (O₂)

Al provocar la falla del filtro de aire, se observa una disminución en la cantidad de oxígeno presente en la mezcla de aire y combustible que entra al motor. Esto se evidencia en la Figura 3.40, donde se muestra que al comparar el funcionamiento normal con la situación en la que se retira el filtro de aire, la cantidad de oxígeno varía alrededor del 40% menos de lo normal. Asimismo, se registró una variación del 60% en la cantidad de oxígeno a 860 y 1500 rpm, según lo indicado por el equipo BEA.

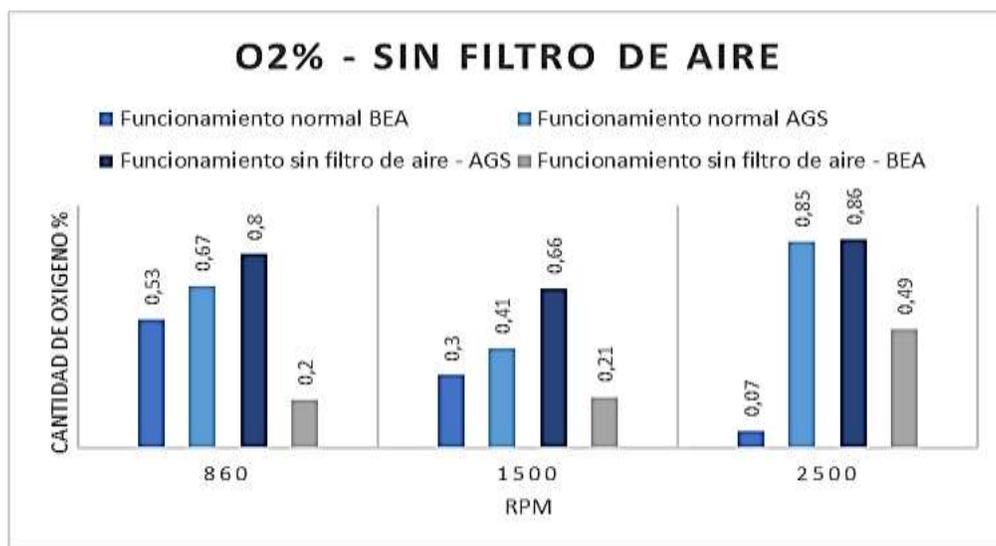


Figura 3.40 Valores de O₂ sin filtro de aire

Es importante destacar que, aunque la cantidad de oxígeno se mantiene dentro del rango permitido de menos del 2%, la presencia del filtro de aire es fundamental para evitar pérdidas significativas en el flujo de aire y, por ende, una reducción en la eficiencia del motor. Es importante mencionar que esta disminución en la cantidad de oxígeno puede afectar el rendimiento de los sensores de oxígeno del vehículo, ya que estos están diseñados para medir una cantidad específica de oxígeno en la mezcla de aire y combustible.

Además, es importante considerar que la presencia del filtro de aire no solo afecta a los sensores de oxígeno, sino también a los sensores de temperatura del refrigerante del motor. Al no contar con el flujo de aire adecuado debido a la falta del filtro, se genera una acumulación de calor en el motor que puede afectar el funcionamiento de los sensores de temperatura del refrigerante.

Por lo tanto, es necesario mantener en buen estado el filtro de aire para asegurar un correcto funcionamiento de los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante del motor.

3.11.4.5 Lambda (λ)

Al quitar el filtro de aire del motor, se puede observar una alteración en la cantidad de aire que entra al sistema de combustión. La Figura 3.41 muestra que el equipo AGS indica que el motor trabaja en mezcla pobre. Esto se debe a que, al no tener el filtro de aire, se permite el flujo de aire de manera más libre y esto puede resultar en una mayor cantidad de aire que entra al sistema. En cambio, el equipo BEA en ralentí a 860 rpm sin filtro de aire indica que el motor trabaja en mezcla rica. Esto puede ser debido a que en ciertas condiciones de carga y velocidad, el flujo de aire no es suficiente para mezclarse completamente con el combustible, resultando en una mezcla rica.

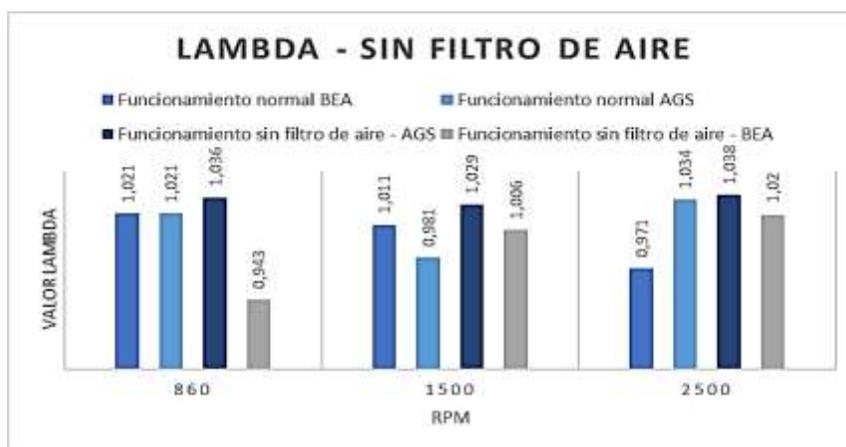


Figura 3.41 Valores lambda sin filtro de aire

Es importante destacar que trabajar en mezcla pobre o rica de manera constante puede afectar la precisión de los sensores de oxígeno y de temperatura del refrigerante del motor. Si el motor trabaja en mezcla pobre todo el tiempo, el sensor de oxígeno puede detectar una menor cantidad de oxígeno en los gases de escape, lo que podría generar una indicación errónea del estado de la combustión.

