



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

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE  
UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN  
DIRECTA DE HIDRÓGENO.**

**AUTORES: SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO  
CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ**

**DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES  
CODIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CERTIFICADO**

Ing. Guido Torres (DIRECTOR)

Ing. Germán Erazo (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO”, realizado por SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO Y CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO Y CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENITEZ, que lo entregue al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Abril 2015

---

ING. GUIDO TORRES  
DIRECTOR

---

ING. GERMÁN ERAZO  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS:           SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO  
                          CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril 2015

---

SOFÍA M. VELÁSTEGUI M.

C.C.: 050375157-0

---

CRISTIAN A. JESÚS B.

C.C.: 050328640-3

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS:           SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO  
                          CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril 2015

---

SOFÍA M. VELÁSTEGUI M.  
C.C.: 050375157-0

---

CRISTIAN A. JESÚS B.  
C.C.: 050328640-3

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mis padres Patricia y Mario, quienes han sido mi ejemplo a seguir, inculcando en mí valores, brindándome amor, comprensión y su apoyo de manera incondicional, a mis hermanos y cuñado Paola, Javier, Mónica y Fredhy que alentándome día a día lograron hacer más llevadera la tesis; a mi sobrina Manuelita que sin darse cuenta fue mi inspiración y llena mi vida de alegrías.*

*A mi amigo y compañero de tesis Cristian que con altos y bajos alcanzamos la meta tan anhelada de ser ingenieros automotrices.*

*A mis maestros quienes me enseñaron y sobretodo me tuvieron mucha paciencia, a aquellos que supieron complementar el conocimiento con sus vivencias convirtiéndose en amigos, siendo cómplices y educadores a la vez.*

*A todos los que me apoyaron en la realización y culminación de la tesis.*

*Para ellos esta dedicatoria, ya que por su respaldo se logró culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.*

**SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO**

*El presente trabajo investigativo, que es un dedicado esfuerzo lleno de incontables sorpresas, lo dedico a mis padres Luis Jesús Y Rosario Benítez y a mis hermanos, constantes impulsores de mis más grandes sueños y deseos, que me han ayudado a mantener la voluntad necesaria para avanzar por el difícil camino del enriquecimiento del conocimiento.*

*A mi querida abuelita Petrona que aunque no te encuentres entre nosotros siempre he sentido esa presencia divina de apoyo constante para no derrumbarme en los momentos difíciles.*

*A mi amiga incondicional y compañera Sofía impulsadora en este proyecto tan importante en nuestra vida profesional que ha sabido comprenderme en los momentos en los que me encontraba perdido y apoyarme incondicionalmente.*

*A mis tutores que con sus conocimientos han sido la guía necesaria para la culminación de este proyecto.*

*Teniendo como resultado este trabajo tan anhelado consecuencia de un largo trayecto universitario que he culminado con grandes logros por delante, convirtiéndome en un profesional de la ingeniería, en la cual me ha surgido la pasión por descubrir nuevas tecnologías, con el afán de obtener nuevos logros y cumplir con las metas que me he trazado en mi nueva vida profesional.*

**CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por guiarme y protegerme en mi camino. A mi madre que con sus consejos y ánimos siempre supo cómo alentarme a seguir adelante y a no rendirme ni desfallecer ante las adversidades. A mi padre que siempre me apoyo y aconsejo al escuchar mis quejas. Les agradezco mamá y papí por sus enseñanzas y por la oportunidad de cumplir mi sueño de ser ingeniera automotriz, los amo.*

*A mis hermanos y cuñado que son un ejemplo en todo sentido, con su dedicación y logros me han inspirado a cumplir mis metas sin importar los obstáculos que se presenten. Gracias por todas las enseñanzas de vida que han compartido conmigo.*

*A mi sobrina amada que siempre me llena de alegría con sus ocurrencias y con su sonrisa me hace olvidar todo lo malo y tomar nuevo aliento para seguir adelante.*

