

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Tesis de grado para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz

Estudio de las variables de los diferentes sensores y actuadores de un vehículo diesel

CRDI en condiciones reales (2800msnm) e ideales (0msnm).

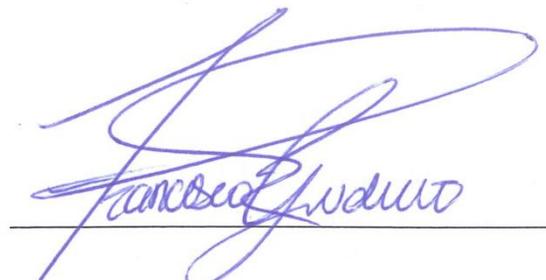
Francisco Xavier Gudiño Morillo

Director: Ing. Gorky Reyes, Msc

Quito, julio 2016

CERTIFICACIÓN

Yo, Francisco Xavier Gudiño Morillo, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.



Firma del Graduado.

Francisco Xavier Gudiño Morillo

CI: 1714872643

Yo Ing. Gorky Reyes, Msc declaro que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Xavier Gudiño Morillo, es el autor exclusivo de la presente investigación y que es original, autentica y personal suya.



Ing. Gorky Reyes, Msc

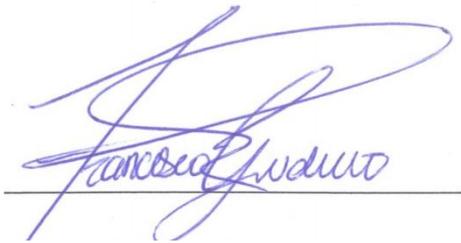
DIRECTOR DEL PROYECTO

AUTORIZACIÓN

Yo, Francisco Xavier Gudiño Morillo

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador la publicación en la biblioteca virtual de la institución, de la investigación de cátedra: **“ESTUDIO DE LAS VARIABLES DE LOS DIFERENTES SENSORES Y ACTUADORES DE UN VEHÍCULO DIÉSEL CRDI EN CONDICIONES REALES (2800MSNM) E IDEALES (0MSNM)”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Quito, Julio 2016



FRANCISCO XAVIER GUDIÑO MORILLO

C.I: 1714872643

AGRADECIMIENTOS

A mi padre por su comprensión, apoyo constante e incondicional a lo largo de mis estudios, quien siempre me apoya para cumplir mis sueños y a toda mi familia que estuvieron conmigo hasta el final brindándome ese cariño y valiosa comprensión para poder sobrellevar los éxitos alcanzados.

A mi asesor el Ing. Gorky Reyes, quien me brindo su valiosa y desinteresada orientación y guía durante la elaboración del presente estudio.

A mis amigos y personas que de una u otra manera estuvieron pendientes y me ayudaron durante la realización de mi proyecto para alcanzar una meta más en la vida.

A todos les agradezco por permanecer junto a mí y apoyándome con comentarios positivos a lo largo de mi proyecto.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado a mi Familia por siempre estar pendientes de mi superación personal y profesional con su apoyo incondicional, a mi padre por ser el pilar en mi vida que siempre está pendiente para nunca dejarme caer y ayudarme a superarme cada día brindándome su tiempo y apoyo constantemente, a todos mis amigos que siempre están presentes los cuales hicieron de esta experiencia universitaria sea una parte fundamental en mi vida.

A cada uno de los ingenieros que supieron regalarme un poco de sus enseñanzas y sabiduría para poder culminar esta meta de mi vida.

A todos y cada una de las personas que creyeron en mí para que este proyecto de tesis sea realidad.

INDICE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO I	20
1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	20
1.1 ANTECEDENTES.....	20
1.1.1 Motores Diesel.....	23
1.1.2 Ciclo práctico de los motores Diesel de 4 tiempos	25
1.2 Partes fijas y móviles del motor	27
1.2.1 Pistón.....	28
1.2.2 Biela.....	28
1.2.3 Cigüeñal.....	29
1.2.4 Cabezote.....	30
1.2.5 Bloque de cilindros.....	30
1.2.6 Carter.....	31
1.3 Sistemas del motor de combustión interna.....	32
1.3.1 Sistema de lubricación.....	32
1.3.2 Sistema de refrigeración.....	34
1.3.3 Sistema de distribución.....	38
1.3.4 Sistema depurador de aire.....	41
1.3.5 Sistemas de Alimentación de Combustible.....	42
1.4 Evolución del motor diesel.....	43
1.4.1 Bomba lineal.....	43
1.4.2 Bomba rotativa.....	44
1.4.3 Bomba inyector.....	45

1.5 Sistema de riel común.....	47
1.5.1 Funcionamiento.....	47
1.5.2 Alimentación de combustible.....	49
1.6 Sistemas de inyección electrónica de motor CRDI.....	49
1.6.1 Sensores.....	50
1.6.2 Actuadores.....	55
2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	57
2.1 Elección del vehículo.....	58
3 LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	71
3.1 Protocolo de pruebas.....	71
3.2 Pruebas estáticas.....	72
3.3 Normas.....	72
3.4 Equipos.....	72
3.4.1 Scanner.....	73
3.4.2 Altímetro GPS.....	74
3.4.3 Osciloscopio.....	75
3.5 Procedimiento.....	76
3.5.1 Flujo grama de método.....	77
4 FASE DE PRUEBAS.....	79
4.1 Lugares de fase de pruebas.....	79
4.1.1 Lugar a 2800 msnm.....	79
4.1.2 Lugar a 0 msnm.....	80
4.2 Parámetros a 2800 msnm.....	81

4.2.1	Pruebas a 2800 msnm a 708 rpm,	85
4.2.2	Pruebas a 2800 msnm a 2001 rpm.	87
4.3	Parámetros a 0 msnm.	94
4.3.1	Pruebas a 0 msnm a 709 rpm.	97
4.3.2	Pruebas a 9 Msnm a 2552 rpm.....	99
4.3.3	COMPARACION DATOSA 2784 Y 0 MSNM.....	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama presión vs volumen del ciclo teórico del diésel.	24
Figura 2. Diagrama valvular práctico del motor Diésel.	27
Figura 3. Pistón motor Diésel.	28
Figura 4. Biela.	29
Figura 5. Cigüeñal.	29
Figura 6. Cabezote.	30
Figura 7. Bloque Motor.	31
Figura 8. Carter.	31
Figura 9. Bomba de Agua.	35
Figura 10. Termostato.	36
Figura 11. Radiador.	37
Figura 12. Bomba Lineal de Inyección Diésel.	43
Figura 13. Bomba Rotativa.	45
Figura 14. Bomba Inyector.	46
Figura 15. Sistema de Inyección CRDI.	48
Figura 16. Símbolo y curva característica termistor NTC.	54
Figura 17. Chevrolet D Max CRDI.	61
Figura 18. Toyota HILUX CRDI.	64
Figura 19. Mazda BT50 CRDI.	66
Figura 20. Vehículo de pruebas.	69
Figura 21. Scanner IDSS.	73
Figura 22. Altímetro GPS.	75
Figura 23. Osciloscopio.	76
Figura 24. Flujo grama protocolo de pruebas.	78
Figura 25. Ubicación Metrocar matriz.	80
Figura 26. Ubicación de Imbauto Esmeraldas.	81
Figura 27. Altitud de 2784 msnm.	82
Figura 28. Odómetro Quito.	82
Figura 29. Pantalla de datos.	83
Figura 30. Pantalla de datos.	84

Figura 31. Pantalla de datos.	84
Figura 32. Pantalla de datos.	85
Figura 33. Comparación Quito 708 rpm y 2001 rpm.	91
Figura 34. Altímetro GPS.	95
Figura 35. Pantalla de datos.	95
Figura 36. Pantalla de datos.	96
Figura 37. Pantalla de datos.	97
Figura 38. Comparación de datos a 0 msnm.	102
Figura 39. Tabulación y comparación de datos a velocidad de ralentí.	108
Figura 40. Comparación ralentí a 2874 y 0 msnm.	111
Figura 41. Tabulación datos a maximas revoluciones estáticas.	117
Figura 42. Tabulación de datos a maximas revoluciones estáticas.	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventas por segmento.	17
Tabla 2. Camionetas.	17
Tabla 3. Estándares de medición de vehículo a diesel	18
Tabla 4. Parámetros de normas EURO.....	23
Tabla 5. Ventas de vehículos por año 2000-2014.....	58
Tabla 6. Composición en ventas (ensamblaje – importación).....	59
Tabla 7. Venta de Vehículo por segmento.	60
Tabla 8. Participación por provincia.	60
Tabla 9. Ventas por segmento provincia de pichincha.	61
Tabla 10. Ficha técnica Chevrolet D-Max.	62
Tabla 11. Ficha técnica Chevrolet D-Max.	62
Tabla 12. Ficha técnica Chevrolet D-Max.	63
Tabla 13. Ficha técnica Chevrolet D-Max.	64
Tabla 14. Ficha técnica HILUX.....	65
Tabla 15. Ficha técnica HILUX.....	66
Tabla 16. Ficha técnica MAZDA.....	67
Tabla 17. Ficha técnica MAZDA.....	67
Tabla 18. Ficha técnica MAZDA.....	68
Tabla 19. Datos de entrada.....	85
Tabla 20. Datos a medir.	86
Tabla 21. Datos a medir.....	87
Tabla 22. Datos de entrada.....	88
Tabla 23. Datos a medir.	89
Tabla 24. Datos a medir	90
Tabla 25. Comparación Quito 708 rpm y 2001 rpm.	92
Tabla 26. Datos de entrada.....	97
Tabla 27. Datos a medir.	98
Tabla 28. Datos a medir.	98
Tabla 29. Datos de entrada.....	99
Tabla 30. Datos a medir.	100

Tabla 31. Datos a medir	100
Tabla 32. Comparativo Esmeraldas.	103
Tabla 33. Tabulación y comparación 2874 y 0 msnm.	106
Tabla 34. Tabulación y comparación de datos a velocidad de ralenti.	109
Tabla 35. Tabulación y comparación ralenti 2784 y 0 msnm.	112
Tabla 36. Tabulación y comparación de datos a maximas revoluciones estáticas.	115
Tabla 37. Comparación de datos a maximas revoluciones estáticas.	118
Tabla 38. Comparación de datos a maximas revoluciones estáticas	121

Glosario de términos

ACPM: Aceite combustible para motores.

AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.

CKP: Crankshaft Position Sensor (Sensor de posición del cigüeñal).

CMP: Camshaft Position Sensor (Sensor de posición del árbol de levas).

CO: Monóxido de carbono.

CRDI: Common Rail Direct Inyección (Inyección directa de riel común).

DOHC: Doble Over Head Camshaft (Cabeza del árbol de levas doble).

G/SEC: Gramos por segundo.

GPS: Global Position System (Sistema de posicionamiento global).

HC: Hidrocarburos.

IDSS: Isuzu Diagnostic Service System (Sistema del servicio de diagnóstico Isuzu).

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

KM: Kilómetros.

KPA: Kilo pascales.

MPA: Mega pascales.

MSN: Metros de altura sobre el nivel del mar.

NMHC: Hidrocarburos sin metano.

NO: Óxido de nitrógeno.

NTC: Negative Temperature Coefficient (Coeficiente negativo de temperatura).

OBD: On Board Diagnostic (Diagnóstico a bordo).

OHC: Over Head Cam (Cabeza de la cámara).

OHC: Over Head Valve (Cabeza de la válvula).

PM: Partículas en suspensión o material particulado.

PMI: Punto muerto inferior.

PMS: Punto muerto superior.

PPM: Parts per million (Partes por millón).

RPM: Revolutions per minute (Revoluciones por minuto).

SOHC: Single Over Head Camshaft (Cabeza del árbol de levas).

UCE: Unidad de control electrónico.

V: Voltaje.

WTS: Water Temperature Sensor (Sensor de temperatura del agua).

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tecnología diésel CRDI (inyección directa de riel común) por sus siglas en inglés, obtiene una economía del combustible del 25% al 35%, producido por una optimización en la pulverización del combustible en comparación de una inyección mecánica. Esto es una clara ventaja sobre los sistemas diésel convencionales, y el hecho de presentar una mejor precisión en la pulverización del combustible, manejando la presión de manera independiente del orden de encendido, al mantenerla constante en una riel de combustible y no generar un ciclo de carga y descarga para cada inyector.

Este tipo de inyección al tener el sistema generador de presión y la inyección de combustible de manera independiente, tiene una clara ventaja sobre los sistemas convencionales, aumentando la capacidad de control por tener procesos independientes, logrando una mayor economía del combustible. Para realizar el presente estudio se han considerado algunas variables

- Combustible
- Condiciones geográficas:
 - Altura,
 - Densidad del aire,
 - Cargas.

El objetivo de la presente investigación es para realizar un estudio práctico de las variaciones de desempeño de un vehículo CRDI en condiciones geográficas diferentes, para

conocer y comparar valores ideales que determina la marca con condiciones reales en nuestro medio de acuerdo a la zona geográfica en la que se localiza.

Tomando en cuenta que existe un estudio con estas características para el campo automotriz, es de importancia los resultados a obtener ya que no hay un precedente de desempeño de los vehículos CRDI en el Ecuador.

El Ecuador es un país andino en el que se puede encontrar una serie de variaciones geográficas, que afecta al rendimiento al vehículo. Razón por la cual, el mismo requiere una diferente serie de compensaciones ya sea por altura, densidad de aire, el tipo de combustible, cargas y condiciones geográficas.

Considerando que los fabricantes diseñan sus modelos con variables estándares de óptimo desempeño a nivel del mar, no se tiene datos verdaderos del rendimiento en condiciones geográficas diferentes.

Para la elección del vehículo del presente trabajo, se tomó en cuenta los datos obtenidos del estudio de mercado realizado por AEADE (ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR), en el año 2014, en el cual proyecta los datos de los vehículos más vendidos en el medio.

En el Ecuador la empresa automotriz con mayor participación en el mercado es Chevrolet con un porcentaje de 44.62 %, las ventas realizadas en el 2014 fue de 53.574 unidades, como se puede observar en la Tabla 1:

Ventas por Segmento		
SEGMENTO	2013	2014
AUTOMÓVILES	26.640	27.121
BUSES	5	11
CAMIONES	3.292	3.487
CAMIONETAS	9.052	10.756
SUVS	9.651	11.016
VANS	1.555	1.183
Total General	50.195	53.574

Tabla 1. Ventas por segmento.

Fuente: AEADE anuario 2014.

Mediante los resultados obtenidos, se puede observar que el vehículo que se adapta a las condiciones del estudio es: CHEVROLET D-MAX DIESEL CRDI.

Camionetas		
MARCA	MODELO	UNIDADES
CHEVROLET	D-MAX	10.657
MAZDA	BT-50	6.440
TOYOTA	HILUX	2.521
FORD	F-150	1.076
NISSAN	NP 300 FRONTIER	1.021

Tabla 2. Camionetas.

Fuente: AEADE anuario 2014.

Condiciones de aplicación de selección del vehículo:

- Marca de vehículo con mayor participación en el mercado.
- Segmento de vehículo con mayores ventas, camionetas.
- Modelo de vehículo Chevrolet D-MAX versión diesel CRDI.

NORMAS EURO DE CONTROL DE EMISIONES PARA MOTORES DIESEL.

Son una serie de normas y regulaciones que han sido implementadas para disminuir la contribución maligna de gases de los motores a diesel, causantes del impacto medioambiental. Mediante estas regulaciones se indica las cantidades aceptables de gases contaminantes producto de la combustión, que pueden emitir los vehículos nuevos al entrar a la comercialización al mercado europeo específicamente para los países que son miembros de la UNIÓN EUROPEA.

Estas normas establecen los valores de las emisiones de: Óxidos de nitrógeno (NOX), hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂).

Existe gran cantidad de vehículos a gasolina y por ende mayor información de evaluación según la norma. A continuación se hace referencia a los niveles de emisión de gases:

Tabla 3. Estándares de medición de vehículo a diesel

Estándares Medición de Vehículos a Diesel						
Estándar	Euro1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Óxido de nitrógeno (Nox)	-	-	150	80	60	60
Monóxido de carbono (CO)	2720	2200	2200	1000	1000	1000
Hidrocarburos (HC)	-	-	200	100	100	100
Partículas (PM)	-	-	-	-	5 (*)	5 (*)
Hidrocarburos sin metano (NMHC)	-	-	-	-	68	68

Fuente: <http://www.mecarun.es/norma-euro-3-4-5-y-6/>

Los valores detallados previamente son aplicados por todos los motores de encendido por compresión, destinada a la propulsión de vehículos enfocados a la reducción de gases contaminantes procedentes de motores de encendido por chispa, alimentados por gas natural o gas licuado de petróleo, en los que se incluyen los automóviles, camiones, trenes, tractores y maquinaria similar, pero se excluye a las embarcaciones de navegación marítima y aviones.

Dependiendo el tipo de vehículo se aplican diferentes normativas.

OBJETIVO GENERAL

Conocer y comparar las diferentes variables de sensores y actuadores de vehículos a ciertas altitudes. Mediante las mediciones y pruebas prácticas realizadas al vehículo, con el fin de obtener datos y parámetros del funcionamiento del vehículo en condiciones geográficas locales, y en los escenarios propuestos tomando en cuenta la relevancia que estas desempeñan.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obtener los diferentes valores de los sensores en funcionamiento del motor CRDI en dos lugares geográficos a 0 metros sobre el nivel del mar y 2800 metros de altura sobre el nivel del mar y poder realizar comparaciones entre los resultados obtenidos.

Realizar pruebas con un combustible de nuestra zona para evaluar los valores de los diferentes sensores.

Comparar el funcionamiento de los sensores y actuadores de los datos deseados, con los reales obtenidos a dos alturas geográficas diferentes.

CAPÍTULO I

1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores son máquinas que tienen la capacidad de transformar la energía calorífica en energía mecánica que es utilizada para la propulsión de los vehículos, la energía calorífica obtenida en los motores de combustión interna, es generada por la ignición de combustibles líquidos o gaseosos.

Al generarse la combustión del combustible, se genera un empuje, por el cual el movimiento útil es conseguido mediante sistemas de movimiento alternativo, lineal o rotativo.

1.1 ANTECEDENTES

Los motores de combustión interna de aspiración natural, se ven afectados en su funcionamiento por varios factores ambientales, topográficos como son:

- Densidad de aire: Como parámetro que afecta el funcionamiento de los motores de combustión interna, corresponde a la cantidad de moléculas de oxígeno existentes en un volumen de aire durante un tiempo determinado, la densidad del aire puede verse afectada por la temperatura, altitud, condiciones atmosféricas como pueden ser tormentas, etc.

Al tener una densidad de aire baja, lo que quiere decir con una concentración de oxígeno baja en su composición, el motor funciona con una relación de Aire-combustible rica, porque la cantidad de aire suministrado a la cámara de combustión sería poca en relación al volumen de combustible entregado, al contrario de lo que

sucedería con una mezcla rica, esto interfiere bastante en la cantidad de emisiones contaminantes que producen los vehículos.

- Temperatura ambiente: Afecta directamente a la densidad del aire, al aumentar la temperatura ambiente la densidad del aire disminuye, al tener bajas temperaturas la densidad aumenta.
- Altitud-(presión atmosférica): Al ir aumentando la altura sobre el nivel del mar, la densidad del aire va disminuyendo, los vehículos diesel de aspiración natural pierden un 10 % de potencia por cada 1000 metros de altura sobre el nivel del mar (msnm), y reduce la inyección en un 3%, para ayudar a la compensación de potencia, se instala un turbo cargador el cual mejora el llenado del cilindro, para esto es necesario tener algunas compensaciones del sistema de inyección.

Los motores diésel utilizan un combustible de tipo A.C.P.M (aceite combustible para motores), el cual es derivado del petróleo, la calidad del diésel se mide por el índice de cetano que este contenga, esta es una tendencia que tiene este combustible para cascabelear el motor, el combustible de nuestra zona utilizado para la realización de este estudio es el Diésel Premium que se comercializa en todo el país, el cual está calificado como un combustible confiable y real según el monitoreo de combustibles y las emisiones atmosféricas realizadas por el Municipio de Quito en los laboratorios de la facultad química de la Universidad Politécnica Nacional (EPN), otros parámetros importantes para medir la calidad del diésel son:

Azufre: Es un producto natural en los derivados del petróleo y su porcentaje en el combustible depende del proceso de refinamiento, la cantidad que este contenga contribuye a la emisión de Material Particulado (PM), el exceso de azufre en el combustible afecta de diferente manera a los componentes del motor y reduciendo la efectividad de funcionamiento. En el Ecuador el Diésel contiene 150 partes por millón (ppm) de azufre, según el monitoreo de combustibles y emisiones atmosféricas realizado en mayo del 2013, esto se produjo por la campaña de mejoramiento de los combustible puesta en marcha desde el 2012 tiempo en el cual el Diésel Premium ha sido distribuido a todo el Ecuador y desde el inicio de la campaña ha logrado reducir el porcentaje de azufre de 462 a 250 partes por millón (ppm) para agosto del 2012, y posteriormente a 150 partes por millón (ppm) en mayo del 2013, lo que está muy por debajo del índice máximo establecido por la norma INEN (Instituto Ecuatoriano de normalización) NTE INEN 1489: 2012, que establece 500 partes por millón (ppm). Los combustibles pobres en azufre con 150 parte por millón hacen que los vehículos contaminen menos, reduciendo las emisiones de CO, HC, y NOx de los vehículos a gasolina equipados con catalizadores, y las emisiones de PM de vehículos a Diésel, con o sin catalizadores de oxidación.

Estos beneficios son mayores cuando los vehículos están diseñados para alcanzar normas de emisión más elevadas y los niveles de azufre bajan aún más.

Parámetros de Normas EURO				
EURO	AÑO	NOX(G/KWH)	PM(G/KWH)	COMBUSTIBLE (PPM AZUFRE)
I	1992	8.0	0.36	2000
II	1996	7.0	0.25	500
III	2000	5.0	0.16	350
IV	2005	3.5	0.03	50
V	2008	2.0	0.03	10
VI	2013	0.4	0.01	10

Tabla 4. Parámetros de normas EURO.

Fuente: ICCT-norm-044_espanol.

En la tabla 4 se observa los parámetros de las normas EURO detallado por años y valores, esta tabla indica el número de partes por millón de azufre del combustible para poder estar aprobado por cada norma.

Según esta tabla, el Ecuador puede tener vehículos hasta de norma EURO III por la calidad del combustible que tiene, el cual tiene 150 partes por millón (ppm) de azufre, que está muy por debajo del límite de 350 partes por millón (ppm) de las normas EURO III pero por arriba del valor para el cumplimiento de normas EURO IV.

- Viscosidad y Densidad: La variación de estos parámetros puede causar cambios en la potencia del motor.
- Aromáticos: Son moléculas del combustible que contienen benceno, el contenido de aromáticos afecta la combustión de partículas.
- Lubricidad: Las bombas Diésel por falta de un sistema de lubricación externa, requieren que el combustible que circula tenga capacidad lubricante para una operación adecuada.

1.1.1 Motores Diésel.

Estos motores son de cuatro y de dos tiempos. Muy parecidos a los motores de gasolina salvo con algunas excepciones, al igual que el motor a gasolina este motor genera su trabajo en cuatro carreras alternativas al girar el cigüeñal por 720°, teniendo su funcionamiento teórico como se muestra la figura 1.