Además, el exceso de combustible en la mezcla rica puede provocar una combustión incompleta, lo que aumenta la temperatura de los gases de escape y podría afectar la precisión del sensor de temperatura del refrigerante. Por lo tanto, es importante mantener la mezcla adecuada para garantizar el correcto funcionamiento y la precisión de los sensores del motor.

3.11.5 Análisis comparativo por desconexión del sensor O₂

3.11.5.1 Monóxido de carbono (CO)

Para finalizar, en la Figura 3.42 los resultados indican que las concentraciones de CO en los gases de escape son relativamente bajas y cumplen con la normativa INEN 2 204:2002 que establece que la concentración máxima de CO no puede superar el 1%. A continuación, se analizan los datos más detalladamente:

- Con el equipo BEA y el vehículo funcionando normalmente, se observa que a medida que aumenta la velocidad del motor, también aumenta la concentración de CO en los gases de escape. La concentración más alta de CO (0.865%) se observó a un régimen de motor de 2500 rpm.
- Con el equipo AGS y el vehículo funcionando normalmente, se observa que la concentración de CO a 1500 rpm es más alta que a cualquier otra velocidad del motor. La concentración más alta de CO (1.05%) se observó a esta velocidad.
- Cuando se quita el sensor de oxígeno del vehículo y se utiliza el equipo AGS para medir la concentración de CO en los gases de escape, se observa un aumento en la concentración de CO a 860 rpm y a 2500 rpm. La concentración más alta de CO (0.82%) se observó a una velocidad de motor de 860 rpm.
- Cuando se quita el sensor de oxígeno del vehículo y se utiliza el equipo BEA para medir la concentración de CO en los gases de escape, se observa un aumento significativo en la concentración de CO a 860 rpm. La concentración más alta de CO (3.2%) se observó a esta velocidad.

En términos generales, los resultados sugieren que la presencia del sensor de oxígeno en el vehículo parece tener un efecto limitado en las concentraciones de CO en los gases de escape. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eliminación del sensor de oxígeno puede generar problemas en los sensores de oxígeno y de refrigerante del motor.

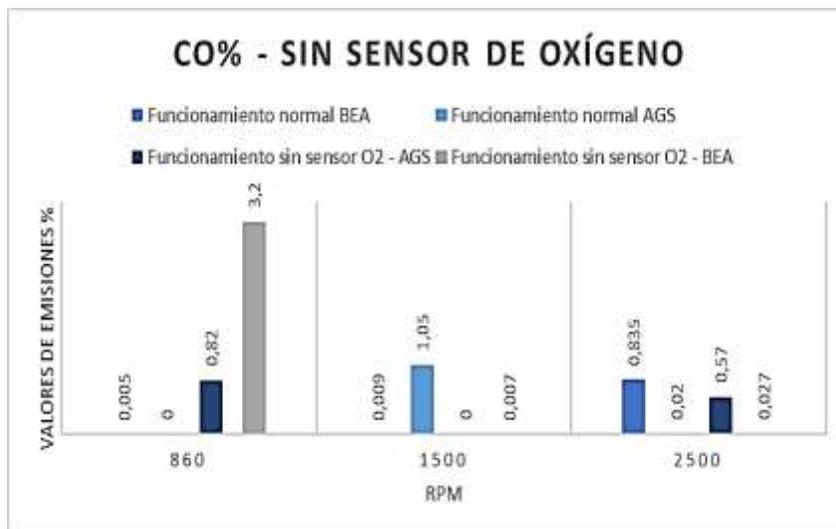


Figura 3.42 Valores de emisiones CO sin sensor O₂

Por otro lado, se observa que las concentraciones de CO son más altas a velocidades de motor más altas. Es decir, a medida que el motor trabaja con mayor intensidad, se produce una mayor cantidad de CO en los gases de escape del vehículo, lo que puede deberse a un problema de ajuste de combustible o a un problema con el sistema de escape del vehículo.

3.11.5.2 Hidrocarburos (HC)

En este último análisis de HC al quitar el sensor de oxígeno, se logra ver en la Figura 3.43, que el equipo BEA indica que las emisiones de HC en ralentí (860 rpm) están casi triplicando el valor permitido por la normativa INEN 2 204:2002, lo que indica un posible problema en el sistema de combustión del vehículo. En cambio, el equipo AGS muestra una reducción del 52% en las emisiones de HC en el mismo rango de RPM, lo que sugiere una mejor eficiencia del sistema de combustión.

