



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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR DE  
COMBUSTIÓN INTERNA DAEWOO DEL VEHÍCULO  
CHEVROLET AVEO 1.6 L, AL GENERAR AVERÍAS EN EL  
SUBSISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO**

**AUTORES: PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ  
LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**

**DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO.**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“INVESTIGACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DAEWOO DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO 1.6 L, AL GENERAR AVERÍAS EN EL SUBSISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO”** realizado por los señores **PABLO JAVIER GUAGALANGO GOMEZ Y LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **PABLO JAVIER GUAGALANGO GOMEZ Y LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, Diciembre del 2016



---

Ing. GERMÁN ERAZO  
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ**, con cédula de identidad N° 1003046834, Y **LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**, con cédula de identidad N° 1716160641, declaramos que este trabajo de titulación **“INVESTIGACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DAEWOO DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO 1.6 L, AL GENERAR AVERÍAS EN EL SUBSISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, Diciembre del 2016**

**PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ**

C.C.: 1003046834

**LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**

C.C.: 1716160641



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ Y LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**INVESTIGACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DAEWOO DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO 1.6 L, AL GENERAR AVERÍAS EN EL SUBSISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

**Latacunga, Diciembre del 2016**

PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ

C.C.: 1003046834

LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA

C.C.: 1716160641

## DEDICATORIA

A mi madre Nancy.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante y más que nada, por su amor, que me ha permitido ser una persona de bien.

**Pablo Javier**

## DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi hermana por ser ese ejemplo que tengo a seguir y por estar siempre presente, acompañándome para poderme realizar.

**Luis Gonzalo**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, quien con su apoyo y amor incondicional me motivó para la consecución de una de mis principales metas.

A mi familia, pilar fundamental en mi vida y en especial a mis abuelitos Rosa y Aurelio quienes supieron guiarme en el camino correcto.

Al Ing. Germán Erazo, por todo el apoyo y tiempo prestado para la culminación exitosa de este proyecto.

**Pablo Javier**

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo primero me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme hasta donde he llegado, brindándome salud y fuerzas para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de los logros se los debo a ustedes, en los que incluyo este. Me formaron con reglas y ciertas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron con constancia para alcanzar mis anhelos.

A mi hermana por ser parte de mi vida y representar la unidad familiar, siendo un ejemplo de desarrollo profesional a seguir y llenado mi vida de muchas alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

Al Ing. Germán Erazo por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

A la Universidad De La Fuerzas Armadas ESPE que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, que, con la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general me han otorgado muchos conocimientos tanto en el ámbito profesional como personal.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

**Luis Gonzalo**



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xxv</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>xxviii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xxix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxx</b>

### CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	3
1.4. Justificación e importancia .....	5
1.5. Objetivos del proyecto.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos .....	6
1.6. Metas .....	7
1.7. Hipótesis .....	7
1.8. Variables de la investigación.....	8
1.8.1. Variables Independientes.....	8
1.8.2. Variables Dependientes:.....	8
1.9. Metodología de la investigación .....	9

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1.	Sistema de inyección electrónica a gasolina.....	15
2.2.	Sistema de control electrónico .....	16
2.2.1.	Unidad de control.....	17
2.2.2.	Procesamiento de datos .....	17
2.3.	Sensores.....	18
2.3.1.	Sensores de temperatura.....	20
2.3.2.	Sensores de Presión.....	21
2.3.3.	Sensores de Revolución .....	22
2.3.4.	Sensores de Posición .....	23
2.3.5.	Sensor Piezoeléctrico .....	24
2.3.6.	Sensor de oxígeno .....	24
2.4.	Actuadores del sistema.....	25
2.4.1.	Tipos de actuadores.....	26
2.4.2.	Inyectores .....	26
2.4.3.	Bobina de encendido .....	27
2.5.	Sistema OBD II .....	28
2.6.	Diagnóstico a bordo OBD II .....	29
2.6.1.	Monitoreo continuo.....	30
2.6.2.	Monitoreo no continuo.....	31
2.6.3.	Parámetros de diagnóstico .....	32
2.6.4.	Parámetros principales para la generación de códigos de falla. .	33
2.6.5.	Códigos de falla DTC (diagnostic trouble codes) .....	34
2.7.	Características del motor DAEWOO E-TECH II.....	37
2.8.	Curvas características del motor.....	38
2.8.2.	Torque.....	39
2.8.3.	Potencia .....	40
2.8.4.	Potencia Indicada.....	42
2.8.5.	Potencia efectiva (al freno) .....	42
2.8.6.	Consumo específico de combustible.....	42
2.9.	Eficiencia de combustible.....	44
2.10.	Eficiencia volumétrica .....	45

2.11.	Rendimiento térmico .....	46
2.12.	Rendimiento mecánico.....	47
2.13.	Rendimiento indicado.....	47
2.14.	Presión media del ciclo .....	47
2.15.	Calor suministrado .....	48
2.16.	Calor extraído .....	48
2.17.	Dinamómetros.....	49
2.17.1.	Tipos de dinamómetros.....	49
2.17.2.	Componentes de un dinamómetro .....	51
2.18.	Emisiones contaminantes .....	51
2.18.1.	Monóxido de carbono.....	53
2.18.2.	Óxidos de nitrógeno .....	54
2.18.3.	Hidrocarburos sin quemar.....	54

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>PRUEBAS DE POTENCIA, TORQUE, CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES. ....</b>	<b>55</b>
3.1.	Puesta a punto dinamómetro Motorroll .....	55
3.1.1.	Revisión y mantenimiento del sistema mecánico.....	55
3.1.2.	Revisión y mantenimiento del sistema eléctrico.....	57
3.1.3.	Actualización de software, interfaz de control y elementos de medición.....	57
3.1.4.	Calibración del equipo.....	59
3.2.	Generación de códigos de falla.....	61
3.3.	Comprobación de códigos de falla .....	64
3.4.	Medición del Consumo de combustible.....	65
3.4.1.	Generalidades.....	65
3.4.2.	Consideraciones previas a las Pruebas .....	67
3.4.3.	Obtención de consumo de combustible .....	70
3.5.	Pruebas de torque y potencia .....	72
3.5.1.	Dinamómetro .....	72
3.5.2.	Consideraciones previas a la prueba .....	73
3.5.3.	Procedimiento .....	78

3.6.	Pruebas de emisiones de gases .....	81
3.6.1.	Analizador de gases.....	81
3.6.2.	Procedimiento .....	84
3.7.	Medición de temperaturas.....	84
3.8.	Protocolo de pruebas .....	86

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARAMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS.....</b>	<b>88</b>
4.1.	Determinación de potencia y torque.....	88
4.1.1.	Pruebas en condiciones normales de funcionamiento (estándar)	89
4.1.2.	Pruebas con fallas en sensores .....	92
a.	Sensor IAT (DTC alto).....	92
b.	Sensor IAT (DTC bajo).....	92
c.	Sensor ECT (DTC alto) .....	93
d.	Sensor ECT (DTC bajo) .....	94
e.	Sensor TPS (DTC alto) .....	95
f.	Sensor TPS (DTC bajo) .....	96
g.	Sensor MAP (DTC alto) .....	97
h.	Sensor MAP (DTC bajo) .....	98
i.	Sensor O2 (desconectado) .....	99
j.	Sensor CMP (desconectado) .....	100
4.1.3.	Pruebas con falla en actuadores.....	102
a.	Inyector #4 (desconectado).....	102
b.	Bobina #2 (desconectado) .....	103
4.1.4.	Pruebas con fallas combinadas entre sensores y actuadores ..	104
a.	Sensor MAP (DTC bajo) – sensor IAT (DTC alto).....	104
b.	Sensor MAP (DTC bajo) – sensor ECT (DTC alto) .....	105
c.	Sensor MAP (DTC bajo) – bobina #2 (desconetado) .....	107
d.	Inyector #4 (desconectado) – sensor MAP (DTC bajo).....	108
e.	Inyector #4 (desconectado) – sensor MAP (DTC alto).....	109
f.	Inyector #4 (desconectado) – sensor IAT (DTC alto).....	110
g.	Inyector #4 (desconectado) – sensor ECT (DTC alto) .....	111

4.1.5.	Comparación unificada de valores de potencia y torque.....	113
a.	Valores máximos de potencia y torque cuando los sensores presentan DTC alto .....	113
b.	Valores máximos de potencia y torque cuando los sensores presentan DTC bajo .....	113
c.	Valores máximos de potencia y torque con falla en actuadores	113
d.	Valores máximos de potencia y torque con DTC en sensor MAP combinado con fallas en otros sensores .....	114
e.	Valores máximos de potencia y torque con Inyector desconectado combinado con fallas en sensores.....	114
4.1.6.	Comparación unificada de los HP (Potencia) perdidos en cada condición de prueba .....	115
4.1.7.	Comparación de Kg-m (Torque) perdidos en cada condición de la prueba .....	116
4.1.8.	Comparación de revoluciones en donde se alcanzó la potencia máxima en cada condición de prueba .....	116
4.1.9.	Comparación de revoluciones en donde se registró el valor máximo de torque en cada condición de prueba .....	116
4.2.	Consumo específico de combustible.....	117
4.2.1.	Consumo de combustible.....	117
4.2.2.	Densidad del combustible .....	119
4.2.3.	Consumo específico de combustible.....	119
4.2.4.	Pruebas con fallas en sensores .....	121
a.	Sensor IAT (DTC alto).....	121
b.	Sensor IAT (DTC alto).....	122
c.	Sensor ECT (DTC alto) .....	122
d.	Sensor ECT (DTC bajo) .....	123
e.	Sensor TPS (DTC alto) .....	123
f.	Sensor TPS (DTC bajo) .....	123
g.	Sensor MAP (DTC alto) .....	124
h.	Sensor MAP (DTC bajo) .....	124
i.	Sensor CMP (desconectado) .....	124
j.	Sensor O2 (desconectado) .....	125
4.2.5.	Pruebas con fallas en actuadores.....	126
a.	Inyector desconectado.....	126

b.	Bobina desconectada.....	126
4.2.6.	Pruebas con fallas en combinadas entre sensores y actuadores .....	127
a.	Sensor MAP (DTC bajo) – sensor IAT (DTC alto).....	127
b.	Sensor MAP (DTC bajo) – sensor ECT (DTC alto) .....	127
c.	Sensor MAP (DTC bajo) – Bobina (desconectada).....	128
d.	Inyector (desconectado) – sensor MAP (DTC alto).....	128
e.	Inyector (desconectado) – sensor MAP (DTC bajo).....	129
f.	Inyector (desconectado) – Sensor IAT (DTC alto) .....	129
g.	Inyector (desconectado) – Sensor ECT (DTC alto).....	130
4.2.7.	Comparación de valores máximos y mínimos en las combinaciones.....	130
4.2.8.	Comparación conjunta de los valores de consumo específico de combustible .....	131
4.3.	Pruebas de emisiones de gases .....	131
4.3.1.	Tabulación de datos de emisiones contaminantes .....	131
4.3.2.	Graficas comparativas de las emisiones de gases contaminantes.....	132
4.4.	Cálculo de rendimientos.....	135
4.4.1.	Cálculo de rendimiento mecánico .....	136
4.4.2.	Cálculo de rendimiento térmico.....	137
4.4.3.	Cálculo de rendimiento indicado .....	138

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>	<b>140</b>
5.1.	Recursos.....	140
5.1.1.	Recursos humanos .....	140
5.1.2.	Recursos físicos.....	140
5.1.3.	Recursos financieros.....	141
5.1.4.	Recursos Materiales .....	142
5.1.5.	Recursos tecnológicos .....	142
5.2.	Análisis de costo del proyecto.....	143
5.3.	Análisis del costo beneficio .....	143
4.5.	Cronograma de actividades .....	145

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>146</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>148</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>149</b>
<b>NETGRAFÍA.....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>246</b>

ANEXO A Pruebas de torque y potencia

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de problemas.....	3
Figura 2	Sistema de inyección de combustible electrónico típico .....	15
Figura 3	Diagrama de bloques de entradas y salidas comunes a la mayoría de los sistemas de control electrónico.....	16
Figura 4	Unidad de control.....	17
Figura 5	Procesamiento de señales en la unidad de control .....	17
Figura 6	Función básica de un sensor .....	19
Figura 7	Características típicas de los sensores de temperatura NTC ....	20
Figura 8	Sensor de temperatura del refrigerante .....	20
Figura 9	Sensor de temperatura del aire de admisión .....	21
Figura 10	Mediciones de Presión.....	21
Figura 11	Sensor MAP.....	22
Figura 12	Sensor CKP .....	23
Figura 13	Sensor TPS .....	23
Figura 14	Sensor KS.....	24
Figura 15	Característica de un sensor lambda .....	24
Figura 16	Sensor de oxígeno.....	25
Figura 17	Inyector de combustible .....	27
Figura 18	Diagrama de bloques de encendido electrónico. ....	27
Figura 19	Bobina DIS.....	28
Figura 20	Conexión al vehículo del equipo de diagnóstico .....	30
Figura 21	Configuración del código .....	35
Figura 22	Conector DLC de 16 pines.....	36
Figura 23	Curvas características del motor.....	38
Figura 24	Curvas de torque vs velocidad del motor.....	40
Figura 25	Curvas de potencia vs velocidad del motor .....	40
Figura 26	Curvas de consumo de combustible vs velocidad del motor ....	42
Figura 27	Dinamómetro de motor. ....	49
Figura 28	Dinamómetro de chasis con sistema de frenado. ....	50
Figura 29	Composición de los gases de escape de un MCI. ....	52
Figura 30	Sustancias contaminantes presentes en los gases de escape..	52
Figura 31	Composición de los contaminantes de un MCI.....	53



Figura 32	Freno dinamométrico .....	55
Figura 33	Juego de rodillos.....	56
Figura 34	Bomba de agua .....	56
Figura 35	Tomas de corriente .....	57
Figura 36	Interfaz de control antiguo .....	57
Figura 37	Pantalla del software BLAHA Sistemas Electrónicos especiales 1.1.6.....	58
Figura 38	Sensor de revoluciones y celda de carga .....	58
Figura 39	Opciones para la configuración del software .....	59
Figura 40	Elección del interfaz de adquisición de datos .....	59
Figura 41	Elección de tipo de dinamómetro.....	60
Figura 42	Configuración del destino de almacenamiento de datos.....	60
Figura 43	Elección de colores de representación de cada parámetro .....	60
Figura 44	Configuración de unidades .....	61
Figura 45	Código de falla en alto en sensor de dos cables .....	62
Figura 46	Código de falla en bajo en sensor de dos cables .....	62
Figura 47	Código de falla en alto en sensor de tres cables .....	63
Figura 48	Código de falla en bajo en sensor de tres cables .....	63
Figura 49	Código de falla por desconexión del actuador .....	63
Figura 50	Comprobación de código de falla .....	64
Figura 51	Verificación de valores de PID'S .....	64
Figura 52	Relación de valor de PID's y DTC generado .....	65
Figura 53	Interfaz OBDLink SX.....	66
Figura 54	Conexión con la PC .....	67
Figura 55	Pantalla principal del programa OBDwiz.....	68
Figura 56	Protocolos aceptados por el interfaz.....	68
Figura 57	Opción de DIAGNOSTICS del programa OBDwiz .....	69
Figura 58	Opción FUEL SETUP del programa OBDwiz .....	69
Figura 59	Opción DASHBOARD del programa OBDwiz.....	70
Figura 60	Conexión PC y unidad de control .....	71
Figura 61	Indicador del consumo de combustible por hora .....	71
Figura 62	Medición de la prueba de consumo de combustible .....	72
Figura 63	Dinamómetro de rodillos Motorroll .....	73
Figura 64	Conducto colocado el tubo de escape .....	74

Figura 65	Posicionamiento del ventilador .....	75
Figura 66	Configuración previa a la prueba .....	75
Figura 67	Configuración del nombre de la prueba .....	76
Figura 68	Comprobación que la prueba se haya creado .....	76
Figura 69	Configuración de condición de inicio y final de a prueba .....	77
Figura 70	Calibración de carga .....	78
Figura 71	Comprobación de códigos de falla .....	78
Figura 72	Comprobación de valores de PID's .....	79
Figura 73	Medición de consumo de combustible .....	79
Figura 74	Software listo para iniciar la prueba .....	79
Figura 75	Progreso de toma de datos.....	80
Figura 76	Datos registrados de la prueba.....	80
Figura 77	Analizador de gases QROTECH QGA 6000.....	81
Figura 78	Medición de temperatura de escape.....	85
Figura 79	Curvas de torque y potencia .....	88
Figura 80	Tabla de valores .....	89
Figura 81	Comprobación de inexistencia de códigos de falla .....	89
Figura 82	Curvas de potencia y torque en condiciones normales.....	90
Figura 83	Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor IAT .....	92
Figura 84	Curvas de torque y potencia del sensor IAT con DTC alto .....	92
Figura 85	Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor IAT .....	92
Figura 86	Curvas de torque y potencia del sensor IAT con DTC bajo .....	93
Figura 87	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor IAT.....	93
Figura 88	Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor IAT .....	93
Figura 89	Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor ECT.....	94
Figura 90	Curvas de torque y potencia del sensor ECT con DTC alto.....	94
Figura 91	Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor ECT.....	95
Figura 92	Curvas de torque y potencia del sensor ECT con DTC bajo....	95
Figura 93	Comparación de la potencia máxima en condición sin fallas vs DTC (alto - bajo) del sensor ECT .....	95
Figura 94	Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor ECT .....	95

Figura 95	Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor TPS .....	95
Figura 96	Curvas de torque y potencia del sensor TPS con DTC alto.....	96
Figura 97	Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor TPS .....	96
Figura 98	Curvas de torque y potencia del sensor TPS con DTC bajo....	97
Figura 99	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor TPS .....	97
Figura 100	Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor TPS .....	97
Figura 101	Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor MAP .....	97
Figura 102	Curvas de torque y potencia del sensor MAP con DTC alto ....	98
Figura 103	Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor MAP .....	98
Figura 104	Curvas de torque y potencia del sensor MAP con DTC bajo ...	99
Figura 105	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor MAP .....	99
Figura 106	Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor MAP .....	99
Figura 107	Lectura de código de falla Sensor O2 desconectado.....	99
Figura 108	Curvas de torque y potencia con el sensor O2 desconectado	100
Figura 109	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Sensor O2 desconectado .....	100
Figura 110	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Sensor O2 desconectado .....	100
Figura 111	Lectura de código de falla Sensor CMP desconectado .....	101
Figura 112	Curvas de torque y potencia con el sensor CMP desconectado.....	101
Figura 113	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Sensor CMP desconectado.....	101
Figura 114	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Sensor CMP desconectado .....	101
Figura 115	Lectura de código de falla Inyector #4 desconectado .....	102
Figura 116	Curvas características con Inyector #4 desconectado.....	102
Figura 117	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 desconectado .....	102

Figura 118	Comparación del torque máximo en condición sin fallas vs Inyector #4 desconectado.....	103
Figura 119	Curvas de torque y potencia con la bobina #2 desconectada	103
Figura 120	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Bobina #2 desconectada.....	103
Figura 121	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Bobina #2 desconectada .....	104
Figura 122	Lectura de códigos de falla sensor MAP (DTC bajo) y sensor IAT (DTC alto) .....	104
Figura 123	Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto) .....	105
Figura 124	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto) .....	105
Figura 125	Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto) .....	105
Figura 126	Lectura de códigos de falla sensor MAP (DTC bajo) y sensor ECT (DTC alto) .....	106
Figura 127	Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto) .....	106
Figura 128	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto).....	106
Figura 129	Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto) .....	106
Figura 130	Lectura de código de falla Sensor MAP (DTC bajo) .....	107
Figura 131	Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - bobina #2 (desconectado) .....	107
Figura 132	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - Bobina #2 (desconectado) .....	107
Figura 133	Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - bobina #2 (desconectado) .....	108
Figura 134	Lectura de códigos de falla inyector #4 (desconectado) y sensor MAP (DTC bajo) .....	108
Figura 135	Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - Sensor MAP (DTC bajo) .....	108

Figura 136	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo).....	109
Figura 137	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo) .....	109
Figura 138	Lectura de códigos de falla Inyector #4 desconectado y sensor MAP (DTC alto).....	109
Figura 139	Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto).....	109
Figura 140	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - Sensor MAP (DTC alto) .....	110
Figura 141	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto) .....	110
Figura 142	Lectura de códigos de falla Inyector #4 desconectado y Sensor IAT (DTC alto) .....	110
Figura 143	Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto).....	111
Figura 144	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - Sensor IAT (DTC alto) .....	111
Figura 145	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto).....	111
Figura 146	Lectura de códigos de falla Inyector # 4 desconectado y sensor ECT (DTC alto) .....	112
Figura 147	Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto) .....	112
Figura 148	Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto) .....	112
Figura 149	Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto) .....	113
Figura 150	Comparación de los valores máximos de potencia cuando los sensores presentan DTC alto.....	113
Figura 151	Comparación de los valores máximos de torque cuando los sensores presentan DTC alto .....	113
Figura 152	Comparación de los valores máximos de potencia cuando los sensores presentan DTC bajo.....	113

Figura 153	Comparación de los valores máximos de torque cuando los sensores presentan DTC bajo .....	113
Figura 154	Comparación de los valores máximos de potencia cuando los actuadores presentan falla .....	114
Figura 155	Comparación de los valores máximos de torque cuando los actuadores presentan fallas .....	114
Figura 156	Comparación de valores máximos de potencia con DTC en el sensor MAP combinado con fallas en otros sensores.....	114
Figura 157	Comparación de valores máximos de torque con DTC en el sensor MAP combinado con fallas en otros sensores .....	114
Figura 158	Comparación de potencia máxima en combinaciones de inyector desconectado .....	114
Figura 159	Comparación de torque máximo en combinaciones de inyector desconectado .....	114
Figura 160	Comparación de HP perdidos en cada condición de prueba ..	115
Figura 161	Comparación de Kg-m perdidos en cada condición de prueba.....	116
Figura 162	Comparación de RPM en donde se registró la potencia máxima en cada condición de prueba .....	116
Figura 163	Comparación de RPM en donde se registró el torque máximo en cada condición de prueba .....	116
Figura 164	Curva de consumo específico de combustible en condiciones estándar .....	121
Figura 165	Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor IAT .....	122
Figura 166	Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor IAT .....	122
Figura 167	Comparación de prueba estándar vs IAT con DTC alto y bajo	122
Figura 168	Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor ECT .....	122
Figura 169	Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor ECT .....	123
Figura 170	Comparación de prueba estándar vs ECT con DTC alto y bajo .....	123

Figura 171 Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor TPS .....	123
Figura 172 Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor TPS .....	124
Figura 173 Comparación de prueba estándar vs TPS con DTC alto y bajo .....	124
Figura 174 Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor MAP.....	124
Figura 175 Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP.....	124
Figura 176 Comparación de prueba estándar vs MAP con DTC alto y..... bajo .....	124
Figura 177 Curva de consumo específico de combustible con DTC del sensor CMP desconectado.....	125
Figura 178 Curva de consumo específico de combustible con DTC del sensor O2 desconectado .....	125
Figura 179 Comparación de prueba estándar vs sensores CMP y O2 desconectados.....	126
Figura 180 Curva de consumo específico de combustible con DTC del inyector #4 desconectado .....	126
Figura 181 Curva de consumo específico de combustible con falla de la bobina #2 desconectada.....	127
Figura 182 Comparación de prueba Estándar Vs Inyector o Bobina desconectada.....	127
Figura 183 Consumo mínimo y máximo en sensores y actuadores.....	127
Figura 184 Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor IAT.....	127
Figura 185 Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y IAT con DTC alto.....	127
Figura 186 Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor ECT .....	128
Figura 187 Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y ECT con DTC alto .....	128

Figura 188 Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y bobina #2 desconectada .....	128
Figura 189 Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y bobina #2 desconectada .....	128
Figura 190 Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado.....	129
Figura 191 Comparación de la prueba Estándar Vs combinación del inyector #4 y sensor MAP DTC alto .....	129
Figura 192 Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado.....	129
Figura 193 Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor MAP con DTC bajo .....	129
Figura 194 Curva del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor IAT con DTC alto.....	130
Figura 195 Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor IAT con DTC alto .....	130
Figura 196 Curva del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor ECT con DTC alto .....	130
Figura 197 Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor ECT con DTC alto.....	130
Figura 198 Consumo mínimo y máximo en las combinaciones .....	130
Figura 199 Comparación conjunta de los valores de consumo específico de combustible.....	131
Figura 200 Gráfica comparativa de Monóxido de carbono (CO).....	132
Figura 201 Gráfica comparativa de Hidrocarburos no combustionados (HC) .....	133
Figura 202 Gráfica comparativa de Dióxido de carbono .....	133
Figura 203 Gráfica comparativa del Oxígeno.....	134
Figura 204 Gráfica comparativa de la relación Lambda.....	135
Figura 205 Comparación unificada del comportamiento de los rendimientos .....	139
Figura 206 Cronograma de actividades .....	145



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de la variable independiente.....	8
Tabla 2	Operacionalización de la variable dependiente.....	8
Tabla 3	Metodología del desarrollo del proyecto.....	11
Tabla 4	Configuración del conector DLC de 16 pines.....	36
Tabla 5	Ficha Técnica.....	37
Tabla 6	Especificaciones del Interfaz.....	66
Tabla 7	Características analizador QRO TECH.....	82
Tabla 8	Especificaciones técnicas analizador de gases QRO TECH .....	82
Tabla 9	Especificaciones técnicas de los analizadores de gases clase I.	83
Tabla 10	Especificaciones técnicas de termómetro .....	85
Tabla 11	Protocolo de Pruebas.....	86
Tabla 12	Datos de potencia y torque en condición sin fallas .....	90
Tabla 13	Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor IAT .....	92
Tabla 14	Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor IAT .....	93
Tabla 15	Datos de potencia y torque con DTC ALTO del sensor ECT .....	94
Tabla 16	Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor ECT .....	95
Tabla 17	Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor TPS .....	96
Tabla 18	Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor TPS .....	97
Tabla 19	Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor MAP .....	98
Tabla 20	Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor MAP .....	99
Tabla 21	Datos de potencia y torque con el sensor O2 desconectado ....	100
Tabla 22	Datos de potencia y torque con el sensor CMP desconectado.	101
Tabla 23	Datos de potencia y torque con inyector #4 desconectado.....	102
Tabla 24	Datos de potencia y torque con la bobina #2 desconectada.....	103
Tabla 25	Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) - sensor (DTC alto).....	105
Tabla 26	Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto).....	106
Tabla 27	Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) – bobina #2 (desconectado).....	107

Tabla 28	Datos de potencia y torque con inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo) .....	109
Tabla 29	Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto) .....	110
Tabla 30	Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto) .....	111
Tabla 31	Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto).....	112
Tabla 32	Datos de consumo de combustible en condiciones normales...	117
Tabla 33	Densidad de la gasolina extra con el picnómetro.....	119
Tabla 34	Datos de consumo específico de combustible en condiciones estándar .....	119
Tabla 35	Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor IAT .....	121
Tabla 36	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor IAT .....	122
Tabla 37	Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor ECT .....	122
Tabla 38	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor ECT .....	123
Tabla 39	Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor TPS .....	123
Tabla 40	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor TPS .....	123
Tabla 41	Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor MAP .....	124
Tabla 42	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP .....	124
Tabla 43	Datos de consumo específico de combustible con DTC del sensor CMP desconectado .....	125
Tabla 44	Datos de consumo específico de combustible con DTC del sensor O2 desconectado .....	125
Tabla 45	Datos de consumo específico de combustible con DTC del inyector #4 desconectado .....	126

Tabla 46	Datos de consumo específico de combustible con Falla de la bobina #2 desconectada .....	126
Tabla 47	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor IAT .....	127
Tabla 48	Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor ECT .....	128
Tabla 49	Datos del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y bobina #2 desconectada .....	128
Tabla 50	Datos del consumo específico de combustible con DTC alto del sensor MAP e Inyector #4 desconectado .....	129
Tabla 51	Datos del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado .....	129
Tabla 52	Datos del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor IAT con DTC alto .....	130
Tabla 53	Datos del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor ECT con DTC alto .....	130
Tabla 54	Medición de Emisión de gases .....	131
Tabla 55	Constantes para cálculo de rendimientos .....	135
Tabla 56	Valores de rendimiento mecánico .....	136
Tabla 57	Valores del rendimiento térmico.....	137
Tabla 58	Valores de rendimiento indicado.....	138
Tabla 59	Recursos humanos .....	140
Tabla 60	Recursos físicos.....	141
Tabla 61	Recursos financieros.....	141
Tabla 62	Recursos materiales .....	142
Tabla 63	Recursos tecnológicos.....	143

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Cálculo de torque .....	39
Ecuación 2	Cálculo de potencia con velocidad angular .....	41
Ecuación 3	Cálculo de potencia con rpm .....	41
Ecuación 4	Consumo de combustible específico .....	42
Ecuación 5	Consumo de combustible másico.....	44
Ecuación 6	Consumo de combustible específico en función del volumen. 44	
Ecuación 7	Cálculo de la eficiencia de combustible.....	45
Ecuación 9	Cálculo de la eficiencia volumétrica .....	45
Ecuación 9	Cálculo de la eficiencia térmica.....	46
Ecuación 10	Cálculo de rendimiento mecánico .....	47
Ecuación 11	Rendimiento indicado.....	47
Ecuación 12	Cálculo de la presión media del ciclo .....	47
Ecuación 13	Cálculo del calor suministrado .....	48
Ecuación 14	Cálculo del calor extraído.....	48

## RESUMEN

En la actualidad el rendimiento de los vehículos viene marcado por el sistema de control electrónico en donde la ECU a partir de las lecturas recibidas por los sensores determina el ancho de pulso de los inyectores, el adelanto de encendido y otros factores que inciden en la combustión de la mezcla aire-combustible, la cual influye de forma directa sobre los parámetros característicos de torque y potencia sin importar los niveles de consumo de combustible y emisiones de gases no combustionados, es de aquí donde surge la necesidad de realizar esta investigación fundamentada en la variación de estos parámetros a partir de fallas electrónicas dentro del vehículo Chevrolet Aveo equipado con un motor Daewoo E-TECH II de 1.6L. Para lo cual lo sometimos en el dinamómetro MOTOROLL y a la vez implementamos el interfaz OBDLink SX conjuntamente con el analizador de gases QROTECH QGA 6000 obteniendo datos de los mencionados parámetros en condiciones óptimas de funcionamiento del motor y mediante la implementación del diagrama electrónico del mismo se generó DTC's altos y bajos tanto en sensores, actuadores y combinaciones para comparar los nuevos datos con los valores establecidos en la prueba estándar. Y al final con ayuda de tablas y graficas podemos evaluar la incidencia que tuvo cada DTC sobre los parámetros característicos y por ende el desempeño del motor.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AUTOMÓVILES – EMISIONES DE GASES**
- **AUTOMÓVILES – SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO**
- **DINAMÓMETRO**
- **CONSUMO DE COMBUSTIBLE – TORQUE Y POTENCIA**

## **ABSTRACT**

At present the performance of vehicles is marked by the electronic control system in which the ECU from the readings received by the sensors determines the pulse width of the injectors, the advance of ignition and other factors that affect the combustion Of the air-fuel mixture, which directly influences the parameters of torque and power regardless of the levels of fuel consumption and unleaded gas emissions, is the source of the need to carry out this research based on the Variation of these parameters from electronic faults inside the Chevrolet Aveo vehicle equipped with a Daewoo E-TECH II 1.6L engine. For which we submit it in the MOTOROLL dynamometer and we see the OBDLink SX interface in conjunction with the QROTECH QGA 6000 gas analyzer obtaining data of the mentioned parameters under optimum conditions of motor operation and through the implementation of the electronic diagram of the same was generated DTC's high and low in both sensors, actuators and combinations to compare the new data with the values established in the standard test. And finally with the help of tables and graphs we can evaluate the incidence of each DTC on the characteristic parameters and therefore the performance of the engine.

### **KEYWORDS:**

- **AUTOMOBILE – EXHAUST GASES**
- **AUTOMOBILE – ELECTRONIC CONTROL SYSTEM**
- **DYNAMOMETER**
- **FUEL CONSUMPTION – TORQUE AND POWER**

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

A través de los años la tecnología ha ido avanzando de forma progresiva, y el sector automotriz no se ha quedado excluido de este cambio, por esta razón los sistemas automotrices han ido incorporando nuevos elementos para adaptarse a las necesidades de los clientes.

Nuevos sistemas o a su vez mejoras de anteriores se han ido adicionando a los automotores con la finalidad de mejorar el rendimiento y confort de los mismos, para de esta forma satisfacer las necesidades de los clientes que cada vez son más exigentes. Otra razón para mejorar los modelos son las severas normas ambientales que cada país tiene y los vehículos deben cumplir para su comercialización y posterior rodaje en vías.

La inyección electrónica que equipa a los automóviles proporcionan alta eficiencia, menor consumo de combustible y disminución de emisiones contaminantes, debido a que utiliza sensores y actuadores controlados por varios módulos.

El motor de combustión interna es controlado mediante la unidad de control electrónico (ECU), que como todo componente es propenso a fallar en ciertas condiciones, de la misma forma los elementos que controla pueden sufrir desperfectos, a estas anomalías se conocen como códigos de diagnóstico de falla (DTC).

Los índices principales del motor de combustión interna no son constantes para todo su rango de trabajo. Los parámetros de consumo de combustible,

el torque y la potencia producida por un motor varían de acuerdo a la velocidad de giro del cigüeñal. Aunque estos índices varían un tanto dependiendo del tipo y naturaleza del motor, como regla general.

Es de suma importancia conocer cómo varía la potencia en los distintos regímenes de velocidad en los motores destinados a automovilismo. Para poder determinar su par motor y el consumo de combustible en sus diferentes estados de velocidad, cuyas comprobaciones permitirá considerar si los resultados conseguidos responden a las características dadas por los cálculos.

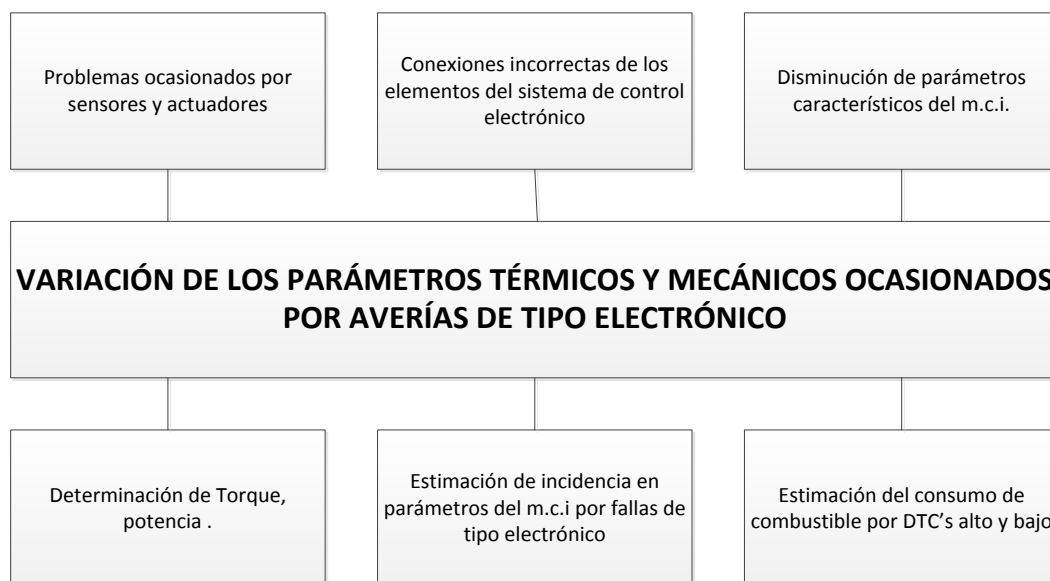
Dependiendo de los factores que alteren los valores de la velocidad de rotación del motor, como fallas en el sistema de inyección de combustible, se determina las variaciones en los parámetros y se representarán por medio de curvas o diagramas, las cuales definen los parámetros y características de cada motor, dándonos una idea concreta de como varia su rendimiento.

Un correcto estado en el sistema de control electrónico del automóvil mantendrá los parámetros termodinámicos en el rango especificado por el fabricante, de esta forma evitando el consumo de combustible que representa un aumento en el presupuesto del usuario y de la misma forma eleva los niveles de contaminación al ambiente.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Esta investigación parte de la necesidad de determinar la relación que existe entre los parámetros mecánicos con los electrónicos del automóvil de tal manera que el problema a investigar es: **VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS OCASIONADOS POR AVERÍAS DE TIPO ELECTRÓNICO**





**Figura 1** Árbol de problemas

### 1.3. Descripción resumida del proyecto

Se empleó fuentes bibliográficas confiables relacionadas con sistemas electrónicos y parámetros tanto mecánicos como térmicos para sustentar la fiabilidad del proceso

Se realizó la puesta a punto del motor mediante un ABC del mismo y de la misma forma una revisión exhaustiva del sistema de control electrónico y todos sus componentes como sensores y actuadores para realizar la primera prueba y comparar los valores de torque, potencia, emisiones y consumo de combustible con los valores otorgados por el fabricante.

Se generó DTC's tanto bajos como altos de forma individual y en diferentes combinaciones de sensores y actuadores del motor DAEWOO E-TECH II y por consiguiente la respectiva medición de los parámetros de rendimiento del motor para cada caso antes mencionado.