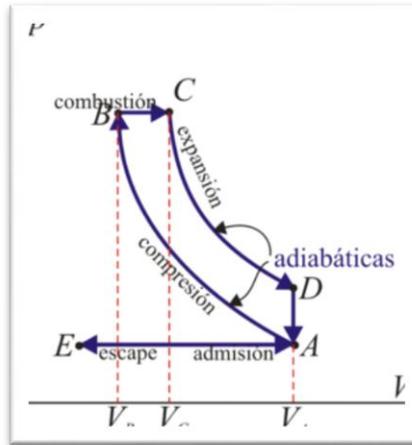


Figura 1. Diagrama presión vs volumen del ciclo teórico del diésel.

Fuente: Aula educativa motores de cuatro tiempos.

a. Admisión:

La válvula de admisión se abre, el pistón se traslada del punto muerto superior al punto muerto inferior, el cilindro procede a llenarse de aire y posterior procede a cerrarse la válvula de admisión, en este tiempo el volumen aumenta mientras la presión se mantiene como se observa en la figura 1. Durante este tiempo el cigüeñal gira 180° .

b. Compresión:

En este tiempo las válvulas se encuentran cerradas y el pistón realiza el traslado del punto muerto inferior al punto muerto superior, comprimiendo el aire que está en el cilindro y logrando elevar la temperatura de 600 a 800°C , esta temperatura es superior a la temperatura de ignición del combustible, en este tiempo la presión aumenta y el volumen disminuye como indica la Figura 1. En este tiempo el cigüeñal gira 180° más, y con esto cumple con el primer giro completo del cigüeñal.

c. Combustión:

Al estar el aire comprimido (caliente), los inyectores dejan pasar combustible, en el cual esta mezcla se enciende inmediatamente logrando que el pistón se desplace del punto muerto superior al punto muerto inferior, permitiendo que el volumen aumente mientras la presión se mantiene como muestra la Figura 1.

d. Escape:

En este tiempo la válvula de escape se abre y el pistón va del punto muerto inferior al punto muerto superior, obligando a ser expulsados los gases productos de la combustión generada en el tiempo anterior. En este ciclo la presión y el volumen bajan por la evacuación de los gases producto de la combustión como muestra la Figura 1.

1.1.2 Ciclo práctico de los motores Diésel de 4 tiempos

En la figura 2, muestra el diagrama valvular práctico de los motores a Diésel, en los que considera los adelantos, retrasos de las aperturas y cierres de las válvulas para poder cumplir con su óptimo desempeño del motor.

a. Admisión:

Corresponde a este tiempo o proceso este tiempo la carrera descendente del pistón, la válvula del pistón, la válvula de admisión se abre 15° antes de que el eje cigüeñal llegue al PMS.

b. Compresión:

Se produce este proceso durante la carrera ascendente del pistón. Esta fase comienza realmente cuando se cierra la válvula de admisión y finaliza al llegar el pistón al PMS.

c. Combustión y Expansión:

Se realiza este proceso durante la carrera descendente del pistón. Durante el tiempo tiene lugar la combustión y la expansión, la temperatura eleva a 1,800°C y la presión a unos 146 *lbs/pulgadas*² (50 *Kg./cm*²). El Aumento de presión obliga al pistón a descender con cierta violencia, a la vez que la gran cantidad de gases generados por la combustión se expansionan por el aumento de volumen creado por el descenso del pistón.

d. Escape:

Antes de terminar la carrera motriz se abre la válvula de escape con objeto de dar mayor facilidad de salida a los gases quemados, y evitar en lo posible la contrapresión en la carrera ascendente del pistón.

En resumen:

- Las Válvulas de admisión se abren entre 10 y 25° (grados) de giro del eje cigüeñal antes del punto muerto inferior (P.M.I.).
- Se cierran de 20 a 45° (grados) de giro después del punto muerto inferior (P.M.I.).
- La inyección del combustible comienza alrededor de 7 a 26° (grados) antes del punto muerto superior (P.M.S.).
- Las válvulas de escape se comienzan a abrir de 30 a 60° (grados) antes del punto muerto inferior (P.M.I.), para poder expulsar los gases de escape al tiempo correcto.
- Se cierran de 10 a 20 grados después del punto muerto inferior (P.M.S.).

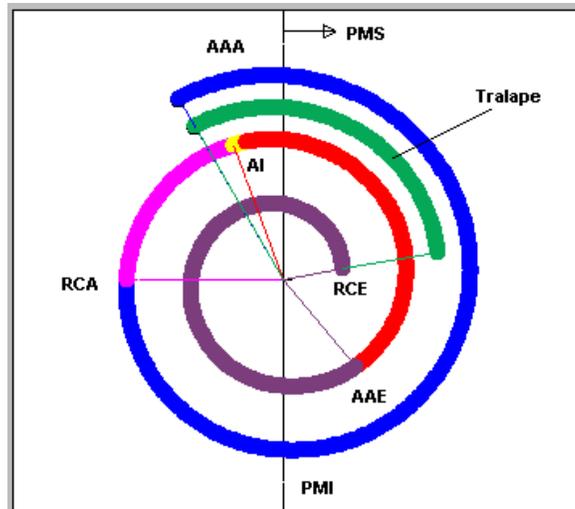


Figura 2. Diagrama valvular práctico del motor Diésel.

Fuente: Hidráulica Física de los Motores.

AAA: Adelanto apertura admisión.

RCA: Retraso cierre de admisión.

AI: Adelanto a la ignición.

AAE: Adelanto apertura de escape.

RCE: Retraso de cierre de escape.

Estos cuatro tiempos realiza el motor Diésel CRDI para su funcionamiento, en los cual se necesitan las siguientes partes:

1.2 Partes fijas y móviles del motor

El motor de combustión interna está constituido por una serie de elementos fijos y dinámicos, que se clasifican según su funcionamiento en grupos esenciales como son:

- Elementos móviles.
- Elementos fijos.

Los elementos móviles son aquellos elementos, que realizan algún tipo de movimiento con el cual logran generar el trabajo que realiza el motor de transformar la energía calorífica en energía mecánica.

Los elementos estáticos o fijos son parte esencial para el funcionamiento del motor, estos forman las corazas del motor y de los cilindros en los cuales se genera la combustión.

1.2.1 Pistón

El pistón cumple tres funciones principales dentro de su trabajo móvil:

- Obtura la cámara de combustión, evitando de esta manera que el aceite lubricante ingrese.
- Recibe la presión de los gases de la combustión.
- Trasmite el calor producto de la combustión a las paredes del cilindro para que el sistema de refrigeración actúe.

En los motores Diésel la cámara de combustión también se encuentra en la cabeza del pistón como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Pistón motor Diésel.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil

1.2.2 Biela.

Esta es la encargada de conectar el pistón con el cigüeñal ayudando a convertir el movimiento rectilíneo del pistón en el movimiento circular del cigüeñal, transmitiendo la fuerza ejercida sobre el pistón, con ello se logra un momento de giro como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Biela.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil.

1.2.3 Cigüeñal.

Recibe el momento de giro producido por la combustión en la cabeza del pistón, dando como resultado un momento de giro, este movimiento se transmite a la bomba de aceite, bomba de agua, bomba de inyección y es el responsable de generar corriente en el alternador y mover todos los accesorios del vehículo.

El eje es una pieza solida hecha de acero forjado como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Cigüeñal.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil.

1.2.4 Cabezote.

Esta es una de las partes que no son móviles en el motor, en esta parte se localiza las válvulas de admisión, escape, guías de válvulas y se coloca el árbol de levas como se observa en la Figura 6.

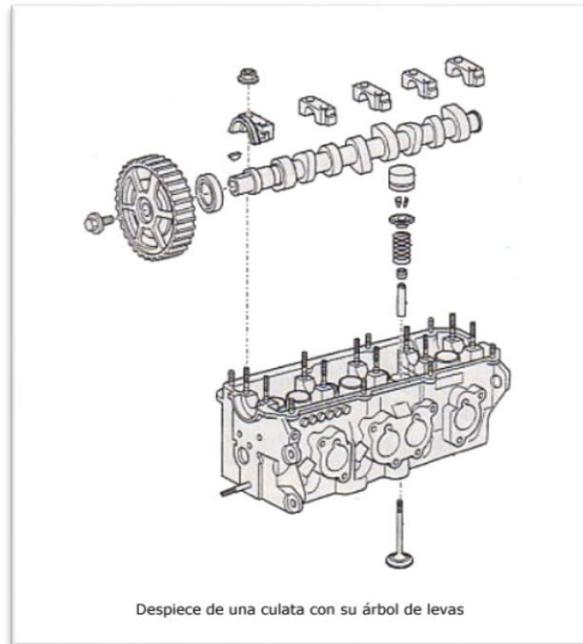


Figura 6. Cabezote.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil.

1.2.5 Bloque de cilindros.

En el bloque se encuentran los cilindros, como se muestra en la Figura 7, dependiendo del tipo de motor y su aplicación estará dada la cantidad de cilindros que contenga, siempre habrá un pistón en cada cilindro, en el conjunto de bloque de cilindros, culata, pistón, se producen los ciclos de trabajo los cuales generan grandes presiones produciendo calor, por lo cual el sistema de refrigeración debe actuar de forma constante.

El producto de la fricción en el interior de la cámara se debe por el movimiento constante de los pistones dentro del cilindro que va desde el PMS (punto muerto superior) al PMI

(punto muerto inferior), la distancia que el pistón recorre del PMI al PMS es denominada carrera.

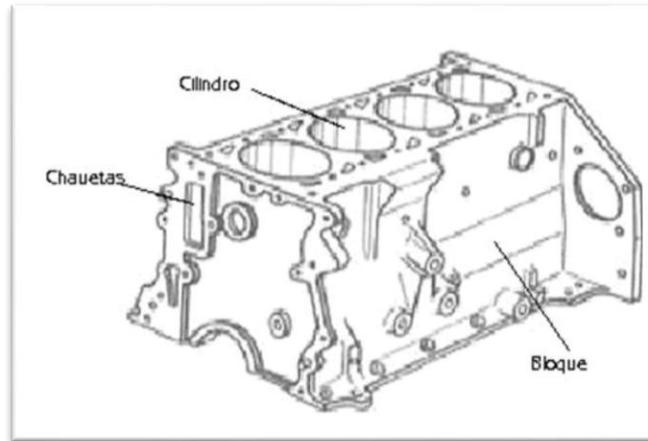


Figura 7. Bloque Motor.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil

1.2.6 Carter.

El Carter es el elemento principal en el que se almacena el aceite, al estar ubicado en la parte inferior, lubrica de mejor manera al cigüeñal, cojinetes de bancada y biela cuando realizan los momentos de giro como se observa en la Figura 8.

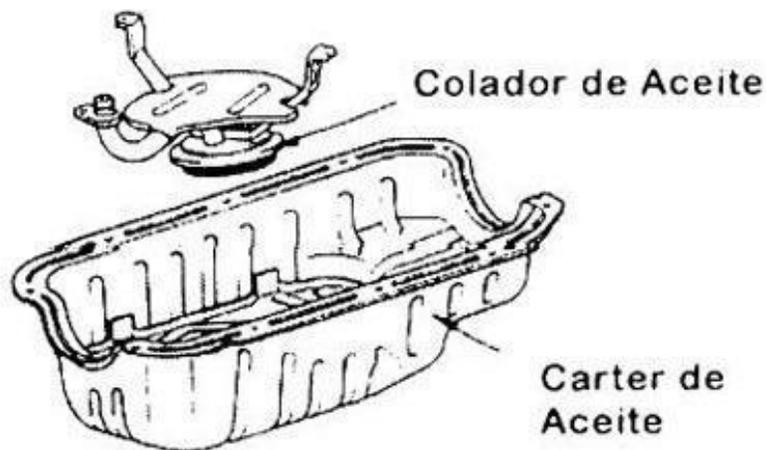


Figura 8. Carter.

Fuente: Enciclopedia practica del automóvil.

1.3 Sistemas del motor de combustión interna.

El motor de combustión interna, requiere varios sistemas para poder realizar su trabajo respectivo sin sufrir ninguna clase de alteraciones o daños en su estructura y funcionamiento.

1.3.1 Sistema de lubricación.

Dentro del motor existen varias piezas que están sometidas a fricción y al desgaste producido por el giro y roce de metal con metal, produciendo un desgaste del material y creando pérdida de energía.

El sistema de lubricación tiene la finalidad de lubricar los componentes del motor, enfriar circular, filtrar y ajustar la presión, en comparación con el motor de gasolina los motores diésel son sometidos a mayores cargas sobre cada pieza y las temperaturas son mucho más altas por esta razón el aceite se ensucia con mayor rapidez ya que el aceite tiene la función de limpiar el motor mientras circula. El sistema de lubricación cumple con el circuito de lo detallado a continuación:

El circuito de alta presión aspira el lubricante desde el Carter y con ayuda de la bomba de aceite, se lleva el caudal a las cañerías o filtros para que el lubricante lleguen a los elementos que se deben lubricar, cuando el aceite llega a los puntos necesarios, el aceite retorna al Carter por goteo con el fin de iniciar un nuevo proceso de lubricación y limpieza del motor.

La bomba de aceite está montada en el bloque de cilindros, esta se encuentra unida mediante un tubo el cual succiona el aceite del Carter con el fin de enviarlo bajo presión a las secciones de lubricación.

La bomba del tipo engranaje, se monta en la parte delantera inferior del bloque de cilindros y esta es impulsada directamente por el cigüeñal.

Se utiliza este tipo de bomba de aceite con una válvula de seguridad para evitar una carga anormal al sistema impulsor, debido al aumento anormal en la presión del aceite en el clima frío. La presión de apertura de la válvula de seguridad es de $8Kg/cm^2$ ($113,8 lbs/plg^2$). El engranaje impulsor y el engranaje impulsado están montados en el eje impulsor de la bomba de aceite por presión y no se pueden remover.

En este sistema se utiliza lubricantes que son de tipo mineral o de tipo sintético, el aceite lubricante debe reemplazarse periódicamente, ya que con el desgaste de las piezas internas y el cambio de temperaturas, se va degradando el aceite y esto conlleva a que se pierdan las propiedades que estos puedan tener, es muy importante reemplazar el filtro de aceite de forma periódica ya que desempeña un papel importante en la limpieza del lubricador, existen varios tipos de aceite de motor divididos en temperaturas, viscosidades y composiciones, estos son los multigrados y los mono grados

Multigrados.

En esta categoría se encuentran los aceites sintéticos, semi-sintético y minerales:

- 5w30 – 5w40 – 5w50, son aceites sintéticos que rinden sobre 10.000 kilómetros y son recomendados para vehículos nuevos o con poco uso. Están diseñados para trabajar en un rango de temperatura de invierno entre $-30^{\circ}C$ y $30, 40$ o $50^{\circ}C$ temperatura ambiente, respectivamente.
- 10w40 se encuentra en versiones semi-sintético o de tecnología sintética, es recomendado para 7.000 kilómetros. Este aceite es el más utilizado por los vehículos nuevos. Su rango de trabajo está entre $-20^{\circ}C$ y $40^{\circ}C$.
- 15w40, aceite mineral que sirve en ambos casos, para vehículos diésel y bencineros, y con un rango entre $-10^{\circ}C$ y $40^{\circ}C$. Recomendado para no más de 5.000 kilómetros.

- 20w50, aceite mineral formulado para vehículos con mayor desgaste, su rendimiento es recomendado para 5.000 kilómetros. El rango está entre -10°C a 40°C. Este aceite es especial para temperaturas de verano que sobrepasan los 30°C. A su vez, el 25w60 es un grado mayor, ideal para el verano, pero también para motores que presentan algún problema interno de consumo de aceite o juego de metales.

1.3.2 Sistema de refrigeración.

El fin de la creación del sistema de refrigeración es el de mantener una temperatura adecuada durante el funcionamiento del motor, para cumplir con este objetivo, el sistema está provisto de una bomba de refrigerante, un radiador, un termostato, refrigerante y un ventilador.

Este sistema funciona bombeando el refrigerante por todos los conductos de refrigeración que tiene el motor refrigerando todos los componentes internos del motor, cuando la temperatura del líquido excede la temperatura nominal, el termostato se abre y el líquido corre para el radiador para su posterior enfriamiento para mantener la temperatura adecuada de funcionamiento del motor.

1.3.2.1 Bomba de agua

La bomba de agua esta generalmente compuesta por un cuerpo una polea, eje, rotor, rodamientos, sello y drenaje.

El engranaje rotor de la bomba está impulsado por el engranaje del cigüeñal, cuando giran juntos para impulsar la bomba a velocidad alta. El líquido refrigerante en el tanque inferior del radiador entra desde el puerto de entrada del cuerpo de la bomba al centro del rotor. La fuerza centrífuga del rotor envía el líquido bajo presión desde el puerto de salida hacia los ductos de refrigeración del motor como se observa en la Figura 9.

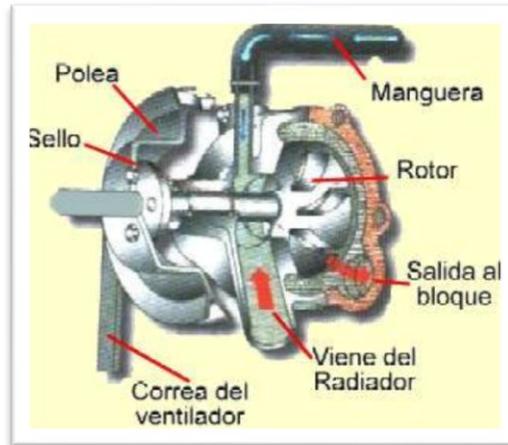


Figura 9. Bomba de Agua.

Fuente: Manual CEAC del automóvil.

1.3.2.2 Termostato.

Permite el paso o no del líquido refrigerante al interior del motor, el termostato tiene un resorte calibrado como se observa en la Figura 10., el cual a una determinada temperatura abre y deja pasar el líquido refrigerante al motor con el fin de mantener una temperatura de trabajo ideal todo el tiempo, el rango de temperatura más apropiado es de 80 a 90°C (grados centígrados), cuando la temperatura del líquido refrigerante se encuentra muy elevada el termostato permanece abierto permitiendo que el líquido de refrigerante circule por el radiador.

En los vehículos pequeños están equipados con termostato mientras los vehículos grandes tienen tasas volumétricas altas, por lo general se instala de dos a cuatro termostatos, al utilizar múltiples termostatos estos están graduados de diferente medida para que se abran a diferente grado de temperatura con el fin de tener una temperatura más estable que no genere una oscilación en el motor.

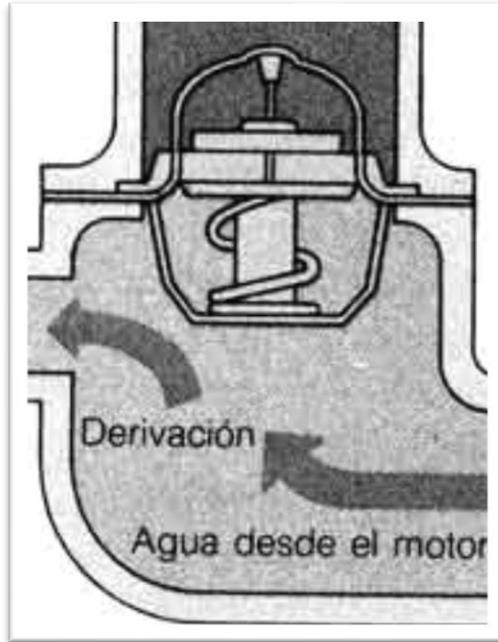


Figura 10. Termostato.

Fuente: Manual de reparación Chevrolet.

1.3.2.3 El radiador.

Es un contenedor de refrigerante en el cual el líquido circula por unos conductos en los cuales están instalados una serie de panales con el objetivo de disipar el calor generado por el motor que calienta el líquido refrigerante, el radiador consta de un tanque superior, un tanque inferior, tapa de radiador, tubo de ingreso, tubo de salida, serpentines y panales disipación de calor como se observa en la Figura 11, el radiador es ayudado por el ventilador del vehículo que puede ser eléctrico o mecánico el cual tiene la función de ayudar a disipar el aire caliente del radiador.

El sistema de refrigeración no utiliza agua, sino utiliza líquido refrigerante, el cual no es más que un líquido añadido varios componentes químicos con el objetivo de mejorar la capacidad para enfriar el agua como es la mejora en el punto de ebullición para evitar

cavitación en el sistema, también esta mejorada la temperatura de condensación, un factor importante es que el punto de congelación también es más bajo que el del agua normal, otra ventaja que tiene el uso de líquido refrigerante es que tiene propiedades antioxidantes.

Se considerara que el líquido refrigerante se sustituye en un lapso de 20 000 km que en ese lapso de tiempo su variación de volumen debe ser mínima.



Figura 11. Radiador.

Fuente: Manual CEAC del automóvil.

1.3.2.4 Ventilador.

El ventilador es el encargado de enviar una corriente de aire a través del radiador cuando el líquido refrigerante sobrepasa un cierta temperatura, en los vehículos antiguos el ventilador solía estar montado en el mismo eje de la bomba de agua y su funcionamiento era constante, en los sistema actuales el ventilador solo es necesario en un 10 % del tiempo de funcionamiento, por lo cual se emplean ventiladores con conexiones automáticas, las cuales según la temperatura del líquido refrigerante se accionan.

El ventilador es un componente de mucha importancia en el sistema de refrigeración por ser el que desplaza el calor existente en el radiador producido por el líquido refrigerante y logrando enfriar así estos dos componentes.

1.3.2.5 Líquido refrigerante.

El líquido refrigerante está compuesto de agua, mono etileno, un inhibidor de corrosión y antiespumante, a lo que se le añade un colorante dependiendo la marca a la que este pertenezca, al realizar la elección del líquido refrigerante es necesario considerar las temperaturas en la que se va a trabajar con el vehículo.

Para un buen desempeño del motor este debe tener una temperatura de 70 a 100°C (grados centígrados), del cual solo el 30% es aprovechado como energía, este líquido podría ser reemplazado con agua, pero el agua tiene tres problemas cruciales al momento de trabajar dentro del sistema. El agua se congela a 0° grados centígrados y hierve a 100 grados centígrados a nivel del mar, además de causar corrosión, herrumbre y cavitación dentro del sistema.

1.3.3 Sistema de distribución.

El sistema de distribución en los motores de combustión interna está formado por un conjunto de piezas las cuales son movidas por el mismo motor y es necesaria una sincronización entre los elementos que están girando, la distribución puede ser por piñones, banda o cadena.

En este proceso sincroniza la apertura de las válvulas con el ascenso y descenso del pistón también con la inyección de combustible. Para la sincronización de la distribución es

necesario poner en los puntos muertos iniciales del cigüeñal, árbol de levas, bomba de inyección y bomba de aceite.

1.3.3.1 Tipos de distribución.

Los sistemas de distribución se clasifican dependiendo de la localización del árbol de levas. Hasta los años 80 los motores estaban configurados con el árbol de levas situado en el bloque motor. Actualmente prácticamente todos los motores tienen el árbol de levas montado en la culata. La distribución se puede clasificar teniendo en cuenta la localización del árbol de levas en el motor:

- **El sistema SV o de válvulas laterales:**

El mando de esta válvula se efectúa con el árbol de levas situado en el bloque motor. Este sistema de distribución no se utiliza en los vehículos actuales ya que las válvulas no están colocadas en la culata sino en el bloque motor, lo que provoca que la cámara de compresión tenga que ser mayor y el tamaño de las cabezas de las válvulas se vea limitada por el poco espacio que se dispone.