Además, se puede observar que el equipo BEA indica valores superiores de emisiones de HC a 860 rpm, 1500 rpm y 2500 rpm en comparación con el equipo AGS, lo que sugiere que el sistema de combustión del vehículo puede estar operando de manera subóptima en esos rangos de RPM. Por último, es importante destacar que ambos equipos indican valores inferiores de emisiones de HC en el funcionamiento normal del vehículo, en comparación con las pruebas realizadas sin el sensor de oxígeno. Esto sugiere que el sensor de oxígeno tiene un impacto

significativo en la eficiencia del sistema de combustión y, por lo tanto, afecta en las emisiones de hidrocarburos (HC).

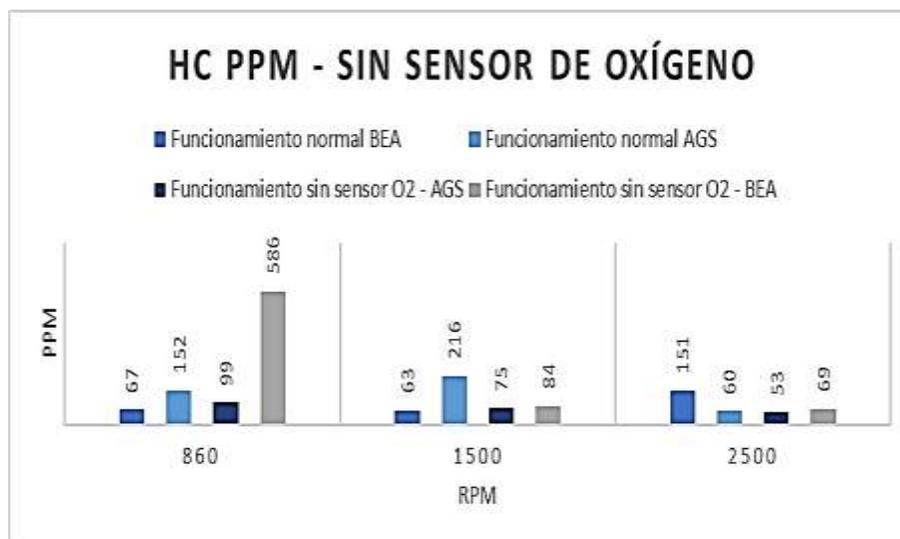


Figura 3.43 Valores de emisiones HC sin sensor de oxígeno

3.11.5.3 Dióxido de carbono (CO₂)

En la Figura 3.35 se puede observar los resultados obtenidos al quitar el sensor de oxígeno. La ECM (Unidad de Control Electrónico del Motor) simula que tiene un valor de 450 mV, de esta manera mantiene una mezcla de combustible óptima alrededor del 14% de CO₂, lo que indica que la falta del sensor de oxígeno no afecta significativamente la mezcla de combustible en este caso.

Es importante destacar que, aunque la mezcla de combustible se mantuvo dentro de un rango adecuado en esta prueba, la eliminación del sensor de oxígeno puede tener un efecto negativo en la eficiencia del motor y en la emisión de gases contaminantes. El sensor de oxígeno es un componente clave en el sistema de control de emisiones y su función es monitorear el nivel de oxígeno en los gases de escape para ajustar la mezcla de combustible y asegurar una combustión completa y eficiente. La falta del sensor de oxígeno puede resultar en una mezcla de combustible inadecuada, lo que puede aumentar las emisiones de gases contaminantes y afectar el rendimiento del motor.

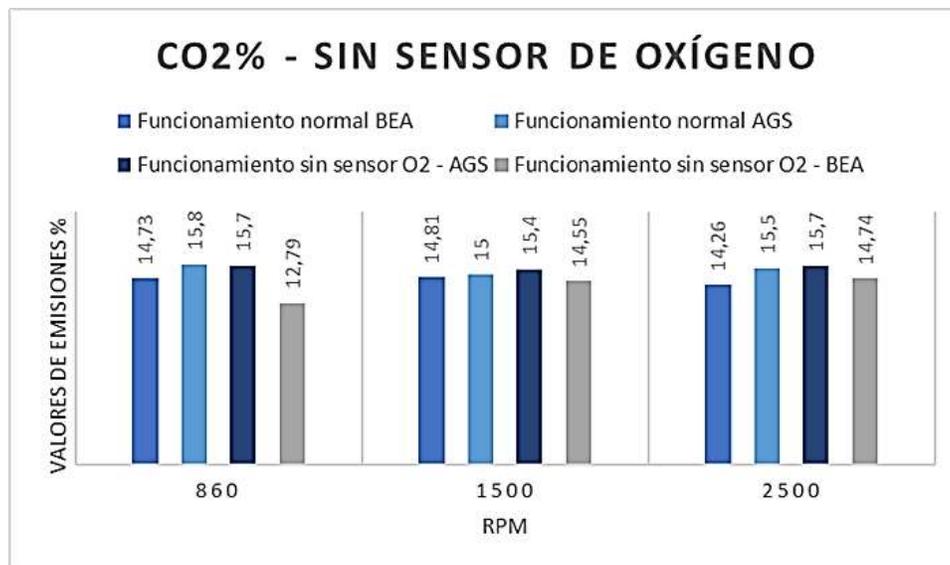


Figura 3.44 Valores de emisiones de CO₂ sin sensor de oxígeno

En cuanto a la variación de resultados entre los equipos BEA y AGS, se puede observar que la diferencia es mínima. Ambos equipos son eficientes en la detección de este fallo y la precisión de los resultados obtenidos es aceptable. La buena mezcla de aire y combustible se reflejó en el funcionamiento normal del sensor de temperatura del refrigerante del motor, sin experimentar cambios en su temperatura y trabajando correctamente. Sin embargo, es importante destacar que no se debe quitar el sensor de oxígeno ya que la computadora requiere conocer la cantidad de oxígeno y combustible en la mezcla para ajustar la inyección de combustible y mantener el funcionamiento adecuado del motor.