Se verificó los datos de información del programa que se generan al momento de producir DTC en el sistema de control de sensores, actuadores y la influencia en los valores de torque, potencia, emisiones y consumo de combustible.

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Latacunga ubicada a una altura de 2750 msnm, a través de la verificación de los parámetros característicos del motor de combustión interna como son: Torque, potencia, consumo de combustible y emisiones en el vehículo Chevrolet Aveo equipado con un motor Daewoo E-TECH II de 1.6L de control electrónico en el Laboratorio de motores de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Extensión Latacunga

Se verificó los valores obtenidos en el dinamómetro para cada condición generada en el grupo de sensores y actuadores del motor DAEWOO E-TECH II y se observará la variación que genera cada componente en los parámetros característicos del motor.

Una vez obtenidos los valores de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones de gases en todas las condiciones mencionadas, se analizó la relación que existe entre el sistema de control electrónico y el rendimiento del motor, se determinó en qué porcentaje varían dependiendo de la condición.

Una vez determinada la relación que existe entre la pérdida de rendimiento del motor cuando se generan fallas en el sistema de control electrónico se procesó estos datos para luego compilarlos en un manual técnico.

Se estableció los parámetros de funcionamiento óptimos y PIDs del vehículo Chevrolet Aveo con motor gasolina DAEWOO E-TECH II para un óptimo desempeño a 2750 msnm.

Se generó un manual técnico con la información obtenida acerca de la relación o influencia que tienen los DTC's en el sistema de control electrónico sobre la variación del rendimiento del motor DAEWOO E-TECH II.

#### **1.4. Justificación e importancia**

El avance acelerado de tecnología ha obligado al ser humano a adaptarse a estos cambios de forma obligatoria para poder desenvolverse en todos los campos en la que ésta tenga influencia, uno de estos campos es el automotriz en donde de la mano de esta evolución se han ido creando nuevos sistemas o a su vez se han mejorado, todo esto para adaptarse a la época en la que nos encontramos. Las exigencias de los usuarios también han aumentado, pues ahora la eficiencia y confort no son únicamente exclusivos de vehículos de alta gama, sino también de los vehículos de relativa accesibilidad.

La electrónica está presente en los automóviles desde finales del siglo pasado, pero ésta ha ido evolucionando para mejorar los sistemas presentes en el automóvil. La electrónica actualmente controla elementos importantes como los sensores y actuadores presentes en el motor, estos ayudan a mejorar el rendimiento y proporcionan datos exactos del estado del motor.

En la presente investigación se analizó la relación que existe entre el sistema de control electrónico y la variación que puede ocasionar en el rendimiento del motor si existen DTC's en el grupo de sensores y actuadores.

Este análisis se lo realizó en un motor DAEWOO E-TECH II que está presente en un gran número de vehículos Chevrolet que es la marca con mayor comercialización en el país, por esta razón los datos obtenidos servirán de guía tanto para técnicos en talleres como para estudiantes.

Los datos obtenidos en esta investigación generan un manual técnico en donde se plasma en que porcentaje varían los parámetros de rendimiento

del motor con respecto al tipo de DTC's generados en sensores y actuadores, dando una idea clara de la importancia de mantener en un estado correcto estos elementos para un óptimo funcionamiento del vehículo.

## **1.5. Objetivos del proyecto**

### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar la variación de los parámetros térmicos y mecánicos del motor de combustión interna Daewoo del vehículo Chevrolet Aveo 1.6L, al generar DTCs en el subsistema de control electrónico.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Desarrollar mediciones en sensores y actuadores a condiciones normales del motor DAEWOO E-TECH II.
- Optimizar el funcionamiento del dinamómetro de rodillos marca MOTOROLL (MD200HP), ubicado en el laboratorio de motores.
- Desarrollar mediciones de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones en condiciones normales del motor DAEWOO E-TECH II.
- Generar DTC's altos y bajos en el grupo de sensores y actuadores.
- Realizar mediciones de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones del motor DAEWOO E-TECH II cuando se generan DTC's en sensores y actuadores.

- Procesar los datos obtenidos en cada medición para establecer la influencia e incidencia de cada sensor, actuador a través de tabulaciones gráficas para compararlos numérica y matemáticamente fundamentados, para determinar su relación con el rendimiento del motor.
- Generar un manual técnico con la información obtenida acerca de la relación o influencia que tienen los DTC's en el sistema de control electrónico sobre la variación del rendimiento del motor de combustión interna DAEWOO E-TECH II

#### **1.6. Metas**

- Obtener de la información teórica necesaria y los parámetros que evidencien la influencia de los DTC's sobre la variación del rendimiento del MCI.
- Generar un manual técnico con la información obtenida acerca de la relación o influencia que tienen los DTC's en el sistema de control electrónico sobre la variación del rendimiento del motor DAEWOO E-TECH II.
- Poner a punto el dinamómetro MOTOROLL para pruebas en vehículos con motores de hasta 200 HP.

#### **1.7. Hipótesis**

El análisis de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones en función de los DTC's generados permitirá establecer la influencia del desempeño del motor de combustión interna cuando se generan fallas en el sistema de control electrónico de inyección de combustible.

## 1.8. Variables de la investigación

### 1.8.1. Variables Independientes

Análisis de parámetros mecánicos y térmicos

**Tabla 1**  
**Operacionalización de la variable independiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos	
Son los indicadores del nivel de variación de los parámetros mecánicos y térmicos que genera cada vez que exista un código de falla	Académico	Torque	Nm	Medición	Dinamómetro de rodillos	
		Potencia	HP	Medición	Dinamómetro de rodillos	
	Desempeño mecánico	Consumo de combustible	Litros	Medición de niveles	Voltímetro	
	Contaminación	CO2	%			
		CO	%			
		Nox	%		Medición de niveles	Analizador de gases
		Ppm HC	%			

### 1.8.2. Variables Dependientes:

Averías en el subsistema de control eléctrico y electrónico

**Tabla 2**  
**Operacionalización de la variable dependiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son los parámetros de control electrónico que impiden que el	Académico	PIDs	Voltios	Medición	Scanner
			%	Medición	Scanner
			g/s	Medición	Scanner
			Temperatura	°C	Medición

CONTINÚA 

<b>motor tenga un óptimo.</b>	Desempeño Electrónico	Velocidad angular	RPM	Medición	Tacómetro
		DTC H (Alto)	SAE	Medición	Scanner
	DTC	DTC L (Bajo)	SAE	Medición	Scanner

## 1.9. Metodología de la investigación

- **Método deductivo**

La investigación se enfocó en conocer la variación de parámetros mecánicos y térmicos en el motor motor DAEWOO E-TECH II, a partir de la existencia de DTC's en el sistema de control electrónico.

- **Método Inductivo**

A partir de los datos obtenidos en cada una de las pruebas se determinó si en realidad existe una variación en los parámetros mecánicos y térmicos del motor cuando existen fallas en el sistema de control electrónico.

- **Método analítico**

En la investigación se aplicó este método debido a que se generaron fallas en sensores y actuadores representativos del sistema inyección de combustible, obteniendo datos y valores de su incidencia sobre la potencia, torque, consumo de combustible y emisiones de gases, en condiciones de códigos de falla tanto altos como bajos, los mismos que se analizaron y relacionaron a las diferentes condiciones que se generaron en la parte experimental.

- **Método de síntesis**

El presente método se aplicó para la elaboración del manual técnico donde se ilustrarán los resultados de las pruebas realizadas, de manera ordenada, sintetizada, permitiendo una fácil asimilación y entendimiento.

- **Método experimental**

Este método se aplicó debido a que se realizó mediciones de torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases a partir la existencia de DTC's, que permitirán el análisis de la influencia directa de cada uno.

- **Método comparativo**

En esta investigación este método permitió establecer variaciones de DTC's, bajo diferentes condiciones de falla ya sea de los sensores o de actuadores.

- **Método de observación directa**

El método de observación directa permitió realizar una inspección visual de las variaciones que esta investigación buscó establecer, por medio de la medición de torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases en función de los DTC.

- **Método de medición**

Mediante este método se determinó las unidades en las que se manejaron los datos, tomando en cuenta las escalas que trabajan los equipos con los que se desarrolló la obtención de datos y mediciones.



- **Método de matematización**

Con este método, una vez obtenidos los datos y resultados de la investigación mediante números, fue necesario la generación del aspecto cuantitativo de los fenómenos analizados, donde se tomó como referencia la existencia de DTC.

- **Método de análisis de contenido**

Dada la limitada información sobre este tipo fallas, el método de análisis de contenido fue indispensable para estudiar con detenimiento la bibliografía obtenida, descomponiendo su contenido en las unidades de información necesarias para el manejo y asimilación de la misma.

**Tabla 3**  
**Metodología del desarrollo del trabajo**

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
<b>Deductivo</b>	La investigación está basada en la medición de parámetros mecánicos en el motor DAEWOO E-TECH II, analizaremos la variación de estos parámetros a causa de la existencia de DTC's	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	Laboratorio de motores.  Laboratorio de Autotrónica.  Mecánica de patio
<b>Inductivo</b>	Se utilizó este método, ya que la investigación se realizó en un motor gasolina DAEWOO E-TECH II, los resultados y conclusiones generados podrán ser aplicables a este tipo de motores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	Laboratorio de motores.  Laboratorio de Autotrónica.  Mecánica de patio

<b>Analítico</b>	<p>Se aplicó el presente método debido a que se generaron fallas en sensores y actuadores representativos en el sistema de control electrónico de combustible, obteniendo datos y valores de su relación directa con los ajustes de combustible innecesarios</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	<p>Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio</p>
<b>Síntesis</b>	<p>Este método se aplicó en la realización del manual técnico donde se unen todos los datos obtenidos en cada prueba realizada y bajo las condiciones establecidas. Los resultados vienen de las pruebas experimentales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	<p>Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio</p>
<b>Experimental</b>	<p>La metodología a utilizar fue experimental, ya que se trabajó por mediciones y pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas de funcionamiento, que permitieron el análisis de torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases en relación a los DTC, para de esta manera elaborar un documento técnico para consulta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	<p>Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio</p>

CONTINÚA 

<b>Comparativo</b>	Este método permitió establecer variaciones de los parámetros analizados basándose en datos y mediciones realizadas en condiciones normales de funcionamiento del motor y pruebas realizadas bajo las diferentes condiciones de falla ya sean estos de los actuadores representativos del sistema de control electrónico de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio
<b>Observación directa</b>	Este método permitió realizar una verificación visual de las variaciones que esta investigación busca establecer, como es el torque, potencia, consumo de combustible y emisión de gases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio
<b>Medición</b>	Con el método de medición establecimos el protocolo de pruebas en base a la Norma de medición de potencia DIN (Instituto Alemán de Estandarización) que determinaran las unidades en las que se manejaran los datos, tomando cuando las escalas que manejen los equipos con los que se desarrollaran la obtención de datos y mediciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	Laboratorio de motores. Laboratorio de Autotrónica. Mecánica de patio

---

<b>Matematización</b>	<p>Después de la obtención de los datos mediante la utilización de la diferentes herramientas de medición fue necesario la utilización de este método de investigación para la obtención de parámetros que no han sido proporcionados pero son factibles su acceso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	<p>Laboratorio de motores.</p> <p>Laboratorio de Autotrónica.</p> <p>Mecánica de patio</p>
<hr/>			
<b>Análisis de contenido</b>	<p>Dada la limitada información sobre este tipo de investigación, el método de análisis de contenido fue indispensable para estudiar con detenimiento la bibliografía obtenida descomponiendo su contenido en unidades de información necesaria para el manejo y asimilación de la misma tener un dominio completo sobre ella</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo Aveo equipado con un motor DAEWOO E-TECH II.</li> <li>• Interfaz OBDLink SX</li> <li>• Dinamómetro MOTOROLL</li> <li>• Computador personal.</li> <li>• Analizador de gases</li> </ul>	<p>Laboratorio de motores.</p> <p>Laboratorio de Autotrónica.</p> <p>Mecánica de patio</p>

---

## CAPÍTULO II

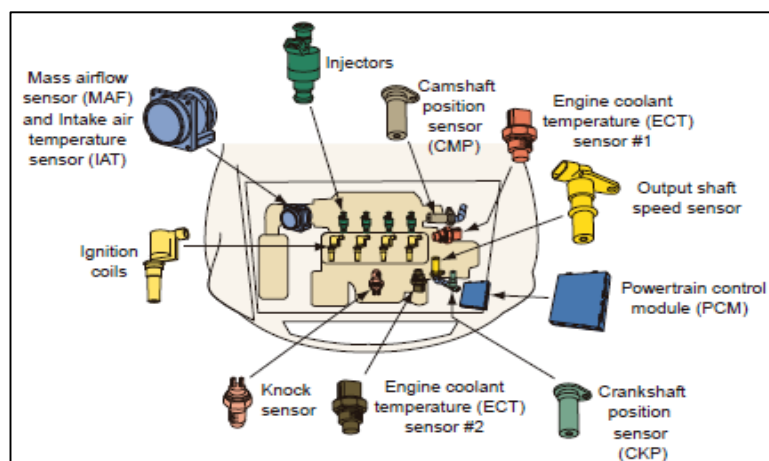
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Sistema de inyección electrónica a gasolina

(Erjavec J, 2010) La inyección electrónica ha dado un paso fundamental respecto al control y la gestión a través de microprocesadores, con la característica principal que es la de permitir que el motor reciba únicamente el volumen de combustible que necesita.

Con eso se garantiza:

- Aprovechar mejor el combustible
- Un arranque más eficaz
- Mejor rendimiento del MCI
- Menor contaminación
- Mejorar la economía

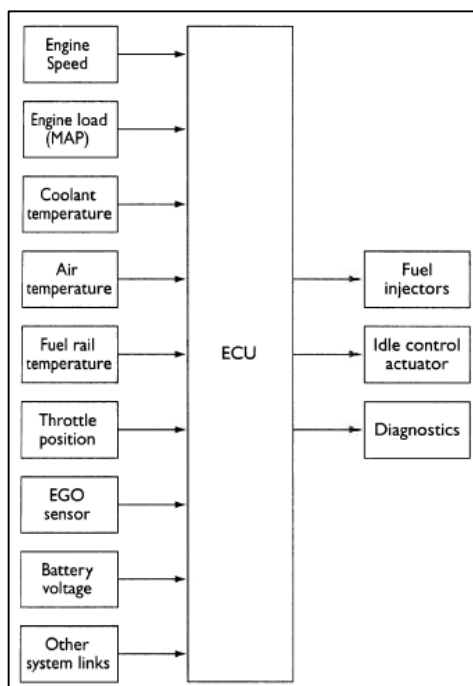


**Figura 2** Sistema de inyección de combustible electrónico típico  
Fuente: (Erjavec J, 2010)

(Erjavec J, 2010) “En si la inyección electrónica de combustible ha demostrado ser el método más preciso, fiable y rentable de suministrar combustible a las cámaras de combustión de los motores actuales. Proporcionado así la relación aire-combustible correcta para todas las cargas del motor, velocidades y condiciones de temperatura.” (p.728)

## 2.2. Sistema de control electrónico

(Erjavec J, 2010) “El sistema de control electrónico está compuesto por: sensores (detectan las variadas condiciones del motor), ECU (calcula el volumen de inyección de acuerdo con señales provenientes de los sensores), y actuadores (controlan la inyección del combustible basándose en las señales del ECU”



**Figura 3** Diagrama de bloques de entradas y salidas comunes a la mayoría de los sistemas de control electrónico  
Fuente: (Denton T, 2012)

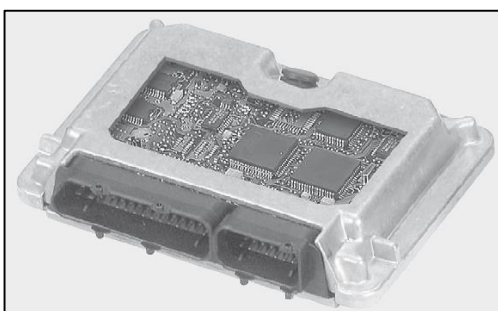
El sistema de control electrónico está conformado por:

- a) Sensores.
- b) Unidad electrónica de control (ECU).
- c) Actuadores.

(Ribbens W, 2012) “Los sensores y actuadores son en muchos casos los componentes críticos que determinan el rendimiento del sistema. Especialmente para aplicaciones de sistemas de control automotriz. La disponibilidad de sensores y actuadores adecuados determinan el diseño del sistema de control y el tipo de función que puede realizar.” (p.234)

### 2.2.1. Unidad de control

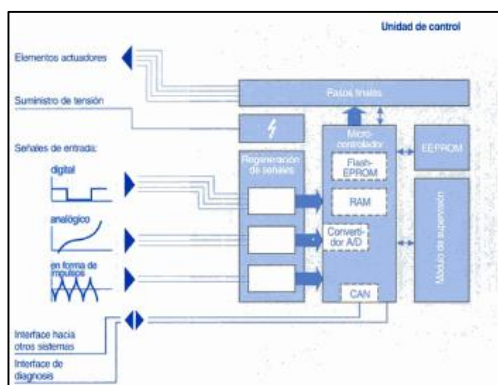
(Bosch R, 2007) La unidad de control recibe la información (señales eléctricas) de los sensores, la procesa, evalúa y determina una respuesta (señales de disparo) para activar los actuadores. Para ello esta contiene parámetros de control y regulación necesarios para gestionar los procesos internos del motor como son la ignición, inducción, formación de mezcla, etc.



**Figura 4** Unidad de control  
Fuente: (Bosch R, 2007)

### 2.2.2. Procesamiento de datos

(Bosch R, 2007) La unidad de procesamiento está constituida por los componentes externos como son los sensores y actuadores, los cuales representan un medio de comunicación entre el vehículo y la unidad de control. Con ello las señales eléctricas de los sensores se dirigen a la unidad de control a través de un mazo de cables y el conector.



**Figura 5** Procesamiento de señales en la unidad de control  
Fuente: (Bosch R, 2007)

- **Tipos de señales**

Para (Bosch R, 2007), las señales se clasifican en las siguientes:

- a. Señales de entrada analógicas

“Dentro de un rango dado, las señales de entrada analógicas pueden asumir prácticamente cualquier valor de voltaje. Se convierten en valores digitales por un convertidor analógico-digital en el microcontrolador de la unidad de control y este pueda procesarlos. La resolución de este tipo de señales se da en variaciones de 5mV por bit.

- b. Señales de entrada digitales

Este tipo de señales solo tienen dos estados. Ellos son "alto" o "bajo" (1 lógico y 0 lógico, respectivamente). Entre los cuales los sensores Hall son los más característicos. Tales señales son procesadas directamente por el microcontrolador.

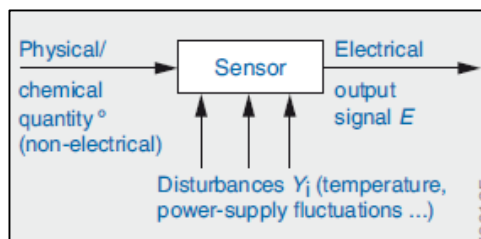
- c. Señales de entrada en forma de impulsos

Las señales de este tipo son procedentes de sensores del tipo inductivo que contienen información sobre la velocidad de rotación y la marca de referencia es condicionada en su propia etapa de unidad de control. Aquí, se suprimen los impulsos parásitos y las señales en forma de pulsos se convierten en señales rectangulares digitales.” (pp.196-197)

### **2.3. Sensores**

(Bosch R, 2007) Existen varios tipos de sensores que trabajan en el motor de un vehículo. Estos actúan como órganos de percepción del vehículo, convirtiendo las variables físicas y/o químicas de entrada en señales eléctricas, que son implementadas en las funciones de control y regulación dentro de la gestión del motor en una unidad de control electrónico (ECU).





**Figura 6** Función básica de un sensor  
Fuente: (Bosch R, 2007)

Según lo descrito en el manual de (Augeri, F, s.f.) los sensores que cumplen una función especial dentro del sistema de inyección son:

- CKP – Posición y Velocidad del Cigüeñal.
- CMP – Sensor de la posición de la barra de Levas.
- TPS – Posición de la Mariposa de aceleración
- MAP – Presión Absoluta del Múltiple de admisión.
- MAF – Flujo de Masa de Aire.
- ETC – Sensor de la Temperatura del Refrigerante.
- IAT – Sensor de la Temperatura del Aire de admisión.
- O2 – Sensor de oxígeno de los gases de escape.
- KS – Sensor de Golpeteo o detonaciones.

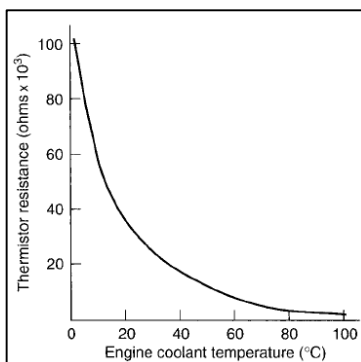
(Denton T, 2012) Los sensores son dispositivos electrónicos que forman un conjunto de interruptores sensibles a las propiedades físicas del motor, en cuyas variables y configuraciones están las siguientes:

1. Tasa de flujo de masa de aire.
2. Concentración de oxígeno en los gases de escape.
3. Posición angular de la placa de la válvula de mariposa.
4. Posición angular de cigüeñal/ RPM
5. Temperatura del refrigerante.
6. Temperatura del aire de admisión.
7. Presión absoluta del múltiple.

8. Presión diferencial de los gases de escape.
9. Velocidad del vehículo.

### 2.3.1. Sensores de temperatura

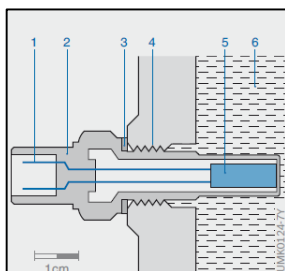
(Bonnick, A, 2001) Un dispositivo de uso común utilizado para detectar la temperatura es el termistor. Un termistor utiliza el concepto de coeficiente de temperatura negativo (NTC), donde su resistencia se reduce a medida que aumenta su temperatura. Debido a esta propiedad su función no es lineal y proporciona un amplio rango de temperaturas a ser analizadas, como se muestra en la figura 7.



**Figura 7** Características típicas de los sensores de temperatura NTC  
Fuente: (Bonnick, A, 2001)

#### a. Sensor de la Temperatura del Refrigerante

Este sensor está ubicado en circuito de refrigeración, con el objetivo de medir la temperatura del refrigerante (rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+130^{\circ}\text{C}$ ) y así determinar la temperatura del motor. (Bosch R, 2007)



**Figura 8** Sensor de temperatura del refrigerante  
Fuente: (Bosch R, 2007)

### b. Sensor de la Temperatura del Aire de Admisión

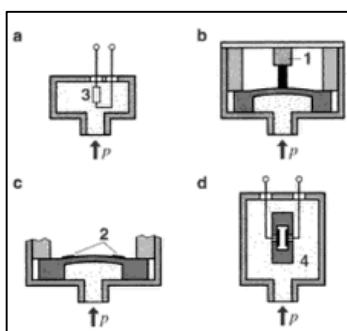
Este sensor se encuentra ubicado en una parte de la admisión con el objetivo de medir la temperatura del aire aspirado que ingresa (rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+120^{\circ}\text{C}$ ) al motor. (Bosch R, 2007)



**Figura 9** Sensor de temperatura del aire de admisión  
Fuente: (Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004)

### 2.3.2. Sensores de Presión

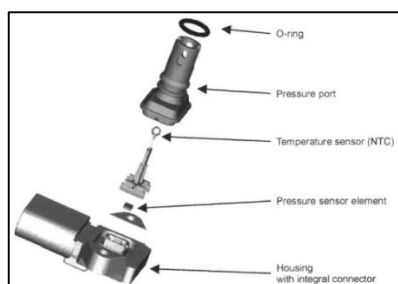
(Bosch R, 2007) La presión es una fuerza no dirigida es decir que esta actúa en diferentes direcciones que se genera en los gases y líquidos, Por el ello el vehículo cuenta con sensores que miden la misma de forma directa mediante la deformación de una membrana o por un transductor de fuerza.



**Figura 10** Mediciones de Presión  
Fuente: (Bosch R, 2007)

a. Sensor de Presión de Admisión

(Bosch R, 2007) “Este sensor determina la presión absoluta presente en el colector de admisión (generalmente 250kPa o 2,5 bares) respecto a un vacío de referencia y no respecto a una presión ambiente.”



**Figura 11** Sensor MAP

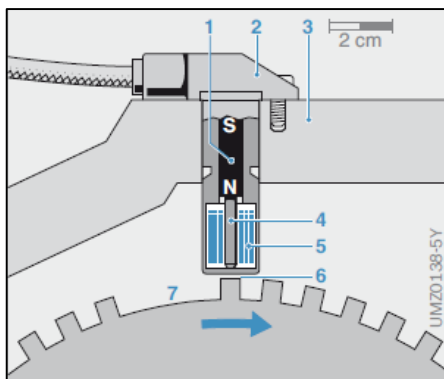
Fuente: (Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004)

### 2.3.3. Sensores de Revolución

(Hollemeak, B, 2011) La mayoría de los sensores de revolución usan un imán como elemento captador para detectar la velocidad rotacional. Entre estos tipos de sensores magnéticos de velocidad incluyen magnetoresistivo (MR), inductivo, variable reluctancia variable (VR), y efecto Hall.

a. Sensor de Posición del Cigüeñal

(Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004) Para la aplicación en el cigüeñal, se requiere una precisión muy alta, ya que el sensor debe ser capaz de detectar revoluciones muy bajas para así detectar el arranque del motor. Y con ello la unidad de control sabrá la posición del cilindro uno y de esta manera sincronizará el tiempo de encendido.



**Figura 12** Sensor CKP  
Fuente: (Bosch R, 2007)

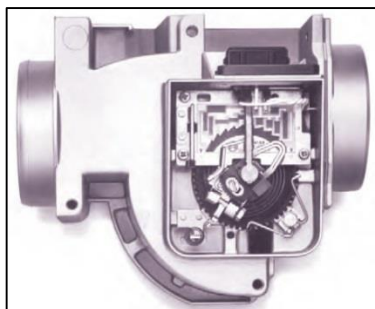
b. Sensor de Posición del Eje de Levas

(Bosch R, 2007) En el caso del eje de levas del motor gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal y ayuda a informar si el pistón (del cilindro uno como referencia) se encuentra en carrera de compresión o escape. Y así la unidad de control puede realizar ajustes más precisos a la función de encendido como inyección.

### 2.3.4. Sensores de Posición

a. Sensores de Posición de la Mariposa de Aceleración

(Denton T, 2012) Básicamente este sensor es un potenciómetro el cual se utiliza para informar la velocidad de cambio de posición de la mariposa de aceleración. Esta mencionada información se implementa en el límite de inyección de combustible.

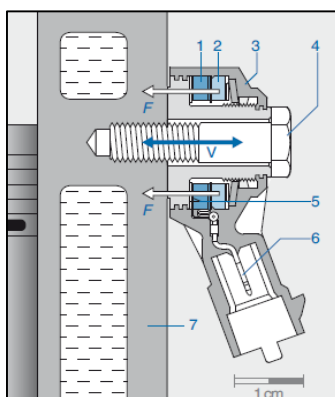


**Figura 13** Sensor TPS  
Fuente: (Denton T, 2012)

### 2.3.5. Sensor Piezoeléctrico

#### a. Sensor de Golpeteo

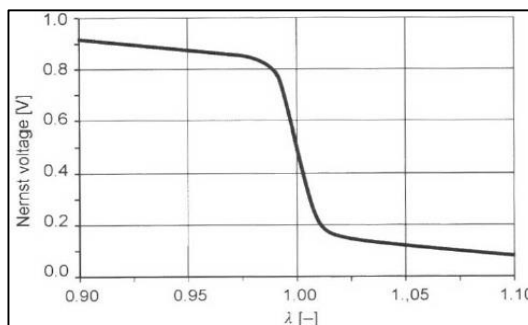
(Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004) El golpeteo se produce cuando existe una combustión anómala, producida por un encendido espontáneo en un cilindro y dicha inestabilidad da como resultado una carga mecánica significativa en el motor. Por ello este sensor detecta y controla las vibraciones dentro de los cilindros. Evitando así detonaciones no deseadas con ayuda de la unidad de control retardando el encendido de acuerdo con ello.



**Figura 14** Sensor KS  
Fuente: (Bosch R, 2007)

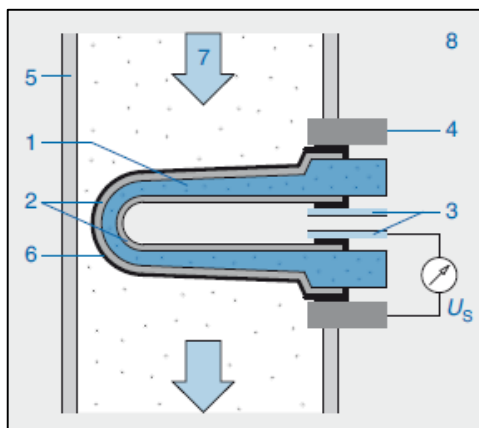
### 2.3.6. Sensor de oxígeno

(Denton T, 2012) La cantidad de oxígeno presente en los gases de escape está relacionada directamente con la concentración de la mezcla aire/combustible en masa y se le determina como valor lambda ( $\lambda$ ) de 1.



**Figura 15** Característica de un sensor lambda  
Fuente: (Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004)

(Bosch R, 2007) Éste sensor se encarga de determinar la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape y para ello se basa de un cierto voltaje que este genera. Es decir, si el contenido de O<sub>2</sub> es bajo, el voltaje producido es alto (900mv o mezcla rica) y si el contenido de O<sub>2</sub> es alto, el voltaje es bajo (100mv o mezcla pobre). Y con ayuda de la unidad de control gestiona la cantidad de inyección en la combustión.



**Figura 16** Sensor de oxígeno  
Fuente: (Bosch R, 2007)

## 2.4. Actuadores del sistema

(Denton T, 2012) Existen muchas formas de ajustar el control sobre las variables presentes dentro del motor de un vehículo y para ello están los actuadores que son simplemente mecanismos de control. Estos son controlados eléctricamente y funcionan en relación a partir un efecto térmico o a su vez un efecto magnético. En si un actuador es un dispositivo que convierte señales eléctricas en movimiento mecánico.

(Bosch R, 2007) “Los actuadores son mecanismos de control final ya que forman la interfaz entre el tratamiento de señales y el proceso real o accionamiento mecánico. Para ello estos convierten una señal de baja potencia que transporta la información de accionamiento en señales operativas de un nivel de energía adecuado para el control del proceso.” (p.364)

### **2.4.1. Tipos de actuadores**

Para (Bosch R, 2007) existen diferentes tipos de actuadores, entre los cuales tenemos:

#### **a. Actuador electromecánico**

“En este tipo de actuador la conversión de energía puede variar ya que la energía que emana la fuente se puede transforman en energía de campo magnético o eléctrico y en algunos casos energía térmica. Por ende, en el motor son en su mayor parte convertidores electro-mecánicos y, por extensión, servomotores eléctricos, accionamientos de solenoide de traslación y de rotación.

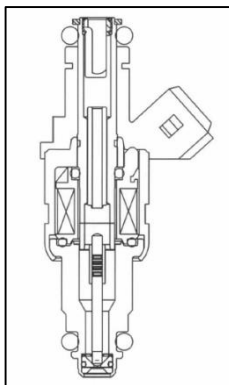
#### **b. Actuador fluido-mecánicos**

Los actuadores hidráulicos y neumáticos utilizan principios similares para la conversión y regulación de la energía. En la mayoría de las aplicaciones, los accionamientos mecánicos fluido-mecánicos están en forma de convertidores de energía hidrostática. Éstos funcionan según el principio del desplazamiento, convirtiendo la energía de la presión del medio líquido en trabajo mecánico y viceversa” (p. 359)

### **2.4.2. Inyectores**

(Augeri F, s.f.) Éstos actuadores son básicamente electroválvulas, conformadas en su interior de una bobina, una armadura, un resorte y una válvula. Su funcionamiento es muy simple ya que al momento de que una corriente eléctrica pasa por la bobina esta se induce, genera un campo magnético y hace que la válvula de abra.

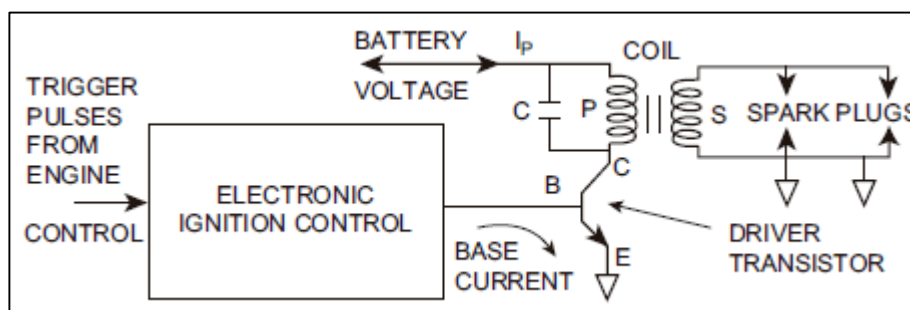




**Figura 17** Inyector de combustible  
Fuente: (Van Basshuysen R & Schäfer F, 2004)

### 2.4.3. Bobina de encendido

(Ribbens W, 2012) La bobina de encendido es una estructura en la que un par de devanados (primario P y secundario S) se enrollan alrededor de un núcleo ferromagnético, formando así un transformador de impulsos que convierte el voltaje de la batería en ráfagas cortas de alta tensión. En los sistemas electrónicos automotrices contemporáneas, a menudo hay una única bobina para cada bujía o para cada par de bujías.



**Figura 18** Diagrama de bloques de encendido electrónico.  
Fuente: (Ribbens W, 2012)

(Denton T, 2012) Cuando se trata de un sistema DIS el encendido es simultáneo, es decir utiliza una bobina por cada dos cilindros. La bobina forma conjunto con una de las bujías y se conecta mediante un cable de alta tensión con la otra bujía.



**Figura 19** Bobina DIS  
Fuente: (Denton T, 2012)

## 2.5. Sistema OBD II

“Un importante factor que contribuye a los problemas de salud ambiental en los Estados Unidos se encontró que la contaminación de las emisiones de vehículos de motor. Los estudios científicos de los establecimientos académicos patrocinados por el gobierno y los fabricantes de vehículos tuvieron lugar durante varios años. Se formaron cuerpos legislativos que posteriormente desarrollaron y promulgaron leyes de control de emisiones vehiculares que obligaron a los fabricantes de vehículos a desarrollar estrategias de control e incorporarlas en sus vehículos de producción.

A medida que las tecnologías de los microprocesadores se hicieron más avanzadas y comercialmente viables, la legislación se amplió para incluir un sistema OBD de autodiagnóstico, que informaría cuando el sistema de control de emisiones no funcionara. Los primeros intentos de los fabricantes de utilizar dicho sistema se aplicaron unilateralmente, lo que resultó en confusión, trabajo regenerativo y una mala recepción del concepto de OBD (ahora denominado OBD I). Una revisión de la legislación adoptó las normas recomendadas por SAE, que dieron lugar a que el sistema OBD (ahora denominado OBD II) fuera ampliamente genérico y aplicable en toda la gama de fabricantes de vehículos.

(Denton T, 2012) A medida que el activismo ambiental se propagaba a Europa, los fabricantes de vehículos se dieron cuenta de que tenían que apoyar una filosofía de crecimiento sostenible. Se adoptó una legislación

similar y EOBD se manifestó en una forma muy similar a la observada en los Estados Unidos” (p.p. 126-127)

## **2.6. Diagnóstico a bordo OBD II**

“Los diagnósticos a bordo son dictados en gran medida por la necesidad de que cada automóvil cumpla con los requisitos de las regulaciones OBD II. Como se indicó anteriormente, cualquier componente y/o subsistema que tenga el potencial de afectar adversamente las emisiones de escape debe ser evaluado por su rendimiento.

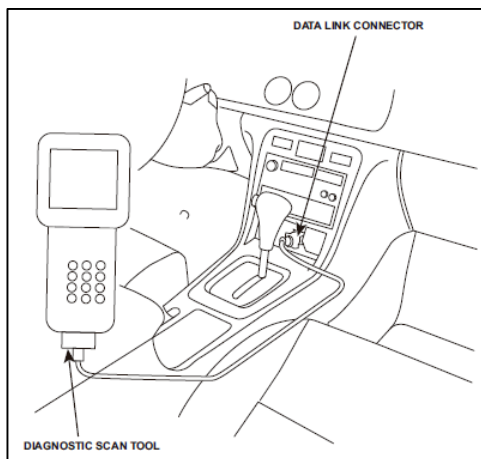
Además, si se trata de sistemas de tren de potencia, el diagnóstico a bordo debe ser capaz de detectar errores de encendido del motor. Un fallo de encendido es cualquier falla de cualquier cilindro (durante un ciclo del motor) para experimentar la combustión normal. Un fallo de encendido puede degradar el rendimiento del convertidor catalítico puesto que los constituyentes y concentraciones de los gases de escape están fuera de los límites en los que está destinado a funcionar.

A nivel de componentes, hay muchos componentes individuales que pueden afectar negativamente las emisiones de escape durante períodos de rendimiento degradado. Por ejemplo, el sensor de concentración de oxígeno de los gases de escape, inyectores y entre otros.