- **OHV Over Head Valve:**

Se distingue por tener el árbol de levas en el bloque motor y las válvulas dispuestas en la culata. La ventaja de este sistema es que la transmisión de movimiento del cigüeñal al árbol de levas se hace directamente por medio de dos piñones o con la interposición de un tercero, también se puede hacer por medio de una cadena de corta longitud.

- **OHC Over Head Camshaft:**

Se distingue por tener el árbol de levas en la culata lo mismo que las válvulas. Es el sistema utilizado hoy en día en todos los coches a diferencia del OHV que se dejó de utilizar al final de la década de los años 80 y principio de los 90. La ventaja de este sistema es que se reduce el número de elementos entre el árbol de levas y la válvula por lo que la apertura y cierre de las válvulas es más preciso. Tiene la desventaja de complicar la transmisión de movimiento del cigüeñal al árbol de levas, ya que, se necesitan correas o cadenas de distribución más largas que con los kilómetros. Tienen más desgaste por lo que necesitan más mantenimiento.

- **SOHC Simple Over Head Camshaft:**

Es un término relacionado con los motores de combustión interna. Son siglas con significado en inglés: Simple Over Head Camshaft, cuya traducción al español es “Un solo árbol de levas en cabeza”, en este tipo de sistema de distribución la apertura de las válvulas de admisión y escape es producida por un solo árbol de levas.

- **DOHC Single Over Head Camshaft:**

Es un término relacionado con los motores de combustión interna. Son siglas con significado en inglés: Double Over Head Camshaft, cuya traducción al español es “doble árbol de levas en cabeza”, en contraposición a los motores SOHC Single Over Head Camshaft que montan un solo árbol de levas. La principal diferencia, es que un árbol de levas se usa para las válvulas de admisión y otro para las de escape.

1.3.4 Sistema depurador de aire.

Este elemento es muy importante ya que ayuda a purificar el aire que ingresa al motor, de eso depende la vida útil y la duración del motor y sus componentes, ya que si ingresa aire sin filtra, el polvo, piedras o residuos gruesos pueden dañar los componentes como el turbo pueden llegar a rayar los cilindros.

1.3.4.1 Filtro de aire.

El filtro de aire es un elemento encargado de retener las partículas sólidas suspendidas en el aire como es el polvo, polen.

Este elemento hay que reemplazarlo periódicamente con el fin de mantener en un buen estado el motor del vehículo, este elemento aparte de precautelar la vida útil del motor, es el encargado de mantener los sensores limpios sin que sufran daños por partículas que ingresen.

1.3.4.2 Turbo compresor.

El turbo compresor o turbo es un sobre alimentador que utiliza una turbina centrífuga para accionar mediante un eje a un compresor para comprimir los gases, este tipo de sistema es bastante utilizado en los motores diésel por que ayudan a que se genere un mejor llenado del cilindro y con esto lograr mayor potencia máxima con la misma cilindrada.

El funcionamiento del turbo compresor es muy simple, los gases de escape mueven la turbina que se encuentra dentro del turbo con el objetivo de generar el movimiento del eje para mover el compresor de aire que se encuentra al otro lado del turbo el cual succiona aire del exterior aumenta la presión y el caudal para enviar a la admisión del motor para generar mejor llenado de los cilindros, al ser un elemento móvil genera calor y fricción por lo cual este debe tener refrigeración y lubricación.

1.3.4.3 Intercooler.

El intercooler es solo un radiador de aire, el cual cumple la función de enfriar el aire comprimido por el turbo para generar un mejor llenado del cilindro ya que el aire frío va a tener mayor concentración de moléculas de oxígeno que el aire caliente y con el cual se va a generar una optimización del llenado de los cilindros, la ganancia de potencia por el intercooler está alrededor de 10 – 15% respecto a un motor solo sobrealimentado

1.3.5 Sistemas de Alimentación de Combustible.

La alimentación de combustible se refiere al suministrar combustible para el funcionamiento del motor desde el depósito hasta la inyección del mismo.

El combustible del depósito es succionado por una bomba de transferencia hasta una segunda bomba de alta presión, la cual se encarga de incrementar la presión e inyectara el combustible dosificado mediante los inyectores con una presión de 300 a 2000 bares dependiendo el sistema que se utilice.

En este sistema es necesario que se tenga filtros de combustible y trampas de agua, por la razón de que el combustible muchas veces tiene agua o al estar en un tanque de metal este puede llegar a oxidarse y con el cual se obstruyen los elementos de inyección de combustible.

Es necesario considerar que los vehículos deben cumplir las normas de contaminación para circular en los diferentes mercados en lo que se los distribuye, las normas que utilizamos dentro del Ecuador son las INEN basadas en las normas EURO.

Las normas EURO son muy extensas y estrictas en cuanto a contaminación ambiental de los vehículos motorizados, para la homologación de los vehículos para poder ingresar a los mercados pasan por varias pruebas en las que influye la calidad de combustible, y el tipo de sistemas depuradores de los gases de escape que disponga cada vehículo.

Dentro del Ecuador utilizamos las fases 1, 2, 3 de las normativas EURO.

1.4 Evolución del motor diésel.

Durante el pasar de los años, los motores a diésel han sufrido varios cambios con el fin de mejorar el rendimiento y aumentar sus prestaciones.

1.4.1 Bomba lineal.

Se la denomina bomba de inyección lineal, debido a que los impulsores se encuentran distribuidos de manera lineal, caracterizado por tener igual número de impulsores como cilindros el motor, las levas que mueven están bomba están desfasadas según la distribución del motor para inyectar combustible a cada cilindro, el conjunto de inyección de esta bomba está constituido por:

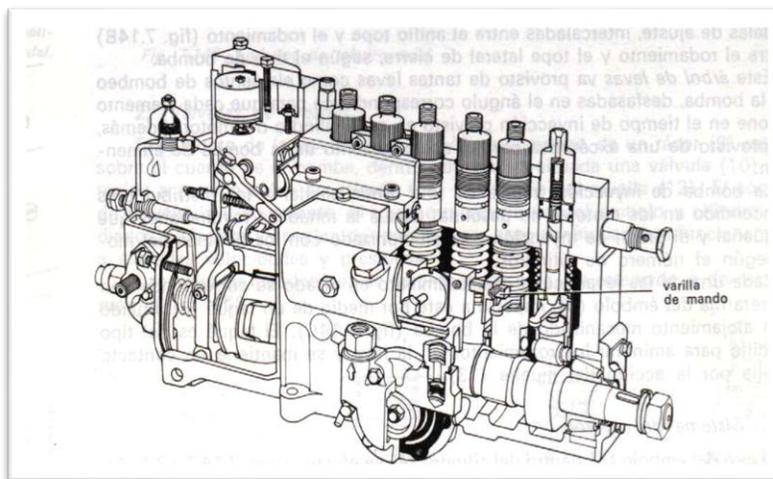


Figura 12. Bomba Lineal de Inyección Diésel.

Fuente: Manual CEAC del automóvil.

1.4.1.1 Dosificación de combustible.

La variación del caudal del combustible en este tipo de bomba está dada por el giro del pistón, por medio de una cremallera que desplaza a los pistones según sea la demanda del conductor, por medio del pedal del acelerador.

Al mover los pistones de la bomba con la cremallera, coincide la rampa helicoidal de los pistones con el orificio de retorno antes o después logrando la variación del caudal inyectado en los cilindros del motor

1.4.1.2 Válvula de presión.

Esta válvula es la encargada de separar los conductos de impulsión de combustible con el circuito de alta presión, está constituida por un racor, el cual se encuentra enroscado al cuerpo de la bomba en el cual tiene una válvula que es retenida por un resorte graduado sobre su asiento.

1.4.1.3 Variadores de avance.

Al igual que los motores a gasolina, los motores diésel necesitan regular el momento justo en el que se realiza la inyección en función al régimen de giro del motor, por lo tanto es necesario que cada motor momentos antes de la combustión se genere la inyección antes de que el pistón llegue al PMS.

1.4.2 Bomba rotativa.

Este tipo de bomba conserva el mismo principio de pistón de carrera constante, tiene la variación de que presenta la alimentación de varios cilindros como muestra la figura 13, mediante un solo elemento de presurización del combustible, utiliza un rotor para la distribución del combustible este tipo de bomba presenta una serie de ventajas:

- Menor tamaño, por ende menor peso y más fácil de acoplar al motor.
- La distribución de combustible a cada cilindro es exactamente igual, al existir un solo elemento de bombeo.
- Menor precio de adquisición y de mantenimiento.
- Permite mayores velocidades de rotación.

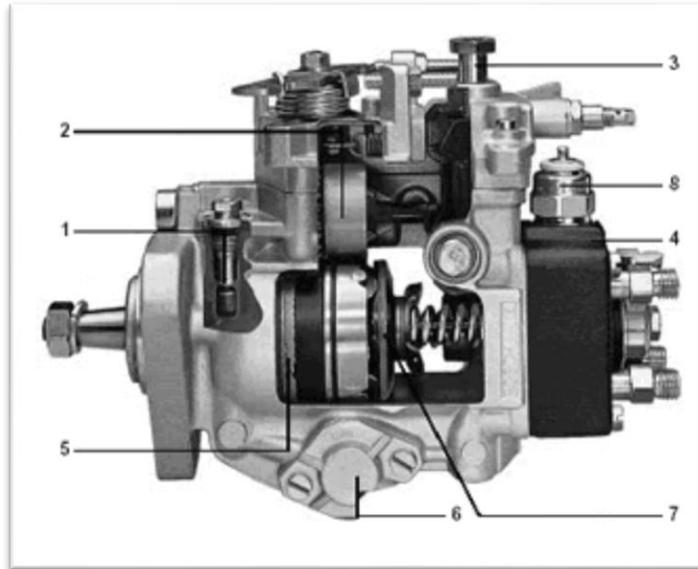


Figura 13. Bomba Rotativa.

1. Válvula reguladora de presión.
2. Grupo regulador del caudal de combustible.
3. Estrangulador de rebose (retorno).
4. Cabezal hidráulico y bomba de alta presión.
5. Bomba de alimentación.
6. Variador de avance.
7. Disco de levas.
8. Válvula electromagnética de parada.

Fuente: Manual CEAC del automóvil.

1.4.3 Bomba inyector.

El conjunto bomba inyector es un elemento en el cual tiene una bomba unida a un inyector, unidos en un solo cuerpo.

En los motores diésel que utilizan este tipo de sistema de alimentación de combustible, tienen un elemento por cada cilindro del motor, ubicadas sobre la culata y accionado por un eje de balancines solidario al árbol de levas.

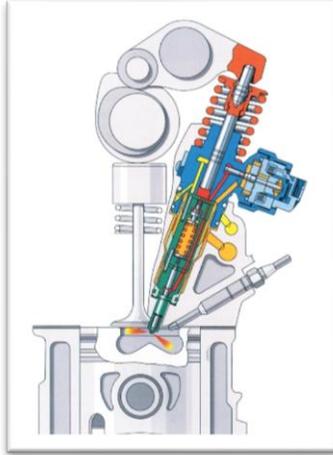


Figura 14. Bomba Inyector.

Fuente: Manual CEAC del automóvil

Este sistema lo que busca es eliminar los conductos de alta presión que van de la bomba a los inyectores obteniendo ventajas como:

- Generar alta presión de inyección.
- Inyectar la cantidad precisa de combustible en cada cilindro.

En este sistema se tendrá suma consideración en el orden y posición de montaje ya que gracias a las elevadas presiones y una mala instalación se pueden generar daños significativos en el sistema o en el motor.

1.4.3.1 Circuito de retorno.

En este tipo de sistema de inyección el retorno es utilizado para varias funciones como:

- Refrigeración del inyector.
- Eliminando la posible formación de burbujas en la zona de alimentación de combustible.
- El retorno de combustible ayuda al control del caudal para el consumo ideal del combustible, ya que al tener reguladores de presión los inyectores, y al sobre pasar

esa presión, el combustible extra sería desperdiciado si no se tuviera retorno al tanque de combustible.

1.4.3.2 Alimentación de combustible.

Este sistema de inyección de combustible cuenta con una electrobomba de transferencia, la cual está sumergida en el depósito de combustible, una bomba de aspiración por paletas es la encargada de generar la presión suficiente para alimentar el circuito de combustible en la culata.

1.5 Sistema de riel común.

El sistema de inyección por riel común es un sistema en el que tiene un solo riel en la cual se acumula el combustible antes de ser inyectado según el orden de encendido del vehículo, este sistema resta algunas ventajas en comparación a los sistemas anteriores de inyección diesel, este sistema otorga:

- Amplio campo de aplicación como vehículos livianos hasta motores de barco.
- Altas presiones de inyección y con ello una mejor pulverización.
- Proporciona el combustible ideal en cualquier circunstancia.
- Al ser electrónico posee comunicación con el resto de sistemas del vehículo.

1.5.1 Funcionamiento.

En este tipo de sistema de inyección diésel, se encuentra separado la zona de alta presión y los inyectores.

Genera alta presión mediante una bomba independiente del régimen del motor, el combustible a alta presión es acumulado en el interior de un riel de alta presión común para todos los inyectores, una unidad de control electrónico es la encargada de controlar el sistema de inyección, como se muestra en la figura 15.

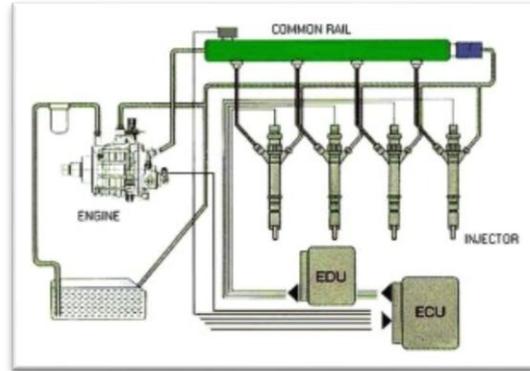


Figura 15. Sistema de Inyección CRDI.

Fuente: Manual CEAC del automóvil.

La central electrónica recibe señales de varios sensores como son:

- Sensor de posición del árbol de levas.
- Sensor de revoluciones y posición del cigüeñal.
- Sensor de posición del pedal del acelerador.
- Sensor de presión de sobrealimentación.
- Sensor de presión del riel.
- Sensor de temperatura del refrigerante y del aire.
- Sensor de cantidad de aire aspirado.
- Inyectores de alta presión.
- Regulador de presión de aire.
- Regulador de presión del riel.

La unidad de control electrónica está encargada de conocer el funcionamiento del motor en todo momento para poder hacer las correcciones de la inyección adecuada dependiendo la carga que se requiera según la altura, la demanda del conductor.

1.5.2 Alimentación de combustible.

En los sistemas de riel común se pueden diferenciar dos zonas, la de alta presión y la de baja presión.

La zona de baja presión está compuesta por una bomba de pre elevación de presión del combustible.

La zona de alta presión consta de la bomba de alta presión, con sus respectivos elementos reguladores y sensores, los conductos de alta presión, riel y los inyectores.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- a. Al colocar en contacto, la bomba de alimentación genera presión suficiente para llevar el combustible del depósito hasta la bomba.
- b. Al arrancar la bomba de aspiración alimenta la bomba de alta presión.
- c. La bomba de alta presión genera toda la presión y es regulada por la unidad de mando, gracias a los sensores y actuadores colocados sobre ella, una vez generada la presión y regulada se mantiene dentro de la riel común colocada sobre los inyectores.
- d. Por consiguiente, los inyectores son comandados por la UCE para alimentar el combustible al motor según este lo requiera.

1.6 Sistemas de inyección electrónica de motor CRDI.

Estos sistemas ya sean de gasolina o de diésel necesitan sensores y actuadores para poder realizar su funcionamiento considerando todas las variables del ambiente, combustible y requerimientos.

Además, estos sistemas cuentan con una unidad de control electrónico que es la encargada de controlar al motor, por tanto necesita conocer las variables como: la temperatura, revoluciones, etc., para ejecutar las acciones correspondientes.

1.6.1 Sensores.

Son los encargados de transformar las variables físicas en electrónicas, con la finalidad de que la unidad de control electrónico pueda conocer las correcciones a realizar en los actuadores acorde a los requerimientos, y, además, comparar con un mapa cartográfico con el objetivo de dar puntos de control.

Existen varios tipos de sensores que cumplen diferentes funciones, los más comunes son los siguientes:

- Termistor,
- Vacío,
- Volumétrico,
- Sensores de entrada y salida,
- Efecto hall,
- Inductivos,
- Piezoeléctricos.

Los vehículos con sistemas de alimentación de combustibles CRDI cuentan con los sensores detallados a continuación:

1.6.1.1 Sensor de posición del árbol de levas.

Este sensores del mismo tipo que los de posición del cigüeñal o CKP; pueden ser de tipo efecto hall, óptico o inductivo y cumpliendo con la función de ayudar a la UCE a saber en qué posición y en qué tiempo se encuentra el motor y trabaja en correlación con el sensor

de posición del cigüeñal, este sensor es el encargado de la sincronización del tiempo de distribución con el tiempo de inyección.

1.6.1.2 Sensor de revolución y posiciones del cigüeñal.

Este sensor permite saber en qué posición está el cigüeñal para que la UCE compruebe el tiempo en el que se encuentra el motor, las revoluciones del motor y envía esos datos a la UCE para el análisis y posterior activación de los actuadores, que correspondan su activación.

El sensor CKP puede ser de 3 tipos:

- Inductivo,
- Óptico,
- Efecto hall.

Estos tres tipos de sensores cumplen con la misma función: informar a la UCE las revoluciones y el tiempo en el que se encuentran los pistones, la variación en su funcionamiento, por tanto:

- Inductivo.- este sensor es un imán permanente el cual genera su propia onda (análoga) mediante el giro de una rueda fónica, este sensor no recibe una señal de alimentación o de masa de la UCE.
- Óptico y de efecto hall: sensores muy similares en su funcionamiento, puesto que reciben la señal de referencia de la UCE y una masa, generando una señal digital que es enviada a la misma UCE. Los sensores de efecto hall se enfrentan a una rueda fónica igual que en el caso anterior, mientras que los ópticos se ubican en su mayoría en los distribuidores, donde existen captadores para poder recibir las señales y enviarlas a la UCE.

1.6.1.3 Sensor de posición del pedal del acelerador.

Existen dos sensores que informan a la UCE la posición de la aleta de aceleración y del pedal, mediante esta información, la UCE calcula y establece los parámetros para comparar con el mapa cartográfico según el paso de aire que ingrese, su mal funcionamiento puede producir una reducción de potencia del 50%.

Este tipo de sensores son de tipo resistencia variable, la que varía según la posición en la que se encuentra, generando una señal que es enviada a la UCE.

Cabe mencionar, que contiene dos sensores de posición del pedal del acelerador, APS (por sus siglas en ingles).

- El APS1 es el encargado de la determinación del volumen de la inyección de combustible y el tiempo de inyección durante la conducción,
- Mientras, el APS2 se encarga de comparar la señal enviada por el APS1 y determinar si es correcta.

1.6.1.4 Sensor de presión de sobrealimentación.

Informa a la UCE la presión del sobre alimentador para compensar la inyección, este sensor al igual que el sensor de presión del riel tiene en su interior una membrana que varía su resistencia según su deformación, lo que quiere decir: es un sensor tipo piezoeléctrico, que posee 3 cables. Lo cual indica, que recibe una señal de 5 voltios y una tierra enviadas por la UCE, enviando la variación de voltaje como señal de la variación de la presión del sobre alimentador. Este sensor detecta la presión del múltiple de admisión, y, es utilizado para el funcionamiento del sobre alimentador y operación de la EGR. La señal enviada por este sensor permite a la UCE, establecer el tiempo de inyección y corregirlo según la presión atmosférica.

1.6.1.5 Sensor BARO.

Sensor detecta la presión atmosférica, corrigiendo el tiempo y el volumen de inyección adecuado a la altitud. Tomando en cuenta que puede ser externo o interno en la UCE. En algunos vehículos este parámetro se obtiene del MAF (sensor de flujo de aire) o el BPS (sensor de presión del turbo).

1.6.1.6 Sensor de presión del riel

También conocido como FRPS (Fuel Rail Pressure Sensor). Funciona mediante la variación de la resistencia eléctrica de una membrana que varía su forma, estos sensores utilizan valores de referencia de 0.5 voltios para un valor de 0 y 4.5 voltios para el máximo de presión.

En el sistema CRDI es muy importante la medición de esta presión ya que son muy pequeñas las tolerancias de este sensor para un correcto funcionamiento, la presión de servicio es de $\pm 2\%$ del valor final, al fallar este sensor como protección se activa la válvula reguladora de presión con una función de emergencia y acciona valores preestablecidos por el fabricante.

Este sensor posee 3 cables al igual de algunos otros sensores, lo cual nos indica que obtiene alimentación de 5 voltios, una tierra y una señal que envía su variación de voltaje. El valor que envíe este sensor da la seguridad a la UCE de que en el riel hay presión suficiente para que los inyectores se abran.

1.6.1.7 Sensor de temperatura del refrigerante.

El sensor de temperatura del refrigerante WTS (Water Temperature Sensor), es un sensor de tipo termistor coeficiente negativo de temperatura NTC (por sus siglas en inglés), esto se refiere a que su valor de resistencia varía de una forma inversa, es decir a mayor

temperatura menor resistencia y viceversa, como se muestra en la figura 16 del símbolo de curva característica del termistor NTC.

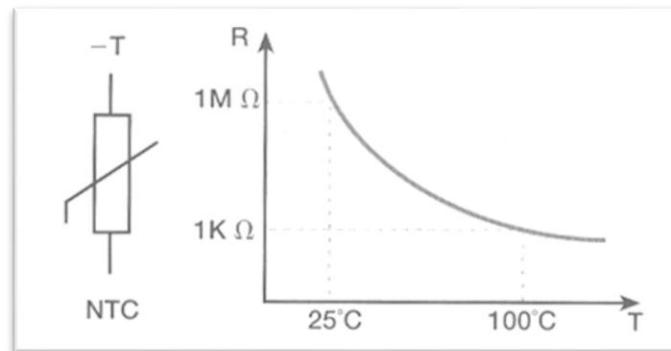


Figura 16. Símbolo y curva característica termistor NTC.

Fuente: Manual Bosch del automóvil.

La función del sensor de temperatura del refrigerante, es informar a la UCE la temperatura del motor y con eso corregir algunos parámetros de funcionamiento, como es el paso de aire en ralentí, avance del encendido.

1.6.1.8 Sensor de cantidad de aire aspirado.

Este sensor es el encargado de informar a la UCE la cantidad de aire que aspira en la admisión para poder regular la cantidad de combustible que se inyecte en la pre inyección, inyección y post inyección, este tipo de sensores son de hilo caliente.

Este sensor posee un hilo el cual se calienta y marca una resistencia, este se enfría con el aire aspirado por la admisión y esta varía la resistencia para establecer los parámetros de funcionamiento.

Las principales funciones del sensor son:

- El control de la válvula de recirculación de gases EGR de sus siglas en inglés,
- El control del actuador del turbo,
- La compensación del combustible.

1.6.1.9 Sensor de temperatura del aire.

La temperatura del aire es medida por una resistencia de tipo NTC integrada en el sensor de flujo de aire que ingresa el motor, el sensor proporciona un alto voltaje cuando la temperatura es baja y un bajo voltaje cuando la temperatura es alta.

1.6.2 Actuadores.

Son los encargados de transformar las variables electrónicas en variables físicas, estos reciben la información de la unidad de control electrónico para hacer las correcciones en el motor y que brinde un correcto desempeño.

1.6.2.1 Inyectores de alta presión.

Son los encargados de dosificar la cantidad de combustible que ingresa a la cámara de combustión, estos son comandados por la UC, que controla el tiempo de apertura de cada uno en el pre inyección, inyección y post inyección.