3.11.5.4 Oxígeno (O₂)

Al desconectar el sensor de oxígeno, se registran diferencias en los valores obtenidos en la mezcla de aire y combustible que entra al motor. En la Figura 3.45, se muestra que los valores no presentan una diferencia significativa, excepto en el caso del equipo AGS que indica una variación del 64% a 1500 rpm sin filtro de aire respecto al funcionamiento normal obtenido con el mismo equipo.

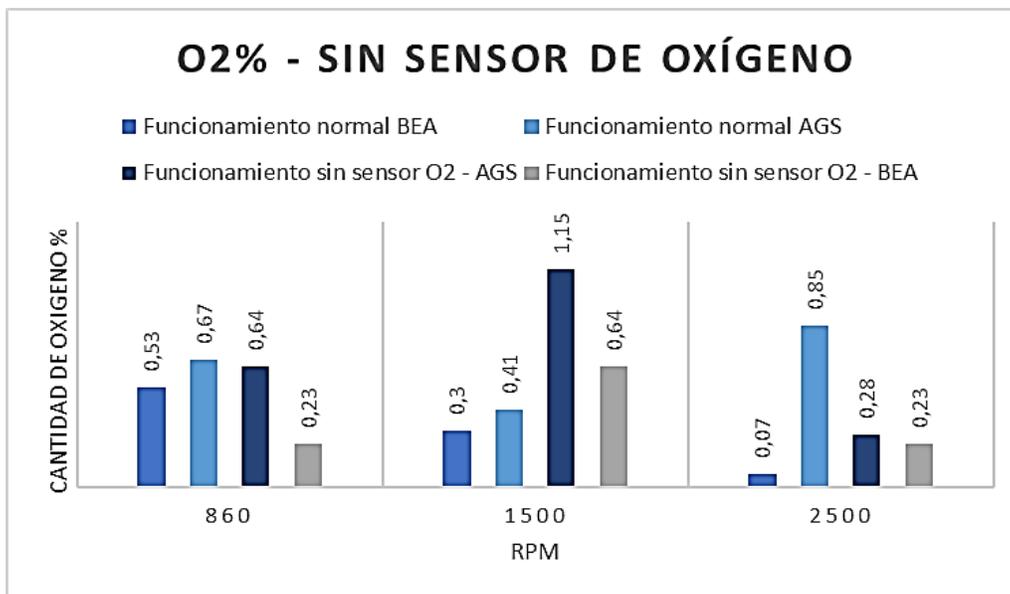


Figura 3.45 Valores de O₂ sin sensor de oxígeno

Es importante señalar que, aunque en este caso los valores obtenidos por los equipos no presentan una variación significativa, desconectar el sensor de oxígeno puede tener consecuencias en el rendimiento del motor. El sensor de oxígeno es fundamental para ajustar la cantidad de combustible que se mezcla con el aire, de modo que se obtenga la mezcla adecuada para la combustión en el motor. La desconexión de este sensor puede generar un exceso o una falta de combustible, lo que afectaría el rendimiento del motor y su eficiencia.

Asimismo, cabe destacar que la desconexión del sensor de oxígeno no afecta directamente el funcionamiento del sensor de temperatura del refrigerante del motor. No obstante, es importante mencionar que un mal funcionamiento del motor debido a una mala combustión podría generar una acumulación excesiva de calor en el motor, lo que sí podría afectar el funcionamiento de los sensores de temperatura del refrigerante. Por lo tanto, se recomienda mantener el sensor de oxígeno en buen estado para asegurar un correcto ajuste de la mezcla de aire y combustible y, de esta manera, evitar problemas en el rendimiento y la eficiencia del motor que podrían afectar indirectamente al sensor de temperatura del refrigerante.

3.11.5.5 Lambda (λ)

En la Figura 3.46 se puede apreciar el efecto de la desconexión del sensor de oxígeno en la mezcla de combustible. Se observa que los valores obtenidos por los dos equipos son cercanos a 1, lo que indica que se está produciendo una mezcla de combustible perfecta en el motor. Esto ocurre debido a que el sensor de oxígeno es el encargado de medir la cantidad de oxígeno en los gases de escape y enviar esta información a la unidad de control del motor (ECM), que luego ajusta la cantidad de combustible suministrada al motor para lograr una mezcla óptima.