Cuando se detectan tales fallas o DTC's (Diagnostic trouble code) se produce un mensaje de advertencia el cual será almacenado, el cual debe ser exhibido y el dueño debe buscar reparaciones para el vehículo. El formato de este mensaje de advertencia varía con el modelo del vehículo, pero a menudo es una pantalla iluminada que se le conoce como MIL (luz indicadora de mal funcionamiento).

Cuando el vehículo es llevado a la instalación de servicio, el técnico de servicio normalmente conectará el sistema de a bordo apropiado al DLC (conector de enlace de datos) y transferirá todos los códigos de falla de la

memoria interna a la herramienta de exploración. Con todos los códigos de avería presentes, el técnico de servicio puede seguir un conjunto de procedimientos para diagnosticar los fallos.



**Figura 20** Conexión al vehículo del equipo de diagnóstico  
Fuente: (Ribbens W, 2012)

(Ribbens W, 2012) Las funciones de diagnóstico a bordo tienen una limitación importante: no pueden detectar fallos intermitentes de forma fiable. Para que el sistema detecte y aisle un fallo, éste debe ser irreversible y persistente. En un sistema de diagnóstico a bordo, si el módulo de control electrónico almacena códigos de problemas que son borrados automáticamente por el microprocesador después de que se hayan producido un número determinado de ciclos de motor sin que se reaparezca un fallo, se excluye la detección de fallos intermitentes. Sin embargo, es posible que en ciertos vehículos el sistema se ponga en un modo de grabación de fallos. Muchas veces este modo de grabación de fallas puede identificar fallas intermitentes.” (pp. 525-526)

### 2.6.1. Monitoreo continuo

(Augeri, F, s.f.) en su manual menciona que: “Este tipo de monitoreo está basado en encender la MIL una vez que fue detectada la falla por parte del PCM; generalmente este tipo de monitoreo se basa en una prueba eléctrica en la cual se verifica que un sensor o actuador este generando una señal fuera de los límites correctos para su óptimo funcionamiento.

A este tipo de pruebas se le denomina monitoreo racional o comprensivo de componentes.

Una vez que el PCM percibe las condiciones óptimas para realizar la prueba, puede variar las condiciones de ciclo de trabajo o de pasos de acuerdo al caso, y esperar que las RPM suban o bajen en un rango determinado, de no darse esto generará un código pendiente y la MIL se encenderá, fijando un código en el sistema.” (pp.2-3)

### **2.6.2. Monitoreo no continuo**

(Augeri, F, s.f.) Este tipo de monitoreo “Está diseñado para gestionar los códigos sobre sistemas anti-contaminación, este tipo de monitoreo se realizan solo en condiciones en las cuales se dan todas las características necesarias para poder realizar una prueba de forma veraz.

Si luego de varios ciclos de conducción consecutivos en los cuales se pudo realizar el monitoreo, el sistema continúa verificando un problema ese código que fue pendiente pasará a continuo e iluminará el MIL.

Para cada monitoreo existen condiciones o parámetros mínimos para ser cumplidos es así que el PCM esperará las condiciones y realizará las diferentes pruebas.

Dado que todos estos sistemas anticontaminación requieren condiciones muy precisas para su operación, un malfuncionamiento debe ser reconfirmado varias veces puesto que se podría presentar un caso en que se realice un monitoreo dando una respuesta negativa, la cual se pudo presentar por baja temperatura de motor, por ejemplo, en ese caso el MIL estaría encendido de forma falsa. De modo que siempre estos sistemas estarán encendiendo el MIL luego de varios ciclos de conducción con la falla confirmada.” (pp.3-5)

### 2.6.3. Parámetros de diagnóstico

El flujo de datos está diseñado para ver en tiempo real las condiciones de funcionamiento del motor a través de los sensores o parámetros importantes que representan en OBD II condiciones a evaluar.

(Augeri, F, s.f.) establece que: “Dentro de los principales parámetros revisados en el scanner se tienen:

- RPM. Revoluciones del motor leídas por el PCM, las RPM confirman que el PCM lee vueltas en el cigüeñal.
- ECT. Temperatura del motor tomada por el sensor de temperatura del refrigerante es indicada en grados Celsius C o en grados Fahrenheit.
- IAT. Indica la temperatura del aire en el múltiple de admisión y es indicada en grados Celsius C o en grados Fahrenheit.
- MAP. Indica la presión del colector de admisión ayuda al PCM a calcular la carga del motor esto es presentado en kPa o mmHg.
- TPS. Indica la posición de la mariposa independientemente del sensor que se tenga (Voltaje ascendente o descendente) el valor siempre se presentara en % de carácter ascendente.
- MAF. Indica la cantidad de aire que ingresa al motor evaluada en flujo, ésta es medida por el sensor MAF y en el menú se presenta en g/seg o en lib/min.
- VSS. Indica la velocidad del vehículo medida en Km/h o m/h, esta puede ser medida en la transmisión en las ruedas o por otro sistema como el ABS y comunicada al PCM por datos.
- AVANCE. Indica el avance que calcula el PCM del encendido, para cada condición de carga existe un avance calculado por el PCM, para ello se ayuda del SFT. (Short Fuel Trim) y del LFT. (Long Fuel Trim) que son el ajuste de combustible a corto plazo y a largo plazo respectivamente, los cuales indican la compensación que coloca el PCM de acuerdo al

promedio de cambios de la señal del sensor de Oxígeno. Este valor medido se presenta en el flujo de datos como %. Positivo o negativo de acuerdo a la condición. En el caso de alcanzar un valor de 25% se genera un código continuo. En algunas aplicaciones el LFT debe superar 30% para encender el MIL.” (p.7)

#### **2.6.4. Parámetros principales para la generación de códigos de falla.**

Dentro de las reglamentaciones de los códigos de falla está estipulado que el sistema realice una serie de pruebas antes de crear el código.

Según (Augeri, F, s.f.) “Existen dos tipos de códigos de falla continuos y pendientes.

##### **a. Códigos Continuos.**

Este tipo de códigos también llamados sobre demanda, está asociados con la luz MIL. Siempre que se encienda será porque un código continuo fue generado.

Para crear los códigos el PCM realiza pruebas sobre los sistemas llamados MONITOREOS.

Los códigos continuos pueden generarse por un monitoreo continuo o por un monitoreo no continuo que fue confirmado por el PCM varias veces.

##### **b. Códigos Pendientes.**

Este tipo de códigos se pueden considerar provenientes de un monitoreo no continuo, no representa que sea menos importante, pero si determina que la generación del código necesita una confirmación, por esta razón se desarrollan una serie de estrategias basadas en confirmar cada uno de los códigos de acuerdo a unos parámetros.” (p.2)

### 2.6.5. Códigos de falla DTC (diagnostic trouble codes)

(Erjavec J, 2010) “Los códigos OBD-II están estandarizados, lo que quiere decir que la mayoría de los DTC significan lo mismo independientemente del vehículo. Sin embargo, los fabricantes de herramientas de vehículos y escáner pueden tener DTC adicionales y agregar más flujos de datos, modos de informe y pruebas de diagnóstico. Los DTC están diseñados para indicar el circuito y el sistema donde se ha detectado un fallo.” (p. 747)

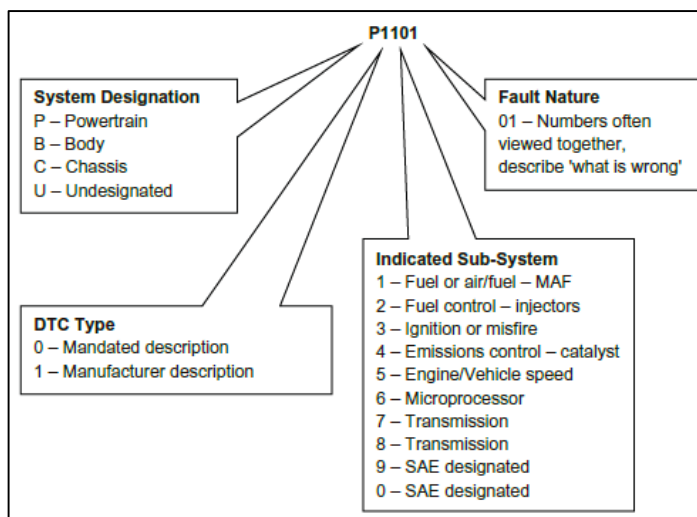
Un DTC OBD-II es un código de cinco caracteres con letras y números (sistema alfanumérico). El primer carácter del código es una letra. Esto define el sistema donde se estableció el código.”

Según el manual de (Augeri, F, s.f.) “El código alfanumérico del DTC está comprendido de cinco caracteres y cada dígito presenta una ruta específica del diagnóstico

Actualmente hay cuatro códigos para el primer carácter:

- P (POWERTRAIN) significa el sistema de tren de potencia, comprende los códigos relacionados con el motor y la transmisión.
- B (BODY) significa el sistema de la carrocería, comprende los códigos relacionados con los sistemas que conforman la carrocería y confort, en ciertos casos también el inmovilizador.
- C (CHASIS) significa el sistema del chasis, comprende los códigos relacionados con sistemas ABS, AIRBAG y sistemas de diferencial que no se relacionen con la transmisión.
- U (NETWORK) está actualmente usado para representar errores de comunicación es decir transmisión de datos.





**Figura 21** Configuración del código  
Fuente: (Denton T, 2012)

Luego el segundo dígito es un número el cual indica si el código es completamente genérico, o está dentro de OBD II.

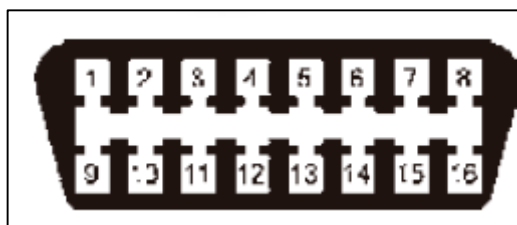
- Si es 0 será un código completamente universal denominado SAE.
- Si es 1, 2 o 3 será un código del fabricante, aunque sigue siendo OBD II o CAN.

El tercer dígito indica en el caso del motor, el subsistema sobre el cual está ubicada la falla es así como tendremos una ubicación precisa del problema analizando este dígito.

- Si es 1 un problema ocasionado por un problema con un sensor que afecte la relación AIRE /COMBUSTIBLE.
- Si es 2 está relacionado con algún problema relacionado en el sistema de alimentación.
- Si es 3 está relacionado con algún problema en el sistema de encendido.
- Si es 4 está relacionado con el desempeño de un sistema anticontaminación.
- Si es 5 está relacionado con un problema de la marcha mínima o problemas en mantener el ralentí.

- Si es 6 está relacionado con un problema del PCM, esto puede ser referente a sus circuitos de procesamiento como memoria y procesador o referente a masas y positivos fuera de especificaciones.
- Si es 7 u 8 está relacionado con Transmisión Automática o sistemas controladores de tracción en las 4 ruedas.” (pp. 8-9)

Según (Denton T, 2012) “ La entrada DLC o de diagnóstico usado por los sistemas que se ajusten a OBD Europea (EOBD) / OBDII normas debe tener la siguiente configuración de pines:



**Figura 22** Conector DLC de 16 pines  
Fuente: (Denton T, 2012)

**Tabla 4**  
**Configuración del conector DLC de 16 pines**

<b>1</b>	<b>suministro positivo de encendido</b>	<b>9</b>	<b>discreción del fabricante</b>
<b>2</b>	línea-bus, SAE J1850 (PWM)	<b>10</b>	línea-bus (PWM);
<b>3</b>	discreción del fabricante	<b>11</b>	discreción del fabricante
<b>4</b>	tierra del chasis	<b>12</b>	discreción del fabricante
<b>5</b>	tierra de la señal	<b>13</b>	discreción del fabricante
<b>6</b>	bus CAN H	<b>14</b>	CAN bus L
<b>7</b>	K – línea	<b>15</b>	línea L o segunda línea K
<b>8</b>	discreción del fabricante	<b>16</b>	batería del vehículo positiva

Fuente: (Denton T, 2012)

Con la introducción de OBD2 y EOBD, esta característica se hizo aún más potente por lo que es más accesible. La estandarización del conector de interfaz conocido como el conector de enlace de diagnóstico (DLC) y el protocolo de comunicación permitió el desarrollo de herramientas de

exploración genéricas, que podrían utilizarse en cualquier vehículo compatible con OBD. “(pp. 125-126)

## 2.7. Características del motor DAEWOO E-TECH II

El Chevrolet Aveo 1.6L tiene un motor DAEWOO E-TECH II el cual tiene la característica de ser tipo DOHC (double overhead camshaft), en otras palabras, es un motor de combustión interna que usa dos árboles de levas, ubicados en la culata, para operar las válvulas de admisión y de escape.

Debido a esa característica el motor ofrece un gran rendimiento ya que cuenta de cuatro cilindros a gasolina de 1.6 litros, por el doble eje de levas consta de 16 válvulas y cuenta con inyección electrónica de combustible tipo MPI. Es ubicado de forma transversal en el vehículo, con ello el eje impulsor otorga 103 HP de potencia máxima y 14.7 Kg-m torque máximo, además su consumo es bajo y con excelente respuesta a cualquier condición de carga ya que cuenta con una transmisión manual de 5 velocidades.

**Tabla 5**  
**Ficha Técnica**

<b>DATOS DEL VEHÍCULO</b>	
<b>Modelo</b>	
<b>Número del motor</b>	
<b>Número del Chasis</b>	
<b>Placa</b>	
<b>MOTOR</b>	
<b>Alimentación</b>	MPI
<b>Cilindrada (cc)</b>	1.598
<b>Diámetro x Carrera (mm)</b>	79 X 81.5
<b>Nro. Cilindros</b>	4
<b>Nro. Válvulas</b>	16
<b>Tracción</b>	Delantera
<b>Tipo</b>	Manual 5 velocidades
<b>Relación de compresión</b>	9.5:1
<b>Relaciones 1°</b>	3.545

**CONTINÚA** 

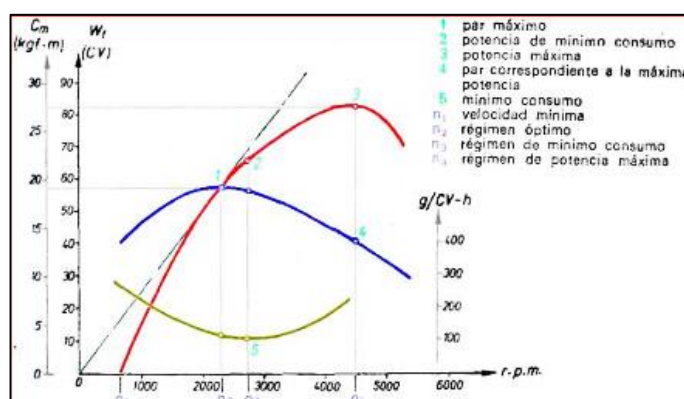
Relaciones 2°	1.952
Relaciones 3°	1.276
Relaciones 4°	0.971
Relaciones 5°	0.763
Reversa	3.333
Potencia máxima (HP @ RPM)	103 @ 6000
Torque máximo (Kg-m @ RPM)	14.7 @ 3.600
Tipo	4CIL DOHC 16v
Neumáticos	185/60 R14

Fuente: (Chevrolet, 2007)

## 2.8. Curvas características del motor

Todos los fabricantes de motores tienen como objetivo principal aprovechar al máximo la energía mecánica generada en la combustión, al mismo tiempo utilizando la menor cantidad de combustible y evitando la generación de gases contaminantes. De acuerdo con estos parámetros se determina el rendimiento de un motor. Los principales aspectos que se toman en cuenta para el desempeño de motor son el torque, potencia y consumo específico de combustible.

Los aspectos antes mencionados son representados mediante curvas, las cuales muestran las características de un motor como se muestra la figura 23, éstas graficas se obtiene mediante el uso de un dinamómetro.



**Figura 23** Curvas características del motor.  
Fuente: (Samaniego G & Samaniego C, 2006)

## 2.8.2. Torque

(Guzzella L & Onder C, 2010) "El objetivo principal de un motor es producir energía mecánica. Su velocidad es una variable de nivel, es decir, no es asignable arbitrariamente. El par de torsión, sin embargo, se puede cambiar a voluntad, siempre que la cantidad de la mezcla en el cilindro y/o su composición, por ejemplo, se puede cambiar arbitrariamente. El par motor de valor medio es una función no lineal de muchas variables, tales como la masa de combustible en el cilindro, la relación aire / combustible, velocidad del motor, el encendido o tiempo de inyección, la tasa de EGR, etc." (p.64)

(Pulkrabek W, 2013) El torque es un buen indicador de la capacidad que tiene un motor para hacer el trabajo. Se define como la fuerza que actúa en una palanca para generar un movimiento rotacional y tiene unidades de N-m o lbf-ft.

El par depende de dos factores y se calcula con la ecuación 1:

- Fuerza de la explosión sobre el pistón.
- Longitud del codo del cigüeñal, sobre quién actúa la fuerza.

$$T = F * d$$

**Ecuación 1** Cálculo de torque

Fuente: (López E & Benito V, 2012)

Donde:

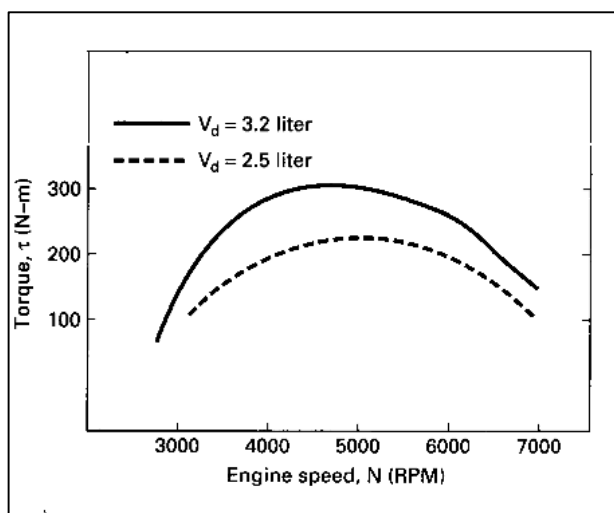
T es el torque.

F es la fuerza ejercida.

D es la distancia al centro de giro del cigüeñal.

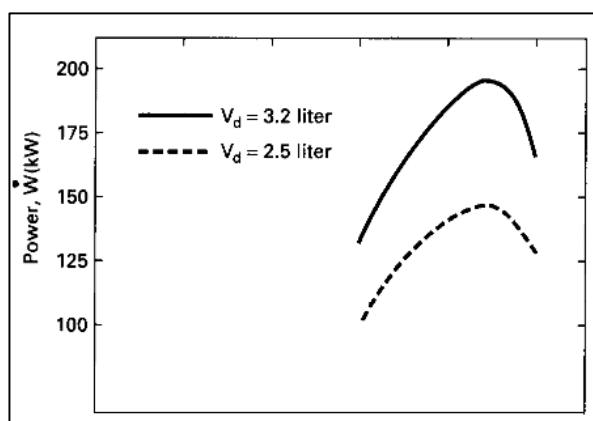
(Pulkrabek W, 2013) Muchos motores de los automóviles modernos tienen un par máximo en el rango 200 y 300 N-m a velocidades de motor por lo general alrededor de 4000 a 6000 RPM. El punto de par máximo se llama la velocidad máxima del par de frenado (MBT). Un objetivo importante en el diseño de un motor de automóvil moderno es aplanar la curva de par vs

velocidad como se muestra en la figura 24, y que tienen un alto par a alta y baja velocidad. los motores de encendido por compresión generalmente tienen mayor par motor que los motores SI (Spark- ignition). Los motores grandes a menudo tienen valores muy altos de par con MBT a una velocidad relativamente baja.



**Figura 24** Curvas de torque vs velocidad del motor  
Fuente: (Pulkrabek W, 2013)

### 2.8.3. Potencia



**Figura 25** Curvas de potencia vs velocidad del motor  
Fuente: (Pulkrabek W, 2013)

La potencia en un motor indica la cantidad de trabajo que se puede realizar en un determinado tiempo y se expresa en caballos de fuerza (Hp) o

Kilovatios (Kw). Este parámetro se lo representa mediante curvas como se indica en la figura 25.

En pocas palabras la potencia es cuán rápido puede hacer el trabajo un motor y se expresa con las ecuaciones 2 y 3.

$$P = T * \omega$$

**Ecuación 2** Cálculo de potencia con velocidad angular

Fuente: (López E & Benito V, 2012)

$$P = \frac{T * n * \pi}{30}$$

**Ecuación 3** Cálculo de potencia con rpm

Fuente: (López E & Benito V, 2012)

Donde:

P es la potencia

T es el torque.

$\omega$  es la velocidad angular.

n son las revoluciones por minuto del motor.

La potencia se puede obtener mediante el sistema SAE o el sistema DIN.

- (Samaniego G & Samaniego C, 2006) SISTEMA SAE: Este sistema americano omite todos los accesorios que puedan consumir esfuerzo (bomba de agua, ventilador, alternador, etc.), y además cada medición se realiza en intervalos de 200 RPM, donde se efectúan ajustes de carburación y encendido, este es el valor máximo de potencia (Potencia bruta).
- (Samaniego G & Samaniego C, 2006) SISTEMA DIN: El sistema alemán hace las pruebas con todos los accesorios instalados, sin ajuste alguno de la carburación o encendido, el valor obtenido por este sistema es la Potencia neta.

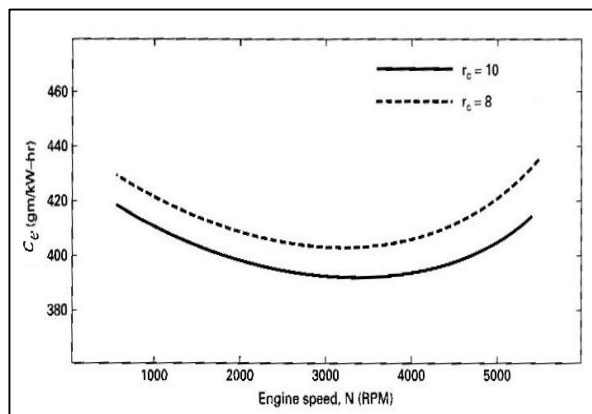
### 2.8.4. Potencia Indicada

(Crouse, 1996) Es la que realmente se desarrollada en el interior del cilindro del motor por el proceso de combustión.

### 2.8.5. Potencia efectiva (al freno)

(Ocaña, 2000) “Es la máxima potencia que se obtiene, esto se logra probando al motor en el banco de pruebas.”

### 2.8.6. Consumo específico de combustible



**Figura 26** Curvas de consumo de combustible vs velocidad del motor  
Fuente: (Pulkrabek W, 2013)

“El consumo específico es el gasto másico de combustible que tiene el motor en determinadas condiciones de funcionamiento por cada Kw de potencia entregado y por cada hora de funcionamiento”. (González D, 2015)

$$c_e = \frac{\dot{m}_f}{N_e}$$

**Ecuación 4** Consumo de combustible específico  
Fuente: (González D, 2015)



Donde:

$c_e$  es el consumo específico, en  $\frac{g}{kWh}$  o  $\frac{kg}{kWh}$ .

$\dot{m}_f$  es la masa de combustible consumida por unidad de tiempo, en  $\frac{g}{h}$  o  $\frac{kg}{h}$ .

$N_e$  es la potencia efectiva, en Kw.

El cálculo del consumo específico de combustible se realiza en un banco de pruebas, donde la potencia a un determinado régimen de giro y nivel de carga y el consumo horario de combustible se calcula a través de dos posibles métodos:

#### **a. Método volumétrico**

(González D, 2015) Consiste en medir el tiempo necesario para consumir un volumen conocido de combustible. Para ello es necesaria una probeta graduada en paralelo con el depósito de combustible y un reloj. Esto es posible realizarlo tanto mecánica como electrónicamente. El problema que presenta este tipo de medidores es que para conocer el consumo es necesario multiplicar el volumen por la densidad, siendo esta función de la temperatura y variable entre diferentes muestras de combustible utilizado. Es por este motivo por lo que este tipo de ensayos se utiliza en bancos no es necesaria la precisión de la medida.

#### **b. Método gravimétrico**

(González D, 2015) Este método es utilizado para ensayos de certificación o cuando el banco de pruebas está destinado a la investigación y desarrollo del motor. Consiste en medir el tiempo empleado en consumir una masa conocida de combustible existe en una balanza de precisión. Hay medidores que realizan el pesado del combustible y la determinación del tiempo que tarda en consumirse el mismo. Con este método, la medida no se ve afectada por las variaciones de temperatura del combustible, que provocan también variaciones en su densidad. Actualmente existen medidores que operan en

continuo, indicando el caudal másico instantáneo, y se llaman medidores gravimétricos dinámicos.

Si se toma el método volumétrico, el cálculo del consumo horario de combustible se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_f = \frac{V}{t} \cdot \rho_c$$

**Ecuación 5** Consumo de combustible másico

Fuente: (González D, 2015)

Donde:

$\dot{m}_f$  es la masa de combustible por unidad de tiempo, en  $\frac{g}{h}$ .

$V$  es el volumen de la probeta, en litros ( $l$ ).

$t$  es el tiempo que tarda en vaciarse la probeta, en horas ( $h$ ).

$\rho_c$  es la densidad del combustible, en  $\frac{g}{cm^3}$ .

De esta manera, la expresión del consumo específico de combustible queda de la siguiente forma:

$$c_e = \frac{\dot{m}_f}{N_e} = \frac{\frac{V}{t} \cdot \rho_c}{N_e}$$

**Ecuación 6** Consumo de combustible específico en función del volumen.

Fuente: (González D, 2015)

## 2.9. Eficiencia de combustible

Una eficiencia de la combustión  $n_c$  se define como la fracción de combustible que se quema en un ciclo. La eficiencia de combustible  $n_c$  tiene típicamente valores en el rango 0,95-0,98 cuando un motor está funcionando correctamente. Para un ciclo del motor en un cilindro, el calor añadido es:

$$n_c = \frac{Q_{in}}{m_f Q_{HV}}$$

**Ecuación 7** Cálculo de la eficiencia de combustible.  
Fuente: (Pulkrabek W, 2013)

Donde:

$Q_{in}$  es calor de entrada.

$m_f$  es la masa de combustible por cada ciclo.

$Q_{HV}$  es el poder calorífico del combustible.

$n_c$  es la eficiencia del combustible.

## 2.10. Eficiencia volumétrica

(Pulkrabek W, 2013) Uno de los procesos más importantes que regula la cantidad de energía y el rendimiento pueden obtenerse a partir de un motor es conseguir la máxima cantidad de aire en el cilindro durante cada ciclo. Más aire significa más combustible puede ser quemado y más la energía puede ser convertida en potencia de salida. Conseguir el volumen relativamente pequeño de combustible líquido en el cilindro es mucho más fácil que obtener el gran volumen de aire necesario para reaccionar con el combustible. Idealmente, una masa de aire igual a la densidad del aire atmosférico multiplicado por el volumen de desplazamiento del cilindro que debe ser ingerido para cada ciclo. Sin embargo, debido al tiempo de ciclo corto disponible y el flujo de restricciones presentadas por el filtro de aire, el colector de admisión, y las válvulas de admisión, menos de esta cantidad ideal de aire entra en el cilindro.

La eficiencia volumétrica se define como:

$$n_v = \frac{m_a}{\rho_a V_d}$$

**Ecuación 8** Cálculo de la eficiencia volumétrica  
Fuente: (Pulkrabek W, 2013)

Donde:

$m_a$  masa de aire dentro del cilindro por cada ciclo.

$\rho_a$  densidad del aire tomada en condiciones atmosféricas fuera del motor.

$V_d$  volumen de desplazamiento.

### 2.11. Rendimiento térmico

Un motor de combustión interna, no es capaz de alcanzar 100% de eficiencia térmica. Es decir, no puede aprovechar todo el calor generado por la combustión para transformarlo en fuerza motriz. Los motores alimentados con gasolina son derrochadores, su eficiencia térmica es bastante pobre. Alrededor de 30% de la energía calórica que disponen, la transforman en movimiento y la otra parte se disipa hacia la atmósfera.

Para un solo un cilindro de la eficiencia térmica puede ser escrito

$$n_t = P_{mc} \frac{(\varepsilon - 1)(k - 1)}{P_a \varepsilon^k k (\rho - 1)}$$

**Ecuación 9** Cálculo de la eficiencia térmica

Fuente: (Mena L, 2011)

Donde:

$n_t$  es la eficiencia térmica.

$P_{mc}$  es la presión media del ciclo

$\varepsilon$  es la relación de compresión

$k$  es el coeficiente adiabático

$\rho$  es el grado de expansión previa

### 2.12. Rendimiento mecánico

El rendimiento mecánico  $n_m$  es la relación del trabajo útil medido en el cigüeñal del motor de combustión interna y el trabajo según el ciclo indicado.

El rendimiento esta normalmente entre 80% y 90%, la variación de este parámetro de varios factores como rozamiento entre los elementos móviles, acabado de las superficies, características de lubricación y precisión de la fabricación, entre otras.

El rendimiento mecánico se calcula con la fórmula 10.

$$n_m = \frac{N_e}{N_i}$$

**Ecuación 10** Cálculo de rendimiento mecánico  
Fuente: **(Mena L, 2011)**

Donde:

$N_e$  es la potencia efectiva

$N_i$  es la potencia indicada

### 2.13. Rendimiento indicado

Es la relación entre el rendimiento térmico y el rendimiento mecánico.

$$n_i = \frac{n_t}{n_m}$$

**Ecuación 11** Rendimiento indicado  
Fuente: (Mena L, 2011)

### 2.14. Presión media del ciclo

$$P_{mc} = \frac{T}{Vh} * i$$

**Ecuación 12** Cálculo de la presión media del ciclo  
Fuente: (Mena L, 2011)

Donde:

$T$  es el torque en KN.m

$Vh$  es la cilindrada unitaria

$i$  es el número de cilindros

### 2.15. Calor suministrado

$$Q_1 = C_p(Tb - Tc)$$

**Ecuación 13** Cálculo del calor suministrado

Fuente: (Mena L, 2011)

Donde:

$Q_1$  es el calor suministrado

$C_p$  es el calor específico a presión constante

$Tb$  es la temperatura de combustión

$Tc$  es la temperatura de compresión

### 2.16. Calor extraído

$$Q_2 = C_v(Td - Ta)$$

**Ecuación 14** Cálculo del calor extraído

Fuente: (Mena L, 2011)

Donde:

$Q_2$  es el calor extraído

$C_v$  es el calor específico a volumen constante

$Tb$  es la temperatura de escape

$Tc$  es la temperatura de admisión

## 2.17. Dinamómetros

(Olivera M, 2013) Los dinamómetros son máquinas que se utilizan para medir el par o torque y la potencia durante el funcionamiento del motor a diferentes condiciones de velocidad y carga. Lo hacen mediante el uso de diversos métodos para absorber la salida de energía del motor, todos los cuales finalmente termina en forma de calor.

### 2.17.1. Tipos de dinamómetros

Existen dos tipos principales de dinamómetros: los dinamómetros de motor y los dinamómetros de chasis, a partir de esta clasificación se define otros tipos según su aplicación.

#### a. Dinamómetro de motor

El dinamómetro de este tipo va conectado directamente al volante del motor, mediante el uso de varios elementos especiales como se muestra en la figura 27, para realizar este procedimiento es necesario remover el motor del vehículo.

Son equipos utilizados tanto en motores diésel y gasolina, gracias a su precisión por la ausencia de transmisión y las pérdidas que ésta genera, sumado al control excelente de los parámetros y condiciones de pruebas, lo que conlleva a mejores resultados en cada medición.



**Figura 27** Dinamómetro de motor.  
Fuente: (Hernández V, 2007)

### b. Dinamómetro de chasis

Es el tipo de equipo de mayor uso al momento de la obtención de los parámetros de torque y potencia en motores, debido que para la obtención de los datos proyectados en curvas no es necesario desmontar el motor del vehículo.

### c. Dinamómetros de freno o carga con rodillos

(Hernández V, 2007) El dinamómetro de carga tiene un freno unido a un rodillo o un sistema de freno de disco adaptado mecánicamente a los rodillos como se ve en la figura 28, para así lograr mantener al vehículo a una velocidad específica, con este estilo de equipo el vehículo puede manejarse y puede afinarse a velocidades constantes bajo varias condiciones de carga. Ésta es la única forma de afinar un vehículo adecuadamente, sobre todo para condiciones de carga parcial normales.



**Figura 28** Dinamómetro de chasis con sistema de frenado.  
Fuente: (Hernández V, 2007)

(Pulkrabek W, 2013) Los dinamómetros de este tipo trabajan con fluidos hidráulicos o absorben la energía del motor en agua o aceite bombeado a través de orificios o disipada con pérdidas viscosas en una combinación rotor-estator. Grandes cantidades de energía pueden ser absorbidos de este modo, haciendo de este un atractivo tipo de dinamómetro para el más grande de los motores.



### **2.17.2. Componentes de un dinamómetro**

Básicamente un dinamómetro se compone de diferentes elementos según su aplicación, pero en general son los siguientes:

- Rodillos
- Chasis del dinamómetro
- Freno
- Ventiladores
- Extractor de gases
- Sistema de Adquisición de Datos
- Computadora

### **2.18. Emisiones contaminantes**

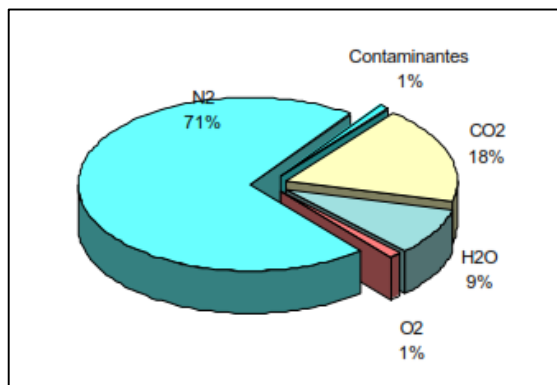
La combustión completa de un hidrocarburo da como subproductos dióxido de carbono y agua, que en principio no son tóxicos, aunque el dióxido de carbono en concentraciones elevadas es el responsable del efecto invernadero.

(Álvarez J & Callejón I, 2005) Los motores de combustión interna generan muchos más compuestos gracias a una combustión incompleta, algunos inocuos y otros de elevada incidencia ambiental. Un hecho notable es que cuanto más alejada de la relación estequiométrica más incompleta será la combustión y por tanto será mayor la cantidad de compuestos contaminantes presentes en los gases de escape.

El análisis de los gases procedentes de la combustión de un motor de encendido provocado nos da como componentes:

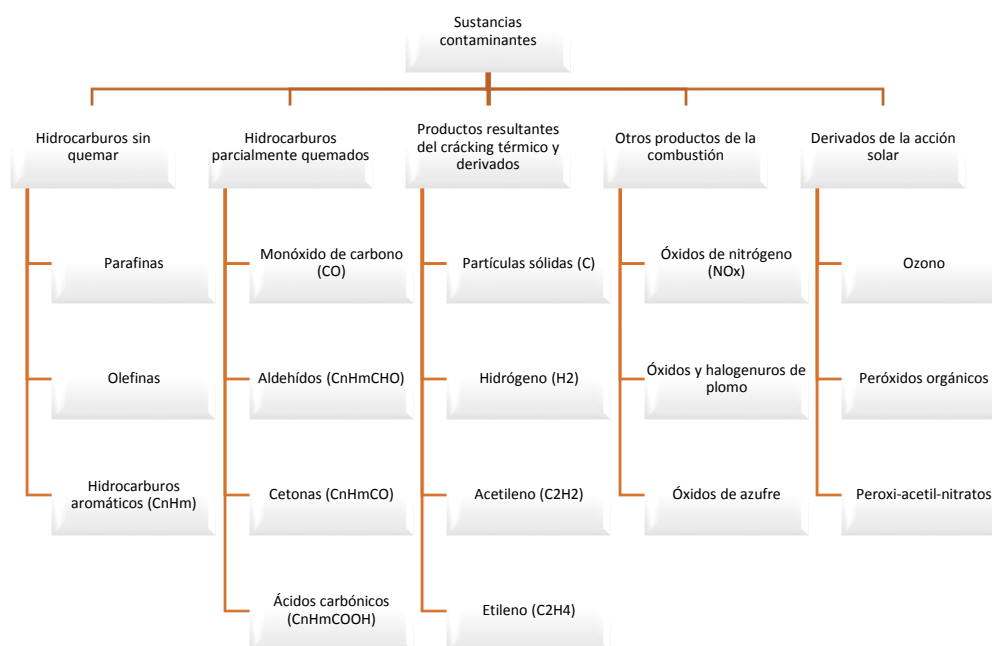
- Nitrógeno
- Oxígeno y gases nobles
- Dióxido de carbono
- Sustancias contaminantes

Estas últimas tan sólo representan el 1% del total de gases emitidos, tal cual se indica en la figura 29.



**Figura 29** Composición de los gases de escape de un MCI.  
Fuente: (Álvarez J & Callejón I, 2005)

Si se procede a analizar las sustancias contaminantes, se pueden encontrar los compuestos según se muestra en la figura 30.