1.6.2.2 Regulador de presión de aire.

Este actuador funciona en conjunto con el sensor de presión del sobre alimentador para regular la presión de aire que envía el sobre alimentador a la admisión con el objetivo de evitar sobre presiones en el múltiple de admisión con lo cual podrían presentarse fallas en el sistema.

1.6.2.3 Regulador de presión del riel.

Regula la presión en el riel común para evitar fallos de sobre presión, este funciona en conjunto con el sensor de presión del riel, el cual informa de la presión que existe en el mismo para una correcta inyección o si existe una elevada presión la libera para evitar posibles fallos del sistema.

CAPÍTULO II

2 Selección de alternativas.

Fueron tomados varios vehículos para realizar estas pruebas, de acuerdo a un estudio de mercado realizado por la AEADE, en el cual se considera varios factores importantes a nivel general como son la cantidad de vehículos de ensamble nacional y vehículos importados, la cantidad de vehículos que existe según las casas comerciales, los tipos de vehículos que cada marca ofrece y por último la participación de mercado que tiene cada empresa en el mercado nacional.

Para la elección del vehículo se toma en consideración otros factores de relevancia como el medio en el que se desarrollaran las pruebas, el medio de uso común del vehículo, la accesibilidad del vehículo al público, la aceptación que tiene la marca en el mercado.

Tomando en cuenta estas consideraciones se opta por la marca con mayor participación del mercado que es la marca Chevrolet, y considerando un vehículo de acceso común y de trabajo que es la camioneta D-Max, gracias a que el diesel es un tipo de combustible menos contaminante y es el combustible más utilizado a nivel de trabajo, al optar por este tipo de combustible tenemos la opción de utilizar vehículos con bomba rotativa o de tecnología CRDI que este vehículo ofrece, el estudio está enfocado a la variación de sensores y actuadores en diferentes alturas se opta por el CRDI, como tecnología de inyección para el estudio.

El estudio se realizó a 2800msnm por ser la altura de la ciudad capital, y en la que se enfocó el estudio por ser una altura de trabajo en la ciudad capital al que realiza este tipo de

vehículo, se considera realizar la pruebas a 0 msnm por ser las condiciones ideales de trabajo.

2.1 Elección del vehículo.

Durante la elección del vehículo para el estudio se toma en consideración varios aspectos, tomando referencias de estudios de mercados realizados por la AEADE, en los que indica el modelo de mayor comercialización.

En la tabla 5, se indica los valores de ventas de vehículos por años desde el 2000 al 2014, este estudio realizado por la AEADE a nivel nacional, en los cuales está considerado el valor de vehículos de ensamblaje nacional y de importación.

Ventas de vehículos por año / 2000 - 2014



Tabla 5. Ventas de vehículos por año 2000-2014.

Fuente: AEADE anuario 2014

En el estudio de mercado realizado por la AEADE está considerada su composición de vehículos de ensamblaje local y de vehículos importados, como se observa en la tabla 6, en

las ventas realizadas entre el 2002 y el 2014, en la tabla se observa que en el 2014 la venta de vehículos de ensamblaje nacional es mayor que la venta de vehículos importados.

Composición de las ventas (ensamblaje - importación)



Tabla 6. Composición en ventas (ensamblaje – importación).

Fuente: AEADE anuario 2014.

En la tabla 7, Se observa una segmentación del mercado nacional en los principales componentes del mismo como son:

- Automóviles,
- Camionetas,
- Suv's,
- Vans,
- Camiones,
- Buses.

Ventas de vehículos por año / 2002 - 2014							
AÑO	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	SUV'S	VAN'S	CAMIONES	BUSES	TOTAL
2002	29.296	16.103	12.910	2.664	7.290	1.109	69.372
2003	27.565	14.113	9.050	2.947	3.837	583	58.095
2004	28.474	14.198	10.009	2.372	3.557	541	59.151
2005	41.695	17.734	12.647	2.054	5.264	1.016	80.410
2006	42.932	19.251	15.968	1.563	8.669	1.175	89.558
2007	38.565	20.660	19.769	1.917	9.570	1.297	91.778
2008	46.846	27.963	22.710	2.207	11.521	1.437	112.684
2009	35.869	21.336	24.727	1.895	7.919	1.018	92.764
2010	57.278	27.808	32.972	3.702	9.180	1.232	132.172
2011	62.585	27.469	31.712	5.678	10.788	1.661	139.893
2012	53.526	23.922	27.118	4.463	10.954	1.463	121.446
2013	47.102	22.047	27.067	5.159	11.085	1.352	113.812
2014	47.851	23.244	30.634	5.355	11.673	1.303	120.060

Tabla 7. Venta de Vehículo por segmento.

Fuente: AEADE anuario 2014

En la tabla 8, Se observa la participación de mercado por provincias para el 2014, en el cual la provincia de pichincha tiene el 41,4% del mercado, por lo cual el presente estudio se centrará en los vehículos de esta provincia para realizar las pruebas sobre el vehículo a 2800 metros sobre el nivel del mar

Participación por Provincia 2014

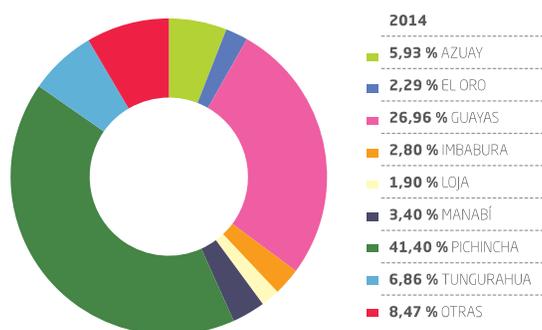


Tabla 8. Participación por provincia.

Fuente: AEADE anuarios 2014

En la tabla 9, Se observa que los automóviles son los vehículos más vendidos del mercado, pero para la realización de este estudio se toma en consideración a las camionetas por razones de tecnología y uso de trabajo en el mercado.

Ventas por segmento								
PICHINCHA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
AUTOMÓVILES	16.342	18.326	14.530	22.938	24.169	19.991	17.654	18.893
CAMIONETAS	8.303	11.415	8.958	9.863	9.894	9.496	8.772	9.074
SUV'S	10.004	10.726	11.373	15.160	14.149	12.638	12.843	14.782
VAN'S	926	1.160	879	1.489	2.163	1.852	2.262	1.831
CAMIONES	3.130	4.775	3.219	3.536	3.911	4.301	4.511	4.620
BUSES	605	545	444	408	619	437	436	502
TOTAL	39.310	46.947	39.403	53.394	54.905	48.715	46.478	49.702

Tabla 9. Ventas por segmento provincia de pichincha.

Fuente: AEADE anuario 2014

Para la elaboración de este estudio se tomó en consideración el segmento de camionetas, en el cual se considerara 3 vehículos como posibles opciones para el estudio entre los vehículos con mayores ventas de este segmento, las cuales son:

- CHEVROLET DMAX



Figura 17. Chevrolet D Max CRDI.

Fuente: www.imbauto.com.ec

MOTOR	
Cilindraje	2999
Válvulas	16
Potencia	134@3600
Torque	294@1400-3000
Alimentación	CRDI
Transmisión	manual 5 velocidades
Tipo	4X4
Candados	shift in the fly
Dirección	hidráulica cremallera
Suspensión delantera	independiente tipo whisbone
Suspension posterior	rígida con ballestas
Frenos delanteros	disco ventilado
Frenos posteriors	tambor
Freno de parqueo	entre asientos
Llantas	245/75R16

Tabla 10. Ficha técnica Chevrolet D-Max.

Fuente: Manual técnico.

PESO Y MEDIDAS	
Peso bruto	2950
Capacidad de carga	1045
Capacidad de eje delantero	1350
Capacidad del eje posterior	1870
Largo total	5295
Ancho total	1860
Alto total	1790

Tabla 11. Ficha técnica Chevrolet D-Max.

Fuente: Manual técnico

CARACTERISTICAS DE SEGURIDAD	
Air bag conductor y pasajero	S
Frenos ABS con EDB	S
Alarma	S

Bloqueo central	S
Chasis alto rendimiento	S
Columna de dirección colapsable	S
Barras de protección puertas laterales	S
Cinturón de 3 puntos	S
Desempañador de vidrio trasero	S
Tercera luz de freno	S
Espejo retrovisor día noche	S
Anclaje de seguridad ISO fix asiento de niño	S
Seguridad de niños puertas posteriores	S
Protector de carter	S
Gancho delantero de remolque	S

Tabla 12. Ficha técnica Chevrolet D-Max.

Fuente: Manual técnico.

CARACTERISTICAS EXTERNAS DEL VEHÍCULO	
Faros halógenos	de protección
Parachoques delantero	Bodycolor
Espejos retrovisores laterals	cromado con direccional
Kit de drenaje de combustible	S
Rines	16"
Manijas exteriores balde	Cromada central
Guardapolvos delanteros y posteriores	Interiors

Tabla 13. Ficha técnica Chevrolet D-Max.

Fuente: Manual técnico

- TOYOTA HILUX



Figura 18. Toyota HILUX CRDI.

Fuente: www.casabaca.com.ec

MODELO	HILUX 4X4 CD	
MOTOR	2GD-FTV	
Tipo	16 válvulas, DOHC	
Desplazamiento	2393	cm3
Relación de compression	15.6	
Sistema de combustible	inyección de combustible riel común	
Potencia maxima	147	hp/rpm
Par motor- torque máximo	400	nm/rpm
CHASIS		
Frenos	disco ventilado con caliper fijo- 4 pistones	delanteros

	Tambor	posterior
Suspensión	doble horquilla	delantera
	eje rígido con hojas de ballesta	posterior
Mecanismo de dirección	cremallera y piñon	
Tipo de dirección	hidráulica	
DIMENSIONES Y PESOS		
Exteriores	5335	largo
	1855	ancho
	1815	alto
Distancia entre ejes	2315	mm
Dimensiones del balde de carga	1525	largo
	1540	ancho
	480	alto
Peso bruto vehicular	2910	kg
Radio mínimo de viraje ruedas	6.4	m
Radio mínimo de viraje carrocería	6.7	m
Capacidad de tanque de combustible	80	l

Tabla 14. Ficha técnica HILUX.

Fuente: Manual técnico

CARTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	
Airbag	frontal conductor y pasajero, de rodilla pasajero
Aire acondicionado	si
Alarma luces encendida	si
Alarma de olvido de llaves en el switch	si
Asientos delanteros	independiente dos personas
Asientos posteriores	banca abatible con 3 apoya cabezas
Barras de protección vidrio posterior	-
Bloqueo central	si
Calefacción	si
Capacidad pasajeros	5
Cinturones de seguridad delanteros	2 de 3 puntos
Cinturón de seguridad posteriores	3 de 3 puntos
Consola central	si, con portavasos, apoya brazos central y tapa
Desempañador posterior	si
Espejos exteriores	cromado, eléctricos, con luces direccionales
Estribos	si
Frenos ABS con EDB	si
Guarda lodos	delanteros y posteriores

Indicadores de uso de cinturón	si
Inmovilizador	si
Llantas-aros	265/65R17, aluminio
Manijas exteriores	cromadas
Manijas interiores	cromadas
Modos de manejo ECO-POWER	si
Moquetas (juego completo)	opcional
Neblineros	si
Pantalla multinformación	si
Parachoques delantero	color carrocería
Parachoques posterior	acero, cromados con grada
Parrilla frontal	cromadas
Portavasos	en panel de instrumentos y consola central
Radio CD, bluetooth, mp3	si
Reloj	si
Recubrimiento de cajón	si
Seguro de niños en puertas posteriores	si
Tacómetro	si, análogo
Vidrios eléctricos	si
Volante regulable en altura y profundidad	si

Tabla 15. Ficha técnica HILUX

Fuente: Manual técnico

- MAZDA BT50



Figura 19. Mazda BT50 CRDI.

Fuente: www.autofenix.com.ec

ESPECIFICACIONES		
MOTOR		
Tipo	4 cilindros en línea, DOHC-16V	
Cilindrada	2499	cc
Potencia	157,30/3500	HP/RPM
Torque	363,00/1800	Nm/RPM
Alimentación de combustible	inyección electrónica de diesel por riel común CRDI	
Alimentación de aire	Turbo de geometría variable VBC con intercooler	

Tabla 16. Ficha técnica MAZDA.

Fuente: Manual técnico.

DIMENSIONES PRINCIPALES		
Largo	5169	mm
Ancho	1807	mm
Altura	1755	mm
Distancia entre ejes	3000	mm
Trocha delantera	1445	mm
Trocha posterior	1440	mm
Peso total sin carga	1893	kg
Capacidad de carga del vehículo	1100	kg
Capacidad tanque de combustible	18	gl

Tabla 17. Ficha técnica MAZDA.

Fuente: Manual técnico.

SUSPENSIÓN	
Suspensión delantera	independiente doble brazo con barra de torsión
Suspensión posterior	eje rígido con ballestas de 5 hojas
DIRECCION	
Tipo de dirección	caja de tornillo sin fin, hidráulica HPS sensible a la velocidad del motor
Volante de altura ajustable	Equipado
Radio de giro	6,3
FRENOS	
Tipo	hidráulica con circuitos independientes gobernados por unidad electrónica
Frenos delanteros	discos ventilados, con sistema de cilindros de 2

	pistones
Frenos posteriors	tambores con sistema de bandas autoajustables
Tipo de freno de parqueo	mecánico con cable instalado en llantas posteriores
Sistema de compensación sensible a la carga al balde	equipado con válvula LSPV de control de fuerza de frenado

Tabla 18. Ficha técnica MAZDA

Fuente: Manual técnico

Para una elección definitiva del vehículo para realizar el estudio se consideraron los siguientes aspectos:

La tecnología CRDI es un avance tecnológico significativo en la inyección del diesel convencional, trabajando a altas presiones logrando una pulverización adecuada gracias a todos los implementos electrónicos que este sistema incluye para una más precisa regulación del combustible, generando un ahorro en el combustible y reduciendo la cantidad de gases contaminantes enviados al ambiente y mejorando el rendimiento de potencia.

El Ecuador está obligado a la protección del medio ambiente, por lo tanto las nuevas políticas gubernamentales promueven el uso de tecnologías más amigables con el ambiente, la reducción de gases contaminantes y la reducción del consumo de combustible.

- Marca de vehículo con mayor participación de mercado.
- Segmento de vehículo con mayores ventas.
- Modelo de vehículo.

Vehículo para las pruebas correspondientes:

- Marca: Chevrolet,

- Segmento: camioneta,
- Modelo: D-MAX 4X4 CRDI,
- Año de fabricación: 2014,
- Motor: 3000cc,
- Inyección: CRDI,
- Tipo de combustible: Diésel.



Figura 20. Vehículo de pruebas.

Fuente: Gudiño Francisco.

Como se muestra en el estudio realizado por la AEADE este vehículo cuenta con la ventaja de ser un vehículo de gran comercialización en el mercado nacional y por ende existen varios vehículos con similares características técnicas, en la parte mecánica como en la parte de control electrónico, por lo cual los datos obtenidos en el estudio tendrán un alto grado de aplicabilidad.

Se selecciona este tipo de tecnología con este tipo de combustible por ser un avance tecnológico en el campo automotriz, más amigable con el medio ambiente por la reducción del consumo del combustible, reducción de emisiones contaminantes logrando un aumento

de potencia en los vehículos de similares características con los sistemas de inyección anteriores al CRDI.

Las alturas para realizar este estudio serán 2800msnm, por ser una altura en la cual los vehículos están sometidos a un régimen de trabajo en nuestras condiciones geográficas actuales y se realizaran la pruebas en una altura de 0 msnm para tomar la referencia de la condiciones ideales de trabajo y poder realizar una comparación y tomar en cuenta las variaciones que existe en los sensores y las compensaciones que realiza el vehículo para un óptimo funcionamiento.

CAPITULO III

3 Levantamiento de datos

En el levantamiento de datos se examinó las características de vehículo de seguridad, motor, peso, medidas, exterior, así como también se presenta los equipos con los cuales se realizaron la medición de parámetros en los dos escenarios propuestos.

3.1 Protocolo de pruebas

En el protocolo de pruebas se establecen los pasos para determinar un orden definido para las pruebas con el fin de tener repetitividad y sea realizado por cualquier persona en las condiciones de pruebas en las que se establece esta investigación.

Para evitar las posibles fallas en las pruebas por variables en la toma de datos es necesario la creación de un proceso de estandarización, con el fin de evitar la mayor posible alteración de resultados y recreando los mismos escenarios para las pruebas por lo cual el proceso para realizar las pruebas del vehículo es el siguiente:

1. Preparar instrumentos de medición,
2. Confirmar altura geográfica,
3. Verificar la temperatura de funcionamiento,
4. Apagar el vehículo,
5. Conectar scanner IDSS,
6. Encender el vehículo, mantener en ralentí,
7. Obtener datos de ralentí,

8. Aumentar las revoluciones a 2500 y estabilizar,
9. Obtener datos a 2500,
10. Volver a ralentí,
11. Con el osciloscopio tomar parámetros durante las pruebas realizadas.

3.2 Pruebas estáticas

Estas pruebas se realizaron con el vehículo estacionado, en posición neutral y con el freno de parqueo accionado, se las realizara a 700 rpm y 2500 rpm.

3.3 Normas.

Para realizar este estudio se consideran las normas para la realización de pruebas estáticas NTE INEN 2 202 y NTE INEN 2 297: 2002 las cuales son del Instituto Nacional de Normalización de Gestión Ambiental para vehículos automotores, en los cuales se contempla el procedimiento para realizar las pruebas estáticas, y tiene como alcance a todos los vehículos cuyo combustible sea el diesel.

3.4 Equipos.

Los equipos que se utilizo en estas pruebas son herramientas electrónicas utilizadas con el fin de reducir los posibles fallos por malas conexiones o por des calibración de los equipos de medición.

3.4.1 Scanner.

Es una herramienta de diagnóstico automotriz en el cual se verifica el funcionamiento de los componentes electrónicos, los parámetros de actividad del motor, la programación de la computadora del motor y los posibles códigos de fallas.

Esta herramienta es bastante práctica para la comprobación de los parámetros de funcionamiento y reprogramar algunos pres establecidos por el fabricante.

Para realizar este estudio se utilizó el scanner original de la marca el cual es IDSS de Isuzu diésel.



Figura 21. Scanner IDSS.

Fuente: Gudiño Francisco.

El scanner IDSS (Isuzu Diagnostic Service Sistem), es la interfaz original del vehículo para diagnóstico de camión pesado de la marca Isuzu, diseñado con el afán de verificar el funcionamiento de los vehículos con el cual se programa y verifica funcionamiento de los componentes.

Este vehículo al ser ensamblado con el motor del camión Isuzu NPR, requiere este tipo de interfaz para su análisis para lo cual necesita:

- Computador con el software IDSS instalado.
- Interfaz IDSS.
- Puerto OBD2.

Para acceder mediante esta interfaz a los parámetros del vehículo es necesario conectar los equipos y arrancar el software para que este lo reconozca en el cual se programa, verifica y comprueba el correcto funcionamiento o se verifica las fallas que esté presente.

3.4.2 Altímetro GPS.

El altímetro GPS (Global Possition Sistem) es un sistema de navegación basado en 24 satélites, 21 operativos y 3 de respaldo que envían información sobre la posición de personas u objetos en cualquier ubicación, en la cual se muestra parámetros como ubicación geográfica en coordenadas, altitud geográfica, velocidad.



Figura 22. Altímetro GPS.

Fuente: Gudiño Francisco.

Es una herramienta muy práctica en la cual se observa a la altura en la que se van a realizar las pruebas con el objetivo de comparar los parámetros de funcionamiento según la altura geográfica en la que trabaja el vehículo.

3.4.3 Osciloscopio.

Un osciloscopio es un instrumento de medición electrónico utilizado para la representación de pulsos o señales de una manera gráfica en un eje de coordenadas “X;Y” en los cuales se grafica el tiempo versus las tensiones, el grafico que se observa en la pantalla de datos del osciloscopio se la conoce como oscilograma, el cual es utilizado para poder verificar el correcto funcionamiento de las piezas eléctricas.

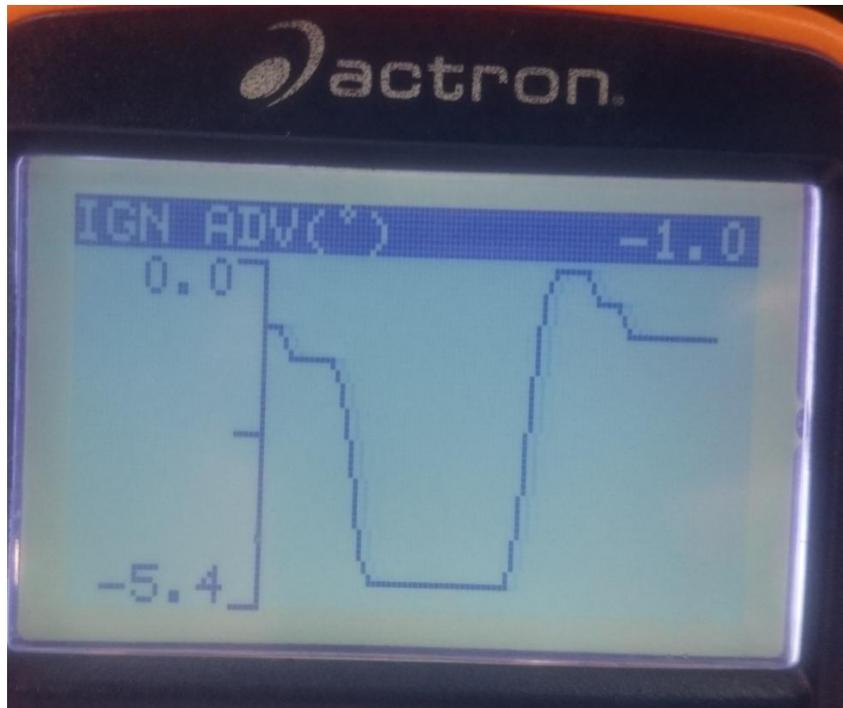


Figura 23. Osciloscopio.

Fuente: Gudiño Francisco.

El osciloscopio utilizado es una función del scanner automatizado multimarca Actron en el cual se ha configurado para realizar las lecturas del vehículo de pruebas de acuerdo a marca, modelo y motor que el vehículo de pruebas tiene con el fin de verificar el funcionamiento y las curvas de los sensores.

3.5 Procedimiento.

Para realizar el estudio, las pruebas a realizar son estáticas a 700rpm y 2500rpm es necesario preparar todos los instrumentos necesarios para la medición de los sensores y actuadores del vehículo, para proseguir con la recolección de datos hay que verificar la altura geográfica en la que se encuentra para realizar las pruebas, estas deben ser a 2800msnm y a 0msnm, al tener esta altura verificada, se procede a la verificación de la temperatura de funcionamiento que debe ser de 71°C, si el vehículo no se encuentra en esta

temperatura de trabajo es necesario mantener el vehículo encendido hasta que llegue a esta temperatura de funcionamiento, al verificar esta temperatura se procede a apagar el vehículo, con el fin de conectar el scanner IDSS sin provocar un arco voltaico que podría afectar a las redes CAN y por procedimiento de norma OBD para equipos de diagnóstico.