*A tí Cristian que en todo lo malo ves algo bueno y con molestias, enojos, risas, tristezas, felicidad y tantos sentimientos que vivimos siempre logramos avanzar en nuestra tesis.*

*A mi director de tesis Ing. Guido Torres, que nos ayudó siempre en cada etapa de la tesis. A mi codirector Ing. Germán Erazo que aparte de su ayuda y dedicación al realizar la tesis siempre fue un maestro que admiré por su conocimiento y calidad humana. A todos los maestros que a lo largo de mi vida estudiantil impartieron conocimiento que iré complementando todo el tiempo.*

*Agradezco a todas las personas que hicieron posible cumplir esta meta.*

**SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO**

*Durante el pasar de los años he vivido el apasionado mundo de la mecánica en el que a cada paso me permitió cosechar experiencias, conocimientos, descubrir los honrados privilegios del quehacer científico, los maestros que fueron los promotores de mis curiosidades, sueños e ideales, la respuesta oportuna a las amplias inquietudes, por lo que tributo el agradecimiento a ellos, incansables constructores del conocimiento.*

*De igual manera a mis padres y tutores de esta investigación, que supieron orientarnos para la culminación de este trabajo.*

*A mi amiga incondicional Sofía que ha sabido apoyarme en las buenas y en las malas con sus sabios consejos y lecciones de vida, y a ser fuerte en los momentos de debilidad y culminar con éxito la tesis.*

*A mi querida universidad que me dio la oportunidad de transitar por sus aulas permitiéndome obtener sabiduría, fue la perspectiva enriquecedora que me comprometió a asumir con disciplina la tarea permanente de una excelente educación, expreso mi agradecimiento.*

**CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xxii
RESUMEN.....	xxiv
ABSTRACT .....	xxv
CAPÍTULO I.....	1
1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc DEL VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO. ....	1
1.1. Antecedentes. ....	1
1.2. Planteamiento del problema. ....	3
1.3. Descripción resumida de la investigación.....	3
1.4. Justificación e importancia.....	4
1.5. Objetivos. ....	5
1.6. Metas. ....	5
1.7. Hipótesis.....	6

1.8. Variables de investigación. ....	6
1.8.1. Variable independiente. ....	6
1.8.2. Variable dependiente. ....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO. ....	7
2.1. Rendimiento del motor.....	7
2.1.1. Par motor.....	7
2.1.2. Potencia. ....	8
2.2. Emisiones contaminantes.....	9
2.2.1. Inofensivos.....	10
2.2.2. Contaminantes. ....	10
2.2.3. Reacción química de la combustión de la gasolina. ....	11
2.2.4. Reacción química de la combustión de la gasolina con inyección de hidrógeno. ....	12
2.2.5. Normativa según la que se rige los niveles permitidos de emisiones.....	13
2.3. Consumo de combustible.....	14
2.4. Conductividad eléctrica.....	15
2.5. Leyes de la electrólisis. ....	16
2.5.1. Leyes de faraday. ....	17
2.6. Potencia eléctrica. ....	18
2.7. Hidrógeno. ....	19
2.8. Método de obtención del hidrógeno para uso automotriz. ....	20
2.9. Producción de hidrógeno. ....	20
2.10. Método de introducción del hidrógeno al motor. ....	21
2.11. Características básicas del sistema. ....	22

2.11.1. Generador de hidrógeno. ....	22
2.11.2. Mangueras. ....	23
2.11.3. Electrolito. ....	23
2.11.4. Depósito de electrolito. ....	24
2.11.5. Hidróxido de potasio. ....	24
2.11.6. Agua destilada. ....	25
2.11.7. Relé. ....	25
2.11.8. Cable eléctrico. ....	26
2.11.9. Conectores. ....	26
2.11.10. Interruptor. ....	27
2.12. Funcionamiento del sistema de producción de hidrógeno. ....	27
2.12.1. Diagrama de funcionamiento del sistema. ....	27
2.12.2. Gas producido por el generador. ....	29
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>31</b>
3. INSTALACIÓN DEL KIT DE HIDRÓGENO. ....	31
3.1. Seguridad en la instalación. ....	31
3.2. Instalación de componentes. ....	31
3.2.1. Conexión mecánica. ....	31
3.2.2. Conexión eléctrica. ....	34
3.2.3. Preparación del electrolito. ....	36
3.3. Comprobación del sistema. ....	36
3.4. Mantenimiento del sistema. ....	37
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>39</b>
4. ENSAYO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DAEWOO 1800cc UTILIZANDO GASOLINA EXTRA. ....	39