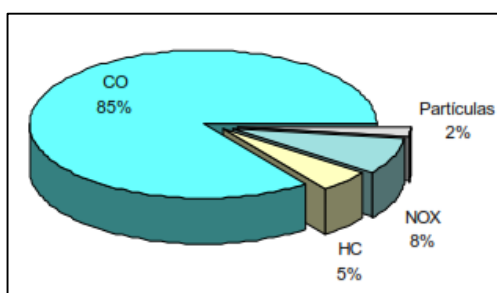
**Figura 30** Sustancias contaminantes presentes en los gases de escape.  
Fuente: (Álvarez J & Callejón I, 2005)

Teniendo en cuenta las concentraciones en que estos compuestos se encuentran en los gases de escape, no todos ellos están sometidos a las actuales legislaciones.

Actualmente las sustancias que están bajo control y limitaciones son:

- Hidrocarburos sin quemar (HC)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NOx)

Los porcentajes de emisiones presente en la figura 31 y las limitaciones establecidas para las diferentes condiciones de ensayo varían según se trate de un motor de encendido provocado o de un motor de encendido por compresión.



**Figura 31** Composición de los contaminantes de un MCI.  
Fuente: (Álvarez J & Callejón I, 2005)

### 2.18.1. Monóxido de carbono

Es un gas incoloro e inodoro, un 3% más ligero que el aire. Al ser inhalado se combina con la hemoglobina de la sangre, impidiendo la absorción de oxígeno y produciendo asfixia.

(Álvarez J & Callejón I, 2005) El monóxido de carbono se forma al quemar carbono o sustancias compuestas de carbono con una cantidad insuficiente de aire. Una cantidad de 1/100.000 de monóxido de carbono en el aire puede llegar a provocar síntomas de envenenamiento; y una cantidad tan pequeña como 1/500 puede ser fatal en menos de 30 minutos. El monóxido de carbono es el principal componente del aire contaminado en las áreas urbanas.

### **2.18.2. Óxidos de nitrógeno**

(Álvarez J & Callejón I, 2005) Los más importantes son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El monóxido es incoloro e inodoro, se produce debido a temperaturas y presiones elevadas en la cámara de combustión, conjuntamente con una presencia suficiente de oxígeno. La oxidación posterior del NO da lugar al NO<sub>2</sub>, gas de color pardo rojizo de olor penetrante que provoca irritación importante del sistema respiratorio e incluso, si la concentración es elevada, a la destrucción de los tejidos pulmonares.

### **2.18.3. Hidrocarburos sin quemar**

Se denominan hidrocarburos no quemados, aquellos que solo lo están parcialmente y los producidos por el efecto conocido como agrietamiento térmico. Estas partículas se consideran nocivas por ser cancerígenas y por su participación en la formación de niebla fotoquímica.

Los factores que inciden en su presencia pueden deberse a una combustión incompleta, o a un cortocircuito de la carga fresca, o al denominado efecto pared, o bien, por aparecer situaciones de mezcla fuera de los límites de inflamabilidad.

## CAPÍTULO III

### 3. PRUEBAS DE POTENCIA, TORQUE, CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES.

#### 3.1. Puesta a punto dinamómetro Motorroll

Con la finalidad de obtener datos confiables y veraces en cada medición y posteriormente la información obtenida en la investigación sea tanto relevante como fiable, es necesario que el equipo a utilizar se encuentre en condiciones idóneas de funcionamiento, ya que será sometido a cargas y velocidades elevadas.

Para conseguir el mejor desempeño del dinamómetro fue indispensable realizar tanto el mantenimiento como la actualización de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

##### 3.1.1. Revisión y mantenimiento del sistema mecánico

Partiendo de una revisión visual y continuando con una revisión manual de todos los elementos mecánicos que conforman el dinamómetro para evidenciar el estado de los mismos.

En la figura 32 se presenta el estado inicial del freno y su sistema de fijación a los rodillos, este elemento no presento ningún inconveniente en su funcionamiento en diferentes condiciones.



**Figura 32** Freno dinamométrico

El mantenimiento realizado a los rodillos y sus rodamientos como se muestra en la figura 33 consistió en el reemplazo de los graseros y posteriormente la renovación del lubricante.



**Figura 33** Juego de rodillos

La bomba figura 34 de agua instalada en el equipo necesitó el reemplazo del rotor y una limpieza completa por la existencia de varios elementos ajenos, que son consecuencia del mal estado del filtro colocado en el tanque de agua, razón por la cual se procedió a su reemplazo.



**Figura 34** Bomba de agua

### 3.1.2. Revisión y mantenimiento del sistema eléctrico

Con el fin de evitar daños en los equipos electrónicos que conforman el equipo debido a conexiones eléctricas defectuosas, se procedió el reemplazo de las tomas de corriente tanto de 110 voltios como 220 voltios.



**Figura 35** Tomas de corriente

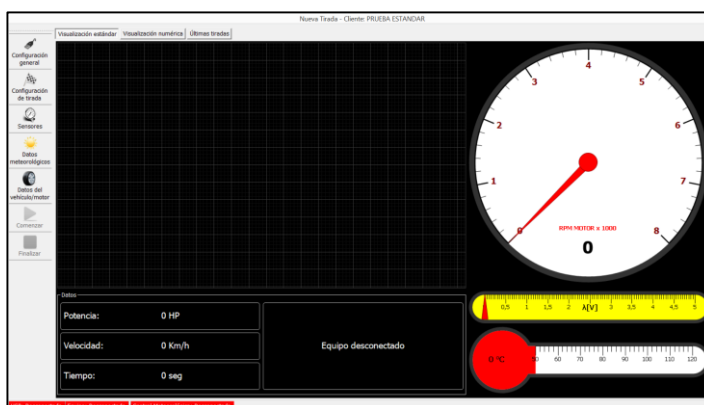
### 3.1.3. Actualización de software, interfaz de control y elementos de medición

Con el objetivo de obtener datos con mayor precisión fue necesario la actualización del interfaz de control del dinamómetro mostrado en la figura 36, el cual ofrece mejores prestaciones al momento de cada prueba y permite controlar de mejor forma varios parámetros que influyen directamente en los resultados obtenidos.



**Figura 36** Interfaz de control antiguo y nuevo

Al mismo tiempo que se actualizó el interfaz de control fue necesario la renovación del software ahora equipado con BLAHA Sistemas Electrónicos especiales 1.1.6 tal como se ve en la figura 37, encargado de la configuración de parámetros necesarios para realizar cada prueba, así mismo en donde se puede evidenciar los datos tomados por los sensores presentes en el equipo.



**Figura 37** Pantalla del software BLAHA Sistemas Electrónicos especiales 1.1.6.

Dos componentes de gran importancia en el equipo son aquellos encargados de la obtención de datos los cuales son el sensor de revoluciones de los rodillos y la celda de carga, como consecuencia de la renovación del interfaz de control fue indispensable la adquisición de los sensores que sean compatibles con éste. Entonces se instaló un sensor óptico de revoluciones y una celda de carga de mayor sensibilidad, véase en la figura 38.

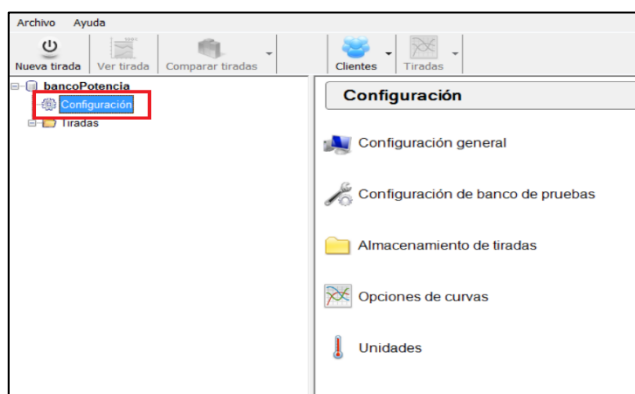


**Figura 38** Sensor de revoluciones y celda de carga



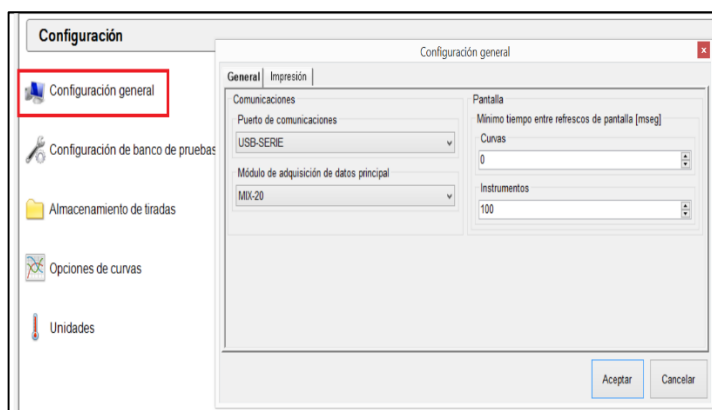
### 3.1.4. Calibración del equipo

- Después de haber realizado todos los procedimientos descritos, necesariamente se tuvo que calibrar el equipo, para lo cual se conectó en su lugar cada componente y a su vez se alimentó todo el sistema.
- Se realizó la configuración del software, la cual se mantendrá para todas las pruebas que se hagan el equipo.



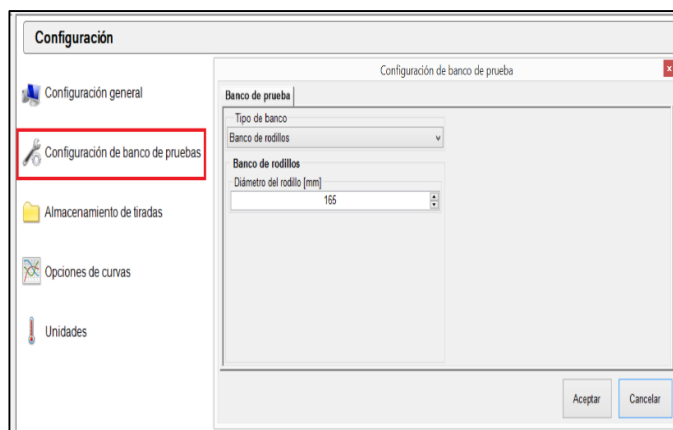
**Figura 39** Opciones para la configuración del software

- En la opción de “Configuración general” seleccionar como “Puerto de comunicaciones” a “USB-SERIE”, “Modulo de adquisición de datos principal” elegir “MIX-20”.



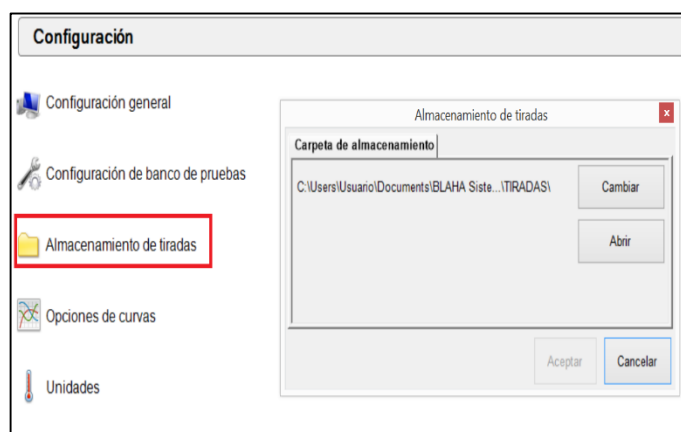
**Figura 40** Elección del interfaz de adquisición de datos

- En “Configuración de banco de pruebas” elegir en “Tipo de banco” un “Banco de rodillos” y el “Diámetro de rodillos” es 165 mm.



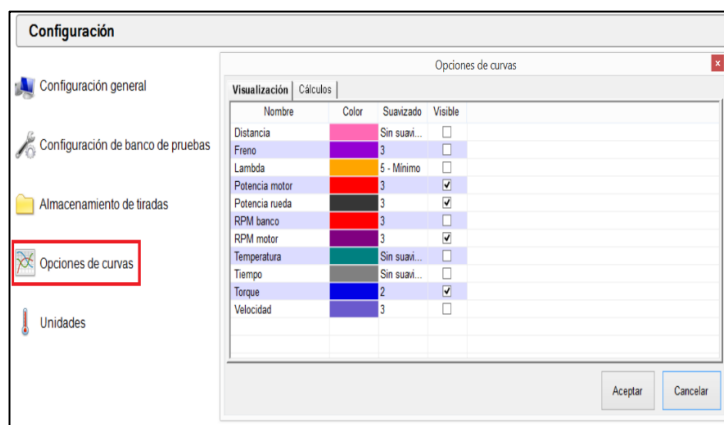
**Figura 41** Elección de tipo de dinamómetro

- El apartado “Almacenamiento de tiradas” tiene como función determinar la ubicación en el ordenador donde se almacenan los datos de cada prueba.



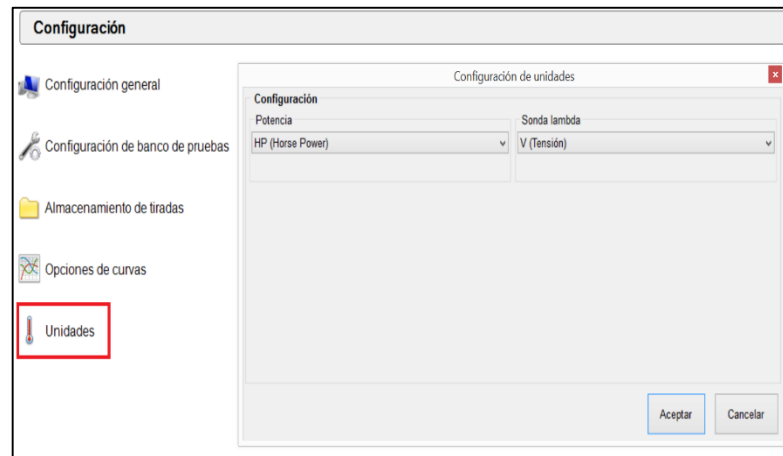
**Figura 42** Configuración del destino de almacenamiento de datos

- “Opciones de curvas” permite otorgar un matiz de color diferente a cada parámetro, como la curva de torque, potencia y revoluciones.



**Figura 43** Elección de colores de representación de cada parámetro

- En la opción “Unidades” se configuró que la potencia se obtenga en HP (Horse Power).



**Figura 44** Configuración de unidades

- Se comprobó el correcto funcionamiento de la celda de carga en condiciones de cero y cuando realiza un determinado esfuerzo.
- El sensor de revoluciones de los rodillos se comprobó mediante el giro de éstos y verificando que el valor se muestre en la pantalla del software.
- La bomba se puso en funcionamiento, teniendo en cuenta que exista cierta cantidad de líquido dentro para evitar daños por sobrecalentamiento y que el tanque de agua este en el nivel recomendable, se variar el caudal que entrega al freno, evidenciando la facilidad o al contrario la dificultad con la que los rodillos giran.
- Probado el correcto desempeño de cada elemento, se configurará el software con las características de cada vehículo que será sometido a las pruebas.

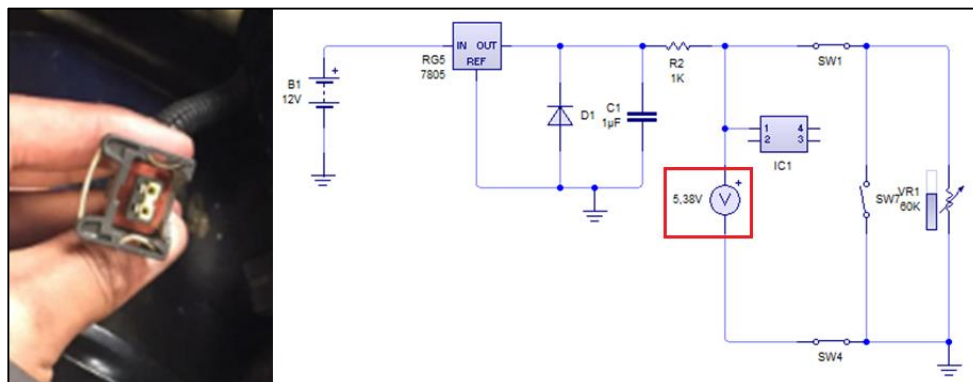
### 3.2. Generación de códigos de falla

Para generar los códigos de falla debemos reconocer los cables principales que son masa (0v) y referencia (5v), y así crear fallas en bajo (Low) y en alto (High) en los correspondientes sensores del vehículo. Además,

diferenciar los sensores si son de dos o tres cables para proceder a su respectiva configuración al momento de establecer las fallas.

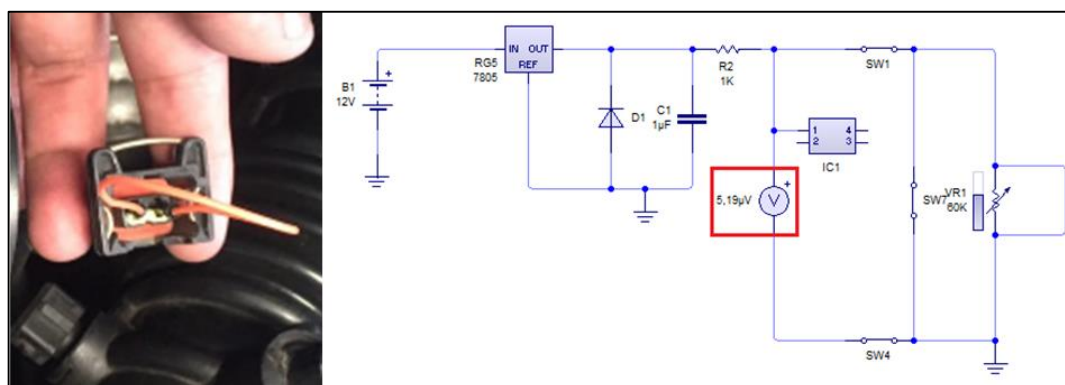
### a. Sensores de dos cables

- Códigos de falla en alto (High): Desconectar el terminal del sensor, con ello la señal se alimenta del voltaje de referencia (5v) de forma directa.



**Figura 45** Código de falla en alto en sensor de dos cables

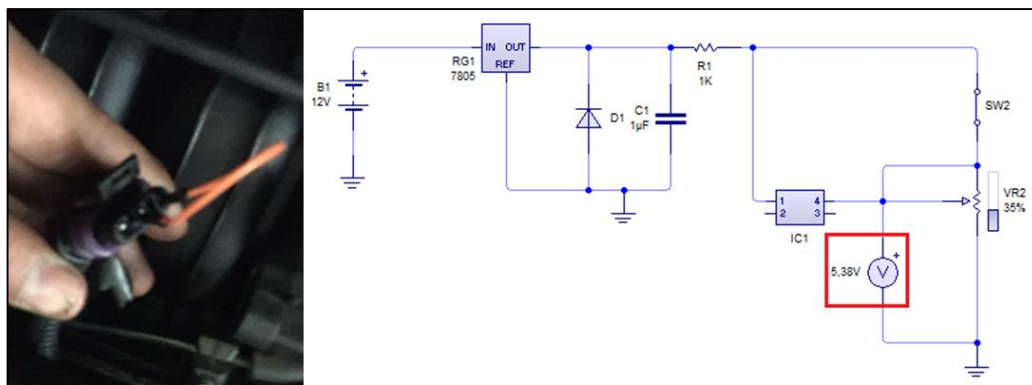
- Códigos de falla en bajo (Low): Realizar un corto circuito entre la referencia y la masa, así la señal recibirá un voltaje de 0(V) ya que el voltaje de referencia se descarga en la masa.



**Figura 46** Código de falla en bajo en sensor de dos cables

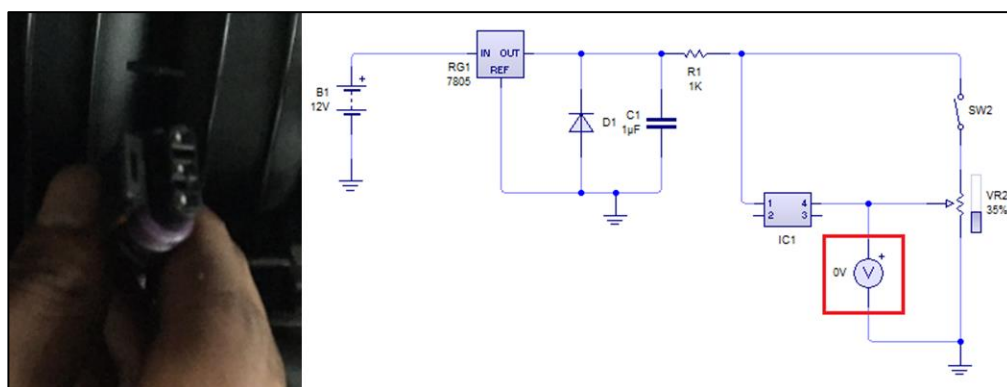
### b. Sensores de tres cables

- Código de falla en alto (High): Realizar una conexión para alimentar la señal de forma directa con el valor referencia (5v).



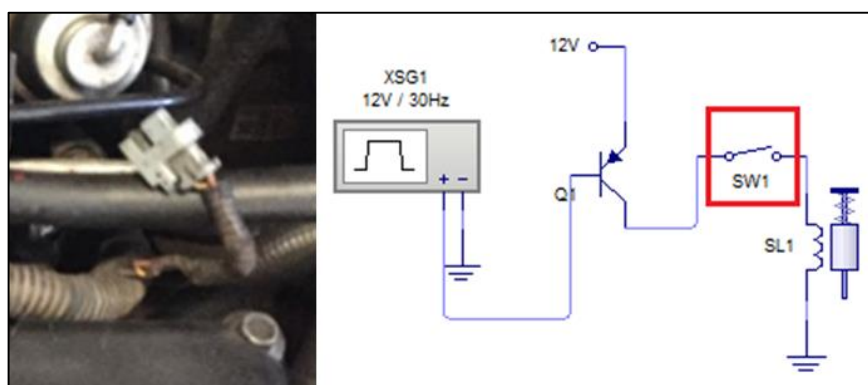
**Figura 47** Código de falla en alto en sensor de tres cables

- Código de falla en bajo (Low): Desconectar el terminal del sensor, con ello la señal no emitirá un voltaje de respuesta a la ECU.



**Figura 48** Código de falla en bajo en sensor de tres cables

En el caso de los actuadores, el procedimiento será el más convencional, para ello solo desconecta el terminal del mismo, generando así un código de falla simple.

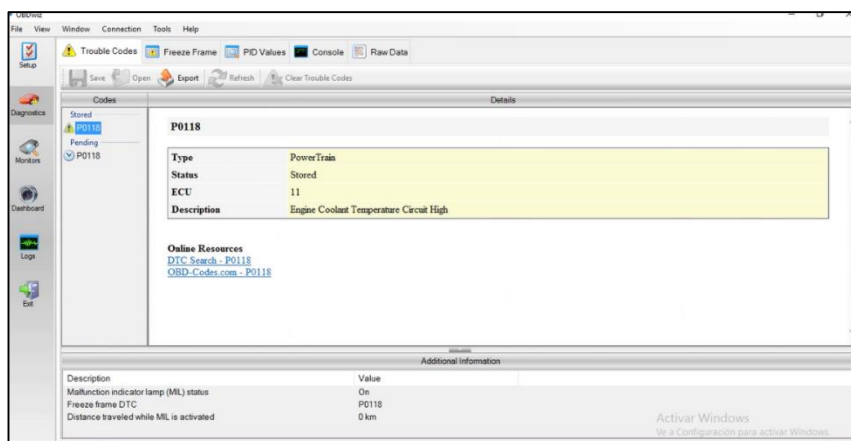


**Figura 49** Código de falla por desconexión del actuador

### 3.3. Comprobación de códigos de falla

Para comprobar los códigos de falla existen herramientas de diagnóstico especiales, donde podemos visualizar valores PID's y DTC's que son parámetros importantes ya que tienen relación entre sí para dar un buen diagnóstico en el sistema de control electrónico del vehículo.

- Establecer comunicación entre el vehículo y el interfaz OBDLink SX.
- Visualizar el software OBDwiz y pulsar en la opción "DIAGNOSTICS".
- Seleccionar la pestaña de "TROUBLE CODES", con ello identificamos los códigos de falla existentes en la ECU del vehículo



**Figura 50** Comprobación de código de falla

- Selecciona la pestaña de "PID valves", así observar los datos de funcionamiento con los que el motor se encuentra. En especial la temperatura de admisión.

PID	Description	Value	Units	Min	Mean	Max
SAE 0x00	Vehicle speed	0	km/h	0	0	0
SAE 0x0B	Intake manifold absolute pressure	32	kPa	31	31.67	32
SAE 0x0C	Engine RPM	877.5	RPM	834.75	860.33	877.5
SAE 0x0F	Intake air temperature	24	°C			
SAE 0x04	Calculated load value	4.31	%	4.31	4.31	4.31
SAE 0x05	Engine coolant temperature	-40	°C			
SAE 0x06	Short term fuel trim - Bank 1	0	%	-1.56	-0.78	0
SAE 0x07	Long term fuel trim - Bank 1	-0.78	%	-0.78	-0.78	-0.78
SAE 0x0E	Ignition timing advance for #1 cylinder	1.5		1.5	1.75	2
SAE 0x11	Absolute throttle position	0	%	0	0	0
SAE 0x14	O2 voltage (Bank 1, Sensor 1)	0.5	V	0.4	0.45	0.5
SAE 0x14	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 1)	-1.56	%	-1.56	-1.56	-1.56
SAE 0x15	O2 voltage (Bank 1, Sensor 2)	0.44	V	0.44	0.44	0.44
SAE 0x15	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 2)	99.22	%	99.22	99.22	99.22
SAE 0x21	Distance traveled while MIL is activated	0	km			
SAE 0x22	Fuel rail pressure relative to manifold vacuum	0	kPa	0	0	0

**Figura 51** Verificación de valores de PID'S

- Observar si el código de falla tiene alguna relación con un valor de los PID's.

P0118			
Type	PowerTrain		
Status	Stored		
ECU	11		
Description	Engine Coolant Temperature Circuit High		
SAE 0x04	Calculated load value		4.31   %
SAE 0x05	Engine coolant temperature		-40   C
SAE 0x06	Short term fuel % trim - Bank 1		0   %

**Figura 52** Relación de valor de PID's y DTC generado

- Tabular la información relevante
- Borrar el código de falla, para ello ubicarse en la pestaña "TROUBLE CODES" y seleccionar "Clear trouble codes".

Nota: Para eliminar los códigos generados se debe reestablecer la conexión (circuito) del sensor y/o actuador y después proceder al ítem (g.)

### 3.4. Medición del Consumo de combustible

#### 3.4.1. Generalidades

##### a. Interfaz OBDLink SX

El interfaz básicamente es una herramienta de análisis diseñada de tal forma que sea fácil de manipular, instalar y configurar. Está equipada con varias funciones avanzadas que normalmente se encuentran en las herramientas de análisis más sofisticadas. OBDLink SX diagnostica de forma rápida y precisa los problemas del motor y accede a parámetros de rendimiento para todos los vehículos compatibles con OBD-II (excepto los vehículos híbridos o eléctricos). Y todos estos datos se pueden visualizar en una PC.

OBDwiz (software del interfaz), incluido con OBDLink® SX, nos permite:

- Borrar la información de diagnóstico almacenada, así permitiéndonos apagar la luz de advertencia del motor (check engine).

- Leer y borrar Dtc's (tanto genéricos y específicos del fabricante)
- Acceder a la información de los datos congelados que se encuentran en el sistema.
- Observar y registrar más de 90 parámetros en tiempo real.
- Medir y mostrar el consumo de combustible instantáneo como acumulado en tiempo real.



**Figura 53** Interfaz OBDLink SX

**Tabla 6**  
**Especificaciones del Interfaz**

<b>INTERFACE</b>	Puerto USB
<b>PESO DEL DISPOSITIVO</b>	3.4 oz (96.4 g)
<b>DIMENSIONES</b>	88.9 x 45.2 mm
<b>SOPORTA TODOS LOS PROTOCOLOS OBD-II</b>	SI
<b>SOPORTES DE ALAMBRE UNICO (GMLAN)</b>	NO
<b>SOPORTES FORD DE MEDIA VELOCIDAD (MS-CAN)</b>	NO
<b>ESPECIFICACIONES USB</b>	USB 2.0, Compatible con Windows Vista o superior
<b>CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO</b>	8 mA
<b>VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO</b>	8-18V DC
<b>TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO</b>	-20° a 55° C

**CONTINÚA** ➡



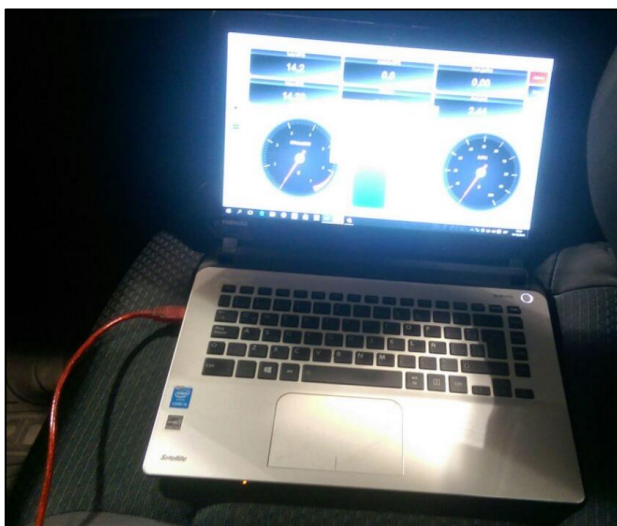
<b>HUMEDAD DE FUNCIONAMIENTO</b>	10 a 85% (sin condensación)
<b>VALOR MÁXIMO DE ID PARÁMETRO (PID)</b>	~ 200 PIDs / segundo

Fuente: **(ScanTool, 2016)**

### 3.4.2. Consideraciones previas a las Pruebas

#### a. Instalación y configuración del software OBDwiz

- Ejecutar como administrador el instalador del software OBDwiz y seguir los pasos predeterminados para su correcta instalación.
- Ubicar el puerto OBD II del vehículo y conectar el OBDLink SX
- Conectar el OBDLink SX al puerto USB de la PC y observar los indicadores led en el interfaz que se enciendan, ya que esto es señal de una correcta conexión

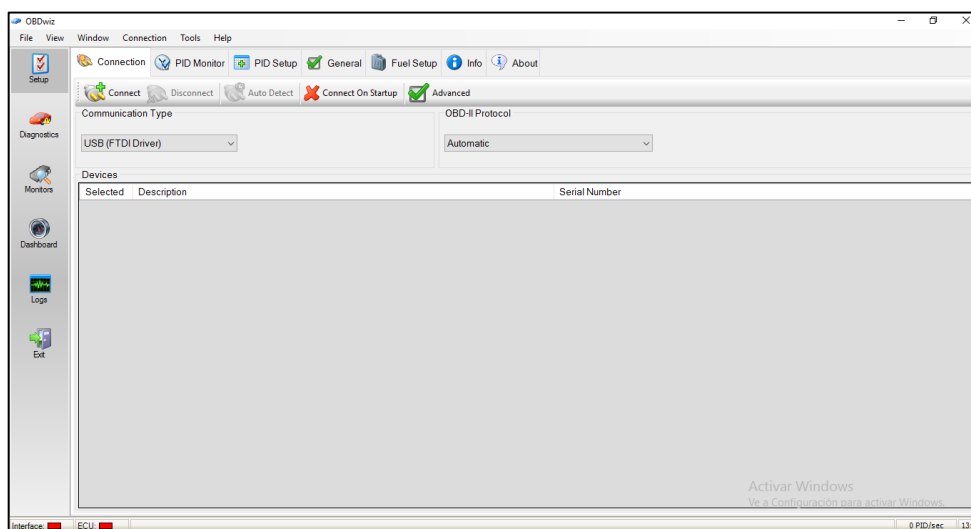


**Figura 54** conexión con la PC

- Ubicar la llave de encendido en la posición “ON” para establecer una correcta comunicación entre el vehículo-PC.
- Ejecutar el programa de diagnóstico OBDwiz e ingresar la clave de la licencia al momento que se solicite.

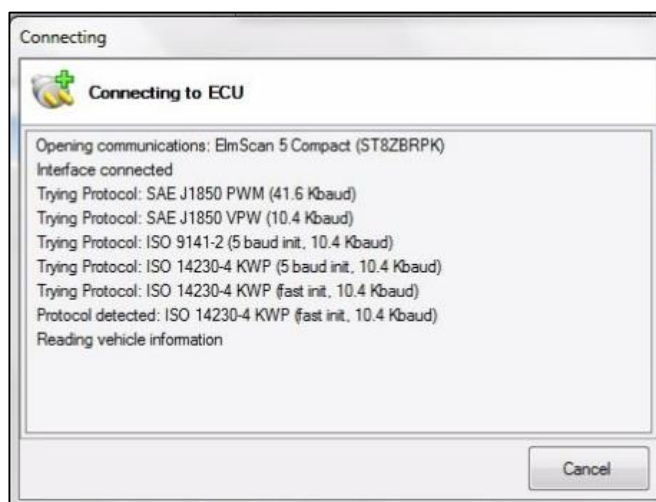
Nota: La clave solo se ingresará una sola vez, al momento de ejecutar el programa por primera vez.

- Observar la pantalla de inicio del programa OBDwiz con su panel principal y opciones de configuración.



**Figura 55** Pantalla principal del programa OBDwiz

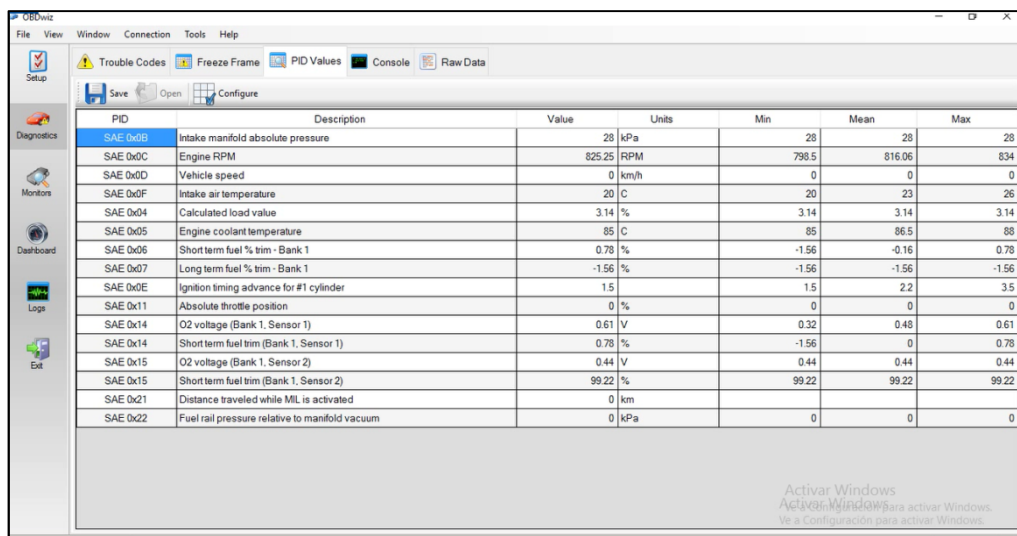
- Pulsar la opción “SETUP”, elegir la pestaña “CONNECTION” y seleccionar “Connect”, para establecer la comunicación o transferencia de datos entre el vehículo y la PC.



**Figura 56** Protocolos aceptados por el interfaz

Nota: Para la comunicación el interfaz utiliza diferentes protocolos como son: ISO 15765-4 (CAN 250/500 kbps, 11/29 bit), ISO 14230-4 (Keyword Protocol 2000), ISO 9141-2 (Asian, European, Chrysler), J1850 VPW (GM) y J1850 PWM (Ford)

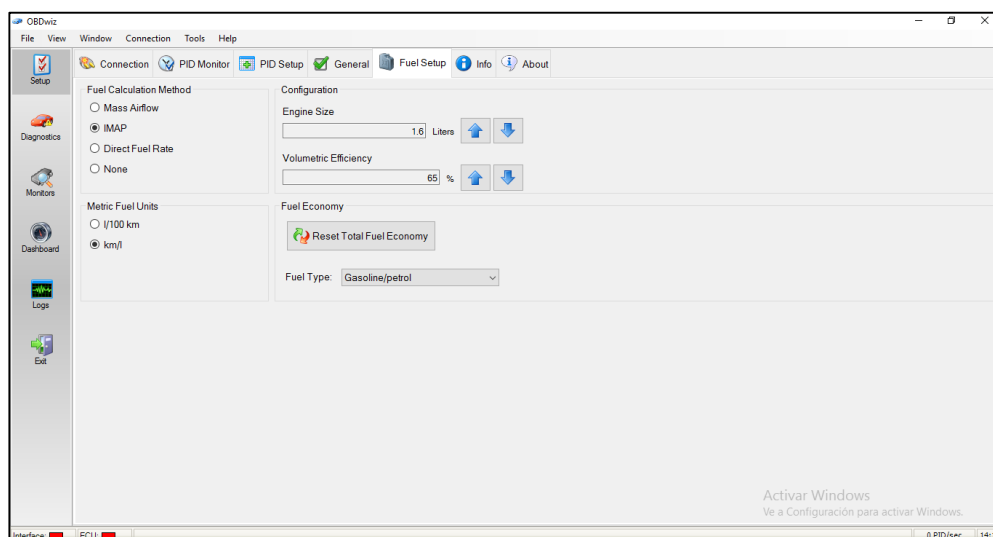
- Comprobar la comunicación, para ello en la opción de “DIAGNOSTICS”, seleccionar la pestaña “PID values” y visualizar los valores de los PID’s correspondientes al vehículo conectado.