Al tener conectado el scanner IDSS al vehículo y la interfaz de comunicación encendida se procede a encender el vehículo y mantenerlo en ralentí, una vez con el vehículo encendido a velocidad de ralentí se procede a la recolección de datos, al culminar la recolección de datos a esta velocidad, se procede a elevar las revoluciones a 2500 rpm hasta estabilizar la velocidad, una vez estable la velocidad del motor se procede a la recolección de datos de esta velocidad, al culminar con la recolección de datos se vuelve a velocidad de ralentí y durante la fase de pruebas tomar las diferentes curvas de los sensores con ayuda del osciloscopio.

3.5.1 Flujo grama de método.

En el siguiente flujo grama se presenta el método con el cual se realizaran las pruebas acorde con el protocolo establecido para las mismas con el fin de someter al mismo tipo de pruebas en las mismas condiciones para evitar errores en las mediciones realizadas al vehículo.

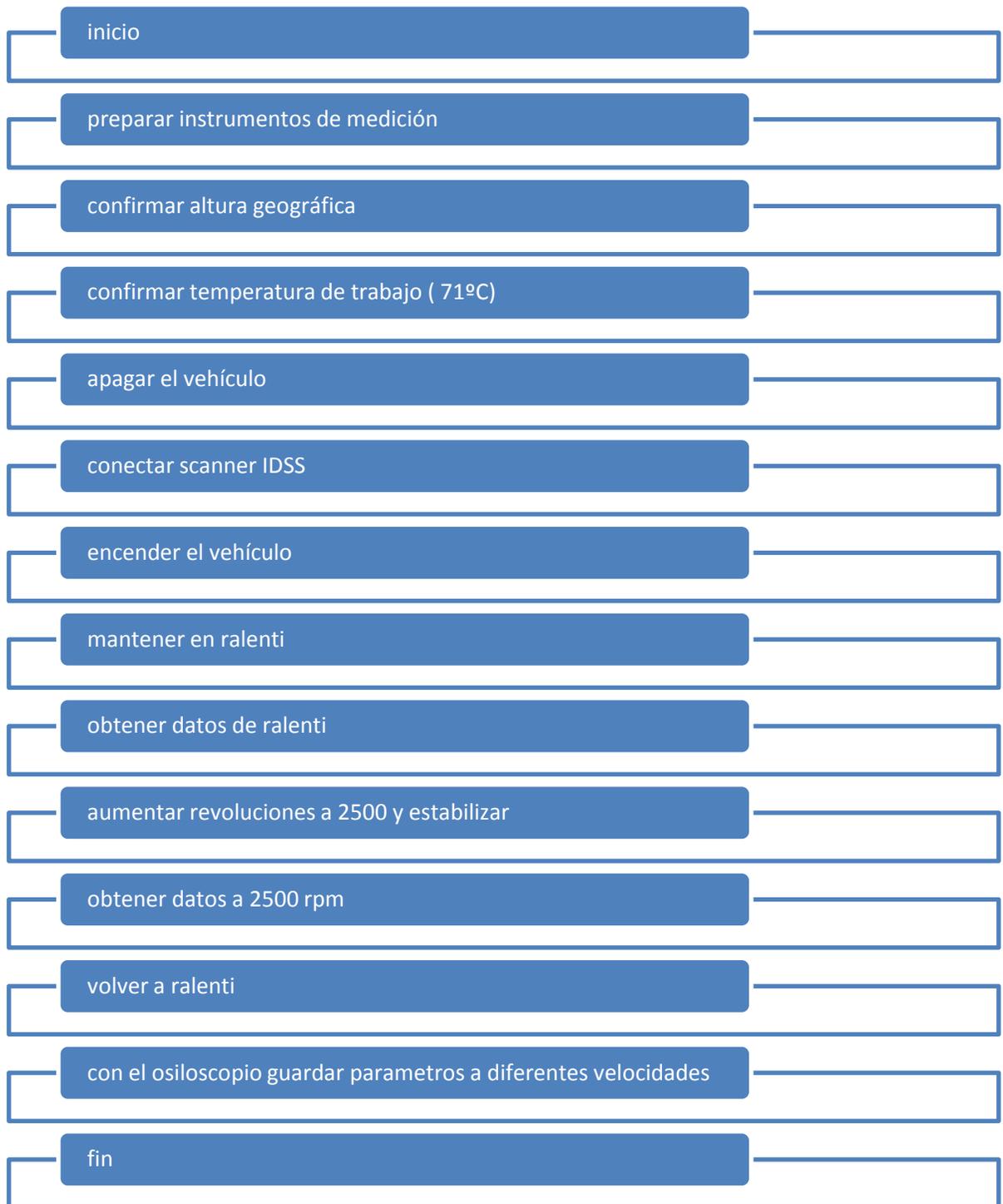


Figura 24. Flujo grama protocolo de pruebas.

Fuente: Gudiño Francisco.

CAPÍTULO IV

4 Fase de pruebas.

En la fase de pruebas se verifica y compara los parámetros de funcionamiento del vehículo de pruebas Chevrolet D-Max CRDI en los escenarios planteados a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar y a 0 metros de altura sobre el nivel del mar, obteniendo con eso los escenarios ideales y reales de trabajo del vehículo propuesto.

4.1 Lugares de fase de pruebas.

Durante la recolección de datos se establece los lugares idóneos para la realización de las pruebas previstas para este estudio los cuales debe estar a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar, que es un escenario real de trabajo del vehículo y el escenario ideal de trabajo que es a 0 metros de altura sobre el nivel del mar.

Se considera un lugar idóneo al sitio en el que se tenga el espacio adecuado para poder realizar las pruebas correspondientes con todos los equipos necesarios sin causar molestia a las personas alrededor con las herramientas adecuadas.

4.1.1 Lugar a 2800 msnm.

El sitio elegido para realizar las pruebas a 2800 metros sobre el nivel del mar, para realizar las pruebas en altura de trabajo real, se escoge los talleres de Metrocar matriz, los cuales se encuentran exactamente a 2784 metros sobre el nivel del mar.



Figura 25. Ubicación Metrocar matriz.

Fuente: Google Maps.

En la figura 25, se observa la ubicación de Metrocar matriz, el cual se ubica en la avenida 10 de agosto N31-162 y Mariana de Jesús en la ciudad de Quito.

Este sitio es escogido por tener la facilidad del espacio y el uso de la herramienta scanner automotriz IDSS.

4.1.2 Lugar a 0 msnm

Al igual que para las pruebas a 2800 metros sobre el nivel del mar, es necesario considerar el sitio con igual condiciones de espacio, herramientas por el cual se ha elegido a los talleres de Imbauto Esmeraldas para realizar las pruebas del vehículo, el cual se localiza a 0 metros sobre el nivel del mar.



Figura 26. Ubicación de Imbauto Esmeraldas.

Fuente: Google Maps.

En la figura 26 se encuentra la ubicación de los talleres de Imbauto Esmeraldas los cuales se encuentran en el Km. 1 y 1/2 vía Quinindé desvío a Atacámes, frente Villas de Petroecuador, Esmeraldas.

4.2 Parámetros a 2800 msnm.

En la figura 27, se observa el alímetro GPS en el cual se toma la altura de referencia del lugar de las pruebas (Metrocar matriz) el cual se encuentra a 2784 metros sobre el nivel del mar.



Figura 27. Altitud de 2784 msnm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 28, se observa el odómetro de la camioneta D-Max CRDI de metro car matriz, el cual se toma para considerar los parámetros del vehículo según el kilometraje, tomando en cuenta el procedimiento que se consideran para realizar estas pruebas.



Figura 28. Odómetro Quito.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 29 en la pantalla de datos se verifica la temperatura de trabajo la cual es 71°C, en esta pantalla de datos aparte de ver la temperatura se observa el avance del encendido,

presión del Map, entre otros datos, estos datos son tomados a 2784 metros de altura en ralentí.

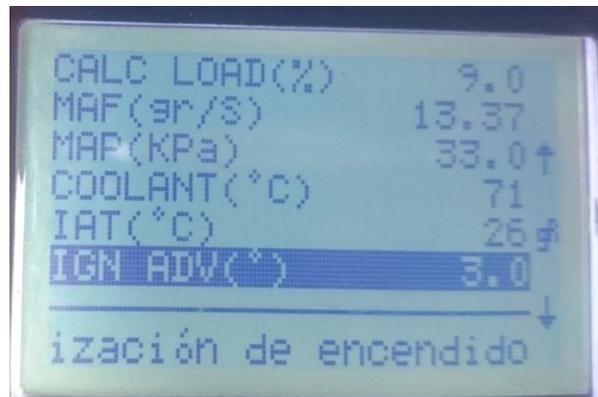


Figura 29. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 30, se observa la variación de los datos de la figura 29, el cambio de estos datos está dada por la variación de la velocidad del motor el cual para estos datos está a 2500 rpm, en el cual se observa una variación de los grados de adelanto de la inyección que van de 3 a 7° como consideración las dos pruebas (ralentí y 2500 rpm) fueron pruebas estáticas lo cual nos indica que no existe movimiento del vehículo lo cual se observa que esta con velocidad cero.

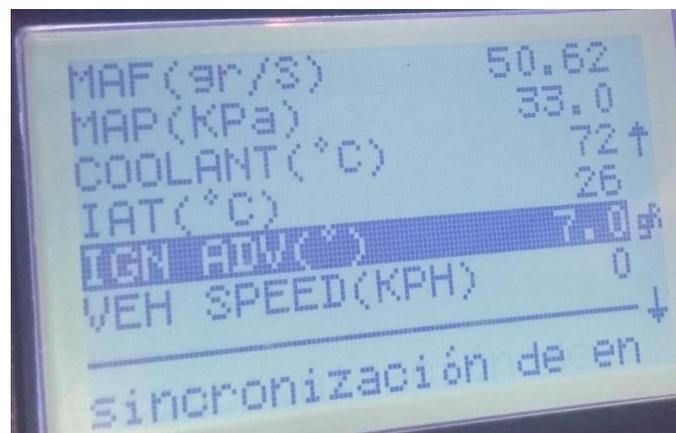


Figura 30. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 31, con ayuda del osciloscopio se observa la curva, variación del avance de la inyección al pasar de ralentí a 2500 rpm.

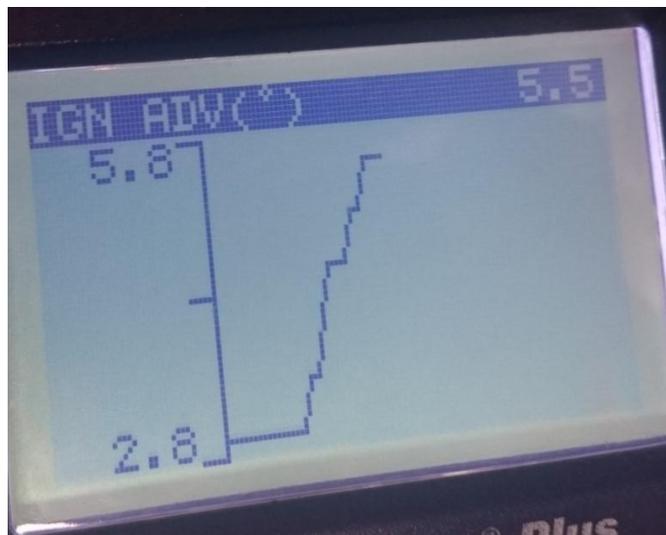


Figura 31. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 32, se observa la pantalla del scanner IDSS en la cual se ingresan los datos del vehículo como el modelo de fabricación, tipo de motor, con el objetivo de ingresar en el sistema del IDSS para verificar el vehículo.

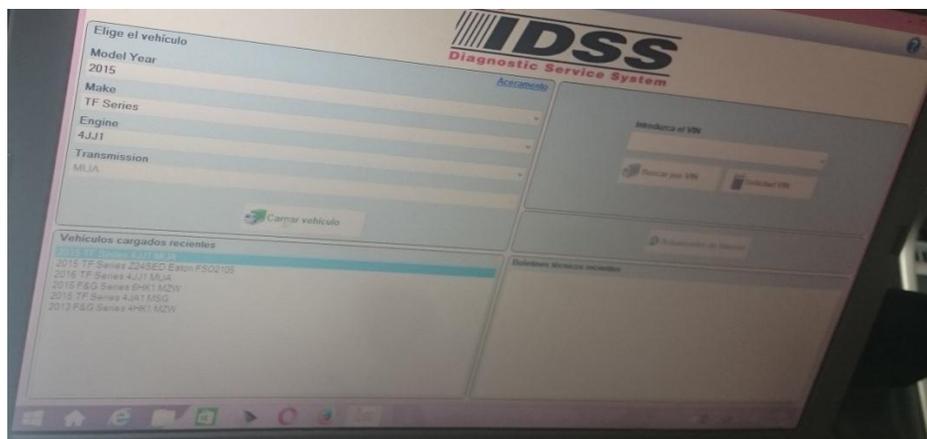


Figura 32. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

4.2.1 Pruebas a 2800 msnm a 708 rpm,

En la tabla 19, se muestran los parámetros iniciales de la camioneta Chevrolet D Max CRDI, tomados como referencia para realizar las comparaciones con los datos iniciales de las otras pruebas y realizar la tabulación de los datos obtenidos durante toda la fase de pruebas con este vehículo.

Para realizar esta prueba, se tiene como datos iniciales el kilometraje, velocidad del motor, altura geográfica, temperatura del motor entre otros.

QUITO 708 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Kilometraje	42885	Km
Velocidad del motor	708	Rpm
Carga del motor	11	%
Posición del pedal del acelerador	0	%
Sensor 1 del pedal del acelerador	0,8	V
Sensor 2 del pedal de aceleración	1,5	V
Temperatura del refrigerante	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,9	V
Temperatura del aire de admisión	24	°C
Sensor de temperatura del aire de admisión	2,1	V

Tabla 19. Datos de entrada.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 20, se observa los parámetros de medición del vehículo realizado a 2800 metros sobre el nivel del mar a velocidad de 708 revoluciones por minuto.

Entre los valores obtenidos durante esta fase de las pruebas, se obtiene datos de flujo de masa de aire, temperatura de combustible, porcentajes de accionamiento y localización del turbo.

QUITO 708 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura del combustible	35	°C
Sensor de temperatura del combustible	1,7	V
Flujo de masa de aire deseada	0,5	g/st
flujo de masa de aire	14,6	g/sec
Sensor de flujo de masa de aire	1,8	V
Presión barométrica	72	Kpa
Sensor de presión barométrica	1,6	V
Posición deseada del turbo	37	%
Relación de la petición conducción válvula solenoide	32	%
Presión deseada del turbo	325	Kpa
Presión del turbo	70	Kpa
Sensor de presión del turbo	0	V

Tabla 20. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 21, se observa los parámetros de medición del vehículo de pruebas en el cual se muestra presiones del riel de combustible tanto la deseada como la real, porcentaje de funcionamiento de la válvula EGR, entre otros datos obtenidos durante esta prueba a velocidad de ralentí (708 RPM) a una altura de 2784 msnm.

QUITO 708 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
presión deseada del riel de combustible	64	MPA
Presión del riel de combustible	64	MPA
Sensor de presión del riel de combustible	2	V
Accionamiento de la válvula EGR	0	%
Relación de petición válvula EGR	0	%
Posición de la válvula EGR	0	%
Radio de mando de la mariposa de aceleración	0	%
posición deseada de válvula de admisión	87	%
Posición de la mariposa de admisión	100	%
Sensor de posición de la mariposa de admisión	4,4	V
Comando válvula solenoide control torbellino	off	
cantidad deseada de inyección de combustible	9	mm3/st

Tabla 21. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

4.2.2 Pruebas a 2800 msnm a 2001 rpm.

Para obtener datos de referencia y comparación durante la recolección de datos se realiza otra medición con pruebas exactamente iguales a diferente velocidad de funcionamiento del motor, en esta fase la velocidad del motor es a 2001 revoluciones por minuto, esta velocidad es tomada en consideración por ser la máxima velocidad del motor en posición estática del vehículo.

QUITO 2001 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Kilometraje	42885	km
Velocidad del motor	2001	rpm
Carga del motor	14	%
Posición del pedal de aceleración	7	%
Sensor 1 de posición del pedal de aceleración	1,1	V
Sensor 2 de posición de pedal de aceleración	1,9	V
Temperatura del refrigerante	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,9	V
Temperatura del aire de admisión	24	°C
Sensor de temperatura del aire de admisión	2,1	V

Tabla 22. Datos de entrada.

Fuente: Gudiño Francisco.

Al igual que para las pruebas a ralentí (708 RPM) es necesario tomar los datos iniciales del vehículo antes de realizar las pruebas.

Como se muestra en la tabla 22, los datos de entrada casi no varían en relación a la tabla 19, los parámetros que varían entre las dos tablas es la velocidad del motor que va de 708 RPM a 2001 RPM, la carga del motor pasa de 11 % a 14%, la posición del acelerador pasa del 0% a un 7%.

QUITO 2001 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura del combustible	36	°C
Sensor de temperatura del combustible	1,6	V
Cantidad deseada de masa de aire	0,5	g/st
flujo de masa de aire	47,1	g/sec
Sensor de flujo de masa de aire	2,7	V
Presión barométrica	72	Kpa
Sensor de posición barométrica	1,6	V
Posición deseada del turbo	37	%
Relación de la petición conducción válvula solenoide	32	%
Presión deseada del turbo	325	kpa
Presión del turbo	70	kpa
Sensor de presión del turbo	0	V

Tabla 23. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 23, se observan los parámetros de medición del vehículo en la prueba realizada a 2800 metros sobre el nivel del mar a 2001 revoluciones por minuto.

QUITO 2001 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
presión deseada del riel de combustible	64	MPA
Presión del riel de combustible	64	MPA
Sensor de presión de riel de combustible	2	V
Accionamiento de la válvula EGR	0	%
Posición deseada de la válvula EGR	0	%
Posición de la válvula EGR	0	%
Radio de mando de la mariposa de aceleración	0	%
Posición deseada de válvula de admisión	87	%
Posición de la válvula de admisión	100	%
Sensor de la válvula de admisión	4,3	V
Comando de la válvula solenoide de control de remolino	Off	
Cantidad deseada de inyección de combustible	9	mm3/st

Tabla 24. Datos a medir

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 24, Se observa los parámetros de medición de presión de combustible del vehículo Chevrolet D-Max CRDI a 2001 revoluciones por minuto a una altura geográfica de 2784 metros sobre el nivel del mar.

4.2.2.1 Tabulación y comparación de datos a 2874 msnm.

En los siguientes gráficos se muestra la tabulación y comparación de los datos obtenidos durante la fase de pruebas realizada al vehículo Chevrolet D-Max CRDI realizadas a 2784 metros de altura sobre el nivel del mar.

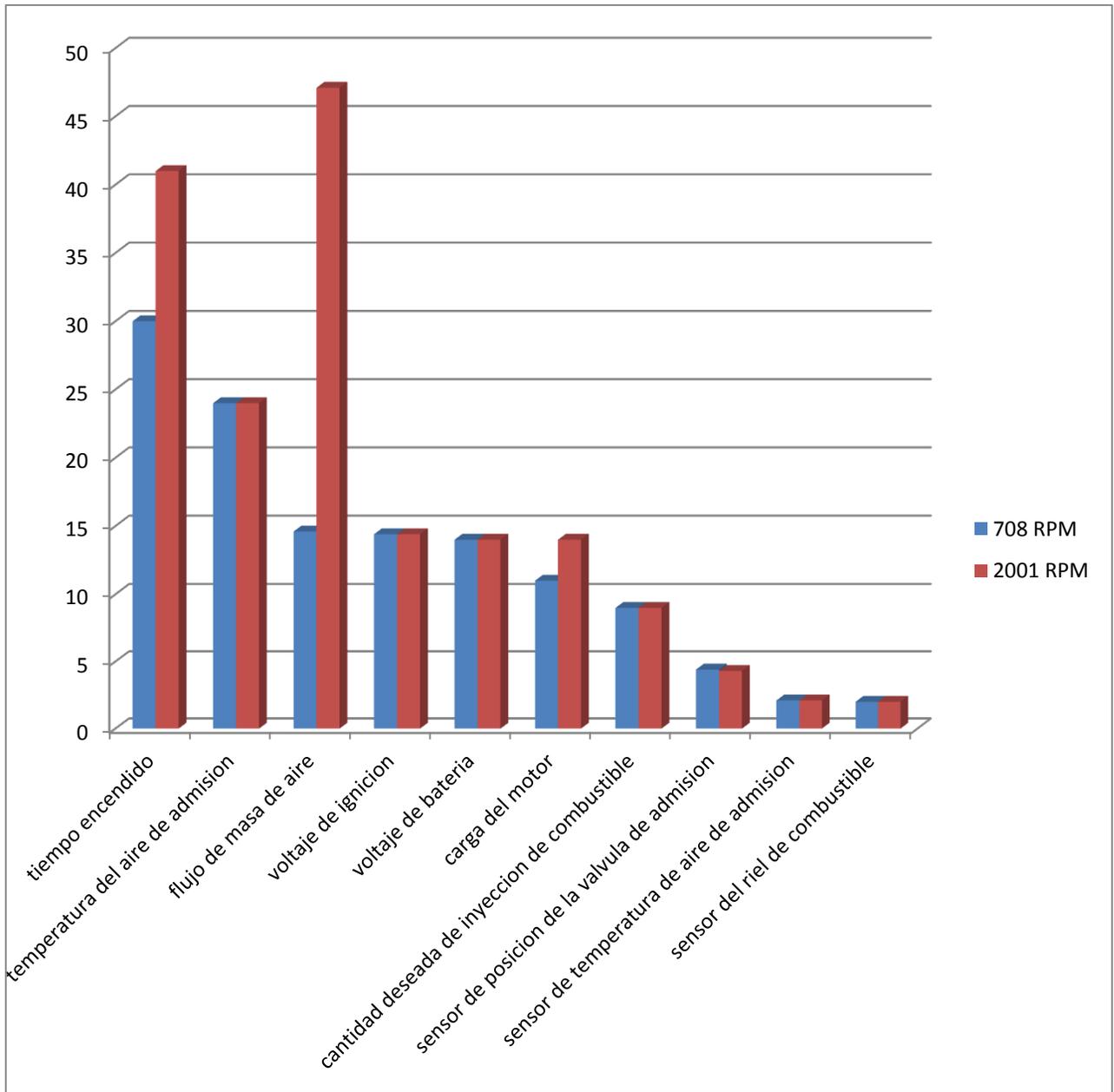


Figura 33. Comparación Quito 708 rpm y 2001 rpm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 33, de la comparación de resultados obtenidos durante las pruebas a 2874 metros sobre el nivel del mar a 708 revoluciones por minuto y 2001 revoluciones por minutos observa variación en los valores recolectados durante las dos pruebas realizadas.

PARAMETROS	valor A 708 RPM	valor A 2001 RMP	Unidad
Tiempo del motor encendido	30	41	Min
Temperatura del aire de admisión	24	24	°C
flujo de masa de aire	14,6	47,1	g/sec
Voltaje de ignición	14,4	14,4	V
Voltaje de batería	14	14	V
Carga de motor	11	14	%
Cantidad deseada de inyección de combustible	9	9	mm3/st
Posición del sensor de mariposa	4,4	4,3	V
Sensor de temperatura de aire de admisión	2,1	2,1	V
Sensor de presión del riel de combustible	2	2	V

Tabla 25. Comparación Quito 708 rpm y 2001 rpm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 25, se muestran los parámetros de la comparación de resultados de las pruebas realizadas en Quito a velocidad de ralentí y máximas revoluciones estáticas.