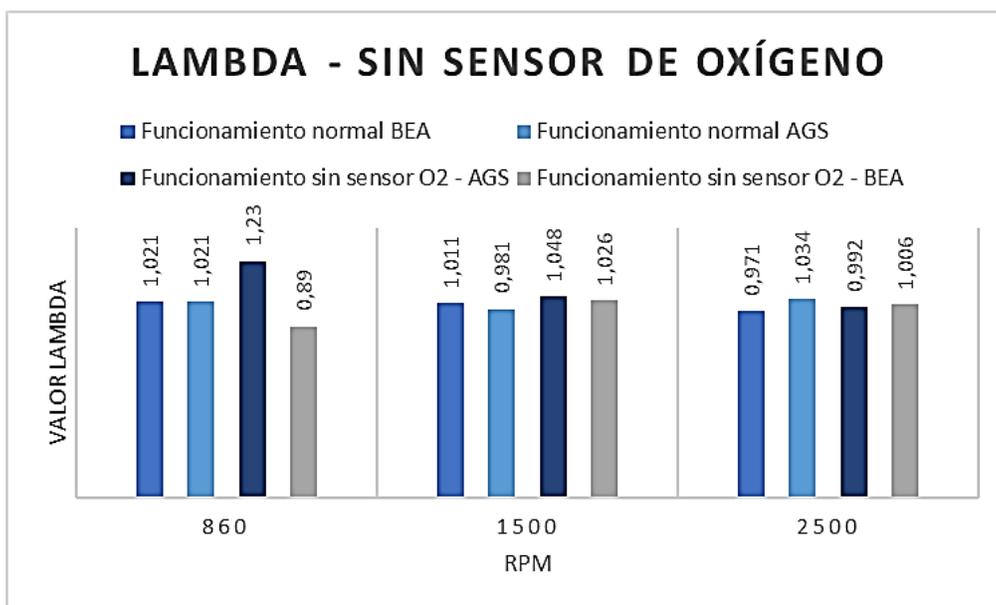


Figura 3.46 Valores lambda sin sensor de oxígeno

Al desconectar el sensor de oxígeno, el motor deja de recibir información sobre la cantidad de oxígeno en los gases de escape y, por lo tanto, la ECM utiliza el valor referencial para realizar la mezcla de combustible. Esto permite que el motor opere con una mezcla casi perfecta, ya que la ECM utiliza valores predefinidos para ajustar la cantidad de combustible suministrada al motor.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que trabajar en mezcla perfecta todo el tiempo no es lo más eficiente para el rendimiento del motor, ya que puede resultar en una menor potencia y un aumento en las emisiones de gases contaminantes. Además, la desconexión del sensor de oxígeno también puede afectar la precisión de otros sensores del motor, como el sensor de temperatura del refrigerante, ya que la mezcla perfecta puede producir temperaturas más altas en el motor.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El diagnóstico del sensor de oxígeno y temperatura de refrigerante fue realizado mediante la simulación de fallas como la desconexión del sensor ECT, O₂, inyector 4, cable de bobina 1 y extracción del filtro de aire. Con los resultados obtenidos, se analizó la variación de los valores reales, oscilogramas de las señales y emisiones mediante la utilización del equipo Bosch FSA-740 y equipos de diagnóstico estándar (escáner Maxi Check 808, osciloscopio OTC-3840F, analizador de gases AGS-688). Estas pruebas se realizaron con el vehículo estático, a 2225 msnm, temperatura ambiente de 25 °C y presión atmosférica de 76,39 kPa. En la primera prueba (desconexión del sensor ECT) a régimen de ralentí se obtuvo valores reales con el escáner Maxi Check 808 y KTS 560. En esta simulación de falla se observó que el valor de la temperatura de refrigerante se mantiene constante en -40 °C, el voltaje en 5 voltios y el electroventilador permanece encendido presentando un código de falla P0118 (Tensión alta en el circuito del sensor de temperatura de refrigerante de motor “ECT”). Además, se evidenció que esta falla implica mayor consumo de combustible siempre y cuando la válvula del canister esté cerrada, caso contrario, el pulso de inyección se reduce. Acorde a las señales obtenidas en el osciloscopio OTC-3840F y el módulo de medición de Bosch FSA-740, se presenta un incremento de la frecuencia, por tanto, el ancho de pulso del inyector es mayor. Con respecto a las emisiones, se evidenció que el monóxido de carbono (CO) no excede el límite de la normativa INEN 2 204:2002, sin embargo se incrementó los hidrocarburos (HC).

En la segunda prueba (desconexión del sensor O₂) a régimen de ralentí se obtuvo valores reales con el escáner Maxi Check 808 y KTS 560. En esta simulación de falla se observó que el sensor de temperatura de refrigerante (ECT) funciona correctamente. Con respecto a la sonda lambda se evidenció un valor de 410 mV que permaneció constante, por tanto, la variación radica que el bucle de control de combustible es abierto (lazo abierto), esto imposibilita el ajuste de combustible a corto plazo. Esta falla implica reducción del pulso de inyección de 2,33 a 2,28 ms debido a que la ECM toma valores del sensor ECT que indica una temperatura de 91°C y el sensor MAP, que informa un incremento de presión de 31 kPa, por lo tanto, la computadora redujo el

pulso de inyección debido a que la válvula de purga está abierto un 5%. El código de falla generado es P0030 (Circuito de control del sensor 1 del calentador del sensor de oxígeno calentado). Con relación a las emisiones, hubo incremento de monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos se mantienen iguales.