PID	Description	Value	Units	Min	Mean	Max
SAE 0x05	Intake manifold absolute pressure	28	kPa	28	28	28
SAE 0x0C	Engine RPM	825.25	RPM	798.5	816.06	834
SAE 0x0D	Vehicle speed	0	km/h	0	0	0
SAE 0x0F	Intake air temperature	20	C	20	23	26
SAE 0x04	Calculated load value	3.14	%	3.14	3.14	3.14
SAE 0x05	Engine coolant temperature	85	C	85	86.5	88
SAE 0x06	Short term fuel % trim - Bank 1	0.78	%	-1.56	-0.16	0.78
SAE 0x07	Long term fuel % trim - Bank 1	-1.56	%	-1.56	-1.56	-1.56
SAE 0x0E	Ignition timing advance for #1 cylinder	1.5		1.5	2.2	3.5
SAE 0x11	Absolute throttle position	0	%	0	0	0
SAE 0x14	O2 voltage (Bank 1, Sensor 1)	0.61	V	0.32	0.48	0.61
SAE 0x14	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 1)	0.78	%	-1.56	0	0.78
SAE 0x15	O2 voltage (Bank 1, Sensor 2)	0.44	V	0.44	0.44	0.44
SAE 0x15	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 2)	99.22	%	99.22	99.22	99.22
SAE 0x21	Distance traveled while MIL is activated	0	km			
SAE 0x22	Fuel rail pressure relative to manifold vacuum	0	kPa	0		0

**Figura 57** Opción de DIAGNOSTICS del programa OBDwiz

- Pulsar en la opción “FUEL SETUP”, donde se debe seleccionar el método de medición IMAP y las unidades de medición km/l.
- Configurar la cilindrada del vehículo (1.6L), el tipo de combustible (gasoline/petrol) y el rendimiento volumétrico del motor (65%) el cual fue determinado por el programa.

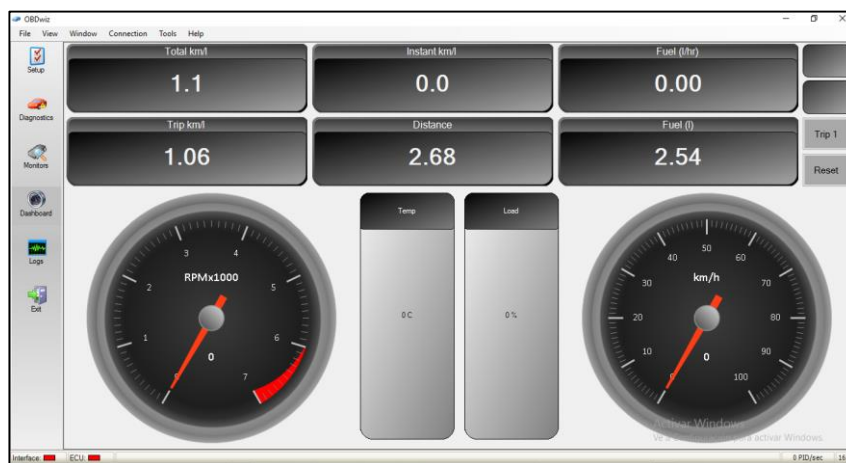


**Figura 58** Opción FUEL SETUP del programa OBDwiz

Nota: El método IMAP fue seleccionado ya que el vehículo que se utilizó para la investigación funciona en relación con el sensor MAP para calcular a

cargar del motor. Además, cuando hablamos de los MCI a gasolina se debe tener en cuenta que su rendimiento volumétrico va en un rango del 70% al 90% en los casos más ideales, por lo cual se seleccionó el valor mínimo de este rango menos un 5% que representa el desgaste normal del motor y el corto tiempo de admisión existente debido a los altos regímenes de funcionamiento para alcanzar una potencia máxima. (Jaramillo, 1996)

- Pulsar en la opción “DASHBOARD” y observar los diferentes indicadores de consumo de combustible, revoluciones por minuto, velocidad, carga y temperatura del motor.



**Figura 59** Opción DASHBOARD del programa OBDwiz

- Terminar la configuración y reconocimiento básico del software, desconectar la comunicación entre el vehículo y la PC, apagar el vehículo.

Nota: Evitar apagar el vehículo cuando la comunicación vehículo-PC se encuentra todavía activa.

### 3.4.3. Obtención de consumo de combustible

Para la investigación esta herramienta permite analizar y medir la cantidad de combustible consumida en tiempo real, donde el indicador primordial a ser analizado fue el consumo de combustible por hora en l/h, este dato es proporcional al periodo de tiempo que se demore una prueba en el dinamómetro. Además, se tiene la posibilidad de observar el consumo total,

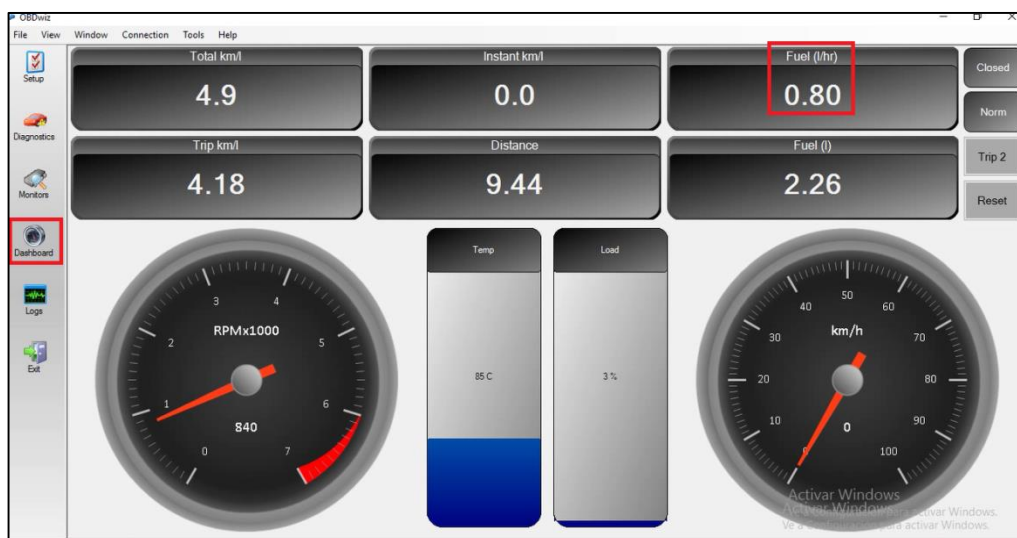
consumo instantáneo, distancia recorrida, rpm, velocidad, carga y temperatura del motor.

- Establecer la conexión mediante la interfaz OBDLink SX entre el vehículo y la PC, por el puerto OBD II y puerto USB respectivamente, como se ve en la figura 60.



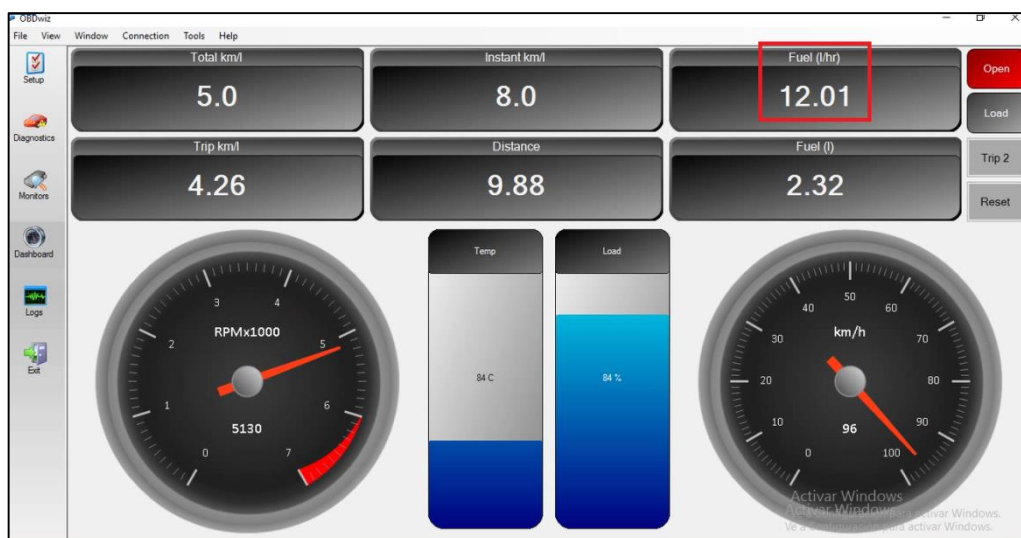
**Figura 60** conexión PC y unidad de control

- Ejecutar el programa OBDwiz, pulsar la pestaña “CONNECTION” y seleccionar “CONNECT” para establecer la comunicación entre el vehículo y la PC.
- Ir a la opción “DASHBOARD” para observar diferentes indicadores mencionados anteriormente, el indicador principal para la prueba es el consumo de combustible por hora en l/h en la investigación.



**Figura 61** Indicador del consumo de combustible por hora

- Realizar la prueba con las condiciones establecidas en el dinamómetro, para así observar el indicador mencionado el cual muestra el gasto instantáneo y su variación de acuerdo a las revoluciones del motor al momento de la ejecución de la misma.



**Figura 62** Medición de la prueba de consumo de combustible

- Finalizar medición de la prueba.

### 3.5. Pruebas de torque y potencia

#### 3.5.1. Dinamómetro

Las pruebas fueron realizadas en un dinamómetro marca Motorroll modelo MD200HP indicado en la figura 63, con una capacidad de absorción de carga de hasta 200 HP, que se encuentra en el laboratorio de motores de la Universidad de las Fuerzas Armadas de la ciudad de Latacunga a una altura de 2750 msnm.



**Figura 63** Dinamómetro de rodillos Motorroll

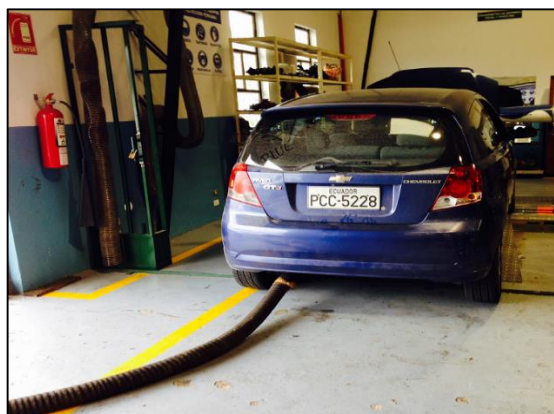
El dinamómetro viene equipado con los siguientes elementos:

- Chasis
- Bomba hidráulica
- Freno dinamométrico
- Juego de rodillos y sus respectivos ejes
- Rampas
- Ventilador
- Sensor de revoluciones
- Celda de carga
- Interfaz de control MIX-20
- Software de adquisición, muestra y manejo de datos BLAHA Sistemas Electrónicos especiales 1.1.6

### **3.5.2. Consideraciones previas a la prueba**

- Realizar un mantenimiento completo de los componentes del vehículo que tengan influencia directa con el desempeño del mismo, tales como motor, sistema de transmisión, dirección, suspensión y sistema de frenos. Es importante este procedimiento debido a que el vehículo se someterá a cargas y velocidades elevadas.
- Para la prueba patrón el conjunto de sensores y actuadores no debe presentar ninguna falla.

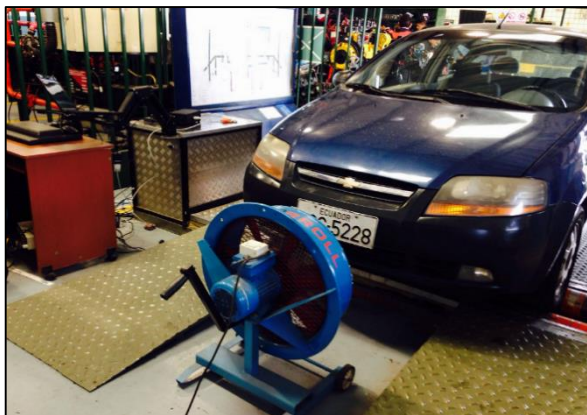
- Revisar que los rodamientos de los rodillos se encuentran correctamente lubricados.
- Inspeccionar que el nivel de agua en el tanque sea el correcto.
- Ubicar las rampas en el lugar indicado y dependiendo de las dimensiones del vehículo.
- Alinear las ruedas con las rampas para el ingreso del vehículo hasta los rodillos.
- Ubicar las ruedas motrices en los rodillos, en este caso las delanteras.
- Activar el freno de mano con el fin de inmovilizar el vehículo gracias al bloqueo de las ruedas traseras.
- En el tubo de escape acoplar el conducto que dirige los gases fuera laboratorio.



**Figura 64** Conducto colocado el tubo de escape

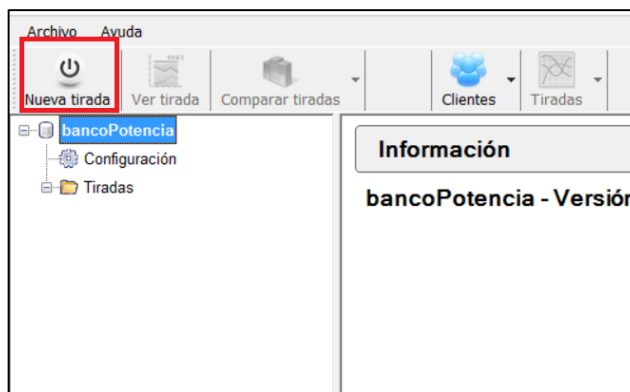
- Poner en movimiento las ruedas delanteras a una velocidad baja y el volante suelto hasta que el vehículo se encuentre alineado, es decir que no exista desplazamiento transversal.
- Colocar el ventilador en la parte frontal del vehículo.





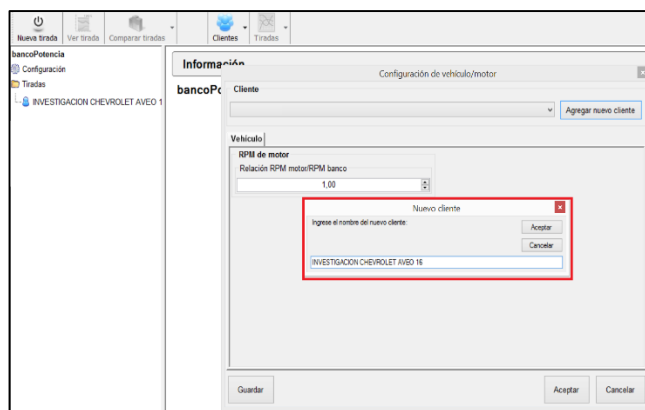
**Figura 65** Posicionamiento del ventilador

- Alimentar con 220 Voltios el conjunto bomba y freno dinamométrico.
- Conectar el sensor de revoluciones y celda de carga al interfaz de control, luego alimentar el equipo y encenderlo.
- Establecer una comunicación entre el interfaz de control y un ordenador cargado con el software BLAHA Sistemas electrónicos especiales 1.1.6
- Una vez abierto el software seleccionar “Nueva tirada”.



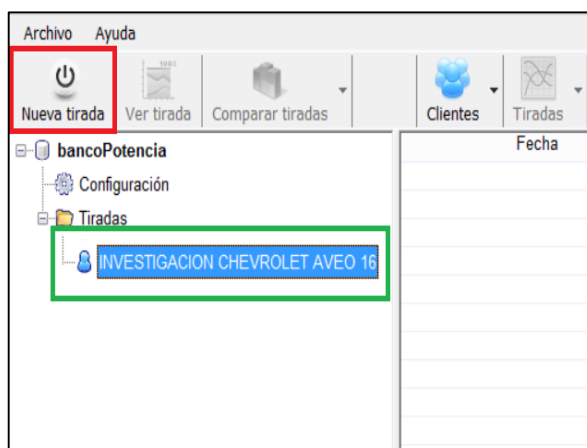
**Figura 66** Configuración previa a la prueba

- Ingresar el nombre del cliente, la misma designación tomará la prueba. En este estudio el nombre elegido fue “INVESTIGACION CHEVROLET AVEO 16”



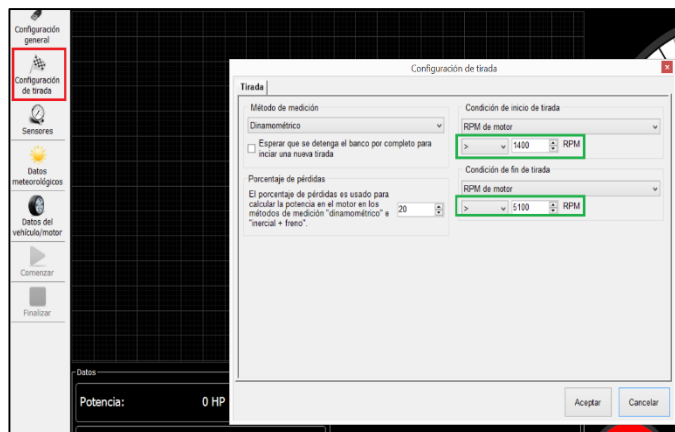
**Figura 67** Configuración del nombre de la prueba

- El nombre elegido aparecerá en la parte izquierda, seleccionarlo y dar clic en “Nueva tirada”.



**Figura 68** Comprobación que la prueba se haya creado

- En la nueva pantalla que aparece seleccionar “Configuración de tirada”, en donde los datos a modificar son “Condición de inicio de tirada” y “Condición de fin de tirada”, el primero determina a qué velocidad de giro del motor el equipo empieza a registrar datos y el segundo indica la velocidad en la que los datos dejan de tomarse y es cuando la prueba se almacena.
- Para la presente investigación la condición de inicio fue 1400 rpm y la final de 5100 rpm.



**Figura 69** Configuración de condición de inicio y final de a prueba

- Continuando con la configuración seleccionar “Sensores”, ubicarse en la sección de “RPM” y dar clic en “Calibrar RPM de motor”, en este apartado se calcula la relación de giro entre los rodillos y las ruedas, de esta forma tanto el tacómetro del vehículo como el tacómetro en la pantalla del software mostrarán datos similares.
- El procedimiento consiste en arrancar el vehículo en la marcha seleccionada para la prueba en este caso la tercera velocidad y cuando en el tacómetro del automóvil llegue a 3000 rpm presionar “Aceptar”, automáticamente se calcula la relación de giro entre los rodillos y las ruedas.
- Regular la carga que el freno dinamométrico entrega a los rodillos con la finalidad de que las ruedas no giren de forma libre sobre los rodillos al mismo tiempo que no oponga mucha resistencia para su movimiento. Se debe modificar la carga hasta conseguir datos similares a los otorgados por el fabricante del vehículo.

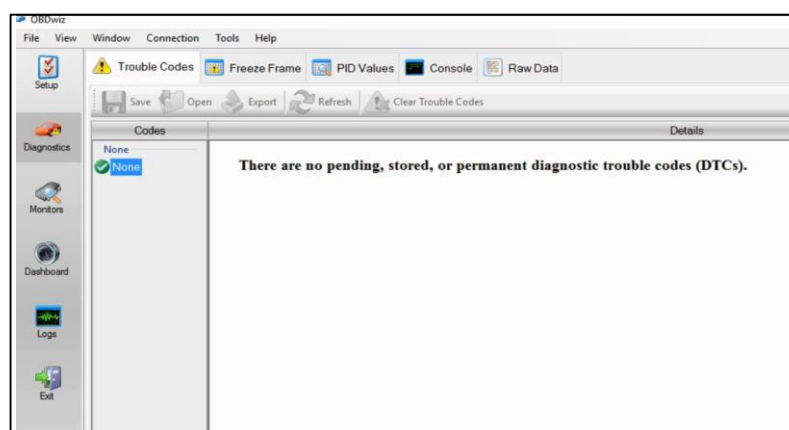


**Figura 70** Calibración de carga

- En todo el tiempo que tome realizar las pruebas mantener encendido el ventilador con la finalidad de evitar el sobrecalentamiento del motor.

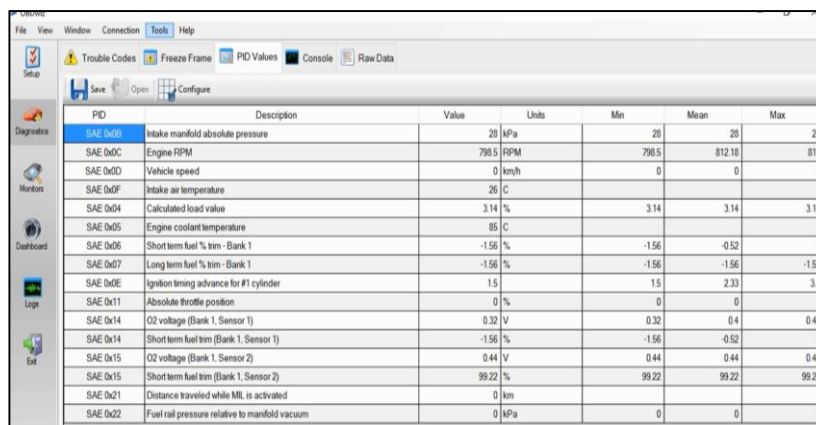
### 3.5.3. Procedimiento

- Llevar el motor a la temperatura normal de funcionamiento (entre 85 °C y 90 °C).
- Mediante el interfaz OBDLink SX comprobar que no exista ningún código de falla registrado.



**Figura 71** Comprobación de códigos de falla

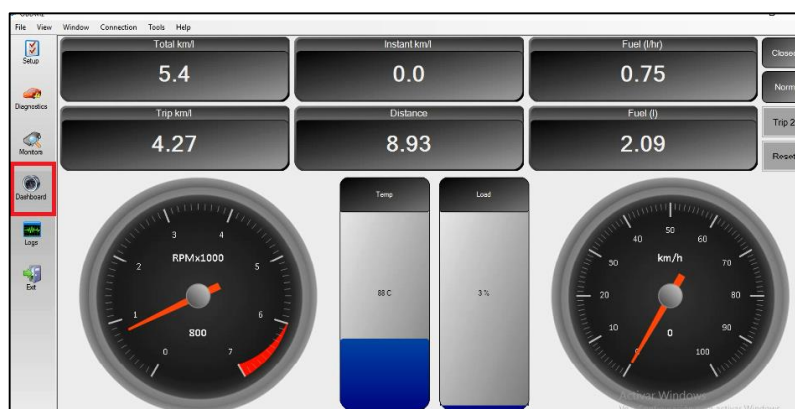
- Verificar que los valores PID's del sistema electrónico estén dentro del rango de funcionamiento normal.



PID	Description	Value	Units	Min	Mean	Max
SAE 0405	Intake manifold absolute pressure	28	kPa	28	28	28
SAE 040C	Engine RPM	798.5	RPM	798.5	812.18	819
SAE 040D	Vehicle speed	0	km/h	0	0	0
SAE 040F	Intake air temperature	26	C			
SAE 0404	Calculated load value	3.14	%	3.14	3.14	3.14
SAE 0405	Engine coolant temperature	85	C			
SAE 0406	Short term fuel % trim - Bank 1	-1.56	%	-1.56	-0.52	0
SAE 0407	Long term fuel % trim - Bank 1	-1.56	%	-1.56	-1.56	-1.56
SAE 040E	Ignition timing advance for #1 cylinder	1.5		1.5	2.33	3.5
SAE 0411	Absolute throttle position	0	%	0	0	0
SAE 0414	O2 voltage (Bank 1, Sensor 1)	0.32	V	0.32	0.4	0.45
SAE 0414	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 1)	-1.56	%	-1.56	-0.52	0
SAE 0415	O2 voltage (Bank 2, Sensor 2)	0.44	V	0.44	0.44	0.44
SAE 0415	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 2)	99.22	%	99.22	99.22	99.22
SAE 0421	Distance traveled while MIL is activated	0	km			
SAE 0422	Fuel rail pressure relative to manifold vacuum	0	kPa	0	0	0

**Figura 72** Comprobación de valores de PID´s

- En la pantalla del software OBDwiz, seleccionar la opción de “Tablero”, para la visualización del consumo de combustible véase el apartado 3.4.



**Figura 73** Medición de consumo de combustible

- En el software de control del dinamómetro presionar “Comenzar” para iniciar la prueba.



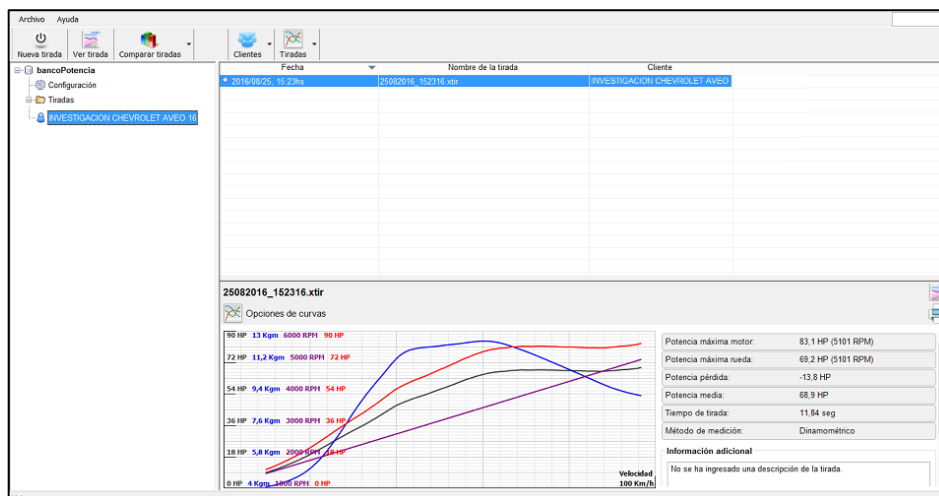
**Figura 74** Software listo para iniciar la prueba

- Arrancar el motor en la tercera velocidad de una forma progresiva, hasta llegue a 5100 rpm. En la pantalla se visualiza la advertencia de que la adquisición de datos ha concluido.



**Figura 75** Progreso de toma de datos

- Dejar de acelerar hasta llegar a ralentí y ubicar la palanca de cambios en posición neutral.
- Comprobar que los datos de la prueba se encuentren almacenados.



**Figura 76** Datos registrados de la prueba

- Generar códigos falla en el conjunto de sensores y actuadores, bajo el protocolo del 3.8.
- Comprobar que la falla haya sido registrada por la ECU y en consecuencia la luz de advertencia de motor (Check engine) se encienda.
- Utilizando el interfaz OBDLink SX, examinar el código de falla generado.
- Repetir el procedimiento desde el punto (d.) para todas las pruebas.

### 3.6. Pruebas de emisiones de gases

Las condiciones en las cuales se realizarán las pruebas de análisis de gases se determinarán después de valorar la potencia, torque y consumo de combustible, encontrando las condiciones más críticas.

#### 3.6.1. Analizador de gases



**Figura 77** Analizador de gases QROTECH QGA 6000

Fuente: ([www.mcautomotriz.com.ec](http://www.mcautomotriz.com.ec), 2014)

El equipo para el análisis de gases es de marca QRO TECH modelo QGA 6000, es un dispositivo que ofrece alta estabilidad y precisión de 0,1% en volumen y 1 ppm gracias a la bomba de vida extendida que posee. Se usa para mediciones en pruebas dinámicas y estáticas de 4 gases y el valor de lambda, los datos que nos presenta son:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Hidrocarburos no combustionados (HC)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- Cálculo de factor lambda

## a. Características

**Tabla 7**  
**Características analizador QRO TECH**

Marca	QRO TECH
Modelo	QGA-600
<b>Características</b>	<p>Análisis de 4 gases con cálculo de lambda y AFR.</p> <p>Visualización en display integrado.</p> <p>Bomba de trabajo pesado.</p> <p>Impresora térmica integrada.</p> <p>Kit de conexión del computador.</p> <p>Selección del tipo de combustible (gasolina, alcohol, gnv, glp).</p> <p>Accesorios de repuestos incluidos.</p> <p>Rango de operación y precisión en equipos de certificación.</p> <p>Excepcional precisión, estabilidad y durabilidad.</p> <p>Actualizable a 5 gases (opcional Nox).</p> <p>Tiempo de respuesta de menos de 10 segundos.</p> <p>Stand-by para la vida extendida de la bomba y el bajo consumo de energía.</p> <p>Ajuste automático de tiempo de calentamiento de 2 a 8 minutos.</p> <p>Sonda de acero inoxidable para mayor duración.</p>

## b. Especificaciones técnicas

**Tabla 8**  
**Especificaciones técnicas analizador de gases QRO TECH**

Mediciones	CO	HC	CO2	O2	LAMBDA	AFR	Nox
<b>Rango de medición</b>	0,00~9,99 %	0~9,999 o 2000 ppm	0,0~20,0%	0,00~25,0%	0~2,000	0,0~99,0	0~5000 ppm
<b>Resolución</b>	0,01%	1 --M	0,10%	0,01%	0,001	0,1	1 ppm
<b>Método de medición</b>	CO, HC, CO2: Método NDIR (sensor infrarrojo no dispersivo) O2, Nox: Celda electroquímica						

CONTINÚA 



<b>Tiempo de respuesta</b>	Dentro de 10 segundos
<b>Tiempo de calentamiento</b>	Alrededor de 2 - 8 minutos
<b>Flujo de extracción de la bomba</b>	4~6 L/min
<b>Energía</b>	AC 120 V ± 10 %, 60 Hz

Fuente: (www.mcautomotriz.com.ec, 2014)

### c. Certificación del equipo

De acuerdo con la siguiente tabla el analizador QRO TECH QGA-6000 cumple la Norma ISO 3930 (Instrumentos para medir las emisiones de escape de los vehículos).

**Tabla 9**  
**Especificaciones técnicas de los analizadores de gases clase I**

	CO(%vol)	CO2(%vol)	O2(%vol)	HC(ppm vol)
<b>Rango mínimo de medición</b>	0-5	0-16	0-21	0-2000
<b>Resolución mínima</b>	0,01	0,1	0,01 para x<4%vol 0,1 para x>4%vol	1
<b>Errores</b>	Absolutos			
<b>Intrínsecos máximos permitidos</b>	±0,06%vol	±0,4%vol	±0,1%vol	±12 ppm vol
<b>Errores máximos permitidos en verificación inicial</b>	Relativos			
	±3%	±4%	±3%	±5%
<b>Errores máximos permitidos en verificación inicial</b>	Absolutos			
	±0,06%vol	±0,5%vol	±0,1%vol	±12ppm vol
	Relativos			
	±5%	±5%	±5%	±5%

Fuente: (Mafla M & Ortiz M, 2007)

### 3.6.2. Procedimiento

- Conectar en la parte trasera el cable de energía de 3 pines a una fuente de 120 V.
- Presionar el botón de encendido en la parte trasera.
- Evidenciar que en display de la parte delantera se enciendan los caracteres indicando la fecha del día.
- El proceso de análisis de los componentes internos (celda electrolítica y módulo NDR) inicia, este autodiagnóstico dura 5 segundos.
- La fase de calentamiento de la celda toma 275 segundos, dato que puede variar dependiendo de la temperatura ambiente.
- Esperar 20 segundos que es el tiempo que toma completar la fase de calibración a cero al analizador.
- En el display se mostrará el mensaje READY, que indica que el analizador está listo para empezar la medición de gases.
- Insertar la sonda de medición al tubo de escape del vehículo, el mismo que debe estar a la temperatura normal de funcionamiento.
- Presionar el botón ENTER, que activa la bomba de succión para empezar con el análisis de gases.
- Automática e instantáneamente las concentraciones de gases se muestran en el display.
- Para terminar la toma de datos presionar el botón ESC.
- Pulsar el botón PURGE, para que los residuos de gases contaminantes dentro del analizador sean eliminados, este procedimiento tomara 120 segundos.
- El analizador realizara inicia la etapa de auto encendido (20 segundos), a continuación, mostrara en la pantalla la palabra READY que indica que el equipo está listo para una nueva medición.

### 3.7. Medición de temperaturas.

Para la investigación es necesario recopilar datos térmicos en la ejecución de las pruebas, tanto de la temperatura de admisión como la de escape en el motor, para ello utilizamos los valores PID's en el caso de la admisión y un

termómetro infrarrojo el cual tiene la capacidad de medir temperaturas a distancia en el caso de escape.

**Tabla 10**  
**Especificaciones técnicas de termómetro**

Modelo	TIF 7610
Rango de medición	-60° a +500°C (-76 a +932°F)
Rango de medición de a termocupla	N/A
Precisión	± 1°C (1.8°F)
Emisividad	0.95 fijos
Respuesta espectral	5 ~ 14µm
Tiempo de respuesta	0.5 segundos
Distancia: SP	10:1
Dimensiones	175.2 x 39.0 x 71.9 mm

Fuente: (ScanTool, 2016)

Para la medición de la temperatura de escape se procede de la siguiente manera:

- Seleccionar una superficie para medir la temperatura de escape
- Elegir la escala (°C ó °F) en el termómetro para realizar la prueba
- Proyectar el termómetro sobre la superficie seleccionada.



**Figura 78** Medición de temperatura de escape

- Recopilar datos de la temperatura durante la prueba.

### 3.8. Protocolo de pruebas

La siguiente tabla nos permite establecer el orden de las pruebas a realizar, además de recopilar y organizar los parámetros obtenidos de mayor relevancia y posteriormente su análisis en la investigación.

**Tabla 11**  
**Protocolo de Pruebas**

Elemento Electrónico	DTC	Potencia	Torque	Consumo	Emisiones				Temperaturas	
					CO	HC	CO2	NOx	Admisión	Escape
Condiciones Estándar										
Sensores										
IAT	High									
	Low									
ECT	High									
	Low									
TPS	High									
	Low									
MAP	High									
	Low									
CMP	Off									
O2	Off									
ACTUADORES										
Inyector										
Bobina										
COMBINACIONES										
MAP(L)	IAT(H)									

CONTINÚA 



## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARAMETROS TÉRMICOS Y MECÁNICOS.

De acuerdo con los datos obtenidos mediante las pruebas realizadas se precisó el porcentaje de variación de los parámetros que determinan el rendimiento del motor Daewoo E-TECH II al momento de generar fallas en el conjunto de sensores y actuadores de acuerdo con el protocolo establecido.

#### 4.1. Determinación de potencia y torque

La información que el dinamómetro otorga en cada prueba son gráficas y tabla de valores tal como se ve en las figuras 79 y 80, donde se muestran la potencia del motor (HP), potencia en las ruedas (HP), torque (Kg-m), velocidad de giro del motor (rpm), velocidad lineal (Km/h) y el tiempo (s) de duración de la prueba. Los valores más altos de cada parámetro aparecen resaltados.