- Tiempo del motor encendido: este tiempo varía entre las dos pruebas por ser el tiempo de recolección de datos entre una prueba y la otra ya se debe tomar en consideración que se encuentren las condiciones iguales para evitar al máximo posibles variaciones de resultados por fuentes externas, la primera prueba se realiza a los 30 minutos del vehículo encendido, que es el tiempo en el que llega a

temperatura de funcionamiento y la segunda prueba se realiza a los 41 minutos de encendido el vehículo.

- Temperatura del aire de admisión: no tiene variación entre las pruebas realizadas, por estar ubicadas en el mismo lugar en las mismas condiciones.
- Flujo de masa de aire: la masa de flujo de aire varía entre las dos pruebas que va de 14,6 a 47,1 gramos por segundo, por someterse las pruebas a diferentes cargas del motor, entre las dos pruebas el motor necesita diferente cantidad de aire aspirado, el cual se ve reflejado en la figura el aumento del valor, lo que significa que la cantidad de combustible inyectado aumenta para tener una mezcla ideal entre aire combustible.
- Voltaje de ignición: este parámetro no varía entre las dos pruebas, lo que indica el correcto funcionamiento del alternador y el regulador de carga del vehículo.
- Voltaje de batería: este valor no varía entre las dos pruebas, ya que miden la cantidad de carga del acumulador de corriente (batería).
- Carga del motor: Es un parámetro que sufre una variación entre las dos pruebas, por el hecho de realizar la primera prueba a velocidad de 708 revoluciones por minuto y la segunda prueba a 2001 revoluciones por minuto.

La carga del motor varía de 11% a 14% por ser una prueba estática en la cual el sistema de protección del motor no permitirá que el motor acelere ya que no se encuentra en movimiento el vehículo, con el objetivo de evitar un embalamiento del motor diésel.

- Cantidad deseada de inyección de combustible: este es un parámetro que no varía, por ser un parámetro de referencia ideal provisto por el fabricante para la verificación de los datos obtenidos.
- Sensor de posición de la mariposa de aceleración: en este campo se ve una variación de 0.1 voltios entre cada prueba.
- Sensor de temperatura de aire: en este sensor no existe variación de voltaje entre las pruebas realizadas a 2874 metros sobre el nivel del mar.
- Sensor de la presión del riel: este sensor no recibe ninguna variación de voltaje en las pruebas realizadas.

4.2.2.2 Conclusiones fase de pruebas a 2874 msnm.

Durante las pruebas realizadas a 2784 metros de altura sobre el nivel del mar, los datos determinantes que tuvieron una variación: El flujo de masa de aire que va de 14,6 gramos por segundo en ralentí (708 rpm) a 47,1 gramos por segundo a máximas revoluciones estáticas (2001rpm), lo que conlleva a una mayor inyección de combustible, esto es causado por acelerar el motor de ralentí a plana carga estática y por lo tanto también varía la carga del motor que va de 11% a 14%.

4.3 Parámetros a 0 msnm.

En la figura 34, se observa el altímetro GPS el cual toma la altura geográfica del punto en el que se realizaron las pruebas del vehículo el cual fue en la provincia de esmeraldas en el concesionario de Imbauto Esmeraldas el cual según el altímetro se encuentra a -2 msnm pero para uso de datos se lo tomara como 0 metros sobre el nivel del mar.



Figura 34. Altímetro GPS.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 35, en la pantalla de datos se verifica la temperatura de trabajo la cual debe ser de 71 grados centígrados, al no estar a temperatura de trabajo en esta pantalla de datos se observa el avance del encendido, que en este caso es -5 grados.

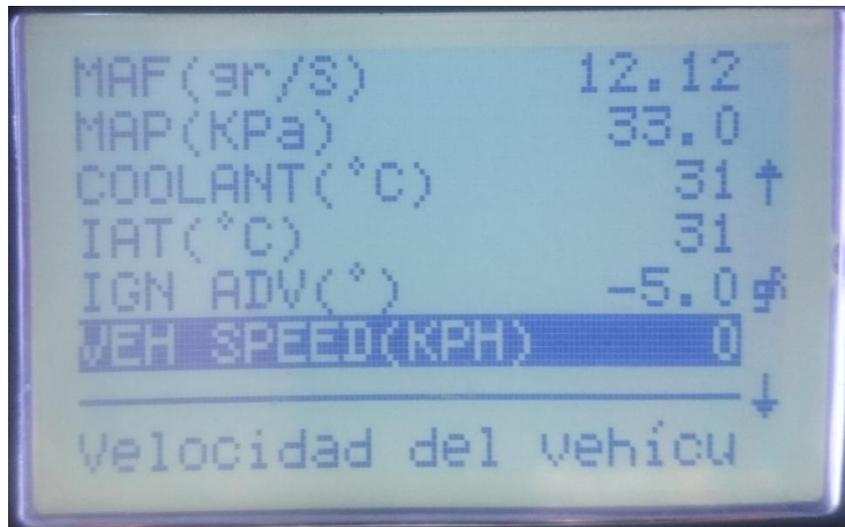


Figura 35. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 35, se observa la variación de los datos de la figura 34, el cambio de estos valores está dada por el aumento de la velocidad del motor el cual va de 700 rpm a 2500 rpm, se observa una modificación de los grados de adelanto de la inyección que van de -5 a -1 grados, al culminar esta revisión de parámetros el motor casi ha llegado a la temperatura de trabajo.

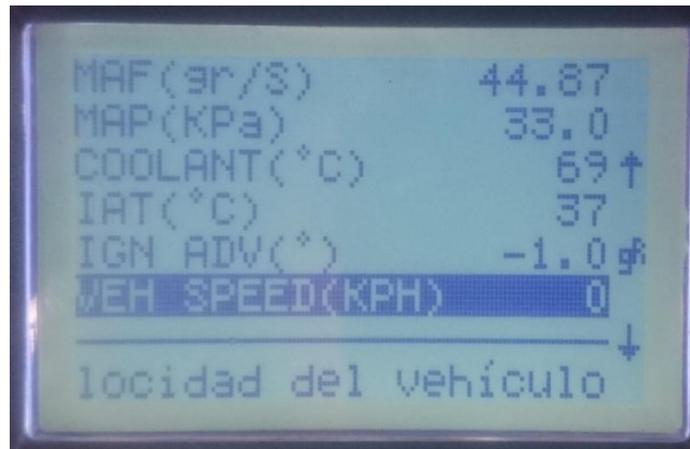


Figura 36. Pantalla de datos.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 37, con ayuda del osciloscopio se observa la curva, variación del avance de la inyección al pasar de ralentí a 2500 rpm.

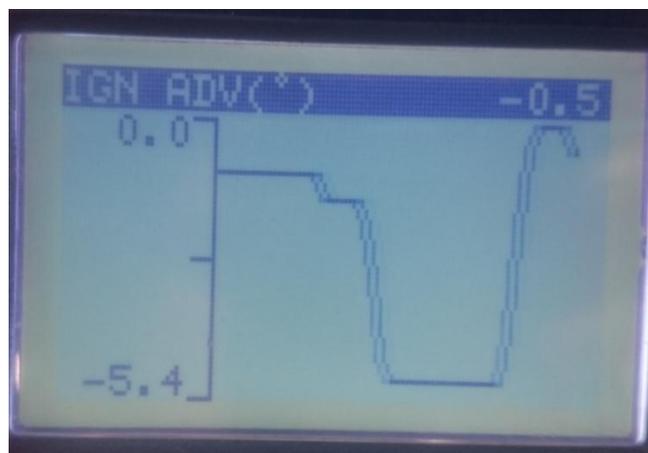


Figura 37. Pantalla de datos.

Fuente: **Gudiño Francisco.**

4.3.1 Pruebas a 0 msnm a 709 rpm.

Las pruebas a cero metros sobre el nivel del mar realizadas en los talleres de Imbauto Esmeraldas, al igual que las pruebas realizadas a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar es necesario tomar los datos de entrada los cuales muestra la tabla 26.

ESMERALDAS 709 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Altura	0	Msnm
Kilometraje	66593	Km
Velocidad del motor	709	Rpm
Carga del motor	11	%
Posición del pedal de aceleración	0	%
Sensor 1 de posición del pedal de aceleración	0,8	V
Sensor 2 de posición del pedal de aceleración	1,6	V
Temperatura del refrigerante	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,9	V
Temperatura del aire de admisión	38	°C
Sensor de temperatura del aire de admisión	1,5	V

Tabla 26. Datos de entrada.

Fuente: **Gudiño Francisco.**

ESMERALDAS 709 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura del combustible	43	°C
Sensor de temperatura del combustible	1,3	V
Flujo de masa de aire deseado	0,5	g/st
Flujo de masa de aire	11,1	g/sec
Sensor de flujo de masa de aire	1,6	V
Presión barométrica	100	kpa
Sensor de presión barométrica	2,3	V
Posición deseada del turbo	100	%
Relación de la petición conducción válvula solenoide	0	%
Presión deseada del turbo	325	kpa
Presión del turbo	70	kpa
Sensor de presión del turbo	0	V

Tabla 27. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

La tabla 27, muestra los parámetros tomados del vehículo de pruebas Chevrolet D-Max CRDI a velocidad de ralentí (709 RPM) en una altura de 0 msnm.

En los valores que se muestran en la tabla se observa la temperatura del combustible, flujo de masa de aire presión barométrica y posición del turbo.

ESMERALDAS 709 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
presión deseada del riel de combustible	30	MPA
Presión del riel de combustible	30	MPA
Sensor de presión del riel de combustible	1,4	V
Accionamiento de la válvula EGR	0	%
Posición deseada de válvula EGR	44	%
Posición de la válvula EGR	44	%
Radio de mando de la mariposa de aceleración	21	%
Posición deseada de válvula de admisión	20	%
Posición de la válvula de admisión	21	%
Sensor de posición de la válvula de admisión	1,4	V
Comando de la válvula solenoide control de torbellino	off	
Cantidad deseada de inyección de combustible	6	mm3/st

Tabla 28. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 28, se observa los datos de medición del vehículo de pruebas Chevrolet D-Max CRDI a velocidad de ralentí (709 RPM) a cero metros sobre el nivel del mar, se observa parámetros de presión del riel de combustible, porcentaje de la válvula EGR entre otros parámetros de medición del vehículo

4.3.2 Pruebas a 9 Msnm a 2552 rpm.

Al igual que en las pruebas realizadas en altura, se tiene dos parámetros de comparación, por lo cual se realizaron las pruebas a velocidad de ralentí y a 2552 rpm que es la velocidad máxima a la que llega el motor de la camioneta Chevrolet D-Max CRDI en pruebas estáticas.

Es necesario al igual a las pruebas anteriores el tomar datos de entrada como se muestra en la figura 29, para realizar la comparación de resultados.

ESMERALDAS 2552 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Kilometraje	66593	Km
Velocidad del motor	2552	Rpm
Carga del motor	14	%
Posición del pedal de acelerador	12	%
Sensor 1 del pedal de aceleración	1,2	V
Sensor 2 del pedal de aceleración	2	V
Temperatura del refrigerante	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,8	V
Temperatura del aire de admisión	37	°C
Sensor de temperatura del aire de admisión	1,5	V

Tabla 29. Datos de entrada.

Fuente: Gudiño Francisco.

ESMERALDAS 2552 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Temperatura del combustible	44	°C
Sensor de temperatura del combustible	1,3	V
Flujo de masa de aire deseado	0,6	g/st
Flujo de masa de aire	53,9	g/s
Sensor de flujo de masa de aire	2,8	V

Presión barométrica	100	kpa
Sensor de presión barométrica	2,3	V
Posición deseada del turbo	100	%
Relación de la petición conducción válvula solenoide	0	%
Presión deseada del turbo	325	kpa
Presión del turbo	70	kpa
Sensor de presión del turbo	0	V

Tabla 30. Datos a medir.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 30, se observan los parámetros de medición entre los cuales se encuentran la temperatura del combustible, flujo de masa de aire, sensor barométrico, entre otros datos.

ESMERALDAS 2552 rpm		
PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Presión deseada del riel de combustible	70	MPA
Presión del riel de combustible	70	MPA
Sensor de presión del riel de combustible	2	V
Accionamiento de la válvula EGR	0	%
Posición deseada de la válvula EGR	58	%
Posición de la válvula EGR	58	%
Radio de accionamiento de la mariposa de aceleración	0	%
Posición deseada de válvula de admisión	87	%
Posición de la válvula de admisión	100	%
Sensor de la válvula de admisión	4,4	V
Comando de la válvula control de torbellino	off	
Cantidad deseada de inyección de combustible	9	mm ³ /st

Tabla 31. Datos a medir

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 31, se observan los parámetros de medición del vehículo de pruebas entre los cuales están la presión del riel de combustible, porcentaje de EGR, la cantidad de inyección de combustible.

4.3.2.1 Tabulación y comparación de datos a 0 msnm.

- Velocidad del motor: este parámetro tiene una variación es porque la primera prueba se realiza a 709 revoluciones por minuto y la segunda prueba se realiza a 2554 revoluciones por minuto para poder tener parámetros de comparación entre los datos obtenidos durante las pruebas.
- Presión de sobrealimentación deseada: este parámetro no sufre cambio durante las pruebas por ser un parámetro ideal brindado por el fabricante.
- Presión barométrica: este valor no sufre ningún cambio durante las pruebas realizadas a 0 metros sobre el nivel del mar.
- Posición del turbo deseada: este valor no sufre cambio por ser un valor deseado, el cual es un valor dado por el fabricante como parámetro.

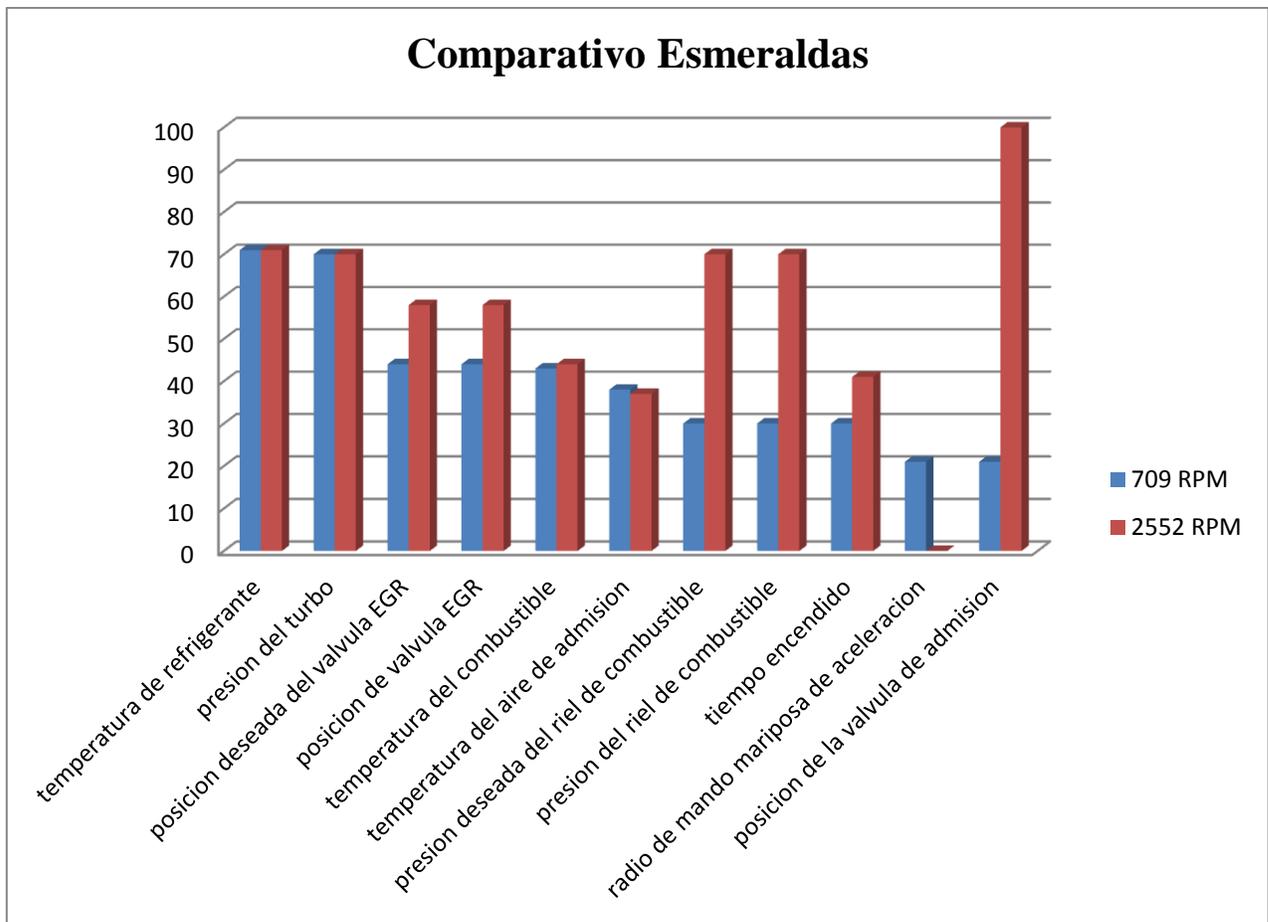


Figura 38. Comparación de datos a 0 msnm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 38, cuadro comparativo de resultados de las pruebas realizadas a 0 metros sobre el nivel del mar a velocidad de 709 revoluciones por minuto y 2554 revoluciones por minuto.

PARAMETROS	valor A 709 RPM	valor A 2500 RMP	Unidades
Temperatura del refrigerante	71	71	°C
Presión del turbo	70	70	Kpa
Posición deseada de la válvula EGR	44	58	%
Posición de la válvula EGR	44	58	%
Temperatura del combustible	43	44	°C
Temperatura del aire de admisión	38	37	°C
Presión deseada del riel de combustible	30	70	MPA
Presión del riel de combustible	30	70	MPA
Tiempo de motor encendido	30	41	min
Radio de mando de mariposa de aceleración	21	0	%
Posición de la válvula de admisión	21	100	%

Tabla 32. Comparativo Esmeraldas.

Fuente: Gudiño Francisco.

- Temperatura del refrigerante del motor no varía durante las pruebas, por el sistema de refrigeración el cual está diseñado para funcionar a 71°C el cual en estas pruebas estáticas no varía en valor.
- Presión de sobrealimentación: este valor no varía durante las pruebas a ralentí (709 RPM) y máximas revoluciones estáticas (2554 RPM) este valor no varía por ser realizado en una prueba estática y se mantiene a 70 kilo pascales.
- Posición deseada de la válvula EGR: este valor es un parámetro que el fabricante incluye en su interfaz con el objetivo de verificar el funcionamiento de la válvula EGR, este valor varía por la velocidad del motor a la que se realiza la prueba, lo que varía de 44% a 58%.

- Posición de la válvula EGR: este es el valor real de la posición de la válvula EGR el cual se compara con el parámetro anterior para verificar un correcto funcionamiento de la válvula al estar sometida a esta carga el cual va de 44% a 58%.
- Temperatura del combustible: Varía en un grado apenas durante la variación de velocidad entre las pruebas, lo cual puede ser producto de la temperatura ambiente.
- Temperatura del aire de admisión: este valor varía en un grado por la temperatura ambiente y la velocidad de ingreso del aire al múltiple de admisión al pasar por el turbo y el intercooler.
- Presión deseada del riel: este es un parámetro de valores ideales dado por el fabricante para comprobar un correcto funcionamiento el cual va de 30 mega pascales en ralentí a 70 mega pascales a maximas revoluciones estáticas.
- Presión de la riel de combustible: este es el valor real al que se encuentra la riel de combustible durante cada prueba, la presión varía al ir de ralentí a maximas revoluciones estáticas por que el vehículo necesita más presión de combustible en altas revoluciones para un correcto pulverizado.
- Tiempo de funcionamiento del motor: este parámetro nos da el valor de los tiempos entre mediciones de una prueba y la otra.
- Radio de giro de la válvula de la mariposa de aceleración: este parámetro varía en la prueba por la velocidad del motor, en la cual por necesidad de acelerar para la prueba varía el valor a 2554 revoluciones por minuto.
- Posición de la mariposa de aceleración: este valor indica el porcentaje que se encuentra abierta la mariposa de aceleración durante las pruebas realizadas.

4.3.2.2 Conclusiones de fase de pruebas.

Los datos que varían durante la fase de pruebas realizada a 0 metros de altura sobre el nivel del mar, el parámetro a considerar que va a variar son las revoluciones del motor que va de ralentí (709rpm) a máximas revoluciones estáticas (2550 rpm), al pasar de revoluciones de ralentí a revoluciones de máximas revoluciones estáticas el motor necesita mayor combustible, lo que genera que la válvula EGR tenga un accionamiento mayor, lo que lleva de 44% a ralentí a 58% a máximas revoluciones estáticas, la temperatura del combustible también varía durante esta prueba, esto relacionado con la temperatura ambiente existente durante la fase de pruebas, otro parámetro que varía durante el proceso de pruebas es el accionamiento de la válvula de admisión(mariposa de aceleración) la cual va de 21% en ralentí a 100% a máximas revoluciones estáticas.

4.3.3 COMPARACION DATOSA 2784 Y 0 MSNM.

En los siguientes gráficos se muestra la comparación y tabulación de los datos obtenidos durante la fase de pruebas realizadas a 2784 y a 0 metros de altura sobre el nivel del mar.

4.3.3.1 Tabulación y Comparación a velocidad de ralentí.

En la tabla 33, se observa los valores de los parámetros recolectados del vehículo de pruebas Chevrolet D-Max CRDI en condiciones similares a diferentes alturas geográficas.

Las pruebas realizadas a velocidad ralentí durante las dos pruebas se observan diferentes parámetros relacionados por la diferencia de altura geográfica las cuales van de 2874 metros de altura sobre el nivel del mar a 0 metros de altura sobre el nivel del mar.

PARAMETROS	2784 msnm	0 msnm	UNIDAD
Kilometraje	42885	66593	Km
Velocidad del motor	708	709	Rpm
Carga del motor	11	11	%
Posición del pedal de aceleración	0	0	%
Sensor 1 de posición del pedal de aceleración	0,8	0,8	V
Temperatura del refrigerante	71	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,9	0,9	V
Temperatura del aire de admisión	24	38	°C

Tabla 33. Tabulación y comparación 2874 y 0 msnm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 33, se observan los siguientes parámetros:

- **Kilometraje:** El kilometraje varía entre las dos pruebas por ser realizadas en diferentes locaciones en diferente tiempo, por lo cual el vehículo de pruebas Chevrolet D-Max CRDI ha recorrido su distancia de trabajo habitual hasta la realización de las pruebas.
- **Velocidad del motor:** La velocidad del motor es a ralentí con el objetivo de tener datos referenciales y de comparación, la velocidad en estas pruebas varían por la cantidad de oxígeno existente en el ambiente durante la realización de las pruebas, esto es debido a la variación de altura geográficas en las que se realizaron las pruebas, lo que hace que varíen de 708 rpm a 709 rpm.