En la tercera prueba (desconexión del inyector 4) a régimen de ralentí se obtuvo la señal del sensor de oxígeno con el osciloscopio OTC-3840F y módulo de medición de FSA-740. En esta simulación de falla se observó que el oscilograma se encuentra por debajo de los 450 mV que denota mezcla pobre debido a que el inyector 4 no está funcionando. Además, se evidenció que la frecuencia aumenta, esto implica mayor consumo de combustible, debido a que, la ECM incrementa el ancho de pulso de los inyectores. Con respecto a las emisiones los HC y CO no exceden el límite de la normativa INEN 2204:2002, sin embargo, se observó inestabilidad en el motor.

En la cuarta prueba (desconexión del cable de bobina 1) a régimen de ralentí se obtuvo la señal del sensor de oxígeno el cual se observó que presenta más oscilaciones (frecuencia), por tanto, la ECU aumenta el ancho de pulso de los inyectores. Además se evidenció que la oscilación tiende a la mezcla pobre por debajo de los 450 mV. Esto implica mayor consumo de combustible, debido a que en la cámara de combustión del cilindro 1 no se produce ignición de la mezcla por la inactividad de la bujía, como consecuencia, el motor es inestable, además se genera más cantidad de hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO).

En la quinta prueba (extracción del filtro de aire de admisión) a régimen de ralentí se obtuvo la señal del sensor de oxígeno el cual se observó un aumento de la frecuencia, esto implica mayor consumo de combustible, dado que el sensor O₂ presenta más oscilaciones, por tanto, la ECM aumenta el ancho de pulso de los inyectores. La extracción del filtro de aire tiende a una mezcla pobre, dado que, el aire ingresa directamente a la mariposa de aceleración hacia la cámara de combustión. Con relación a emisiones se evidenció que el monóxido de carbono (CO) no excedió el límite permitido y hubo reducción de los hidrocarburos (HC).

Después de llevar a cabo pruebas en el motor del vehículo, se ha notado un impacto significativo en las emisiones resultantes de las fallas generadas. La eliminación de un cable de bobina ha resultado en una disminución en las emisiones de monóxido de carbono (CO), mientras

que la desconexión del sensor del refrigerante del motor ha aumentado las emisiones de hidrocarburos (HC). Además, todas las fallas generadas han tenido un impacto en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Sin embargo, es importante destacar que el porcentaje de oxígeno en el motor no se ha visto afectado por ninguna de las fallas generadas. En cuanto a la relación aire-combustible (factor lambda), se ha encontrado que ha variado en todos los casos, pero se ha corregido de manera efectiva en cada uno. En general, estos resultados demuestran la importancia de monitorear de cerca las emisiones del vehículo para garantizar un funcionamiento óptimo del motor y cumplir con los estándares medioambientales.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar pruebas exhaustivas de las fallas en los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante del motor en diferentes ubicaciones geográficas a nivel del mar, para poder comparar y analizar las diferencias en las emisiones producidas. Cabe destacar que la presencia de oxígeno varía según la ubicación geográfica, lo que puede afectar significativamente el desempeño y precisión de los sensores. Por lo tanto, es esencial realizar estas pruebas en varias localidades con distintas concentraciones de oxígeno para poder obtener resultados más precisos y confiables.

Se sugiere realizar un mantenimiento regular a los equipos de medición de gases, incluyendo la limpieza y encerado de los mismos, así como la revisión y sustitución del filtro, ya que cualquier acumulación de suciedad o desgaste en estos componentes puede afectar significativamente la precisión de las mediciones. Además, se recomienda recibir capacitaciones y formación sobre el funcionamiento de los equipos de medición de gases, para poder utilizarlos de manera adecuada y asegurar la fiabilidad de los resultados obtenidos durante las pruebas.

Para verificar los resultados de contaminación ambiental y los cambios en la precisión de los sensores de oxígeno y temperatura del refrigerante del motor, se sugiere realizar pruebas de emisiones en combustibles con diferentes contenidos de azufre. Se recomiendan combustibles bajos en azufre como la gasolina super premium de noventa y cinco octanos con menos de 200 ppm y eco país con 89 octanos que contiene 291 ppm de contenido de azufre. Tenga en cuenta que

en esta prueba también se utilizó gasolina con un contenido de azufre de 650 ppm. Es importante considerar las estrategias de diagnóstico para obtener resultados más precisos y significativos.