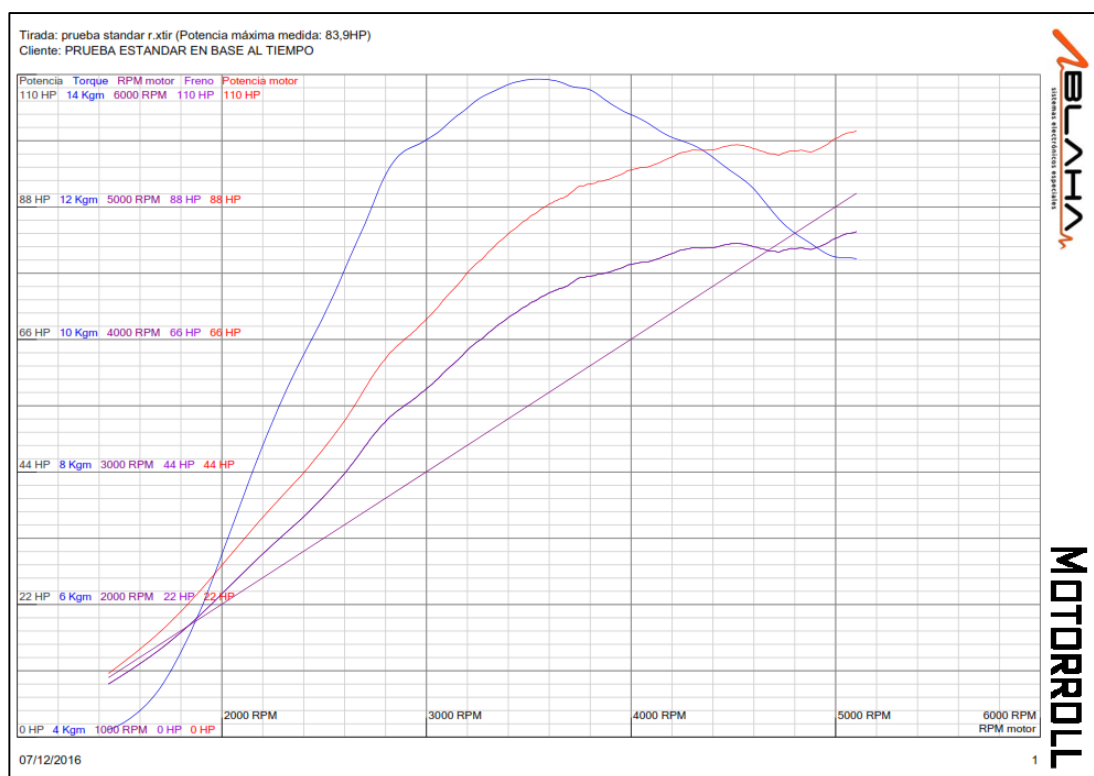


Figura 79 Curvas de torque y potencia

Tirada: prueba standar r.xtir  
 Cliente: PRUEBA ESTANDAR EN BASE AL TIEMPO

Tiempo	Velocidad	Potencia rueda	Torque	RPM motor	Potencia motor
0,45 Seg	27,87 Km/h	8,8 HP	4,11 Kg/m	1447 RPM	10,5 HP
0,45 Seg	29,30 Km/h	10,5 HP	4,23 Kg/m	1528 RPM	12,6 HP
0,90 Seg	33,24 Km/h	15,5 HP	4,91 Kg/m	1734 RPM	18,6 HP
1,35 Seg	37,17 Km/h	21,7 HP	6,25 Kg/m	1939 RPM	26,0 HP
1,80 Seg	40,55 Km/h	27,6 HP	7,71 Kg/m	2115 RPM	33,1 HP
2,25 Seg	43,55 Km/h	32,6 HP	8,93 Kg/m	2272 RPM	39,1 HP
2,69 Seg	46,05 Km/h	36,6 HP	9,78 Kg/m	2402 RPM	43,9 HP
3,14 Seg	48,07 Km/h	40,2 HP	10,41 Kg/m	2507 RPM	48,3 HP
3,59 Seg	49,54 Km/h	43,1 HP	10,94 Kg/m	2584 RPM	51,7 HP
4,04 Seg	50,71 Km/h	45,6 HP	11,37 Kg/m	2645 RPM	54,8 HP
4,49 Seg	51,84 Km/h	48,4 HP	11,77 Kg/m	2704 RPM	58,1 HP
4,94 Seg	52,87 Km/h	50,7 HP	12,19 Kg/m	2758 RPM	60,9 HP
5,39 Seg	53,79 Km/h	52,5 HP	12,51 Kg/m	2806 RPM	63,0 HP
5,84 Seg	54,66 Km/h	53,9 HP	12,73 Kg/m	2851 RPM	64,7 HP
6,28 Seg	55,47 Km/h	55,0 HP	12,85 Kg/m	2894 RPM	66,0 HP
6,73 Seg	56,24 Km/h	56,0 HP	12,91 Kg/m	2933 RPM	67,1 HP
7,18 Seg	56,97 Km/h	57,0 HP	12,96 Kg/m	2972 RPM	68,4 HP
7,63 Seg	57,72 Km/h	58,1 HP	13,03 Kg/m	3011 RPM	69,7 HP
8,08 Seg	58,48 Km/h	59,2 HP	13,11 Kg/m	3050 RPM	71,1 HP
8,53 Seg	59,24 Km/h	60,6 HP	13,21 Kg/m	3090 RPM	72,8 HP
8,98 Seg	60,08 Km/h	61,9 HP	13,34 Kg/m	3134 RPM	74,3 HP
9,43 Seg	60,97 Km/h	63,5 HP	13,44 Kg/m	3180 RPM	76,2 HP
9,87 Seg	61,93 Km/h	65,1 HP	13,57 Kg/m	3231 RPM	78,1 HP
10,32 Seg	63,01 Km/h	66,5 HP	13,69 Kg/m	3287 RPM	79,9 HP
10,77 Seg	64,11 Km/h	68,2 HP	13,77 Kg/m	3344 RPM	81,9 HP
11,22 Seg	65,20 Km/h	69,6 HP	13,85 Kg/m	3401 RPM	83,5 HP
11,67 Seg	66,26 Km/h	70,9 HP	13,90 Kg/m	3457 RPM	85,1 HP
12,12 Seg	67,26 Km/h	72,0 HP	13,92 Kg/m	3508 RPM	86,4 HP
12,40 Seg	67,88 Km/h	72,6 HP	13,93 Kg/m	3541 RPM	87,1 HP
12,57 Seg	68,23 Km/h	73,0 HP	13,93 Kg/m	3559 RPM	87,6 HP
13,01 Seg	69,14 Km/h	73,8 HP	13,92 Kg/m	3606 RPM	88,6 HP
13,46 Seg	70,05 Km/h	74,5 HP	13,89 Kg/m	3654 RPM	89,4 HP
13,91 Seg	70,98 Km/h	75,2 HP	13,83 Kg/m	3702 RPM	90,3 HP
14,36 Seg	71,97 Km/h	76,3 HP	13,80 Kg/m	3754 RPM	91,5 HP
14,81 Seg	73,00 Km/h	76,5 HP	13,76 Kg/m	3808 RPM	91,8 HP
15,26 Seg	74,09 Km/h	76,9 HP	13,64 Kg/m	3865 RPM	92,3 HP
15,71 Seg	75,27 Km/h	77,6 HP	13,51 Kg/m	3926 RPM	93,1 HP
16,16 Seg	76,53 Km/h	78,4 HP	13,41 Kg/m	3992 RPM	94,1 HP
16,60 Seg	77,83 Km/h	78,8 HP	13,31 Kg/m	4060 RPM	94,6 HP
17,05 Seg	79,21 Km/h	79,4 HP	13,17 Kg/m	4132 RPM	95,2 HP
17,50 Seg	80,67 Km/h	80,3 HP	13,04 Kg/m	4208 RPM	96,4 HP
17,95 Seg	82,26 Km/h	81,1 HP	12,95 Kg/m	4291 RPM	97,3 HP
18,40 Seg	83,94 Km/h	81,2 HP	12,80 Kg/m	4379 RPM	97,5 HP
18,85 Seg	85,72 Km/h	81,8 HP	12,58 Kg/m	4471 RPM	98,1 HP
19,30 Seg	87,47 Km/h	81,7 HP	12,38 Kg/m	4562 RPM	98,1 HP
19,75 Seg	88,97 Km/h	81,0 HP	12,13 Kg/m	4641 RPM	97,3 HP
20,19 Seg	90,48 Km/h	80,5 HP	11,83 Kg/m	4720 RPM	96,6 HP
20,64 Seg	92,08 Km/h	81,1 HP	11,60 Kg/m	4803 RPM	97,3 HP
21,09 Seg	93,67 Km/h	81,0 HP	11,43 Kg/m	4886 RPM	97,2 HP
21,54 Seg	95,20 Km/h	82,1 HP	11,28 Kg/m	4966 RPM	98,5 HP
21,99 Seg	96,57 Km/h	83,3 HP	11,24 Kg/m	5037 RPM	100,0 HP
22,44 Seg	97,83 Km/h	83,9 HP	11,22 Kg/m	5103 RPM	100,7 HP



Figura 80 Tabla de valores

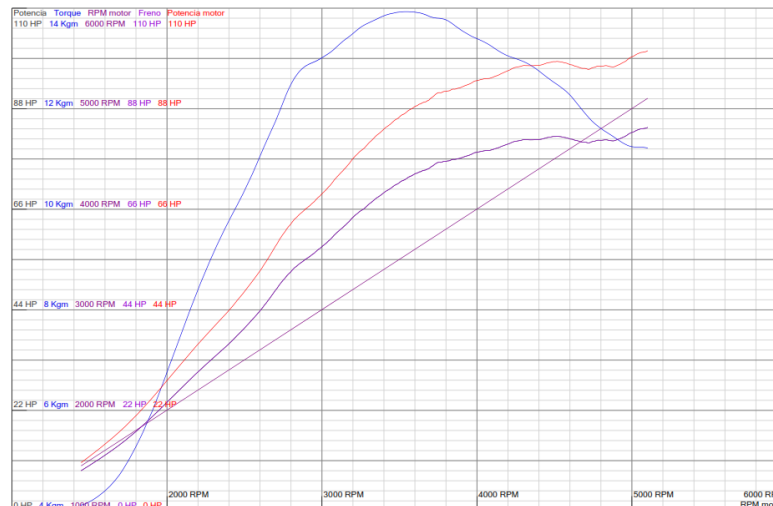
4.1.1. Pruebas en condiciones normales de funcionamiento (estándar)

La prueba se realizó con el motor en perfectas condiciones de funcionamiento y mediante interfaz OBDLink SX se comprobó que no exista ningún código de falla como se ve en la figura 81.

Codes	Details
<input type="radio"/> None <input checked="" type="radio"/> Noma	There are no pending, stored, or permanent diagnostic trouble codes (DTCs).

Figura 81 Comprobación de inexistencia de códigos de falla

En la figura 82 se refleja las curvas obtenidas y la tabla 12 se muestra los 51 valores de potencia y torque de las dos pruebas realizadas y su respectivo promedio resaltado los valores máximos.



**Figura 82** Curvas de potencia y torque en condiciones normales

**Tabla 12**

**Datos de potencia y torque en condición sin fallas**

Tiempo (Seg)	RPM Motor	Potencia (HP)			Torque (Kg-m)		
		Prueba 1	Prueba 2	Promedio	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
		0	1472	9,3	8,8	9,05	4,19
0,45	1653	16,9	10,5	13,7	4,69	4,23	4,46
0,9	1987	32,9	15,5	24,2	7,02	4,91	5,965
1,35	2162	38,4	21,7	30,05	9,82	6,25	8,035
1,8	2301	41,1	27,6	34,35	10,92	7,71	9,315
2,25	2421	43,6	32,6	38,1	11,26	8,93	10,095
2,7	2523	46,5	36,6	41,55	11,59	9,78	10,685
3,14	2605	48,7	40,2	44,45	11,97	10,41	11,19
3,59	2669	50,9	43,1	47	12,28	10,94	11,61
4,04	2723	52,7	45,6	49,15	12,56	11,37	11,965
4,49	2773	54,2	48,4	51,3	12,78	11,77	12,275
4,94	2819	55,3	50,7	53	12,94	12,19	12,565
5,39	2859	56,3	52,5	54,4	13,05	12,51	12,78
5,84	2898	57,1	53,9	55,5	13,13	12,73	12,93
6,29	2934	57,9	55	56,45	13,17	12,85	13,01
6,73	2967	58,9	56	57,45	13,24	12,91	13,075
7,18	3000	59,7	57	58,35	13,33	12,96	13,145
7,63	3033	60,4	58,1	59,25	13,39	13,03	13,21
8,08	3066	61,2	59,2	60,2	13,44	13,11	13,275
8,53	3101	62,2	60,6	61,4	13,5		13,355

**CONTINÚA** →



<b>8,97</b>	3137	63,2	61,9	62,55	13,59	13,34	13,465
<b>9,43</b>	3176	64,2	63,5	63,85	13,68	13,44	13,56
<b>9,88</b>	3219	65,2	65,1	65,15	13,75	13,57	13,66
<b>10,32</b>	3267	66,5	66,5	66,5	13,82	13,69	13,755
<b>10,77</b>	3317	67,7	68,2	67,95	13,91	13,77	13,84
<b>11,22</b>	3369	69,2	69,6	69,4	13,99	13,85	13,92
<b>11,67</b>	3420	70,5	70,9	70,7	14,08	13,9	13,99
<b>12,12</b>	3469	71,5	72	71,75	14,14	13,92	14,03
<b>12,57</b>	3511	72,1	73	72,55	14,15	13,93	14,04
<b>13,02</b>	3542	72,3	73,8	73,05	14,15	13,92	14,035
<b>13,47</b>	3588	73,2	74,5	73,85	14,13	13,89	14,01
<b>13,92</b>	3655	74,4	75,2	74,8	14,05	13,83	13,94
<b>14,36</b>	3703	75	76,3	75,65	14	13,8	13,9
<b>14,81</b>	3752	75,7	76,5	76,1	13,95	13,76	13,855
<b>15,26</b>	3804	75,7	76,9	76,3	13,87	13,64	13,755
<b>15,71</b>	3858	76,5	77,6	77,05	13,76	13,51	13,635
<b>16,16</b>	3918	77	78,4	77,7	13,7	13,41	13,555
<b>16,61</b>	3982	77,4	78,8	78,1	13,6	13,31	13,455
<b>17,06</b>	4050	78	79,4	78,7	13,47	13,17	13,32
<b>17,51</b>	4123	78,6	80,3	79,45	13,34	13,04	13,19
<b>17,95</b>	4201	79,2	81,1	80,15	13,2	12,95	13,075
<b>18,4</b>	4283	80,1	81,2	80,65	13,08	12,8	12,94
<b>18,85</b>	4370	80,6	81,8	81,2	12,96	12,58	12,77
<b>19,3</b>	4461	81	81,7	81,35	12,8	12,38	12,59
<b>19,75</b>	4549	81,1	81	81,05	12,58	12,13	12,355
<b>20,2</b>	4641	81,3	80,5	80,9	12,33	11,83	12,08
<b>20,65</b>	4728	80,8	81,1	80,95	12,06	11,6	11,83
<b>21,1</b>	4814	80,6	81	80,8	11,78	11,43	11,605
<b>21,54</b>	4902	80,5	82,1	81,3	11,52	11,28	11,4
<b>21,99</b>	4986	80,4	83,3	81,85	11,27	11,24	11,255
<b>22,44</b>	5067	81,4	83,9	82,65	11,07	11,22	11,145
		Valor máximo en cada prueba					
		Valor máximo promedio					

Los valores promedio obtenidos en esta prueba determinan el rango de estudio ya que el motor no presenta fallas, es decir la mayor potencia es de 82,65 HP, el torque máximo es de 14,04 Kg-m y el tiempo máximo de cada prueba de 22,44 seg.

#### 4.1.2. Pruebas con fallas en sensores

##### a. Sensor IAT (DTC alto)

En la figura 83 se evidencia la existencia del código de falla en la ECU al momento de la prueba.

P0113	
Type	PowerTrain
Status	Pending
ECU	11
Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High

**Figura 83** Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor IAT

Las curvas características del motor con el sensor IAT con DTC alto se muestra en la figura 84.

**Figura 84** Curvas de torque y potencia del sensor IAT con DTC alto

Los valores de torque y potencia en la condición indicada se muestran en la tabla 13

**Tabla 13**  
**Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor IAT**

El promedio de las dos pruebas indica que la potencia máxima es de 78,4 HP a 4051 rpm y que el torque máximo en ésta condición es de 13,835 Kg-m manteniendo este valor desde 3352 rpm a 3391 rpm.

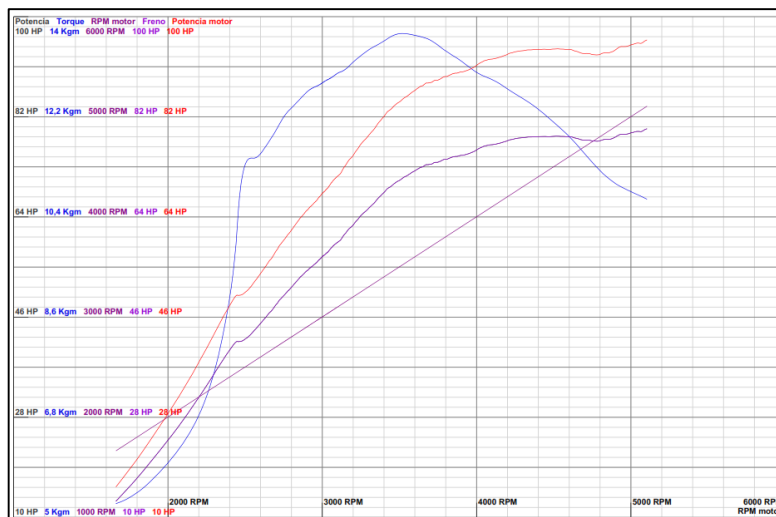
##### b. Sensor IAT (DTC bajo)

El código de falla generado se puede observar en la figura 85.

P0112	
Type	PowerTrain
Status	Pending
ECU	11
Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit Low

**Figura 85** Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor IAT

Los datos de potencia y torque con el código de falla presente se muestran en la tabla 14 y las curvas generadas por éstos en la figura 86.



**Figura 86** Curvas de torque y potencia del sensor IAT con DTC bajo

**Tabla 14**  
**Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor IAT**

**Figura 87** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor IAT

**Figura 88** Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor IAT

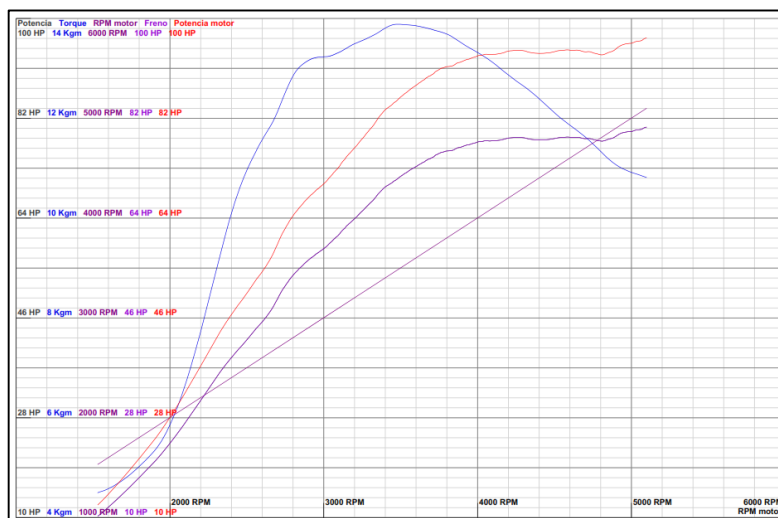
**c. Sensor ECT (DTC alto)**

La figura 89 indica el código generado en la ECU al momento de la prueba.

<b>P0118</b>	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Engine Coolant Temperature Circuit High

**Figura 89** Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor ECT

Las curvas características del motor se muestran en la figura 90.



**Figura 90** Curvas de torque y potencia del sensor ECT con DTC alto

Con el DTC generado los valores de potencia y torque se presentan en la tabla 15.

**Tabla 15**  
**Datos de potencia y torque con DTC ALTO del sensor ECT**

Tal como se evidencia en los valores resaltados en la tabla 15 la potencia máxima es 77,25 HP alcanzado a 4403 rpm y el torque 13,49 Kg-m valor que se mantiene desde 3460 a 3505 rpm.

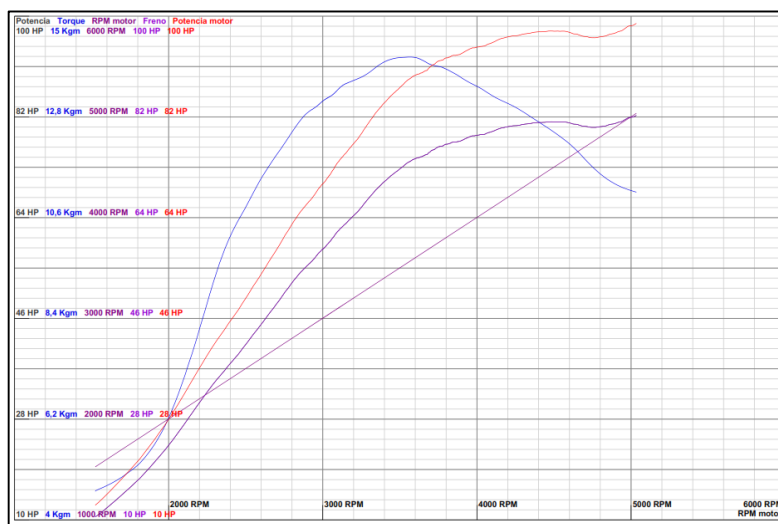
**d. Sensor ECT (DTC bajo)**

El código de falla registrado para la prueba se observa en la figura 91.

P0117	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Engine Coolant Temperature Circuit Low

**Figura 91** Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor ECT

Las respectivas curvas de torque y potencia se muestran en la figura 92.



**Figura 92** Curvas de torque y potencia del sensor ECT con DTC bajo

**Tabla 16**

**Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor ECT**

**Figura 93** Comparación de la potencia máxima en condición sin fallas vs DTC (alto - bajo) del sensor ECT

**Figura 94** Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor ECT

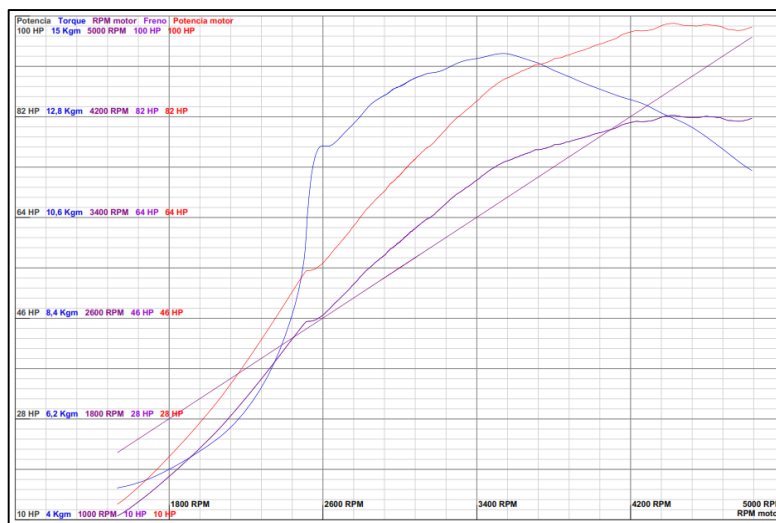
**e. Sensor TPS (DTC alto)**

En la figura 95 se muestra el código de falla presente en la prueba.

P0123	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Throttle/Pedal Position Sensor/Switch "A" Circuit High

**Figura 95** Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor TPS

Las curvas características con un código de falla alto en el sensor TPS se ve en la figura 96 y sus respectivos valores en la tabla 17.



**Figura 96** Curvas de torque y potencia del sensor TPS con DTC alto

**Tabla 17**  
**Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor TPS**

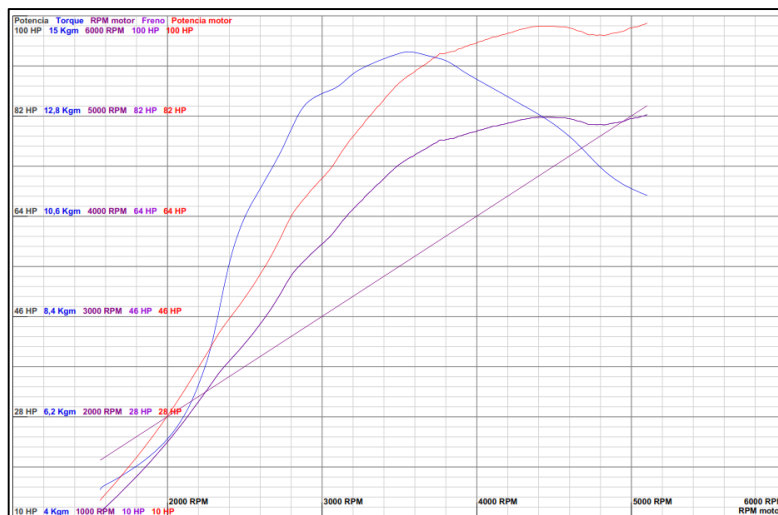
**f. Sensor TPS (DTC bajo)**

El DTC presente en la prueba se muestra en la figura 97.

P0122	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Throttle/Pedal Position Sensor/Switch "A" Circuit Low

**Figura 97** Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor TPS

Los datos obtenidos en la prueba se muestran en la tabla 18 y las curvas características en la figura 98.



**Figura 98** Curvas de torque y potencia del sensor TPS con DTC bajo

**Tabla 18** Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor TPS

**Figura 99** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor TPS

**Figura 100** Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor TPS

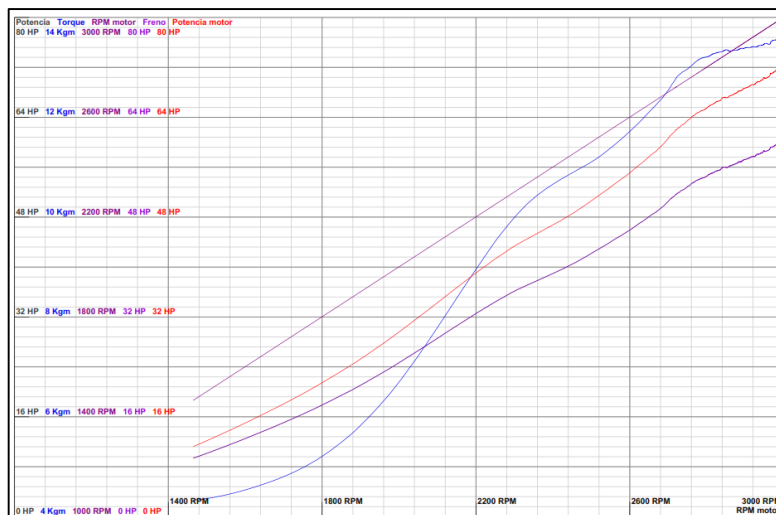
**g. Sensor MAP (DTC alto)**

El código de falla presente en la prueba se muestra en la figura 101.

P0108	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit High Input

**Figura 101** Lectura de código de falla (DTC alto) del sensor MAP

Las curvas características y datos obtenidos se muestran en la figura 102 y tabla 19 respectivamente.



**Figura 102** Curvas de torque y potencia del sensor MAP con DTC alto

**Tabla 19**  
**Datos de potencia y torque con DTC alto del sensor MAP**

Los resultados muestran que la potencia máxima promedio es de 58,45 HP y el valor promedio más alto de torque es 13,455 Kg-m los dos datos conseguidos en 2926 rpm y en el tiempo de 22,44 segundos.

**h. Sensor MAP (DTC bajo)**

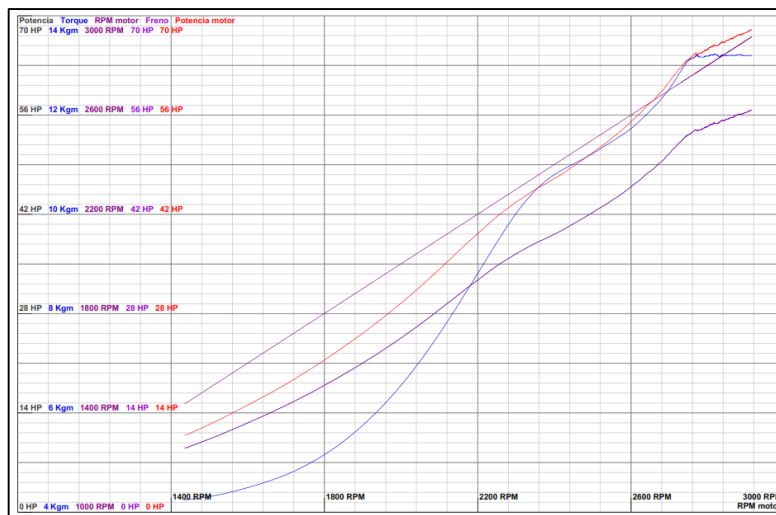
El código de falla registrado se muestra en la figura 103.

P0107	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input

**Figura 103** Lectura de código de falla (DTC bajo) del sensor MAP

Las curvas características y datos obtenidos se muestran en la figura 104 y tabla 20 respectivamente.





**Figura 104** Curvas de torque y potencia del sensor MAP con DTC bajo

**Tabla 20**  
**Datos de potencia y torque con DTC bajo del sensor MAP**

**Figura 105** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor MAP

**Figura 106** Comparación del torque máximo en condición estándar vs DTC (alto - bajo) del sensor MAP

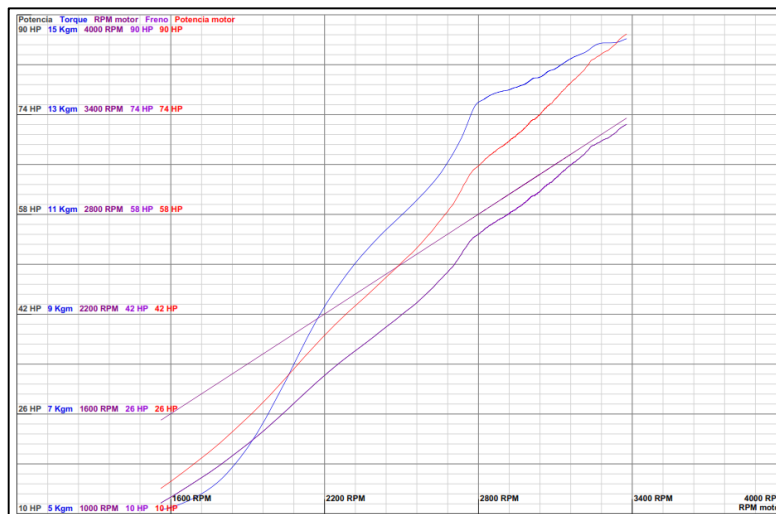
**i. Sensor O2 (desconectado)**

En la figura 107 se muestra en código de falla generado.

P0134	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	O2 Sensor Circuit No Activity Detected

**Figura 107** Lectura de código de falla Sensor O2 desconectado

Las curvas características se muestran en la figura 108.



**Figura 108** Curvas de torque y potencia con el sensor O2 desconectado

Los datos de las dos pruebas y sus respectivos promedios se muestran en la tabla 21.

**Tabla 21**  
**Datos de potencia y torque con el sensor O2 desconectado**

**Figura 109** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Sensor O2 desconectado

**Figura 110** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Sensor O2 desconectado

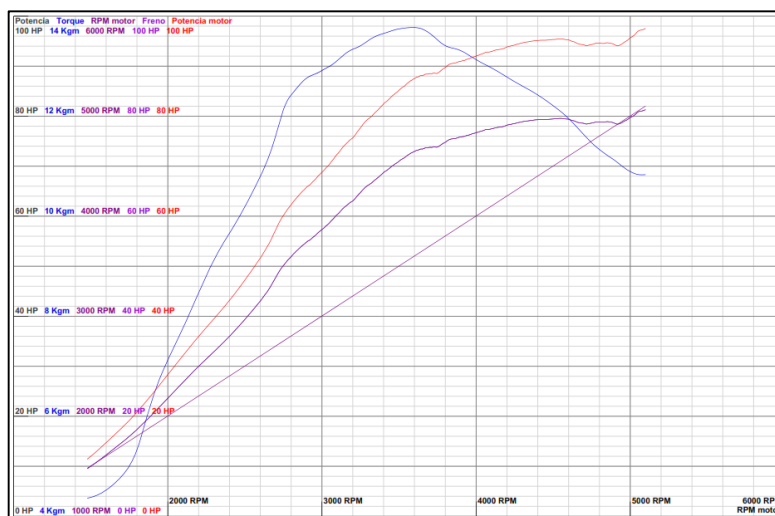
**j. Sensor CMP (desconectado)**

El DTC generado se muestra en la figura 111.

P0340	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Camshaft Position Sensor "A" Circuit

**Figura 111** Lectura de código de falla Sensor CMP desconectado

Las curvas características del motor cuando se desconecta el sensor CMP se muestra en la figura 112.



**Figura 112** Curvas de torque y potencia con el sensor CMP desconectado

Los datos de torque y potencia se muestran en la tabla 22.

**Tabla 22**

**Datos de potencia y torque con el sensor CMP desconectado**

**Figura 113** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Sensor CMP desconectado

**Figura 114** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Sensor CMP desconectado

### 4.1.3. Pruebas con falla en actuadores

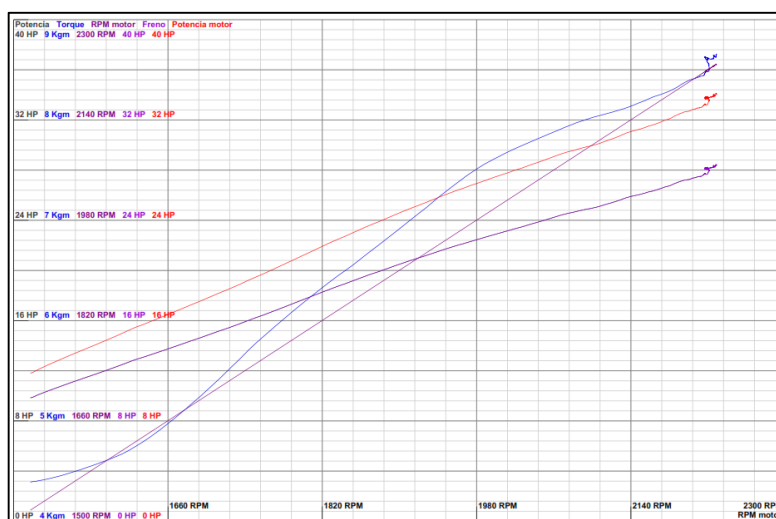
#### a. Inyector #4 (desconectado)

El código de falla presente en la prueba se muestra en la figura 115.

P0204	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Injector Circuit Open - Cylinder 4

**Figura 115** Lectura de código de falla Inyector #4 desconectado

La figura 116 muestra las curvas de torque y potencia cuando el inyector #4 se encuentra desconectado.



**Figura 116** Curvas características con Inyector #4 desconectado

Los valores de torque y potencia en las dos pruebas y su promedio se indica en la tabla 23.

**Tabla 23**

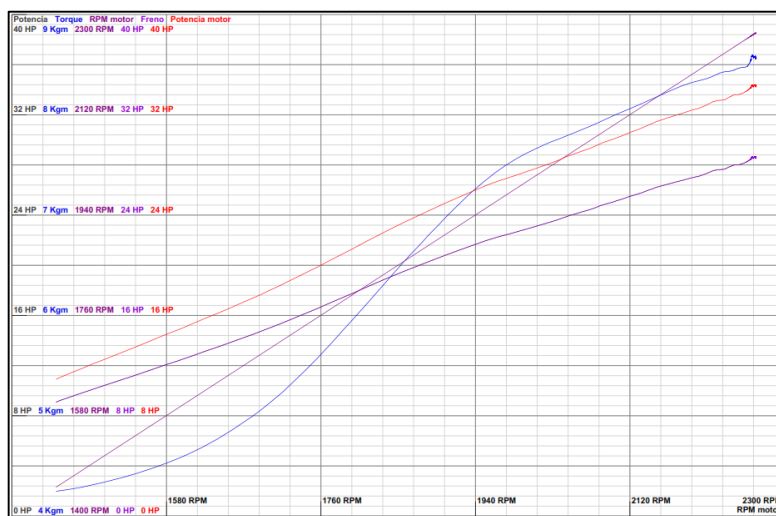
**Datos de potencia y torque con inyector #4 desconectado**

**Figura 117** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 desconectado

**Figura 118** Comparación del torque máximo en condición sin fallas vs Inyector #4 desconectado

**b. Bobina #2 (desconectado)**

La figura 119 muestra las curvas de torque y potencia cuando una bobina #2 se desconecta.



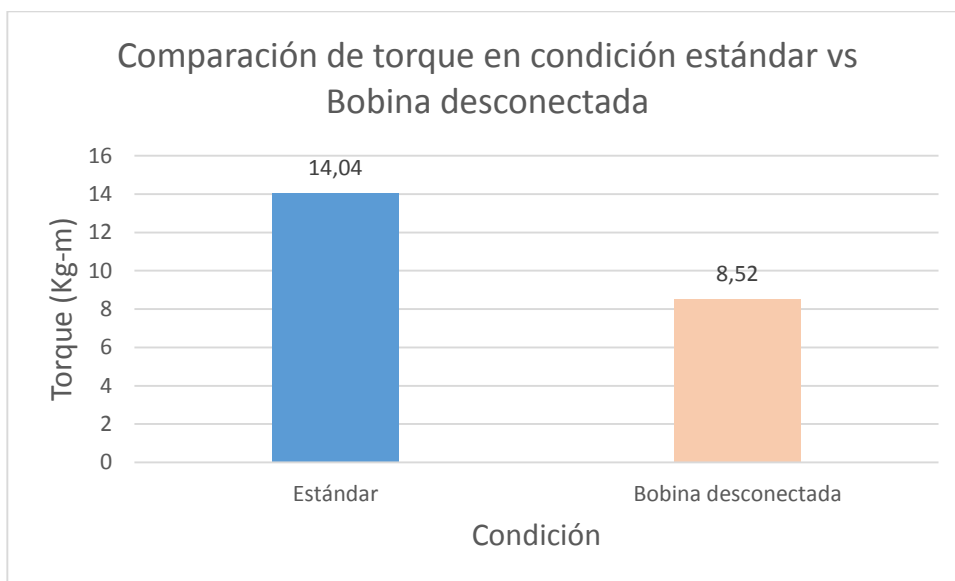
**Figura 119** Curvas de torque y potencia con la bobina #2 desconectada

En la tabla 24 se muestran los valores de potencia y torque obtenidos en las dos pruebas y su respectivo promedio.

**Tabla 24**  
**Datos de potencia y torque con la bobina #2 desconectada**

**Figura 120** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Bobina #2 desconectada

La caída de potencia es evidente cuando se desconecta la bobina #2 pues el valor máximo desciende desde 82,65 HP hasta 28 HP, mostrando una disminución de 54,65 HP es decir 66,12% menos que la potencia en condiciones normales de funcionamiento, siendo esto un indicador de la influencia que tiene la falla en el rendimiento del motor.