- Carga del motor: Durante las dos pruebas es la misma, por el hecho de estar realizada a la misma velocidad del motor.
- Posición del pedal del acelerador: Al realizar las pruebas a velocidad de ralentí, lo cual indica que no es necesario presionar el pedal del acelerador, por lo tanto el porcentaje es igual a cero.
- Sensor del pedal del acelerador: El valor del voltaje del pedal del acelerador es el mismo por el hecho de que para las pruebas a ralentí no se presionó el pedal del acelerador y no varió la resistencia por lo tanto el valor del voltaje no varía.
- Temperatura del refrigerante: No varía en valor de temperatura, esto se debe a que se tomó como consideración para realizar las pruebas que sean a la misma temperatura por lo cual, se toma las precauciones para que no varíe este valor para realizar las pruebas y la recolección de datos.
- Sensor de temperatura del refrigerante: Al no variar la temperatura del motor durante las pruebas, esto implica que no va a variar el voltaje del sensor.
- Temperatura del aire de admisión: Variar entre las pruebas realizadas, por la temperatura ambiente de los lugares en los que se realizaron las pruebas, esto se debe a la variación de alturas geográficas,

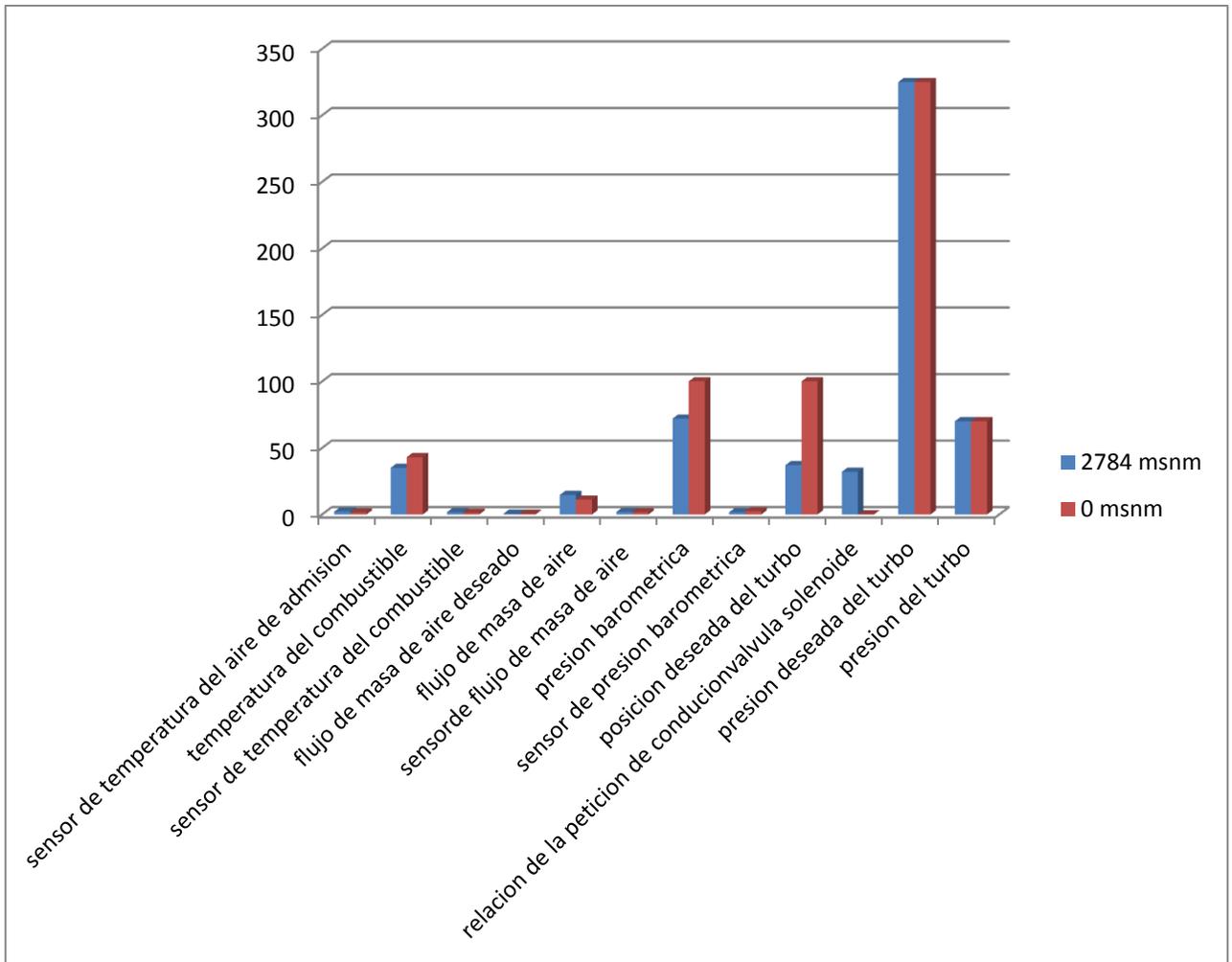


Figura 39. Tabulación y comparación de datos a velocidad de ralentí.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 39, se observa la tabulación de datos y la comparación de los parámetros obtenidos a velocidad de ralentí en dos diferente locaciones ubicadas a diferentes alturas geográficas.

PARAMETROS	2800msnm	0msnm	UNIDAD
Sensor de temperatura del aire de admisión	2,1	1,5	V
Temperatura del combustible	35	43	°C
Sensor de temperatura del combustible	1,7	1,3	V
Flujo de masa de aire deseado	0,5	0,5	g/st
Flujo de masa de aire	14,6	11,1	g/sec
Sensor de flujo de masa de aire	1,8	1,6	V
Presión barométrica	72	100	Kpa
Sensor de presión barométrica	1,6	2,3	V
Posición deseada del turbo	37	100	%
Relación de la petición conducción válvula solenoide	32	0	%
Presión deseada del turbo	325	325	Kpa
Presión del turbo	70	70	Kpa

Tabla 34. Tabulación y comparación de datos a velocidad de ralentí.

Fuente: Gudiño Francisco.

- Sensor de temperatura del aire de admisión: El cambio del voltaje de este sensor, es causado por la variación de la temperatura del aire de la admisión producido por el clima diferente de las ubicaciones geográficas, en 2800msnm tiene un valor de 2,1 voltios y a 0 msnm 1,5voltios.
- Temperatura del combustible: Este valor de la temperatura del combustible, varía entre las dos pruebas por que las pruebas se realizaron en diferentes lugares a diferentes alturas con diferentes climas y temperaturas ambiente.
- Sensor de temperatura del combustible: Sufre una variación del voltaje por el cambio de la temperatura existente en el combustible producido por la temperatura del ambiente.
- Flujo de masa de aire deseado: Este es un parámetro el que brinda el fabricante para realizar una comparación con el dato brindado por el sensor durante la prueba para

comparar el funcionamiento del mismo, en esos parámetros no se encuentra contemplado la variación de altura geográfica.

- Flujo de masa de aire: Este valor es el real obtenido durante las pruebas realizadas en las dos alturas geográficas diferentes, las cuales tienen una variación por la cantidad de moléculas de oxígeno en el ambiente, lo cual está directamente relacionada con la altura geográfica, ya que a mayor altura existe menor concentración de oxígeno en comparación a nivel del mar (0 metros de altura sobre el nivel del mar)
- Presión barométrica: La presión barométrica está directamente relacionada con la altura geográfica por la presión atmosférica diferente en las dos ubicaciones en las que se realizaron las pruebas, este parámetro utiliza la computadora para relacionarlo con el mapa cartográfico existente para poder realizar las correcciones y poder tener un correcto funcionamiento del motor.
- Sensor de la presión barométrica: El valor del sensor de presión barométrica va de 1,6 a 2,3 voltios producto de la variación de la presión barométrica.
- Posición del turbo deseada: Este es un parámetro el cual indica la posición del turbo ideal, al cual debería estar según los parámetros del fabricante.
- Relación de trabajo de la electroválvula del turbo: Este es un valor el cual indica el porcentaje real al que se encuentra trabajando el turbo cargador, el cual tiene variación entre las pruebas realizadas a 2874 metros de altura sobre el nivel del mar y 0 metros de altura sobre el nivel del mar, por la razón que necesita una compensación del turbo para poder obtener el mismo rendimiento en diferente altura geográfica.

- Presión deseada de sobrealimentación: Este es un parámetro dado por el fabricante el cual no se ajusta a las variaciones de altura ni desempeño del vehículo.
- Presión de sobre alimentación: Este parámetro es el valor al cual está el turbo cargador funcionando a esta velocidad del motor.

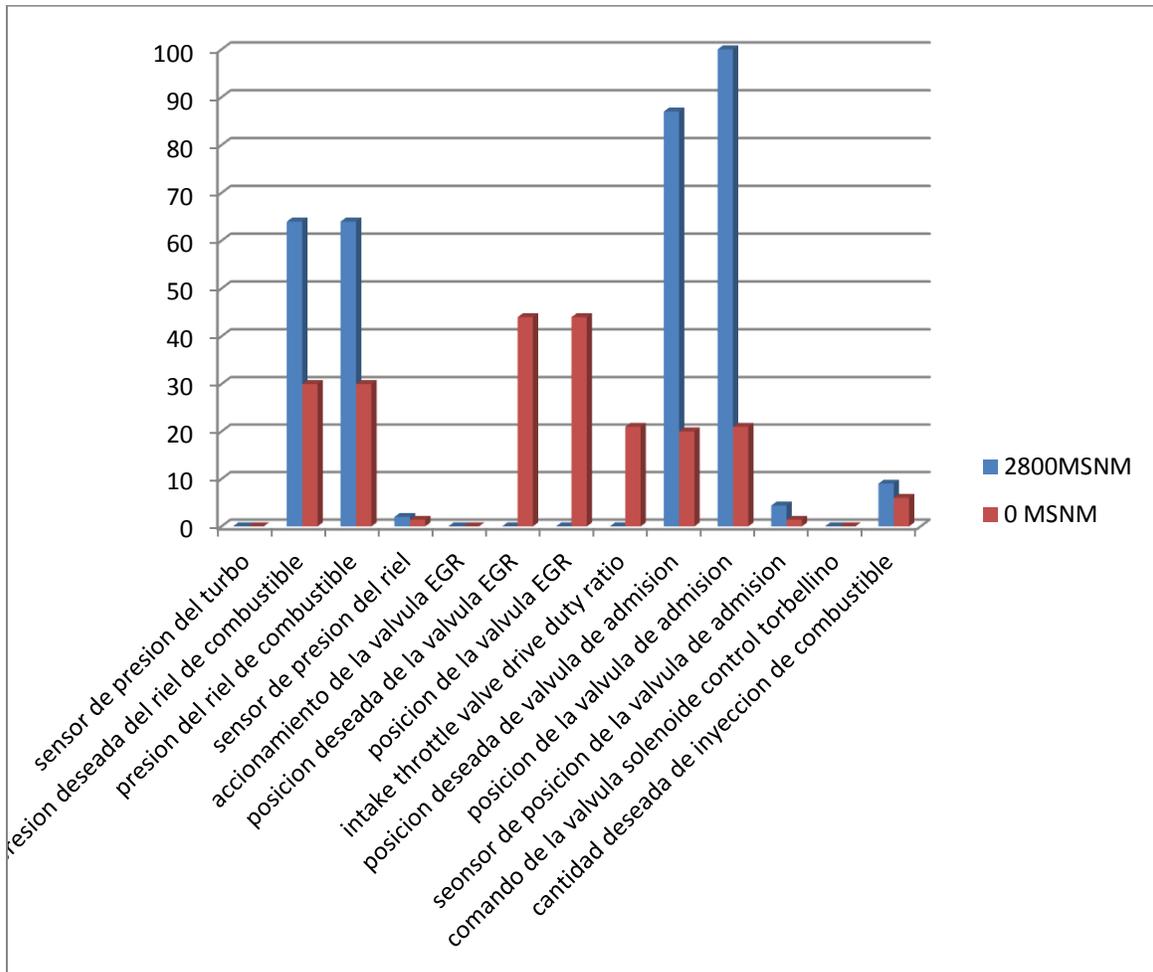


Figura 40. Comparación ralentí a 2874 y 0 msnm.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 40, de la comparación de datos de ralentí a 2784 metros de altura y a 0 metros de altura sobre el nivel del mar.

PARAMETROS	2800msnm	0msnm	UNIDAD
Presión deseada del riel de combustible	64	30	MPA
Presión del riel de combustible	64	30	MPA
Sensor de presión del combustible	2	1,4	V
Posición deseada de la válvula EGR	0	44	%
Posición de la válvula EGR	0	44	%
Accionamiento válvula EGR	0	21	%
Posición deseada de válvula de admisión	87	20	%
Posición de la válvula de admisión	100	21	%
Sensor de la válvula de admisión	4,4	1,4	V
Cantidad deseada de inyección de combustible	9	6	mm ³ /st

Tabla 35. Tabulación y comparación ralenti 2784 y 0 msnm.

Fuente: Gudiño Francisco.

- Presión deseada del riel de combustible: Este parámetro es un valor de referencia que es brindado por el fabricante para realizar una comparación en el momento del funcionamiento para tener una referencia de los parámetros ideales de los sensores del motor.
- Presión del riel: Este es el parámetro real al que está trabajando el vehículo durante la fase de pruebas, este parámetro al comparar con el deseado y ver que está dentro de rango se puede considerar con correcto y si este valor es el mismo que el ideal, el vehículo está trabajando correctamente como el fabricante envía las especificaciones ya sea a una altura de 2784 metros de altura sobre el nivel del mar o a nivel del mar.

- Posición deseada de la válvula EGR: Es un parámetro de referencia incluido en la interfaz para comparación de datos y ayuda de un diagnóstico.
- Posición de la válvula EGR: El parámetro de medición obtenido durante la prueba para posterior comprobación con el parámetro deseado y con el valor tomado a diferente altura.
- Posición deseada de la válvula de admisión: Valor referencial brindado por el fabricante para poder realizar una comparación entre parámetros ideales y parámetros reales.
- Posición de la válvula de admisión: Es el parámetro de funcionamiento real en el cual indica el porcentaje de apertura.
- Posición de la mariposa de aceleración: Este parámetro indica la posición de la mariposa de aceleración, la cual el valor varía durante las pruebas realizadas.
- Sensor de posición de la mariposa de aceleración: Este parámetro indica el voltaje del sensor al que está trabajando como parámetro para evitar códigos de falla.
- Cantidad deseada de combustible: Este parámetro indica la cantidad de combustible deseada de inyección para cada una de las pruebas, este valor varía en la prueba de altura con respecto a la prueba a nivel del mar por la cantidad de moléculas de oxígeno, la presión barométrica existente en cada una de las locaciones de las pruebas.

4.3.3.2 Conclusiones de fase de pruebas.

En la tabulación de datos a velocidad de ralentí, comparados en las dos alturas de la fase de pruebas se aprecia la variación de los parámetros.

El primer parámetro que varía durante estas pruebas es la velocidad de ralentí que va de 708 rpm a 709 rpm, este pequeño aumento en las revoluciones es producida por la densidad del aire existente en los lugares de la fase de pruebas lo cual está dado por la diferencia de alturas entre las dos pruebas, la temperatura del aire de admisión también varía por esta causa, produciendo un cambio de voltaje en el sensor de temperatura del aire de admisión que va de 2,1 a 1,5 voltios respectivamente, la temperatura del combustible se ve afectada por la temperatura ambiente del lugar de la fase de pruebas, el cual va de 35 grados centígrados a 43 grados producido por una reducción de 1,7 a 1,3 voltios respectivamente, el flujo de masa de aire va de 14,6 a 11,1 gramos por segundo entre las dos pruebas, a pesar de ser en condiciones similares, este parámetro es modificado por la cantidad de moléculas de oxígeno existentes en el aire producido por un aumento en el voltaje del sensor que va de 1,8 a 1,6 voltios respectivamente.

La presión barométrica cambia entre los dos escenarios de pruebas ocasionado por la diferencia de altura geográfica a la que se encuentran los lugares de pruebas.

Todas estas variaciones existentes en los dos lugares de las pruebas indican que el desempeño del vehículo va a ser diferente por los parámetros que afectan directamente su funcionamiento como la cantidad de combustible inyectado, ya que el caudal de combustible varía de 9 a 6 mm³/st causado por la variación de la presión en el riel de combustible producido por la presión barométrica existente en los lugares de pruebas y la potencia efectiva entregada por el vehículo.

4.3.3.3 Tabulación de resultados a maximas revoluciones estáticas a 2784 y 0 msnm.

En la tabla 36, se observa la tabulación de los datos obtenidos durante la fase de pruebas, las cuales fueron realizadas a maximas revoluciones estáticas del motor, la cual para los 2784 metros de altura sobre el nivel del mar fue 2001 revoluciones mientras las revoluciones máximas estáticas del mismo motor a 0 metros de altura sobre el nivel del mar fueron 2552 revoluciones.

PARAMETROS	2784 msnm	0 msnm	UNIDAD
Kilometraje	42885	66593	Km
Velocidad del motor	2001	2552	Rpm
Carga del motor	14	14	%
Posición del pedal del acelerador	7	12	%
Sensor 1 de posición del pedal del acelerador	1,1	1,2	V
Sensor 2 de posición del pedal del acelerador	1,9	2	V
Temperatura del refrigerante	71	71	°C
Sensor de temperatura del refrigerante	0,9	0,8	V
Temperatura del aire de admisión	24	37	°C

Tabla 36. Tabulación y comparación de datos a maximas revoluciones estáticas.

Fuente: Gudiño Francisco.

- Kilometraje: Varía durante las dos pruebas por el hecho de ser realizadas en diferente tiempo y en diferente lugar lo cual no interfiere en el movimiento normal y recorrido de trabajo del vehículo.
- Velocidad del motor: Considerada para la prueba es a maximas revoluciones estáticas, la cual varía su valor durante la recolección de datos en las dos locaciones

diferentes, este valor varía por la cantidad de moléculas de oxígeno en el ambiente y la presión barométrica existente en los sitios elegidos.

- Carga del motor: No varía durante estas pruebas por ser las dos realizadas a la máxima velocidad del motor en pruebas estáticas.
- Posición del pedal del acelerador: La variación del pedal de aceleración tiene que ver con el tiempo que se demora en llegar a máximas revoluciones estáticas durante una prueba estática.
- Sensor 1 del pedal del acelerador: Este valor varía entre las dos pruebas por la posición en la que se encontraba el pedal del acelerador en el momento de realizar las mediciones.
- Sensor 2 del pedal del acelerador: Este valor del sensor de posición del pedal número dos varía al igual que el sensor número uno, por la posición en la que se encontraba el pedal durante la toma de datos.
- Temperatura del refrigerante: Tiene el mismo valor durante las dos pruebas por ser un parámetro esencial para la verificación de datos que podría alterar los valores de los parámetros durante la fase de pruebas y recolección de datos.
- Temperatura del aire de admisión: Varía entre las pruebas realizadas, por la temperatura ambiente de los lugares en los que se realizaron las pruebas, esto se debe a la variación de alturas geográficas.

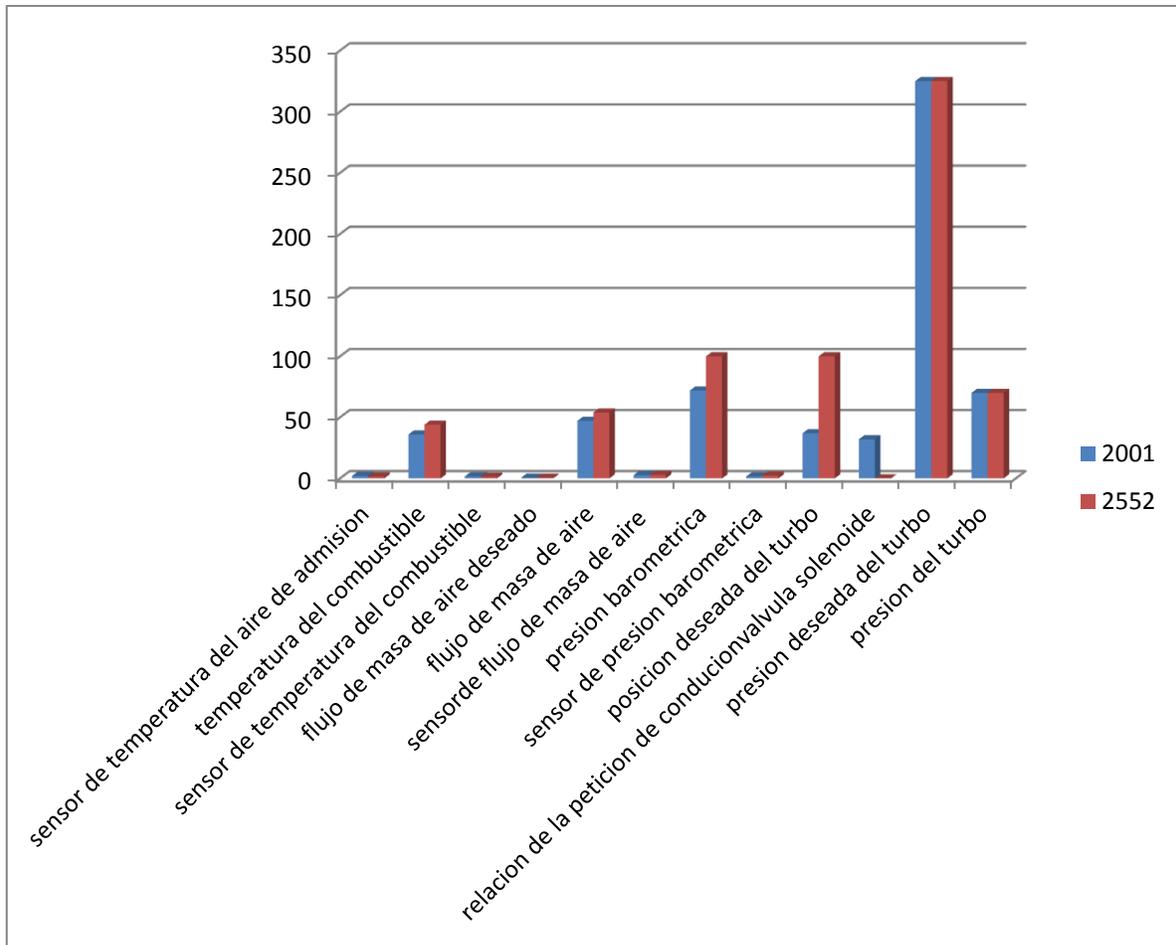


Figura 41. Tabulación datos a maximas revoluciones estáticas.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 41, se observa la tabulación de datos recolectados durante la fase de pruebas realizada a maximas revoluciones estáticas del motor Isuzu diésel CRDI.

PARAMETROS	2784 msnm	0 msnm	UNIDAD
sensor de temperatura de aire de admisión	2,1	1,5	V
Temperatura de combustible	36	44	°C
Sensor de temperatura de combustible	1,6	1,3	V
Flujo de masa de aire deseado	0,5	0,6	g/st
Flujo de masa de aire	47,1	53,9	g/sec
Sensor de flujo de masa de aire	2,7	2,8	V
Presión barométrica	72	100	Kpa

Sensor de presión barométrica	1,6	2,3	V
Posición deseada de turbo	37	100	%
Relación de petición conducción válvula solenoide	32	0	%
Presión deseada del turbo	325	325	Kpa
Presión del turbo	70	70	Kpa

Tabla 37. Comparación de datos a máximas revoluciones estáticas.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 37, Se observa la comparación de datos recolectados durante la fase de pruebas, en los cuales se encuentran los siguientes parámetros:

- Sensor de temperatura del aire de admisión: La variación del voltaje del sensor de temperatura de la admisión, es causado por la variación de la temperatura del aire de la admisión causado por el clima diferente de las ubicaciones geográficas, este parámetro no tiene variación entre las pruebas de la tabla 34, y los parámetros de la tabla 37.
- Temperatura del combustible: Este valor de la temperatura del combustible, varía entre las dos pruebas por que las pruebas se realizaron en diferentes lugares a diferentes alturas con diferentes climas y temperaturas ambiente, este parámetro varía de 36°C a 44°C.
- Sensor de temperatura del combustible: El sensor de temperatura del combustible sufre una variación del voltaje por la variación de la temperatura existente en el combustible por la temperatura ambiente, al generarse una variación en la temperatura del combustible como se muestra en la tabla 37, el sensor tiene un cambio en el valor del voltaje el cual va de 1,6 a 1,3 voltios.
- Flujo de masa de aire deseado: Este es un parámetro el que brinda el fabricante para realizar una comparación con el dato brindado por el sensor durante la prueba para

comparar el funcionamiento del mismo, en esos parámetros no se encuentra contemplado la variación de altura geográfica.