Se recomienda realizar pruebas en motores de combustión interna con inyección directa GDI y motores sobrealimentados para futuras pruebas de fallas del sensor de temperatura del motor y del sensor de oxígeno. Al evaluar los cambios en los tipos de inyección de combustible y cantidad oxígeno, así como la relación de compresión, se pueden obtener resultados más precisos y significativos. Estos hallazgos pueden ser muy útiles para desarrollar soluciones de diagnóstico y estrategias para mejorar el rendimiento y la eficiencia del motor, lo que puede ayudar a reducir la contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (13 de diciembre de 2022). *Monóxido de carbono*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>
- Aguilar Guerrero, J. I., & Reyes Zambrano, J. S. (noviembre de 2021). *Recolección, análisis y envío de datos de la unidad de control de motor (ECU) a bordo de un vehículo para monitoreo a través de una aplicación móvil*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21348/1/UPS-CT009382.pdf>
- álvarez Flóres, J. A., & Callejón Agramunt, I. (septiembre de 2002). *Máquinas térmicas motoras I*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36712/9788498802047.pdf>
- Armando. (4 de Julio de 2021). *El sensor de oxígeno o sonda lambda*. Obtenido de <https://www.serviciosdelautomovilarca.es/2021/07/04/el-sensor-de-oxigeno-o-sonda-lambda/>
- Barranco , R., Gómez Barea , A., Monsalve Serrano, J., & García Garrido , E. (2016). *Effects of engine mechanical faults on the performance and emissions of diesel engine*. Energy Procedia 101.
- Bastidas Pilco, I. B. (mayo de 2021). *Evaluación técnica del sensor de oxígeno de un motor Otto con sistema OBD II a través de un Osciloscopio en función de uso de las gasolinas eco y super*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4583/1/T-UIDE-0150.pdf>
- Bohacz, R. (12 de Octubre de 2022). *Hot Rod Farmer: Understanding fuel trim and using it as a diagnostic tool*. Obtenido de <https://farmmachinerydigest.com/hot-rod-farmer-understanding-fuel-trim-and-using-it-as-a-diagnostic-tool/>
- Bosch. (2006). *Cambie ahora Sónsa Lambda Bosch: la n o 1 del mundo obtenga el mejor desempeño de su auto* . Obtenido de <https://www.superprofesionalesbosch.com/plataforma/account/>

- Bosch. (2010). *Inyección Electrónica Bosch*. Obtenido de https://www.academia.edu/43047865/INYECCION_ELECTRONICA_BOSCH?email_work_card=view-paper
- Botero , C. (1991). *Mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1550>
- Burgos Macias , N. L., & Pacheco Coque, C. A. (noviembre de 2018). *Diseño y desarrollo de un banco de pruebas para diagnóstico automotriz*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16521>
- Castellano, F. (2010). *Sistemas fuel injection. Escaner y norma OBD II*. Obtenido de https://mam.msmotorservice.com/mc/epaper?assetId=56767&type=lowresPdf_download&disposition=attachment
- Cibertec . (2019). Obtenido de Sensores y Actuadores.
- Corona Ramirez, L., Abarca Jimenez, G., & Mares Carreno, J. (2016). *Sensores y actuadores: Aplicaciones con arduino*. Grupo editorial Patria. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/39464>
- Coyago, H. (24 de Septiembre de 2019). *Sensor de oxígeno y temperatura*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/427290907/Sensor-de-Oxigeno-y-Temperatura#>
- Delee, D. (1 de enero de 2021). *Diferencias entre los sensores de O2 delanteros y traseros*. Obtenido de <https://itstillruns.com/differences-front-back-o2-sensors-7383479.html>
- Denton, T. (2016). *DIAGNÓSTICO Avanzado de Fallas Automotrices Tecnología automotriz: Mantenimiento y reparación de vehículos*. In *DIAGNÓSTICO Avanzado de Fallas Automotrices Tecnología automotriz: Mantenimiento y reparación de vehículos*. México: Marcombo S.A.
- Donado, A. (1 de Mayo de 2012). *Conociendo los circuitos de procesamiento de datos de una ECU*. Obtenido de <https://autosoprote.com/conociendo-los-circuitos-de-procesamiento-de-datos-de-una-ecu/>

E-AUTO. (11 de septiembre de 2022). *Sensor ECT-sensor de temperatura del refrigerante*.

Obtenido de

https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xJgxwoJKaCIJ:https://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php%3Fmanual_id%3D224&cd=19&hl=es&ct=clnk&gl=e

EEA. (2016). *European Environment Agency*. Obtenido de Explaining road transport emissions:

<https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>

Emprento C.A. (2022). *CODIGOSDTC*. Obtenido de Quick site y server management:

<https://codigosdte.com/codigos-dtc/>

Europa Environment Agency. (14 de enero de 2016). *Explaining road transport emissions A non*

technical guide. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>

Fernández , A. (23 de Enero de 2023). *Qué es el Sensor ECT y cómo funciona*. Obtenido de

<https://www.adrianfernandez.com.mx/preguntas-generales/piezas/que-es-el-sensor-ect-y-como-funciona/>

Ferrer, Á. (23 de julio de 2021). *Inyección en motores de gasolina*. Obtenido de

<https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>

García , J. (2021). *Emisiones de contaminantes en motores de combustión interna*. Ingeniería Automotriz.

Gillogly , B. (9 de octubre de 2012). Obtenido de Low Impedance vs High Impedance Fuel

Injectors: <https://www.motortrend.com/how-to/hrdp-1211-low-impedance-vs-high-impedance-fuel-injectors/>

Guevara , R. (1 de Julio de 2013). *Listado de codigos dtc obd2*. Obtenido de

<https://www.slideshare.net/ricardogueto/listado-de-codigos-dtc-obd2>

Halderman, J. (2008). *Advanced Engine Performance Diagnosis* (Vol. 4a). Prentice Hall.