**Figura 121** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Bobina #2 desconectada

#### 4.1.4. Pruebas con fallas combinadas entre sensores y actuadores

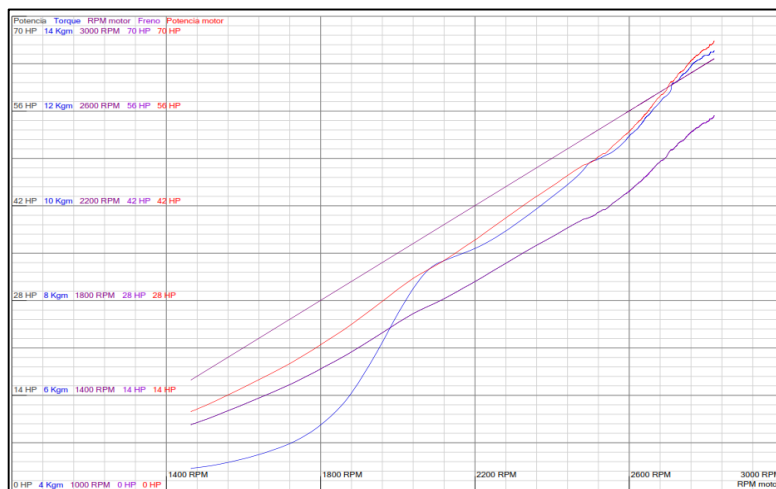
##### a. Sensor MAP (DTC bajo) – sensor IAT (DTC alto)

En la figura 122 se muestran los códigos de falla generados para la prueba.

Códigos	Detalles								
Almacenados P0107 P0113	<p><b>P0107</b></p> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Pending</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input</td></tr> </table>	Type	PowerTrain	Status	Pending	ECU	11	Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input
Type	PowerTrain								
Status	Pending								
ECU	11								
Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input								
Pendiente P0113 P0107	<p><b>P0113</b></p> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Pending</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High</td></tr> </table>	Type	PowerTrain	Status	Pending	ECU	11	Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High
Type	PowerTrain								
Status	Pending								
ECU	11								
Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High								

**Figura 122** Lectura de códigos de falla sensor MAP (DTC bajo) y sensor IAT (DTC alto)

La graficas de torque y potencia de la prueba en la condición establecida se muestra en la figura 123.



**Figura 123** Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto)

En la tabla 25 se presenta los valores de potencia y torque de las dos pruebas y el promedio respectivo.

**Tabla 25**  
**Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto)**

**Figura 124** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto)

**Figura 125** Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor IAT (DTC alto)

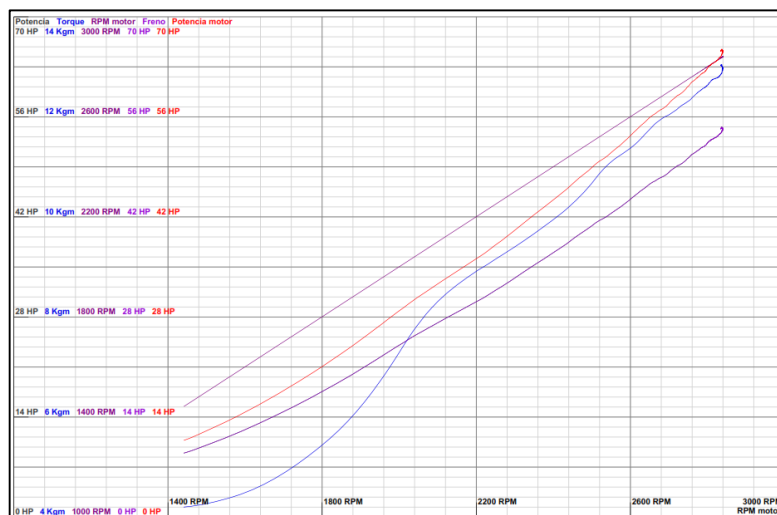
**b. Sensor MAP (DTC bajo) – sensor ECT (DTC alto)**

En la figura 126 se muestra los dos códigos de fallas registrados en la ECU para la prueba.

Códigos	Detalles								
Almacenados									
<ul style="list-style-type: none"> <li>⚠ P0118</li> <li>⚠ P0107</li> </ul>									
Pendiente									
<ul style="list-style-type: none"> <li>🔍 P0118</li> <li>🔍 P0107</li> </ul>									
	<b>P0118</b> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Stored</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Engine Coolant Temperature Circuit High</td></tr> </table>	Type	PowerTrain	Status	Stored	ECU	11	Description	Engine Coolant Temperature Circuit High
Type	PowerTrain								
Status	Stored								
ECU	11								
Description	Engine Coolant Temperature Circuit High								
	<b>P0107</b> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Stored</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input</td></tr> </table>	Type	PowerTrain	Status	Stored	ECU	11	Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input
Type	PowerTrain								
Status	Stored								
ECU	11								
Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input								

**Figura 126** Lectura de códigos de falla sensor MAP (DTC bajo) y sensor ECT (DTC alto)

Las curvas de torque y potencia se presentan en la figura 127.



**Figura 127** Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto)

En la tabla 26 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

**Tabla 26**  
**Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto)**

**Figura 128** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto)

**Figura 129** Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - sensor ECT (DTC alto)



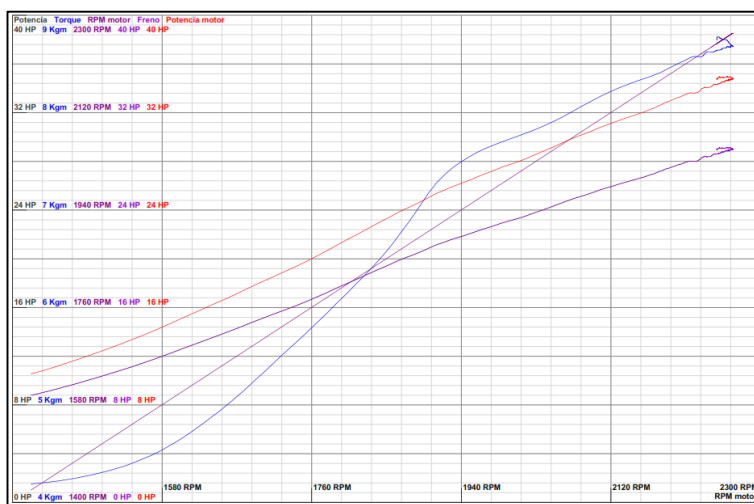
**c. Sensor MAP (DTC bajo) – bobina #2 (desconetado)**

Los códigos de falla registrados en la ECU se muestran en la figura 130.

P0107	
Type	PowerTrain
Status	Stored
ECU	11
Description	Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input

**Figura 130** Lectura de código de falla Sensor MAP (DTC bajo)

Las curvas de torque y potencia se muestran en la figura 131.



**Figura 131** Curvas de torque y potencia con sensor MAP (DTC bajo) - bobina #2 (desconectado)

En la tabla 27 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

**Tabla 27**  
**Datos de potencia y torque con sensor MAP (DTC bajo) - bobina #2 (desconectado)**

**Figura 132** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - Bobina #2 (desconectado)

**Figura 133** Comparación del torque máximo en condición estándar vs sensor MAP (DTC bajo) - bobina #2 (desconectado)

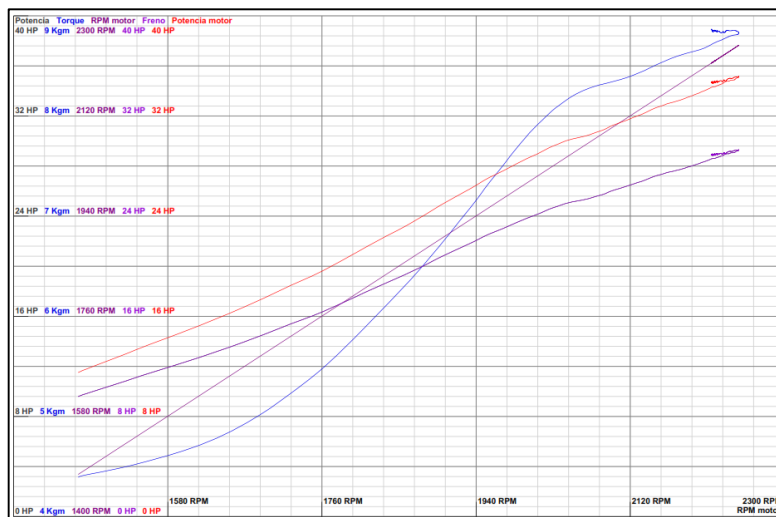
**d. Inyector #4 (desconectado) – sensor MAP (DTC bajo)**

En la figura 134 se muestra los códigos de falla registrado en la ECU para la prueba.

Códigos	Detalles
Almacenados P0204 P0107	
Pendiente P0204 P0107	
	<b>P0204</b>
	Type: PowerTrain
	Status: Stored
	ECU: 11
	Description: Injector Circuit/Open - Cylinder 4
	<b>P0107</b>
	Type: PowerTrain
	Status: Stored
	ECU: 11
	Description: Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit Low Input

**Figura 134** Lectura de códigos de falla inyector #4 (desconectado) y sensor MAP (DTC bajo)

Las curvas de potencia y torque se muestran en la figura 135.



**Figura 135** Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - Sensor MAP (DTC bajo)

En la tabla 28 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

**Tabla 28**  
**Datos de potencia y torque con inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo)**

**Figura 136** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo)

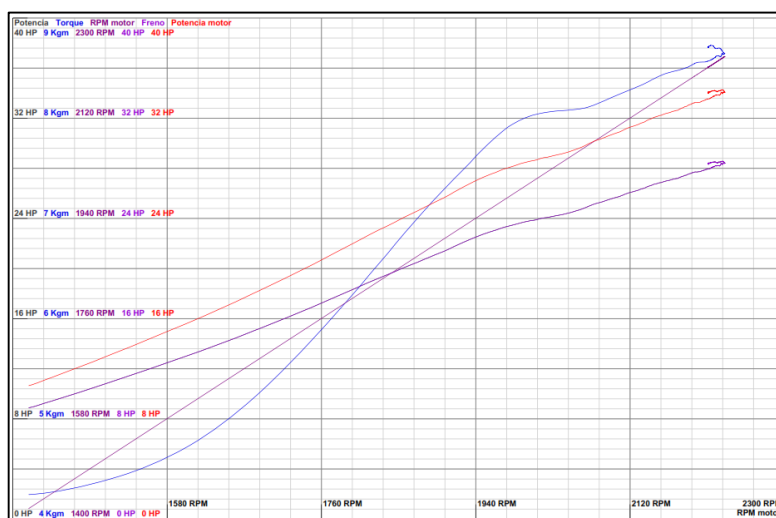
**Figura 137** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC bajo)

**e. Inyector #4 (desconectado) – sensor MAP (DTC alto)**

En la figura 138 se muestran los dos códigos de falla presentes en la prueba.

Códigos	Detalles
Almacenados ▲ P0204 ▲ P0108	<b>P0204</b> Type: PowerTrain Status: Stored ECU: 11 Description: Injector Circuit/Open - Cylinder 4
Pendiente ▼ P0204 ▼ P0108	<b>P0108</b> Type: PowerTrain Status: Stored ECU: 11 Description: Manifold Absolute Pressure/Barometric Pressure Circuit High Input

**Figura 138** Lectura de códigos de falla Inyector #4 desconectado y sensor MAP (DTC alto)



**Figura 139** Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto)

En la tabla 29 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

**Tabla 29**  
**Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto)**

**Figura 140** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - Sensor MAP (DTC alto)

**Figura 141** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor MAP (DTC alto)

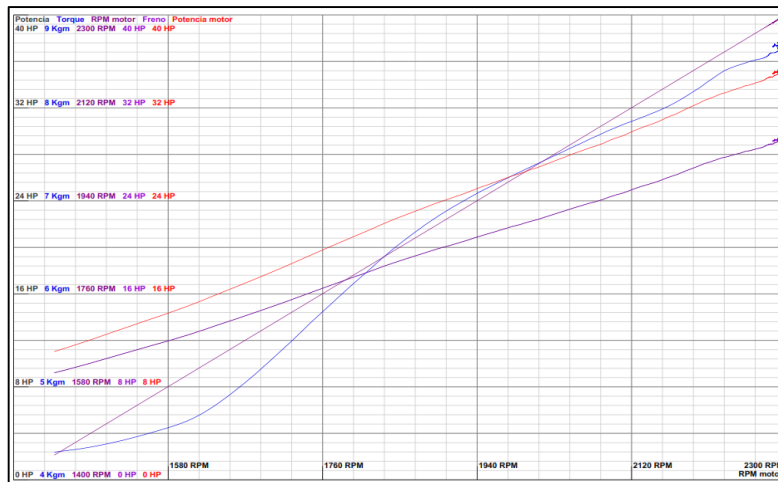
**f. Inyector #4 (desconectado) – sensor IAT (DTC alto)**

En la figura 142 se muestra los códigos de falla registrados en la ECU para la prueba.

Codes	Details																
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stored</li> <li>⚠ P0204</li> <li>⚠ P0113</li> <li>Pending</li> <li>🔵 P0204</li> <li>🔵 P0113</li> </ul>	<p><b>P0204</b></p> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Stored</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Injector Circuit/Open - Cylinder 4</td></tr> </table> <p><b>P0113</b></p> <table border="1"> <tr><td>Type</td><td>PowerTrain</td></tr> <tr><td>Status</td><td>Pending</td></tr> <tr><td>ECU</td><td>11</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High</td></tr> </table>	Type	PowerTrain	Status	Stored	ECU	11	Description	Injector Circuit/Open - Cylinder 4	Type	PowerTrain	Status	Pending	ECU	11	Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High
Type	PowerTrain																
Status	Stored																
ECU	11																
Description	Injector Circuit/Open - Cylinder 4																
Type	PowerTrain																
Status	Pending																
ECU	11																
Description	Intake Air Temperature Sensor 1 Circuit High																

**Figura 142** Lectura de códigos de falla Inyector #4 desconectado y Sensor IAT (DTC ALTO)

Las curvas de torque y potencia se muestran en la figura 143.



**Figura 143** Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto)

En la tabla 30 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

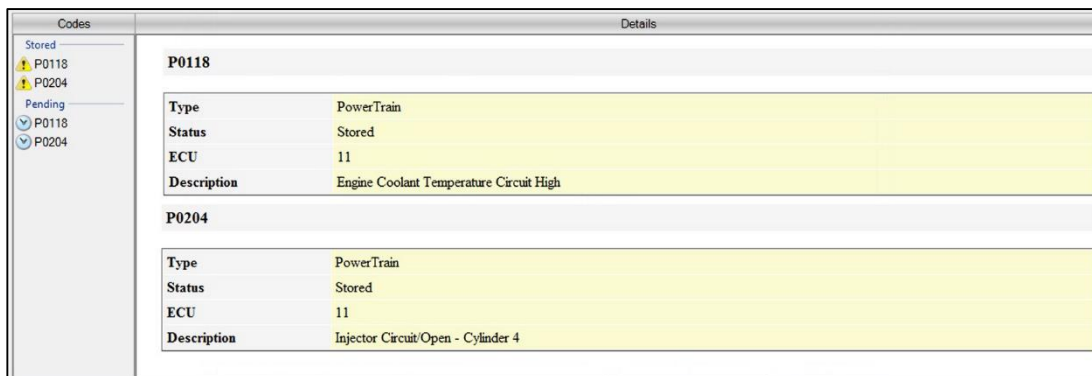
**Tabla 30**  
**Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto)**

**Figura 144** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - Sensor IAT (DTC alto)

**Figura 145** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor IAT (DTC alto)

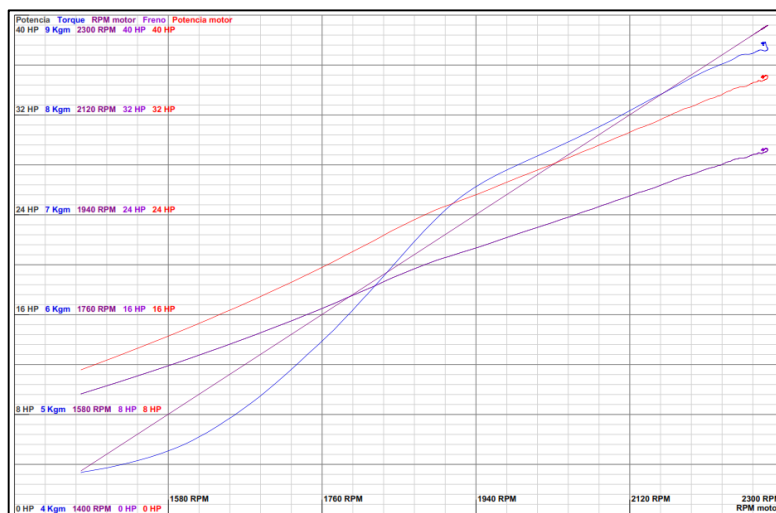
**g. Inyector #4 (desconectado) – sensor ECT (DTC alto)**

Los códigos de fallas que se registran en la ECU para la prueba se muestran en la figura 146.



**Figura 146** Lectura de códigos de falla Inyector # 4 desconectado y sensor ECT (DTC alto)

Las curvas de potencia y torque se presentan en la figura 147.



**Figura 147** Curvas de torque y potencia con Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto)

En la tabla 31 se encuentran los datos de potencia y torque de las dos pruebas y su respectivo promedio y resaltado los máximos valores.

**Tabla 31**  
**Datos de potencia y torque con Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto)**

**Figura 148** Comparación de la potencia máxima en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto)

**Figura 149** Comparación del torque máximo en condición estándar vs Inyector #4 (desconectado) - sensor ECT (DTC alto)

#### **4.1.5. Comparación unificada de valores de potencia y torque**

##### **a. Valores máximos de potencia y torque cuando los sensores presentan DTC alto**

**Figura 150** Comparación de los valores máximos de potencia cuando los sensores presentan DTC alto

**Figura 151** Comparación de los valores máximos de torque cuando los sensores presentan DTC alto

##### **b. Valores máximos de potencia y torque cuando los sensores presentan DTC bajo**

**Figura 152** Comparación de los valores máximos de potencia cuando los sensores presentan DTC bajo

**Figura 153** Comparación de los valores máximos de torque cuando los sensores presentan DTC bajo

##### **c. Valores máximos de potencia y torque con falla en actuadores**

**Figura 154** Comparación de los valores máximos de potencia cuando los actuadores presentan falla

**Figura 155** Comparación de los valores máximos de torque cuando los actuadores presentan fallas

**d. Valores máximos de potencia y torque con DTC en sensor MAP combinado con fallas en otros sensores**

**Figura 156** Comparación de valores máximos de potencia con DTC en el sensor MAP combinado con fallas en otros sensores

**Figura 157** Comparación de valores máximos de torque con DTC en el sensor MAP combinado con fallas en otros sensores

**e. Valores máximos de potencia y torque con Inyector desconectado combinado con fallas en sensores**

**Figura 158** Comparación de potencia máxima en combinaciones de inyector desconectado

**Figura 159** Comparación de torque máximo en combinaciones de inyector desconectado



#### **4.1.6. Comparación unificada de los HP (Potencia) perdidos en cada condición de prueba**

**Figura 160** Comparación de HP perdidos en cada condición de prueba

#### **4.1.7. Comparación de Kg-m (Torque) perdidos en cada condición de la prueba**

**Figura 161** Comparación de Kg-m perdidos en cada condición de prueba

#### **4.1.8. Comparación de revoluciones en donde se alcanzó la potencia máxima en cada condición de prueba**

**Figura 162** Comparación de RPM en donde se registró la potencia máxima en cada condición de prueba

#### **4.1.9. Comparación de revoluciones en donde se registró el valor máximo de torque en cada condición de prueba**

**Figura 163** Comparación de RPM en donde se registró el torque máximo en cada condición de prueba

## 4.2. Consumo específico de combustible

Para el cálculo de consumo específico de combustible se utilizan conjuntamente los valores de consumo de combustible (l/h), el valor de la densidad del combustible (gr/ml) y los valores de potencia (HP).

### 4.2.1. Consumo de combustible

En el anexo B se indican los datos obtenidos en las pruebas de consumo de combustible (tablas 32 - 53) al generar DTC's con los diferentes sensores, actuadores y sus respectivas combinaciones, a partir de la implementación del interfaz OBDLink SX, en el intervalo de tiempo correspondiente a las pruebas de torque y potencia en el dinamómetro.

**Tabla 32**  
**Datos de consumo de combustible en condiciones normales**

Tiempo (Seg)	RPM	Consumo (l/h)		
		Prueba 1	Prueba 2	Promedio
0	1472	1,0708	1,7350	1,4029
0,45	1653	1,5737	1,8285	1,7011
0,9	1987	3,5709	2,5509	3,0609
1,35	2162	5,2483	3,4776	4,3630
1,8	2301	5,7040	4,2732	4,9886
2,25	2421	5,7745	4,9829	5,3787
2,7	2523	5,9198	5,5706	5,7452
3,14	2605	6,0804	6,0452	6,0628
3,59	2669	6,2192	6,3197	6,2695
4,04	2723	6,3824	6,2750	6,3287
4,49	2773	6,5628	6,2317	6,3973
4,94	2819	6,7256	6,3409	6,5333
5,39	2859	6,8527	6,4936	6,6732
5,84	2898	6,9680	6,6510	6,8095
6,29	2934	7,0280	6,8169	6,9224
6,73	2967	7,0820	6,9335	7,0078
7,18	3000	7,1410	7,0300	7,0855
7,63	3033	7,2220	7,0950	7,1585
8,08	3066	7,3043	7,1600	7,2321
8,53	3101	7,3664	7,2545	7,3105
8,97	3137	7,4286	7,3585	7,3936
9,43	3176	7,4940	7,4800	7,4870

<b>9,88</b>	3219	7,5640	7,6330	7,5985
<b>10,32</b>	3267	7,6394	7,7640	7,7017
<b>10,77</b>	3317	7,7136	7,8780	7,7958
<b>11,22</b>	3369	7,7931	8,0166	7,9048
<b>11,67</b>	3420	7,8891	8,1622	8,0256
<b>12,12</b>	3469	7,9864	8,2900	8,1382
<b>12,57</b>	3511	8,0548	8,4175	8,2361
<b>13,02</b>	3542	8,0838	8,5350	8,3094
<b>13,47</b>	3588	8,2160	8,6550	8,4355
<b>13,92</b>	3655	8,4428	8,7158	8,5793
<b>14,36</b>	3703	8,4973	8,7725	8,6349
<b>14,81</b>	3752	8,5530	8,8660	8,7095
<b>15,26</b>	3804	8,6164	8,9800	8,7982
<b>15,71</b>	3858	8,7691	9,0989	8,9340
<b>16,16</b>	3918	8,9409	9,2232	9,0820
<b>16,61</b>	3982	9,0622	9,3512	9,2067
<b>17,06</b>	4050	9,1856	9,4909	9,3383
<b>17,51</b>	4123	9,3328	9,6391	9,4860
<b>17,95</b>	4201	9,4925	9,7925	9,6425
<b>18,4</b>	4283	9,6561	9,9285	9,7923
<b>18,85</b>	4370	9,8226	10,0706	9,9466
<b>19,3</b>	4461	10,0067	10,2113	10,1090
<b>19,75</b>	4549	10,1985	10,4101	10,3043
<b>20,2</b>	4641	10,4028	10,6800	10,5414
<b>20,65</b>	4728	10,6643	10,9636	10,8139
<b>21,1</b>	4814	10,9144	11,2127	11,0635
<b>21,54</b>	4902	11,1347	11,4260	11,2804
<b>21,99</b>	4986	11,3518	11,6153	11,4836
<b>22,44</b>	5067	11,6188	11,5807	11,5998
			Consumo mínimo	
			Consumo máximo	

En la tabla 32 se muestran los valores de consumo de combustible dentro del intervalo de tiempo para cada prueba en condiciones normales, es decir sin DTC's registrados en el sistema, donde se resaltan el consumo mínimo y máximo que presenta cada una de las pruebas. Dando un valor promedio mínimo y máximo de 1,4029 (l/h) y 11,5998 (l/h) respectivamente, tomando en cuenta que estos valores se presentan en las revoluciones más bajas y altas correspondientemente.

#### 4.2.2. Densidad del combustible

Para la densidad del combustible se tomó el valor establecido mediante el método de picnómetro como se muestra en la tabla 33.

**Tabla 33**  
**Densidad de la gasolina extra con el picnómetro**

Combustible	Masa picnómetro vacío (g)	Masa picnómetro lleno(g)	Masa de la mezcla (g)	Volumen de picnómetro (ml)	Densidad (g/ml)
Gasolina extra	16,7273	35,4254	18,6981	25	0,747924

Fuente: (Chiliquinga J & Ruiz M, 2016)

La gasolina extra presenta una densidad de **0.747924 g/ml**

#### 4.2.3. Consumo específico de combustible.

En este apartado se exponen los datos de las pruebas (tablas 34-53) que permiten analizar el consumo específico de combustible. Éste parámetro se calcula empleando los valores de potencia y la masa de combustible por unidad de tiempo a diferentes rangos de revoluciones, aplicados en la ecuación 4.

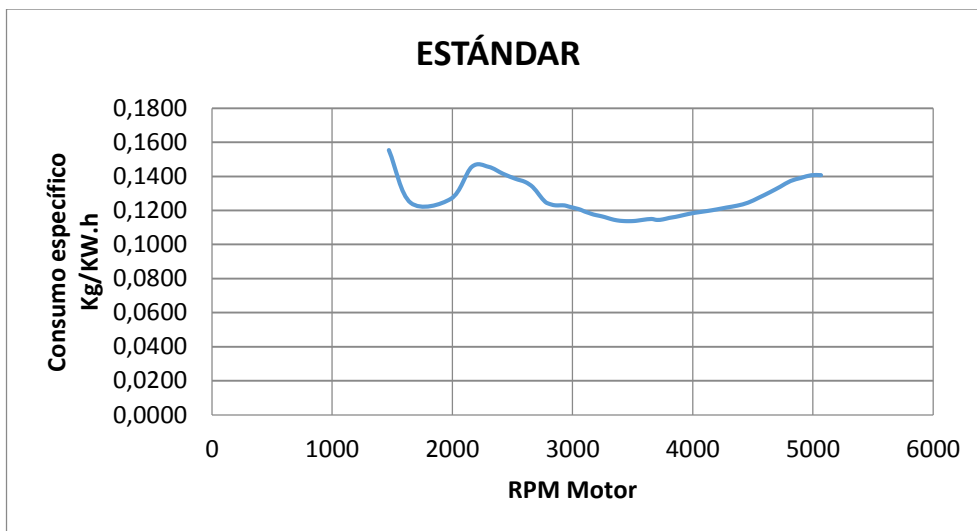
En la tabla 34 se muestran los valores de consumo específico de combustible cuando el motor estuvo en condiciones estándar, es decir sin fallas ni DTC's registrados.

**Tabla 34**  
**Datos de consumo específico de combustible en condiciones estándar**

Tiempo S	RPM	Consumo		Potencia efectiva (Ne)		Consumo específico (Ce)
		l/h	(mf) Kg/h	HP	KW	Kg/KW.h
<b>0</b>	1472	1,4029	1,0493	9,05	6,7486	<b>0,1555</b>
<b>0,45</b>	1653	1,7011	1,2723	13,7	10,2161	0,1245
<b>0,9</b>	1987	3,0609	2,2893	24,2	18,0459	0,1269
<b>1,35</b>	2162	4,3630	3,2632	30,05	22,4083	0,1456
<b>1,8</b>	2301	4,9886	3,7311	34,35	25,6148	0,1457
<b>2,25</b>	2421	5,3787	4,0229	38,1	28,4112	0,1416
<b>2,7</b>	2523	5,7452	4,2970	41,55	30,9838	0,1387
<b>3,14</b>	2605	6,0628	4,5345	44,45	33,1464	0,1368
<b>3,59</b>	2669	6,2695	4,6891	47	35,0479	0,1338

<b>4,04</b>	2723	6,3287	4,7334	49,15	36,6512	0,1291
<b>4,49</b>	2773	6,3973	4,7847	51,3	38,2544	0,1251
<b>4,94</b>	2819	6,5333	4,8864	53	39,5221	0,1236
<b>5,39</b>	2859	6,6732	4,9910	54,4	40,5661	0,1230
<b>5,84</b>	2898	6,8095	5,0930	55,5	41,3864	0,1231
<b>6,29</b>	2934	6,9224	5,1775	56,45	42,0948	0,1230
<b>6,73</b>	2967	7,0078	5,2413	57,45	42,8405	0,1223
<b>7,18</b>	3000	7,0855	5,2994	58,35	43,5116	0,1218
<b>7,63</b>	3033	7,1585	5,3540	59,25	44,1827	0,1212
<b>8,08</b>	3066	7,2321	5,4091	60,2	44,8911	0,1205
<b>8,53</b>	3101	7,3105	5,4677	61,4	45,7860	0,1194
<b>8,97</b>	3137	7,3936	5,5298	62,55	46,6435	0,1186
<b>9,43</b>	3176	7,4870	5,5997	63,85	47,6129	0,1176
<b>9,88</b>	3219	7,5985	5,6831	65,15	48,5824	0,1170
<b>10,32</b>	3267	7,7017	5,7603	66,5	49,5891	0,1162
<b>10,77</b>	3317	7,7958	5,8307	67,95	50,6703	0,1151
<b>11,22</b>	3369	7,9048	5,9122	69,4	51,7516	0,1142
<b>11,67</b>	3420	8,0256	6,0026	70,7	52,7210	0,1139
<b>12,12</b>	3469	8,1382	6,0868	71,75	53,5040	<b>0,1138</b>
<b>12,57</b>	3511	8,2361	6,1600	72,55	54,1005	0,1139
<b>13,02</b>	3542	8,3094	6,2148	73,05	54,4734	0,1141
<b>13,47</b>	3588	8,4355	6,3091	73,85	55,0699	0,1146
<b>13,92</b>	3655	8,5793	6,4167	74,8	55,7784	0,1150
<b>14,36</b>	3703	8,6349	6,4583	75,65	56,4122	0,1145
<b>14,81</b>	3752	8,7095	6,5140	76,1	56,7478	0,1148
<b>15,26</b>	3804	8,7982	6,5804	76,3	56,8969	0,1157
<b>15,71</b>	3858	8,9340	6,6820	77,05	57,4562	0,1163
<b>16,16</b>	3918	9,0820	6,7927	77,7	57,9409	0,1172
<b>16,61</b>	3982	9,2067	6,8859	78,1	58,2392	0,1182
<b>17,06</b>	4050	9,3383	6,9843	78,7	58,6866	0,1190
<b>17,51</b>	4123	9,4860	7,0948	79,45	59,2459	0,1198
<b>17,95</b>	4201	9,6425	7,2118	80,15	59,7679	0,1207
<b>18,4</b>	4283	9,7923	7,3239	80,65	60,1407	0,1218
<b>18,85</b>	4370	9,9466	7,4393	81,2	60,5508	0,1229
<b>19,3</b>	4461	10,1090	7,5608	81,35	60,6627	0,1246
<b>19,75</b>	4549	10,3043	7,7068	81,05	60,4390	0,1275
<b>20,2</b>	4641	10,5414	7,8842	80,9	60,3271	0,1307
<b>20,65</b>	4728	10,8139	8,0880	80,95	60,3644	0,1340
<b>21,1</b>	4814	11,0635	8,2747	80,8	60,2526	0,1373
<b>21,54</b>	4902	11,2804	8,4368	81,3	60,6254	0,1392
<b>21,99</b>	4986	11,4836	8,5888	81,85	61,0355	0,1407
<b>22,44</b>	5067	11,5998	8,6757	82,65	61,6321	0,1408
		Consumo específico de combustible mínimo				
		Consumo específico de combustible máximo				

En el intervalo de 22,44 segundos el consumo mínimo es 0,1138 (Kg/KW.h) registrado a 3469 rpm, mientras que el máximo consumo es 0,1555 (Kg/KW.h) en el momento de inicio de la prueba a 1472 rpm.



**Figura 164** Curva de consumo específico de combustible en condiciones estándar

Los resultados obtenidos en el tiempo de 22,44 segundos, se ilustran en la figura 164 donde se observan las revoluciones a los que se producen el mínimo y máximo consumo, así también el rango de régimen óptimo en el cual el consumo mínimo se extiende que va de los 3000 a 4000 rpm.

#### 4.2.4. Pruebas con fallas en sensores

##### a. Sensor IAT (DTC alto)

En la tabla 35 se muestran los valores de consumo específico de combustible cuando se genera un DTC alto en el sensor IAT

#### Tabla 35

Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor IAT

**Figura 165** Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor IAT

**b. Sensor IAT (DTC alto)**

En la tabla 36 se muestran los valores de consumo específico de combustible cuando se genera un DTC bajo en el sensor IAT

**Tabla 36**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor IAT**

**Figura 166** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor IAT

**Figura 167** Comparación de prueba estándar vs IAT con DTC alto y bajo

**c. Sensor ECT (DTC alto)**

A continuación, en la tabla 37 se observan los valores del consumo específico de combustible cuando se genera un DTC alto del sensor ECT.

**Tabla 37**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor ECT**

**Figura 168** Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor ECT



**d. Sensor ECT (DTC bajo)**

En la tabla 38 se muestra los datos del consumo específico de combustible cuando se genera un DTC bajo en el sensor ECT.

**Tabla 38**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor ECT**

**Figura 169** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor ECT

**Figura 170** Comparación de prueba estándar vs ECT con DTC alto y bajo

**e. Sensor TPS (DTC alto)**

Se muestra los datos del consumo específico de combustible en la tabla 39 cuando se genera un DTC alto en el sensor TPS.

**Tabla 39**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor TPS**

**Figura 171** Curva de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor TPS

**f. Sensor TPS (DTC bajo)**

Se muestra los datos del consumo específico de combustible en la tabla 40 cuando se genera un DTC bajo en el sensor TPS.

**Tabla 40**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor TPS**

**Figura 172** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor TPS

**Figura 173** Comparación de prueba estándar vs TPS con DTC alto y bajo

**g. Sensor MAP (DTC alto)**

En la tabla 41 se muestran los valores de consumo específico de combustible cuando se genera un DTC alto en el sensor MAP

**Tabla 41**  
**Datos de consumo específico de combustible con DTC alto del sensor MAP**

**Figura 174** Curva de consumo específico de combustible con DTC ALTO del sensor MAP

**h. Sensor MAP (DTC bajo)**

Se muestran los datos de consumo específico de combustible a partir de generar un DTC bajo en el sensor MAP en la tabla 42.

**Tabla 42**  
**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP**

**Figura 175** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP

**Figura 176** Comparación de prueba estándar vs MAP con DTC alto y bajo

**i. Sensor CMP (desconectado)**

La tabla 43 muestra los datos obtenidos de consumo específico de combustible a partir de generar un DTC en el sensor CMP.

**Tabla 43**  
**Datos de consumo específico de combustible con DTC del sensor CMP desconectado**

**Figura 177** Curva de consumo específico de combustible con DTC del sensor CMP desconectado

**j. Sensor O2 (desconectado)**

En la tabla 44 se muestran los valores de consumo específico de combustible cuando se genera un DTC con el sensor O2 desconectado.

**Tabla 44**  
**Datos de consumo específico de combustible con DTC del sensor O2 desconectado**

**Figura 178** Curva de consumo específico de combustible con DTC del sensor O2 desconectado

Los datos obtenidos en la prueba para el intervalo de 22,44 segundos, se muestran dentro la curva de consumo específico de combustible de la figura178, donde se identifica tanto el máximo como mínimo valor del mismo al inicio y final de la prueba respectivamente, además el rango de régimen optimo no existe debido a que el consumo hasta finalizar la prueba solo ese encuentra disminuyendo.

**Figura 179** Comparación de prueba estándar vs sensores CMP y O2 desconectados

#### **4.2.5. Pruebas con fallas en actuadores**

##### **a. Inyector desconectado**

En la tabla 45 se muestran los datos de consumo específico de combustible cuando se genera un DTC al desconectar el inyector #4.

**Tabla 45**  
**Datos de consumo específico de combustible con DTC del inyector #4 desconectado**

**Figura 180** Curva de consumo específico de combustible con DTC del inyector #4 desconectado

##### **b. Bobina desconectada**

Los datos que se muestran en la tabla 46 son del consumo específico obtenido al generar una falla desconectado la bobina #2.

**Tabla 46**  
**Datos de consumo específico de combustible con falla de la bobina #2 desconectada**

**Figura 181** Curva de consumo específico de combustible con falla de la bobina #2 desconectada

**Figura 182** Comparación de prueba Estándar Vs Inyector o Bobina desconectada

**Figura 183** Consumo mínimo y máximo en sensores y actuadores

#### **4.2.6. Pruebas con fallas en combinadas entre sensores y actuadores**

##### **a. Sensor MAP (DTC bajo) – sensor IAT (DTC alto)**

En la tabla 47 se muestran los datos de consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el sensor MAP - DTC bajo y el sensor IAT – DTC alto.

##### **Tabla 47**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor IAT**

**Figura 184** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor IAT

**Figura 185** Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y IAT con DTC alto

##### **b. Sensor MAP (DTC bajo) – sensor ECT (DTC alto)**

A continuación, en la tabla 48 se observan los valores del consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el sensor MAP - DTC bajo y el sensor ECT – DTC alto.

**Tabla 48**

**Datos de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor ECT**

**Figura 186** Curva de consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y DTC alto del sensor ECT

**Figura 187** Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y ECT con DTC alto

**c. Sensor MAP (DTC bajo) – Bobina (desconectada)**

En la tabla 49 se muestra los datos del consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el sensor MAP - DTC bajo y la bobina #2 desconectada.