- Flujo de masa de aire: Este valor es el real obtenido durante las pruebas realizadas en las dos alturas geográficas diferentes, las cuales tienen una variación por la cantidad de moléculas de oxígeno en el ambiente, lo cual está directamente relacionada con la altura geográfica, ya que a mayor altura existe menor concentración de oxígeno en comparación a nivel del mar (0 metros de altura sobre el nivel del mar), el cual va de 47,1 gramos por segundo a 53,9 gramos por segundo.
- Presión barométrica: Este valor de la presión barométrica está directamente relacionado con la altura geográfica por la presión atmosférica diferente en las dos ubicaciones en las que se realizaron las pruebas, este parámetro utiliza la computadora para relacionarlo con el mapa cartográfico existente para poder realizar las correcciones y poder tener un correcto funcionamiento del motor, este parámetro va de 72 kilo pascales a 100 kilo pascales.
- Sensor de la presión barométrica: Este valor del sensor de la presión barométrica varía por el mismo motivo por el que varía la presión barométrica, en este caso varía el voltaje por causa de la presión, este parámetro no sufre variación de la tabla 34.
- Posición del turbo deseada: Este es un parámetro el cual indica la posición del turbo ideal, al cual debería estar según los parámetros del fabricante.
- Relación de trabajo de la electroválvula del turbo: Este es un valor el cual indica el porcentaje real al que se encuentra trabajando el turbo cargador, el cual tiene variación entre las pruebas realizadas a 2874 metros de altura sobre el nivel del mar y 0 metros de altura sobre el nivel del mar, por la razón que necesita se necesita una

compensación del turbo para poder obtener el mismo rendimiento en diferente altura geográfica.

- Presión deseada de sobrealimentación: Este es un parámetro dado por el fabricante el cual no se ajusta a las variaciones de altura ni desempeño del vehículo.
- Presión de sobre alimentación: Este parámetro es el valor al cual está el turbo cargador funcionando a esta velocidad del motor, el cual está a 70 kilo pascales durante las dos etapas de las pruebas.

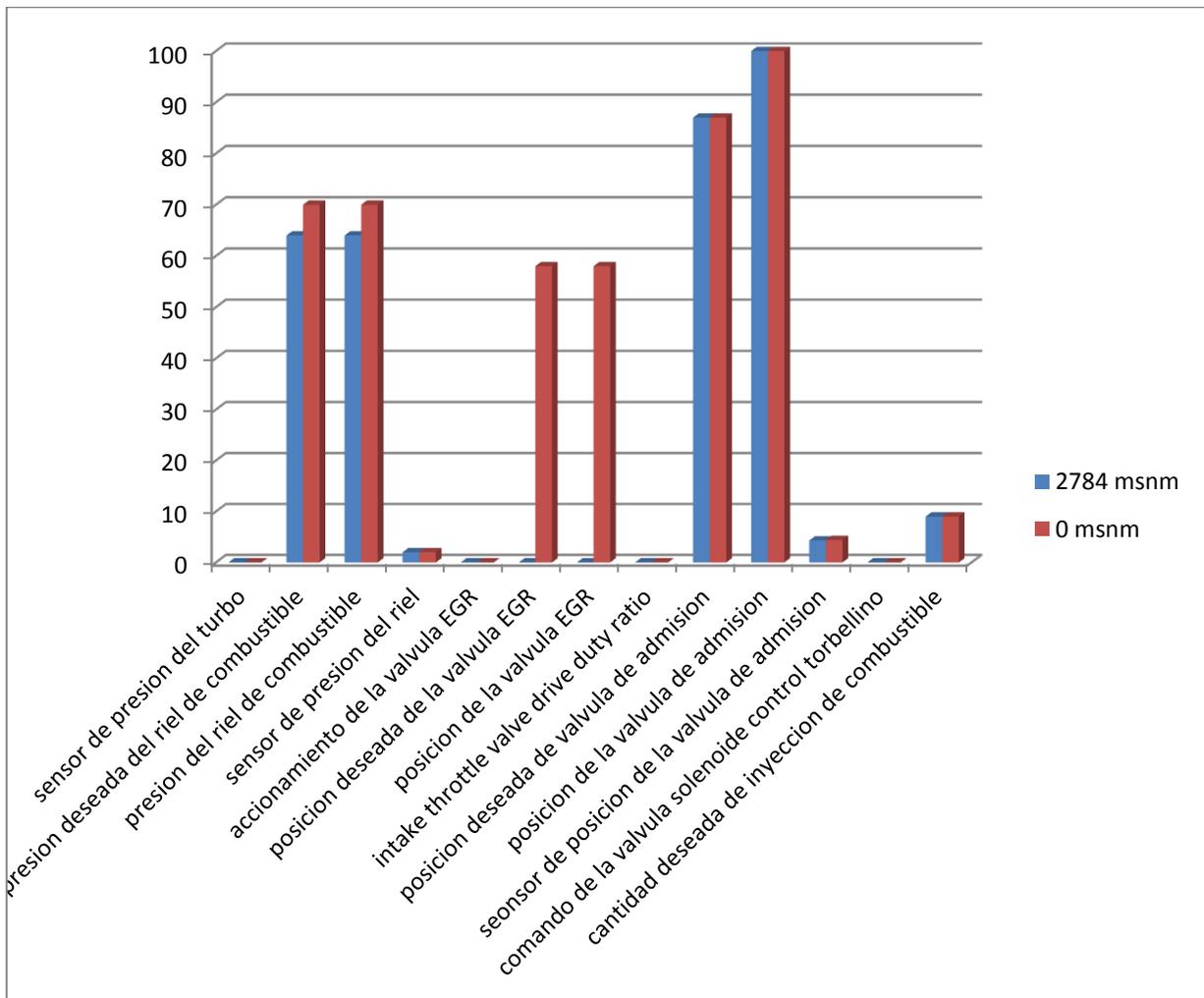


Figura 42. Tabulación de datos a maximas revoluciones estáticas.

Fuente: Gudiño Francisco.

En la figura 42, se observa la tabulación de datos recolectados durante la fase de pruebas realizada a maximas revoluciones estáticas.

PARAMETROS	2784 msnm	0msnm	UNIDAD
Presión deseada del riel de combustible	64	70	MPA
Presión del riel de combustible	64	70	MPA
Sensor de presión del riel	2	2	V
Accionamiento de la válvula EGR	0	0	%
Posición deseada de la válvula EGR	0	58	%
Posición de la válvula EGR	0	58	%
Posición deseada de válvula de admisión	87	87	%
Posición de la válvula de admisión	100	100	%
Sensor de posición de la válvula de admisión	4,3	4,4	V
Cantidad deseada de inyección de combustible	9	9	mm3/st

Tabla 38. Comparación de datos a maximas revoluciones estáticas

Fuente: Gudiño Francisco.

En la tabla 38, se observa la comparación de datos de los parámetros a maximas revoluciones estáticas, entre los cuales se encuentran los siguientes parámetros:

- Presión deseada del riel de combustible: Este parámetro es un valor de referencia que es brindado por el fabricante para realizar una comparación en el momento del

funcionamiento para tener una referencia del correcto funcionamiento del motor, por lo cual son valores que se mantienen a 64 mega pascales y 70 mega pascales respectivamente.

- Presión del riel: Este es el parámetro real al que está trabajando el vehículo durante la fase de pruebas, este parámetro al compararlo con el ideal y ver que está dentro de rango se puede considerar con correcto y si este valor es el mismo que el ideal, el vehículo está trabajando correctamente como el fabricante envía las especificaciones ya sea a una altura de 2784 metros de altura sobre el nivel del mar o a nivel del mar, los parámetros de 64 y 70 mega pascales no han tenido variación con los parámetros ideales, lo que indica que el vehículo está funcionando correctamente.
- Sensor de presión del riel: Este valor indica el funcionamiento del sensor de presión del riel, el cual está a 2 voltios durante las dos pruebas.
- Posición deseada de la válvula EGR: Este es un parámetro de referencia incluido en la interfaz para comparación de datos y ayuda de un diagnóstico, la cual indica que durante la primera prueba debería estar al 0% y durante la segunda prueba estar al 58%.
- Posición de la válvula EGR: Este es el parámetro de medición obtenido durante la prueba para posterior comprobación con el parámetro deseado y con el valor tomado a diferente altura, al estar los valores reales tomados durante la prueba iguales que los parámetros deseados indica un correcto funcionamiento de la válvula EGR lo cual indica que durante la primera prueba este valor es 0 y al realizar la segunda prueba este valor es del 58 %.

- Posición deseada de la válvula de admisión: Este es un valor referencial brindado por el fabricante para poder realizar una comparación entre parámetros ideales y parámetros reales.
- Posición de la válvula de admisión: Este es el parámetro de funcionamiento real en el cual indica el porcentaje de apertura, el cual se encuentra al 100% abierta durante las dos pruebas.
- Sensor de posición de la mariposa de aceleración: Este parámetro indica el voltaje del sensor al que está trabajando como parámetro para evitar etc.
- Cantidad deseada de combustible: Este parámetro indica la cantidad de combustible deseada de inyección para cada una de las pruebas, este valor varía en la prueba de altura con respecto a la prueba a nivel del mar por la cantidad de moléculas de oxígeno, la presión barométrica existente en cada una de las locaciones de las pruebas.

4.3.3.4 Conclusiones fase de pruebas a máximas revoluciones estáticas.

Durante la fase de pruebas a máximas revoluciones estáticas, la variación de altura produce cambios en los parámetros de funcionamiento como es la revolución del motor, al ser a máximas revoluciones estáticas las revoluciones deberían ser las mismas pero por la diferencia en la densidad del aire de los lugares de las pruebas la revolución van de 2001 rpm a 2550 rpm, la carga del motor permanece igual por lo que indica que está a máximas revoluciones estáticas, pero el valor de las revoluciones cambia por la cantidad de moléculas de oxígeno existente en los lugares de las pruebas, la temperatura del aire de admisión varía por las condiciones climáticas existentes en los lugares de pruebas lo que

produce que varía de 24 a 37 grados centígrados, la temperatura del combustible varia por el mismo motivo el cual va de 36 a 44 grados centígrados.

Al variar las revoluciones produce una variación en el flujo de masa de aire el cual va de 47,1 a 53,9 gramos por segundo, lo que produce un aumento en la inyección de combustible por la cantidad de aire existente en la admisión y por ende en la cámara de combustión, produciendo una variación de 60 a 70 mega pascales de presión del riel de combustible.

CONCLUSIONES

- Con la aplicación de un protocolo establecido para la fase de pruebas del estudio se agiliza el proceso de recolección de datos el momento de realizar las pruebas, obteniendo una repetitividad en las pruebas para que las condiciones sean lo más parecidas posibles, con esto teniendo solo las condiciones geográficas y la velocidad del motor como variables durante la recolección de datos.
- La variación de la altura geográfica y la presión atmosférica incide en los sensores y actuadores de los vehículos CRDI, pero gracias a los controles electrónicos que actúan en el motor, el usuario del vehículo puede continuar con el manejo sin percatarse de la pérdida del rendimiento que este tiene al encontrarse en la altura.
- Todos los vehículos pierden alrededor de 10% de potencia efectiva por cada mil metros de altura sobre el nivel del mar por la reducción de moléculas de oxígeno presentes en el ambiente y la reducción en la presión atmosférica
- Al tener presentes los parámetros de funcionamiento ideales versus los reales se puede obtener una diferente apreciación para realizar un diagnóstico adecuado de un vehículo, mediante una comparación de los parámetros reales con los ideales dependiendo las condiciones de funcionamiento.
- El diesel al ser un combustible de tipo aceite combustible para motores influye en el funcionamiento no solo del motor y el rendimiento que este pueda tener, el diesel cumple funciones de lubricar todos los conductos por los cuales pasa hasta ser pulverizado evitando así el desgaste de las partes móviles, por lo cual deben ser realizados los mantenimientos adecuadamente con el fin de mantener por el mayor

tiempo posible en parámetros de un funcionamiento adecuado al vehículo. Al ser un combustible que contamina menos que la gasolina este tipo de vehículos está tomando impulso al ingresar en los mercados de Latinoamérica no solo para vehículos de trabajo sino para vehículos livianos para usos particulares.

- Al tener diferentes condiciones de trabajo de un mismo vehículo y realizar una comparación, se observó que los factores geográficos inciden directamente sobre el desempeño del vehículo, ya que este pierde el 8 % de potencia efectiva por cada 1000 metros de altura, para poder compensar esto, la computadora debe realizar correcciones y las cuales realiza mediante la recepción de parámetros de los actuadores, lo cual produce que el vehículo tenga un óptimo desempeño sin importar las condiciones en las que se encuentre y cumpla las normas de contaminación. Los parámetros deseados brindados por el fabricante se ven afectados por la velocidad del motor ya que al aumentar la carga del motor este produce otras condiciones a las cuales este debe adaptar su funcionamiento realizando las correcciones necesarias.

RECOMENDACIONES.

- Con la presente investigación se trata de promover el estudio del rendimiento de vehículos en nuestras condiciones geográficas, ya que al tener dentro de nuestro país alturas que van de los cero metros de altura sobre el nivel del mar a cuatro mil metros de altura sobre el nivel del mar se presentan algunas variables de funcionamiento de los sensores y actuadores de los vehículos, con esto se logra una mejor apreciación del funcionamiento de los vehículos diésel y su desempeño dentro de las condiciones geográficas existentes en el Ecuador .
- Este tema brinda la oportunidad de ampliar este tipo de investigación realizando pruebas de gases en diferentes alturas, de la realización de pruebas dinámicas para la complementación del conocimiento.
- Con el presente estudio se incentiva a la realización de nuevos proyectos de investigación de las nuevas tecnologías existentes en el campo automotriz y como se ve afectado su funcionamiento en nuestras condiciones geográficas.

Anexos

Anexo 1 carta petición pruebas Metrocar matriz

Quito, 07 de diciembre de 2015

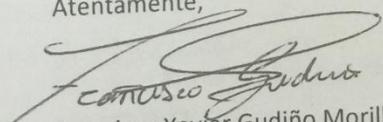
Ingeniero
Luis Medrano
Jefe Nacional de Servicio
METRO CAR
Presente.-

Distinguido Ingeniero Medrano.-

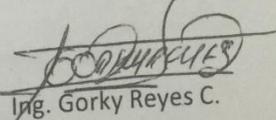
Por medio del presente, solicito por favor se autorice el uso del scanner para la realización de pruebas de sensores y actuadores de un vehículo CHEVROLET DIMAX CRDI ya que el estudiante está realizando el proyecto de tesis denominado "Variación de sensores y actuadores de un vehículo CRDI en diferentes alturas" dirigida por el Ingeniero Gorky Reyes.

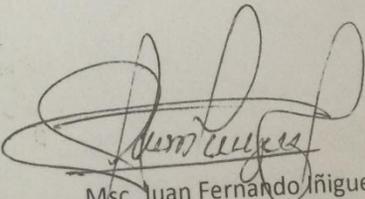
Agradecidos por su gentil atención y ayuda, me suscribo.

Atentamente,


Francisco Xavier Gudiño Morillo
1714872643

Revisado por:


Ing. Gorky Reyes C.
Director de Proyecto
Universidad Internacional del Ecuador


Msc. Juan Fernando Piñiguez I.
Coordinador Académico
Universidad Internacional del Ecuador

Anexo 1.2 carta petición pruebas Imbauto

Quito, 14 de diciembre de 2015

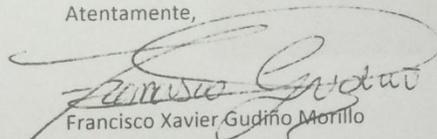
Ingeniero
Juan Pablo Dávila
Gerente Técnico
IMBAUTO
Presente.-

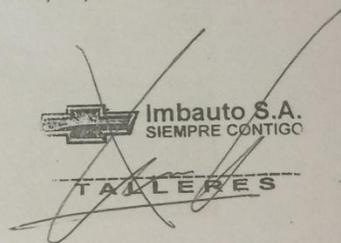
Distinguido Ingeniero Dávila.-

Por medio del presente, solicito por favor se autorice el uso del scanner para la realización de pruebas de sensores y actuadores de un vehículo CHEVROLET DIMAX CRDI ya que el estudiante está realizando el proyecto de tesis denominado "Variación de sensores y actuadores de un vehículo CRDI en diferentes alturas" dirigida por el Ingeniero Gorky Reyes.

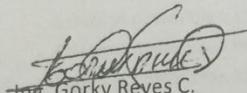
Agradecidos por su gentil atención y ayuda, me suscribo.

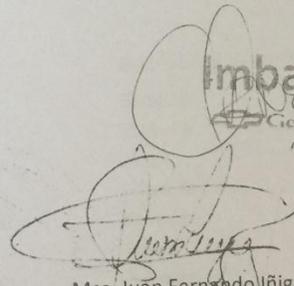
Atentamente,


Francisco Xavier Gudino Morillo
1714872643



Revisado por:

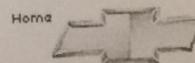

Ing. Gorky Reyes C.
Director de Proyecto
Universidad Internacional del Ecuador


Msc. Juan Fernando Iñiguez I.
Coordinador Académico
Universidad Internacional del Ecuador

Anexo2.1 cotización de vehículo

 AUTOMOTORES CONTINENTAL <small>SIEMPRE CHEVROLET</small>		 SIEMPRE CHEVROLET
Ductos de ventilación para segunda fila de asientos		URETANO+ Decorativo
Palanca de cambios		X+Bolsillo conductor y Espejo Pasajero
Parasoles conductor y pasajero		Estándar
Parlantes 4 puertas del. y post.		Estándar
Porta vasos consola central		Estándar
Porta vasos en panel frontal (x2)		Estándar
Porta vasos puertas delanteras		Estándar
Radio CD MP3 Doble Din con puerto USB y entrada auxiliar		Estándar
Revestimiento piso, alfombra		Estándar
Tacómetro		Estándar
Toma corriente auxiliar (12V - 120W)		Estándar
Vidrios eléctricos		Estándar
Volante con emblema de Chevrolet en el centro.		Estándar
Volante con regulación de altura		Estándar
Volante forrado en cuero con mandos para el radio		Estándar
EXTERIOR		3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4
Alternador 12V		90A
Balde con ganchos de amarre		Interiores
Batería 12V		70 A
Corbatín Chevrolet anterior		Estándar
Corbatín Chevrolet posterior		Estándar
Emblema DMAX posterior		Estándar
Faros halógenos		Normal
Guardapolvos delanteros y posteriores		Estándar
Kit de drenaje de combustible diesel		Estándar
Luces posteriores		Verticales
Manija Exterior portón posterior. Apertura centro		Estandar
Manijas Exterior tipo barra		Estandar
Parachoques delantero		Body Color
Parachoques post. color negro con grada		Estándar
Tapacubo Chevrolet		PINTADO
MOTOR		3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4 FULL
Alimentación		CRDI
Código		4JJ1-TC STD
Desplazamiento (c.c.)		2,999
No Cilindros		4 en línea
No Válvulas		16
Potencia Neta (HP@rpm)		134 @ 3600
Relación Compresión		18.3:1
Torque Neto (Nm @rpm)		294 @ 1400-3000
TRANSMISIÓN		3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4
Embrague		Al piso
Relación Engranajes Alta		1
Relación Engranajes Baja		2.482
Relación final de eje		4.3
Relaciones 1°		4.008

AUTOMOTORES CONTINENTAL S.A.
 Panamericana Norte Km 4 ½ , Diagonal a los Parques del Recuerdo .
 PBX: 2473 440 / 2473 330 / 2473 441 Fax : 2473 753
 www.autoconsa.com



Anexo 2.2 cotización de vehículo

 AUTOMOTORES CONTINENTAL <small>SIEMPRE CHEVROLET</small>		SIEMPRE CHEVROLET	
Relaciones 2°		2.301	
Relaciones 3°		1.427	
Relaciones 4°		1	
Relaciones 5°		0.745	
Relaciones de Reversa		3.651	
Tipo		MUA-5H	
Tipo		Manual 5 Vel.	
PESOS Y CAPACIDADES (KG.)		3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4	
Capacidad de Carga		1,045	
Capacidad Eje Delantero		1,350	
Capacidad Eje Posterior		1,870	
Peso Bruto Vehicular		2,950	
Peso Vacío Total		1,905	
Tanque de Combustible		76L/ 20 gal	
SEGURIDAD		3.0L DIESEL TURBO CD MT 4X4	
ABS con EBD		Estándar	
Airbags (Conductor y Pasajero)		Estándar	
Alarma + ChevyStar		Connect	
Alarma farós halógenos prendidos		Estándar	
Anclaje de seguridad ISO FIX asientos de niño		Estándar	
Barras de protección en puertas laterales		Estándar	
Bloqueo Central		Estándar	
Bloqueo de diferencial eje posterior		Estándar	
Cinturones seguridad delanteros 3 puntos ajustables altura		Estándar	
Cinturones seguridad posteriores 3 puntos ajustables altura		Estándar	
Cinturones seguridad posteriores central 3 puntos		Estándar	
Columna de dirección colapsible		Estándar	
Consola Central con compartimento		Estándar	
Elementos protección. Protector del cárter		Estándar	
Emblema 3.0 CRDI		Estándar	
Emblema LS		Estándar	
Espejo retrovisor interior dia/noche		Estándar	
Espejos retrovisores laterales		ELÉCTRICOS+ DIRECCIONAL Y COLAPSIBLES	
Espejos retrovisores laterales cromados		Estándar	
Gancho delantero para remolque		(x2)	
Luneta posterior térmica (desempañador vidrio posterior)		Estándar	
Llanta de Repuesto Rin Aluminio 16"		Estándar	
Panel de instrumentos con acabados metalizados		Estándar	
Panel de instrumentos electrolumicente		Estándar	
Pito doble tono		Estándar	
Seguro de niños puertas posteriores		Estándar	
Sticker 4x4		Estándar	
Tercera luz de freno		Estándar	

AUTOMOTORES CONTINENTAL S.A.

Panamericana Norte Km 4 ½ , Diagonal a los Parques del Recuerdo .
 PBX: 2473 440 / 2473 330 / 2473 441 Fax : 2473 753
 www.autoconsa.com

Home



Anexo2.3 cotización de vehículo

CONTINENTAL
SIEMPRE CHEVROLET

Modelo 2016: \$ 37.890,00

Adicional por su compra *Chevrolet* ofrece el servicio gratuito durante 1 año de:

- Asistencia Chevrolet (remolque de grúa, suministro de gasolina, cambio de llanta, carga de batería, cerrajería vial, asistencia jurídica, asistencia médica).
- Servicio Chevy Star

Atentamente,

Natali Granja
Venta de Vehículos
Teléfono: (02) 2473-440 ext.: 3135

AUTOMOTORES CONTINENTAL | 
La casa CHEVROLET | CHEVROLET

AUTOMOTORES CONTINENTAL S.A.
Panamericana Norte Km 4 ½ , Diagonal a los Parques del Recuerdo .
PBX: 2473 440 / 2473 330 / 2473 441 Fax : 2473 753
www.automotores.com

Horna 