Hella Tech World. (mayo de 2018). *Revisión de la sonda lambda*. Obtenido de

<https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Revision-de-la-sonda-lambda-4379/>

- Huertas , J., & Valdez, A. (2005). *Desarrollo de Ciclos Típicos de Conducción para el Municipio de Naucalpan*. México: Simposio de Contaminación Atmosférica.
- Ingeniería y Mecánica Automotriz . (27 de Febrero de 2021). *¿Qué son las Bobinas de Encendido y cuántos tipos existen?* Obtenido de <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-son-las-bobinas-de-encendido-y-cuantos-tipos-hay/>
- Ingeniería y Mecánica automotriz. (14 de febrero de 2020). *¿Qué es el sensor de temperatura de motor y cómo funciona?* Obtenido de <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-temperatura-de-motor-y-como-funciona/>
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J., & Sánchez, C. (2006). *Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento. Información tecnológica*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Lima , A. (26 de abril de 2017). *Computadora automotriz*. Obtenido de <https://www.doctorauto.com.mx/2017/04/26/computadora-automotriz-diferencias-ecu-ecm-pcm/>
- MAHLE aftermarket GmbH. (2020). *Refrigeración de vehículos*. Obtenido de Guía compacta para el taller: https://www.mahle-aftermarket.com/media/homepage/facelift/media-center/klima/es_kompaktwissen_ec_fahrzeugkuehlung.pdf
- Marren Fuel Injection. (2023). *Fuel injector*. Obtenido de <https://www.injector.com/cart/pc/Fuel-Injectors-c25.htm>
- Motorservice. (2014). *Service tips y infos*. Obtenido de Reducción de contaminantes y diagnóstico de a bordo (OBD): https://cdn2.ms-motorservice.com/fileadmin/media/MAM/PDF_Assets/Reducci%C3%B3n-de-contaminantes-y-diagn%C3%B3stico-de-a-bordo-OBD_602645.pdf

- MTE-Thompson. (2019). *Sensor de oxígeno*. Obtenido de <https://mte-thomson.com/es/sensor-de-oxigeno/>
- Ordoñez Ramírez , M. Á. (6 de Agosto de 2012). *Mantenimeitno de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores termicos*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Manuel-%C3%81ngel-Ord%C3%B3ñez-Ram%C3%ADrez-ebook/dp/B008V92MSU>
- Payri, F., & Desantes, J. (2015). *Motores de combustión interna alternativos*. Reverte.
- Pérez , J. (2019). *Inyectores de combustible: características y funcionamiento*. Ingeniería Automotriz, 8(2).
- Pico technology. (2022). *Sensor lambda / sensor de oxígeno*. Obtenido de <https://www.picoauto.com/es/library/automotive-guided-tests/sensor-lambda-sensor-de-oxigeno/>
- Pierburg . (2008). *Sondas Lambda 43*. Obtenido de motorservice.com/fileadmin/media/MAM/PDF_Assets/Sondas-Lambda-del-especialista-para-la-reducción-de-contaminantes_56767.pdf
- Robert Bosch España . (2018). *La referencia en tecnología e innovación Análisis de sistema de vehículos FSA y SMT*. Obtenido de https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/es/downloads_8/diagnostics_and_test_equipment/fsa_smt_folleto_segmento.pdf
- Rojas Reinoso, E., Romero Hidalgo , V., & Pancha Ramos, J. (1 de enero de 2020). *Análisis del comportamiento de las emisiones de CO₂, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador* . Obtenido de <https://ingenius.ups.edu.ec/index.php/ingenius/issue/view/168>
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Salmerón , J. (2018). *Cuidados y Mantenimiento del Tractor*.

- Secretaria Nacional de Planificación. (2021). *Plan de creaciones de oportunidades 2021-2025*.
Obtenido de https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf
- Secundino, E. (2011). *Motores*. Macmillan Iberia, S.A.
- Torres , S., & Cesar , J. (2018). *Instrumentación de un sensor de oxígeno para la industria* .
Obtenido de
<https://www.repositorioinstitucionaluacm.mx/jspui/bitstream/123456789/213/3/JorgeLanderosMuñoz.pdf>
- Torres Vargas , E. A. (noviembre de 2017). *Sistema de diagnóstico automotriz mediante el análisis de emisiones contaminantes con la aplicación de redes neuronales para la detección de fallas*. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14914/1/UPS-CT007333.pdf>
- Vega Delgado, G., & Martínez Pastor, E. (7 de julio de 2017). *El automóvil en la historia. Luces y sombras*. Obtenido de Revista.uide:
<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/332>
- Zambler , E. (2002). *Los sensores en el automovil*. Barcelona: Robert Boch GMBH.

ANEXOS

Anexo 1. Utilización del equipo Bosch FSA-740



(Autores,2022)

Anexo 2. Conexión del osciloscopio con el equipo Bosch FSA-740



(Autores,2022)



(Autores,2022)

Anexo 3. Conexión con equipos de diagnóstico estándar



(Autores,2022)

Anexo 4. Simulación de fallas en el vehículo Spark LT 2010.



(Autores,2022)

Anexo 5. Obtención de mediciones de parámetros reales, señales, gases de escape en condición normal de funcionamiento y simulación de falla.



(Autores,2022)