**Tabla 49**

**Datos del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y bobina #2 desconectada**

**Figura 188** Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP y bobina #2 desconectada

**Figura 189** Comparación de la prueba estándar vs combinación de sensores MAP con DTC bajo y bobina #2 desconectada

**d. Inyector (desconectado) – sensor MAP (DTC alto)**

**Tabla 50**  
**Datos del consumo específico de combustible con DTC alto del sensor MAP e Inyector #4 desconectado**

**Figura 190** Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado

**Figura 191** Comparación de la prueba Estándar Vs combinación del inyector #4 y sensor MAP DTC alto

**e. Inyector (desconectado) – sensor MAP (DTC bajo)**

A continuación, en la tabla 51 se observan los valores del consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el sensor MAP - DTC bajo y el inyector #4 desconectado

**Tabla 51**  
**Datos del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado**

**Figura 192** Curva del consumo específico de combustible con DTC bajo del sensor MAP e Inyector #4 desconectado

**Figura 193** Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor MAP con DTC bajo

**f. Inyector (desconectado) – Sensor IAT (DTC alto)**

En la tabla 52 se muestra los datos del consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el inyector #4 desconectado y sensor IAT –DTC alto

**Tabla 52**

**Datos del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor IAT con DTC alto**

**Figura 194** Curva del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor IAT con DTC alto

**Figura 195** Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor IAT con DTC alto

**g. Inyector (desconectado) – Sensor ECT (DTC alto)**

A continuación, la tabla 53 se muestra los datos del consumo específico de combustible cuando se genera una combinación con el inyector #4 desconectado y sensor ECT –DTC alto.

**Tabla 53**

**Datos del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor ECT con DTC alto**

**Figura 196** Curva del consumo específico de combustible con inyector #4 desconectado y sensor ECT con DTC alto

**Figura 197** Comparación de la prueba estándar vs combinación del inyector #4 y sensor ECT con DTC alto

**4.2.7. Comparación de valores máximos y mínimos en las combinaciones**

**Figura 198** Consumo mínimo y máximo en las combinaciones



#### 4.2.8. Comparación conjunta de los valores de consumo específico de combustible

**Figura 199** Comparación conjunta de los valores de consumo específico de combustible

#### 4.3. Pruebas de emisiones de gases

Para medir las emisiones de gases contaminantes que genera el MCI del vehículo realizamos las pruebas de forma estratificada en función de los casos más óptimos y críticos presentados al momento de la determinación del torque y potencia, y así determinar sus niveles de variación ocasionados por los DTC's generados.

##### 4.3.1. Tabulación de datos de emisiones contaminantes

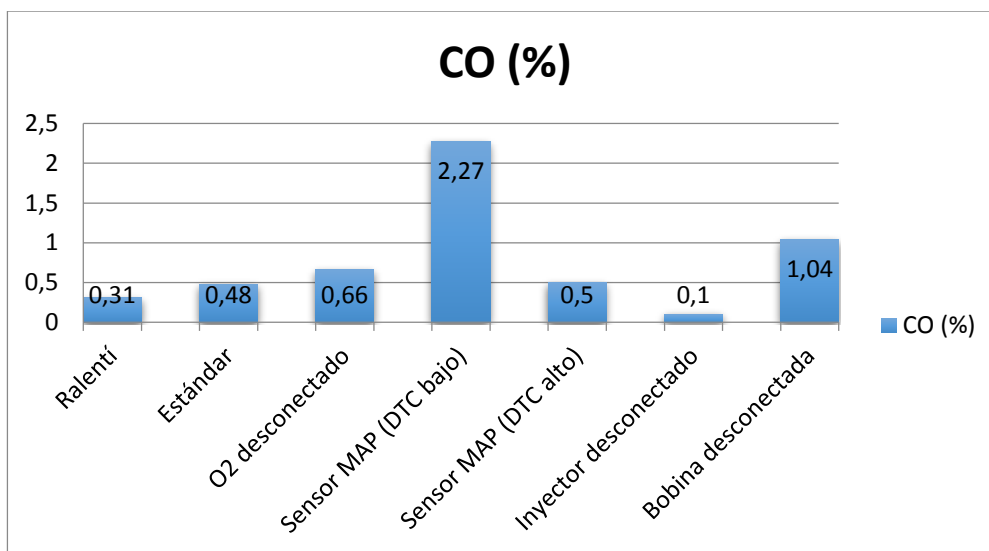
Los parámetros a ser analizados son el monóxido de carbono (%), contenido de hidrocarburos no combustionados (ppm), dióxido de carbono (%), oxígeno (%) y factor lambda, como se puede notar en la tabla 54, seleccionando los valores más característicos de cada uno.

**Tabla 54**  
**Medición de Emisión de gases**

Condición	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	Lambda
Ralentí	0,31	118	6,7	10,51	1,988
Estándar	0,48	190	12,5	1,52	1,055
O2 desconectado	0,66	172	12,4	0,94	1,015
MAP DTC bajo	2,27	196	12,1	1,58	1,057
MAP DTC alto	0,5	244	11,7	1,69	1,068
Inyector desconectado	0,1	108	7,5	9,23	1,808
Bobina desconectada	1,04	3532	7,3	8,28	1,298

### 4.3.2. Graficas comparativas de las emisiones de gases contaminantes

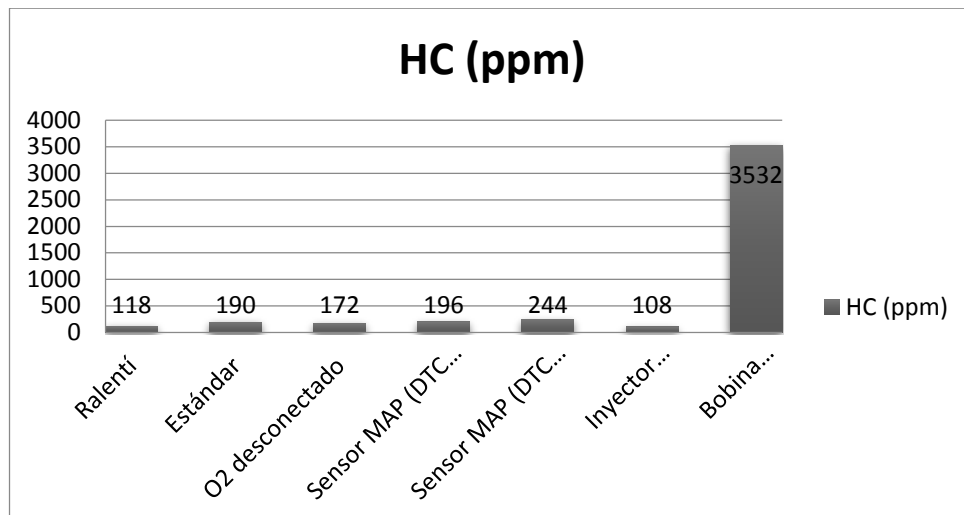
Se muestran los resultados obtenidos de las emisiones de monóxido de carbono (CO) en la figura 199 para cada prueba y DTC generado.



**Figura 200** Gráfica comparativa de Monóxido de carbono (CO)

Los resultados obtenidos de la medición de CO muestran que la mayoría de pruebas no superan un valor máximo de 1% a excepción de la prueba con el sensor MAP con DTC bajo, donde el porcentaje supero el 2% ya que en este caso existe una mezcla rica en la combustión debido a que la ECU compensa el valor bajo de presión en el motor con mayor inyección de combustible, además en la prueba del inyector desconectado es un valor muy bajo, ya que en este caso en un cilindro existe insuficiencia de combustible y solo circula aire en el mismo.

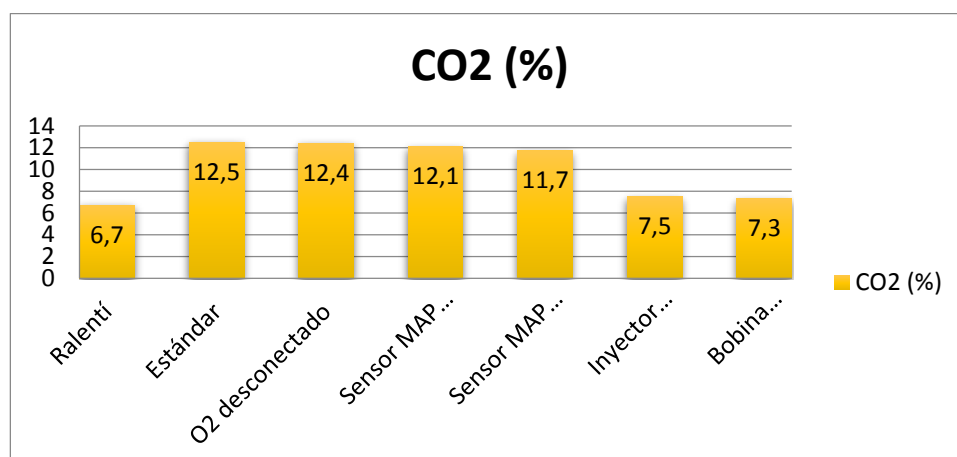
En la figura 201 muestran los resultados obtenidos de valores porcentuales de oxígeno (O) emitidos como producto de la combustión hacia la atmosfera en cada prueba y DTC generado.



**Figura 201** Gráfica comparativa de Hidrocarburos no combustionados (HC)

Los resultados obtenidos de la medición de HC no combustionados producidos por el motor en un promedio son similares a excepción de la prueba con una bobina desconectada, en donde se nota un valor muy alto, ya que un cilindro no está trabajando por la ausencia de chispa y por lo tanto los hidrocarburos no están siendo combustionados en su totalidad. Además, en la prueba del inyector desconectado se nota el valor más bajo porque solo se está midiendo los HC no combustionados de solo tres cilindros que están combustionando.

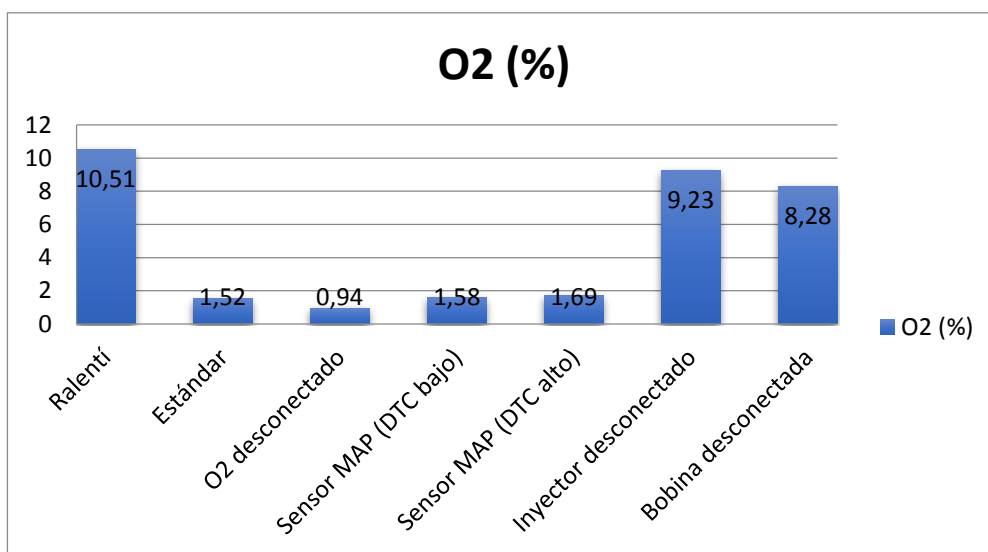
Se muestran los resultados obtenidos de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la figura 202 para cada prueba y DTC generado



**Figura 202** Gráfica comparativa de Dióxido de carbono

Los resultados obtenidos de la medición de CO<sub>2</sub> en la mayoría de pruebas dan valores similares de un 12% que es un excelente indicador de una correcta combustión, al contrario de las otras pruebas que tienen lecturas bajas las cuales son indicativas de un proceso de combustión incompleto, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso.

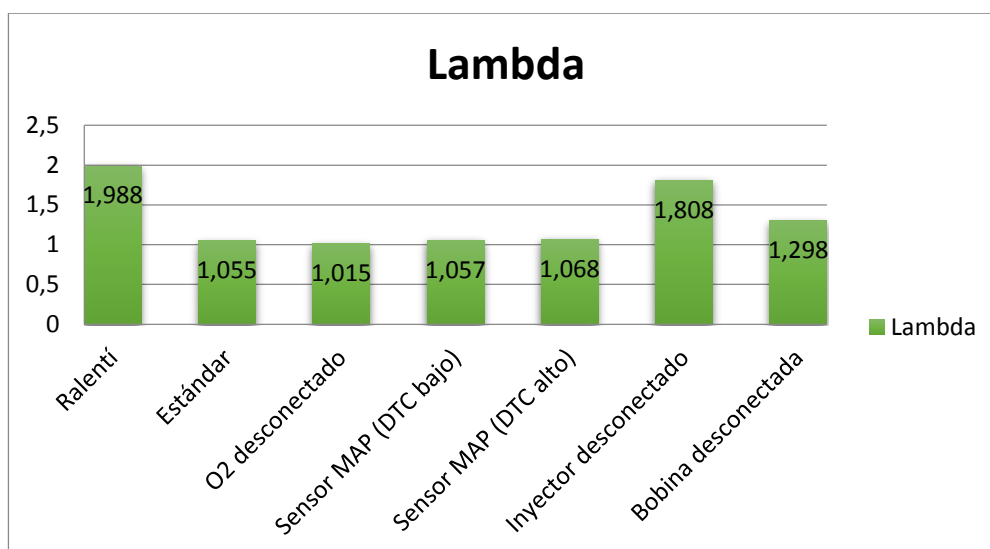
Se muestran los resultados obtenidos de las emisiones oxígeno (O) en la figura 203 para cada prueba y DTC generado



**Figura 203** Gráfica comparativa del Oxígeno

Los valores obtenidos en las mediciones del O<sub>2</sub> en la mayoría de pruebas son muy bajos, sabiendo que este parámetro indica el aire sobrante del proceso de combustión deducimos que la mezcla y su combustión fue muy efectiva. Pero en los otros casos que sobre pasa un porcentaje de 8% nos hace notar que la mezcla está pobre y que hay combustiones que no se están produciendo.

En la figura 203 nos muestra los valores de la relación Lambda (aire combustible) cada prueba y DTC generado



**Figura 204** Gráfica comparativa de la relación Lambda

Los valores de lambda están estrictamente relacionados con los valores de oxígeno, por lo tanto, notamos que en las pruebas donde el porcentaje de oxígeno son bajas el valor de lambda es casi 1 que demuestra un proceso de combustión efectivo, mientras que las demás pruebas el valor es mayor a uno dando así un resultado de una mezcla con poca gasolina.

#### 4.4. Cálculo de rendimientos

Para el cálculo matemático de los rendimientos se emplea variables y constantes, este segundo grupo se presenta en la tabla 55.

**Tabla 55**  
**Constantes para cálculo de rendimientos**

Constantes	Símbolo	Valor	Unidades
Coeficiente adiabático	$k$	1.41	*
Relación de compresión	$\varepsilon$	9,5	*
Grado de expansión previa	$\rho$	4	*
Cilindrada unitaria	$Vh$	0,0003995	m3
Número de cilindros	$i$	4	*
Calor específico a presión constante	$C_p$	1,005	KJ/Kg. K
Calor específico a volumen constante	$C_v$	0,719	KJ/Kg. K

Fuente: (Mena L, 2011)

#### 4.4.1. Cálculo de rendimiento mecánico

Mediante el uso de la ecuación 10 se obtiene el valor de rendimiento mecánico en cada condición establecida en el protocolo de pruebas.

En la tabla 55 se muestra los valores máximos de potencia conseguidos en cada condición, siendo estos datos la potencia efectiva y el valor de potencia indicada es 103 HP, información obtenida de las especificaciones técnicas del motor,

**Tabla 56**  
**Valores de rendimiento mecánico**

Condición	Potencia efectiva (HP)	Rendimiento mecánico
Estándar	82,65	80,24%
Sensor IAT DTC alto	78,4	76,12%
Sensor IAT DTC bajo	79,05	76,75%
Sensor ECT DTC alto	77,25	75,00%
Sensor ECT DTC bajo	80,95	78,59%
Sensor TPS DTC alto	78,9	76,60%
Sensor TPS DTC bajo	80,6	78,25%
Sensor MAP DTC alto	58,45	56,75%
Sensor MAP DTC bajo	55	53,40%
Sensor O2 desconectado	71,4	69,32%
Sensor CMP desconectado	81,15	78,79%
Inyector desconectado	28,15	27,33%
Bobina desconectado	28	27,18%
Sensor MAP DTC bajo - Sensor IAT DTC alto	55,05	53,45%
Sensor MAP DTC bajo - Sensor ECT DTC alto	53,75	52,18%
Sensor MAP DTC bajo - Bobina desconectado	28,85	28,01%
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC bajo	29	28,16%
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC alto	28,85	28,01%
Inyector desconectado - Sensor IAT DTC alto	29,2	28,35%
Inyector desconectado - Sensor ECT DTC alto	29,05	28,20%

El valor de rendimiento más elevado se obtiene en la prueba en condición sin fallas 80,24% y en contraste el rendimiento más bajo es 27,18% que se obtiene cuando la bobina #2 se desconecta.

#### 4.4.2. Cálculo de rendimiento térmico

El cálculo del rendimiento térmico se obtiene mediante la utilización de la ecuación 9, el cálculo completo se observa en el anexo D.

Obteniéndose los valores mostrados en la tabla 57.

**Tabla 57**  
**Valores del rendimiento térmico**

Condición	Rendimiento térmico %
Estándar	31,08
Sensor IAT DTC alto	30,63
Sensor IAT DTC bajo	30,04
Sensor ECT DTC alto	29,87
Sensor ECT DTC bajo	30,96
Sensor TPS DTC alto	30,82
Sensor TPS DTC bajo	30,52
Sensor MAP DTC alto	29,99
Sensor MAP DTC bajo	29,05
Sensor O2 desconectado	32,14
Sensor CMP desconectado	30,17
Inyector desconectado	18,87
Bobina desconectada	18,86
Sensor MAP DTC bajo - Sensor IAT DTC alto	29,18
Sensor MAP DTC bajo - Sensor ECT DTC alto	28,68
Sensor MAP DTC bajo - Bobina desconectado	19,25
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC bajo	19,43
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC alto	19,32
Inyector desconectado - Sensor IAT DTC alto	19,16
Inyector desconectado - Sensor ECT DTC alto	19,22

El valor más alto se muestra en condiciones normales de funcionamiento con un valor de 31,08%, los valores más bajos se obtienen cuando se generan fallas en los actuadores y sus respectivas combinaciones con DTC en los sensores, los rendimientos en estas condiciones van desde 18,85% hasta 19,43 %, valores que están por debajo del rendimiento teórico para motores gasolina que oscila entre 30% y 35%.

#### 4.4.3. Cálculo de rendimiento indicado

El valor matemático del rendimiento indicado se obtiene mediante la ecuación 11.

En la tabla 58 se muestran los valores calculados de rendimiento indicado.

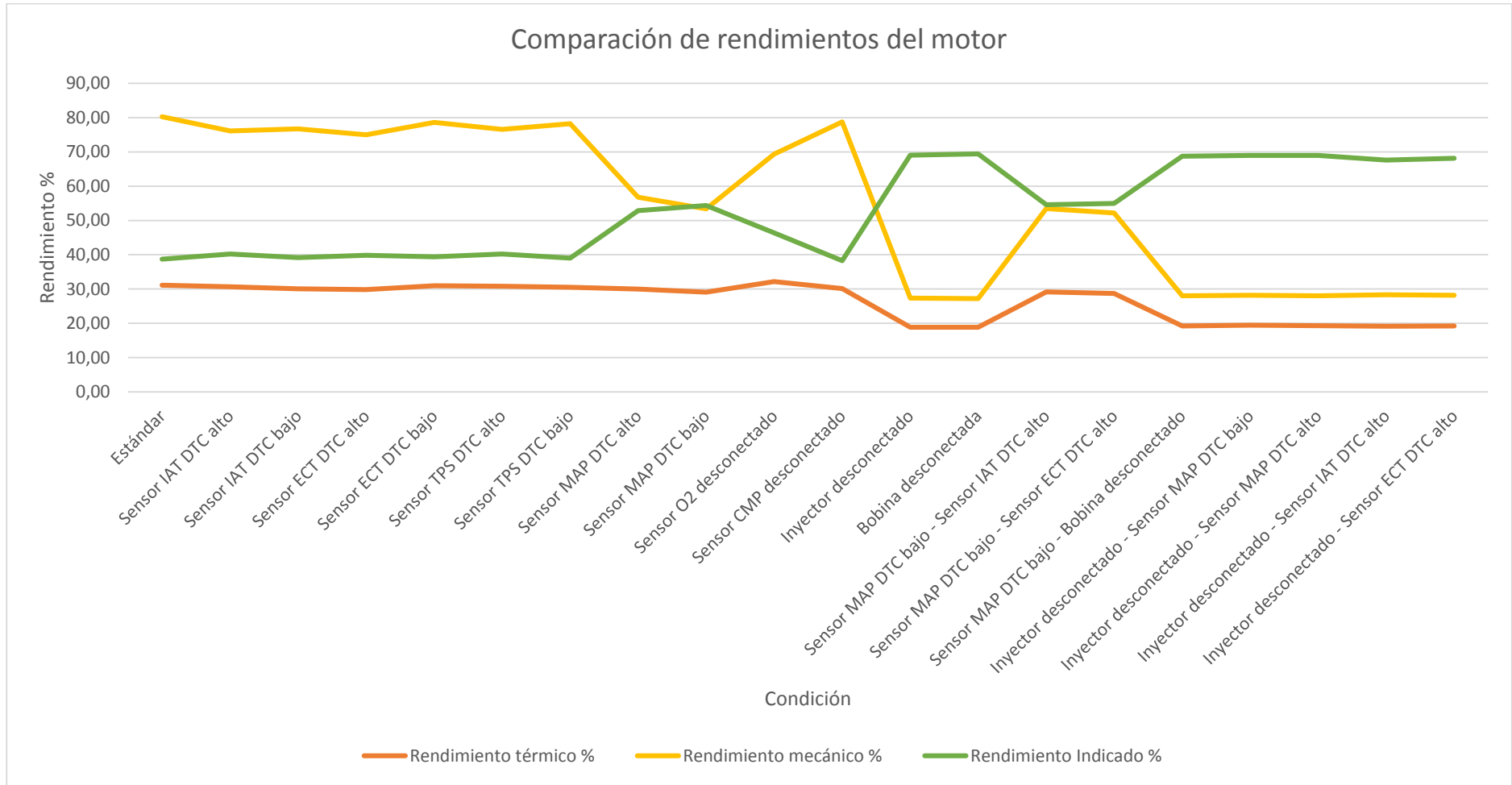
**Tabla 58**  
**Valores de rendimiento indicado**

Condición	Rendimiento Indicado %
Estándar	38,74
Sensor IAT DTC alto	40,24
Sensor IAT DTC bajo	39,15
Sensor ECT DTC alto	39,82
Sensor ECT DTC bajo	39,40
Sensor TPS DTC alto	40,23
Sensor TPS DTC bajo	39,00
Sensor MAP DTC alto	52,85
Sensor MAP DTC bajo	54,40
Sensor O2 desconectado	46,36
Sensor CMP desconectado	38,29
Inyector desconectado	69,06
Bobina desconectada	69,39
Sensor MAP DTC bajo - Sensor IAT DTC alto	54,60
Sensor MAP DTC bajo - Sensor ECT DTC alto	54,96
Sensor MAP DTC bajo - Bobina desconectado	68,73
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC bajo	69,00
Inyector desconectado - Sensor MAP DTC alto	68,97
Inyector desconectado - Sensor IAT DTC alto	67,59
Inyector desconectado - Sensor ECT DTC alto	68,14

El valor teórico del rendimiento indicado muestra que los valores más elevados se obtienen cuando se generan fallas en los actuadores y las respectivas combinaciones con sensores con DTC's altos y bajos, 38,29% es el valor más bajo encontrado cuando se desconecta el sensor CMP.

En la figura 205 se muestra la comparación de los valores de rendimiento mecánico, térmico e indicado en cada condición.





**Figura 205** Comparación unificada del comportamiento de los rendimiento

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1. Recursos

Con el objetivo de cumplir todas las metas propuestas en la investigación es necesario analizar todos los medios empleados, teniendo en cuenta los recursos humanos, físicos, financieros, materiales y tecnológicos, siendo éstos fundamentales para la ejecución.

##### 5.1.1. Recursos humanos

Siendo el recurso principal para que la investigación se lleva a cabo, ya que, mediante la preparación y conocimiento sobre el tema, invirtiendo tiempo y dedicación permite el desarrollo del proyecto en cada etapa y cumpliendo todas y cada una de las metas establecidas de forma eficiente.

**Tabla 59**  
**Recursos humanos**

Recursos Humanos		
Ing. Germán Erazo	Director	Tutoría y asesoría general
Sr. Pablo Guagalango	Investigador	Investigación y elaboración del proyecto
Sr. Luis Loachamin	Investigador	Investigación y elaboración del proyecto

##### 5.1.2. Recursos físicos

Los recursos físicos tienen bastante importancia en el desarrollo de la investigación, pues los lugares en donde se realicen las mediciones deben

entregar las garantías necesarias de seguridad y comodidad para que los resultados sean veraces y confiables.

**Tabla 60**  
**Recursos físicos**

<b>Recursos físicos</b>	
<b>Desarrollo práctico</b>	Laboratorio de Motores de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L Extensión Latacunga
<b>Desarrollo teórico</b>	Biblioteca de Universidad de las Fuerzas Armadas EPE-L Extensión Latacunga
	Domicilio del investigador

### 5.1.3. Recursos financieros

La investigación tiene claramente carácter técnico por lo que se requiere la utilización de varios equipos especializados de medición, entonces es necesario la utilización de los recursos financieros para el mantenimiento y calibración de ciertos equipos y la adquisición de otros. Los recursos utilizados en el desarrollo de la investigación son asumidos en su totalidad por los investigadores.

En la tabla 61 se detalla los recursos financieros utilizados.

**Tabla 61**  
**Recursos financieros**

ORDEN	CANTIDAD	UNIDAD	DETALLE	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	1	\$	Optimización dinamómetro	500	500
1	1	\$	Adquisición Interfaz OBDLink SX	100	100
2	30	Galón	Combustible del vehículo para realizar mediciones	1,60	48,00

**CONTINÚA** 

3	1	\$	Mantenimiento motor	400,00	400,00
4	500	Unidad	Impresiones de resultados de pruebas realizadas	0,03	15,00
7	500	Unidad	Papel BOND	0,01	5,00
8	1	Unidad	Equipo de seguridad industrial	10,00	10,00
10	4	Unidad	Sprays de limpieza de contactos electrónicos, cintas aislantes	17,50	70,00
				<b>TOTAL</b>	<b>1.148,00</b>

#### 5.1.4. Recursos Materiales

Para la obtención de cada parámetro involucrado en la investigación se requiere materiales técnicos automotrices y para el análisis teórico de los resultados es necesario materiales y suministros de oficina.

**Tabla 62**  
**Recursos materiales**

<b>Recursos Materiales</b>	
<b>Desarrollo práctico</b>	Herramientas para mecánica automotriz
	Equipo de seguridad personal
	Cables puente 22 AWG con puntas solidas
	Cables tipo lagarto
	Dinamómetro de rodillos
<b>Desarrollo teórico</b>	Hojas de papel
	Bibliografía
	Manuales técnicos
	Diagramas eléctricos

#### 5.1.5. Recursos tecnológicos

La utilización de herramientas tecnológicas permite optimizar el tiempo de ejecución de la investigación, ayudando a cumplir los objetivos establecidos,

facilitando la visualización de los resultados de cada prueba y la realización del respectivo análisis.

**Tabla 63**  
**Recursos tecnológicos**

Recursos tecnológicos	
Desarrollo práctico	Vehículo Aveo 1,6 L
	Analizador de gases
	Interfaz OBD Link SX
	Multímetro
	Software BLAHA 1.1.6
	Software de edición de video Camtasia Studio 8
Desarrollo teórico	Computador personal
	Impresora
	Aplicación de escritorio, servicios operativos Office
	Internet

## 5.2. Análisis de costo del proyecto

Previo al inicio de la investigación se realizó una inversión para el mantenimiento del motor y todos sus sistemas, además la adquisición y mantenimiento de otros equipos que facilitaron la toma de datos, todos estos gastos fueron financiados en su totalidad por los investigadores.

## 5.3. Análisis del costo beneficio

La inversión realizada en ésta investigación está totalmente justificada, pues se evidencia beneficios directos. La información obtenida servirá como referencia para futuras investigaciones relacionadas al tema o a su vez se podrá usar como fuente de consulta para estudiantes de ingeniería, técnicos automotrices, entre otros. El beneficio más notable es para los investigadores,

quienes en el tiempo que tomó el desarrollo del proyecto adquirieron conocimiento importante y útil para su etapa como profesional.



## CONCLUSIONES

- Se analizó la variación de los parámetros térmicos y mecánicos del motor de combustión interna Daewoo del vehículo Chevrolet Aveo 1.6L, al generar DTCs en el subsistema de control electrónico.
- Se desarrolló mediciones en sensores y actuadores a condiciones normales del motor DAEWOO E-TECH II.
- Se optimizó el funcionamiento del dinamómetro de rodillos marca MOTORROLL (MD200HP), ubicado en el laboratorio de motores.
- Se desarrollaron mediciones de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones en condiciones normales del motor DAEWOO E-TECH II.
- Se generaron DTC's altos y bajos en el grupo de sensores y actuadores.
- Es importante conseguir los diagramas eléctricos y electrónicos del vehículo para identificar los componentes tanto sensores como actuadores, además para comprobar su ubicación en el motor.
- Realizar un protocolo de seguridad para trabajar con los sensores y actuadores, tomado en cuenta voltajes de alimentación, señal y masas de cada elemento electrónico para prevenir daños en la ECU.
- Es evidente la influencia que tiene el sistema de control electrónico sobre los parámetros que determinan el rendimiento del motor de combustión interna, es así que cuando existen fallas individuales y en diferentes combinaciones del conjunto de sensores y actuadores valores como de potencia, torque y consumo de combustible presentan variaciones notorias en ciertas condiciones e imperceptibles en otras.



- En condiciones normales de funcionamiento y con parámetros atmosféricos de la ciudad de Latacunga el motor E-TECH II 1,6 litros del vehículo Aveo marca una potencia máxima de 82,65 HP a 5065 rpm, un valor máximo de torque de 14,04 Kg-m a 3511 rpm y un consumo específico de combustible de 0,1555 Kg/KW.h, todos los parámetros obtenidos en un tiempo de 22,44 segundos.
- En el conjunto de sensores con DTC alto el valor más elevado de potencia es 78,9 HP obtenido por el sensor TPS, ubicándolo 4,54% por debajo del dato conseguido en condiciones normales de funcionamiento y en el intervalo de tiempo establecido.
- El sensor MAP con DTC alto muestra la potencia más baja para las pruebas en ésta condición, mostrando un valor de 58,45 HP a 2926 rpm, 24,28% por debajo del dato referencial, esto debido a que en el tiempo establecido no alcanzó la velocidad de giro del motor estándar de 5065 rpm.
- El valor más elevado de torque conseguido en la condición de sensores con DTC alto es 14,515 Kg-m obtenido por el sensor O2, siendo 3,38% más alto que el torque conseguido en condiciones normales de funcionamiento del motor, única condición en donde se supera el valor estándar ya que en el resto de mediciones los datos son inferiores.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar esta investigación en condiciones de nivel del mar.
- Realizar un mantenimiento periódico de todos los componentes del dinamómetro con el fin de que no sufran desgaste anticipado, debido a las cargas y velocidades elevadas a las cuales se realizan las pruebas.
- Se recomienda la utilización de otro tipo de combustible para realizar la misma investigación y comparar los valores obtenidos.
- Esta investigación se realizó en un solo vehículo, por lo que se recomienda que para futuros proyectos se considere el estudio con una muestra amplia de vehículos de diferente marca
- Es importante conseguir los diagramas eléctricos y electrónicos del vehículo para identificar los componentes tanto sensores como actuadores, además para comprobar su ubicación como se muestran en el diagrama.
- Realizar un protocolo de seguridad para trabajar con los sensores y actuadores, tomado en cuenta voltajes de alimentación, señal y masas de cada elemento electrónico para prevenir daños en la ECU

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez J & Callejón I. (2005). *Motores alternativos de combustion interna* (Primera ed.). Barcelona: Edicions UCP.
- Augeri F. (s.f.). *Modulo II Inyección Electrónica Avanzada Lección I*. Miami.
- Augeri, F. (s.f.). *Diagnóstico con scanner - OBDII Genérico*. Miami.
- Bonnick, A. (2001). *Automotive Computer Controlled Systems*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Bosch R. (2007). *Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics, Systems and Componentes Networking and Hybrid Drive* (5th ed.). Plochingen: Springer.
- Chevrolet. (2007). *Manual del Propietario*. GM.
- Chiliquinga J & Ruiz M. (2016). *Análisis del potencial energético del metanol y etanol como aditivo orgánico de la gasolina extra, para su utilización en el motor de combustión ciclo otto en proporciones del 5%, 10% y 15%*. Tesis, Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", Latacunga.
- Crouse, W. (1996). *Motores de automóvil*. México, D.F.: Alfaomega.
- Denton T. (2012). *Advanced automotive fault diagnosis* (3rd ed.). New Yoirk: Routledge.
- Denton T. (2012). *Automobile electrical and electroni systems* (4th ed.). London: Routledge.
- Erjavec J. (2010). *Automotive Technology a Systems Approach* (5th ed.). New York: Delmar.
- Gonzáles D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
- Guzzella L & Onder C. (2010). *Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engines Systems* (Segunda ed.). Heidelberg: Springer.
- Hernández V. (2007). *Propuesta para el diseño del control electrónico y construcción de un dinamómetro de inercia electrónico computarizado*. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hollemeak, B. (2011). *Today's Technician: Automotive Electricity and Electronics* (5th ed.). New York: Delmar.

- López E & Benito V. (2012). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (Primera ed.). Editex.
- Mafla M & Ortiz M. (2007). *Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros*. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Mena L. (2011). *Compilador de ejercicios de motores de combustión interna diesel y gasolina*. Quito: Nueva aurora.
- Ocaña, A. (2000). *Tratado del automóvil*. Madrid: CIE Inversiones Editoriales.
- Olivera M. (2013). *Diseño de un dinamómetro de chasis para vehículos de hasta 3500 kg de peso bruto vehicular*. Tesis, UNAM, México, D.F.
- Pulkrabek W. (2013). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine* (Segunda ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Ribbens W. (2012). *Understanding Automotive Electronics An Engineering Perspective* (7th ed.). Elsevier: Butterworth-Heinemann.
- Samaniego G & Samaniego C. (2006). *Comparación de las características de eficiencia de un motor Suzuki Forsa G10 SOH al variar secuencialmente elementos posibles de trucaje para competición a través de un banco de pruebas*. Tesis, Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito, Ecuador: Senplades.
- Van Basshuysen R & Schäfer F. (2004). *Internal Combustion Engine Handbook\_Basics, Components, Systems, and Perspectives*. Wiesbaden: Vieweg Verlag.

## NETGRAFÍA

- Jaramillo, H. (Octubre de 1996). Recuperado el 13 de Noviembre de 2016, Procesos reales en los motores de combustión interna (M.C.I). *El Hombre y la Máquina*, 30-45. Obtenido de <http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/12%201996-1/Articulo%203%20H&M%2012.pdf>
- ScanTool. (25 de Marzo de 2016). *ScanTool.net*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de <https://www.scantool.net/obdlink-sx/>

*www.mcautomotriz.com.ec*. (15 de 08 de 2014). Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de [http://mcautomotriz.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=18](http://mcautomotriz.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=18)

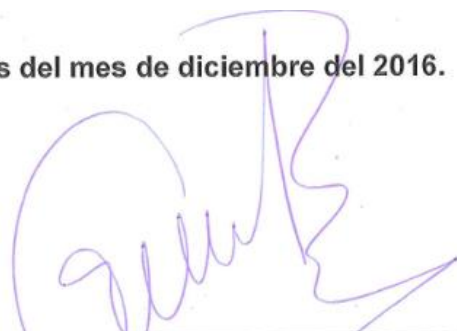
# ANEXOS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**


Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **PABLO JAVIER GUAGALANGO GÓMEZ** y **LUIS GONZALO LOACHAMÍN OYANA**.

En la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de diciembre del 2016.

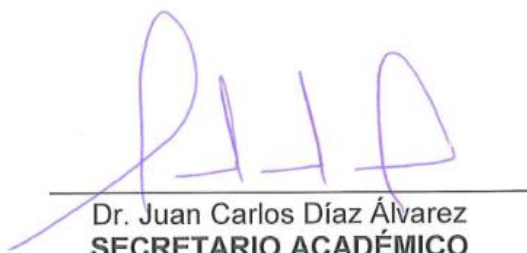


Ing. Germán Erazo  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Aprobado por:



Ing. Víctor Danilo Zambrano  
**DIRECTOR DE CARRERA**



Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez  
**SECRETARIO ACADÉMICO**