4.1. Ficha técnica vehículo Chevrolet Optra 1800cc .....	39
4.2. Prueba de torque y potencia máximo del motor Daewoo 1800cc utilizando gasolina extra. ....	40
4.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra. ....	42
4.2.2. Análisis de torque con gasolina extra. ....	43
4.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra. ....	43
4.4. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra. ....	45
4.5. Prueba de torque y potencia del motor daewoo 1800cc con gasolina súper. ....	46
4.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper. ....	48
4.5.2. Análisis de torque con gasolina súper. ....	49
4.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper. ....	49
4.7. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper. ....	52
CAPÍTULO V .....	53
5. ENSAYO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc CON GASOLINA EXTRA E INYECCIÓN DE HIDRÓGENO. ....	53
5.1. Cálculo de producción del gas. ....	53
5.1.1. Cálculo de áreas de las placas. ....	54
5.1.2. Cálculo de conductividad eléctrica del electrolito. ....	55
5.1.3. Cálculo de la masa del elemento. ....	56
5.1.4. Cálculo del volumen del hidrógeno y oxígeno desprendido en las celdas. ....	57
5.1.5. Cálculo del gasto de energía. ....	57
5.2. Prueba de torque y potencia máximo del motor Daewoo 1800cc utilizando gasolina extra e inyección de hidrógeno. ....	58
5.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra e inyección de hidrógeno. ....	61

5.2.2. Análisis de torque con gasolina extra e inyección de hidrógeno.....	62
5.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra e inyección de hidrógeno. ....	62
5.4. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra e inyección de hidrógeno.....	65
5.5. Prueba de torque y potencia del motor Daewoo 1800cc con gasolina súper e inyección de hidrógeno.....	65
5.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper e inyección de hidrógeno.....	67
5.5.2. Análisis de torque con gasolina súper e inyección de hidrógeno. ....	68
5.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper e inyección de hidrógeno. ....	69
5.7. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper e inyección de hidrógeno.....	71
CAPÍTULO VI.....	72
6. RELACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc. ....	72
6.1. Relación de potencias entre gasolina extra y extra e hidrógeno. ....	72
6.2. Relación de torques entre gasolina extra y extra e hidrógeno.....	72
6.3. Relación de emisiones contaminantes entre gasolina extra y extra e hidrógeno. ..	73
6.4. Relación de consumo de combustible entre gasolina extra y extra e hidrógeno....	76
6.5. Relación de potencia entre gasolina súper y súper e hidrógeno.....	77
6.6. Relación de torque entre gasolina súper y súper e hidrógeno. ....	78
6.7. Relación de emisiones contaminantes gasolina súper y súper e hidrógeno. ....	78
6.8. Relación de consumo de combustible entre gasolina súper y súper e hidrógeno. .	81
6.9. Relación de resultados obtenidos. ....	81
6.9.1. Relación de potencia entre los combustibles analizados. ....	83

6.9.2. Relación de torque entre los combustibles analizados. ....	84
6.9.3. Relación de emisiones contaminantes entre los combustibles analizados.....	84
6.9.4. Relación de consumo de combustible entre los combustibles analizados.....	90
6.9.5. Relación porcentual de los resultados obtenidos.....	90
6.9.6. Análisis económico de los combustibles analizados. ....	92
CAPÍTULO VII.....	93
7. MARCO ADMINISTRATIVO.....	93
7.1. Recursos.....	93
7.2. Recursos humanos.....	93
7.3. Recursos tecnológicos.....	93
7.4. Recursos materiales.....	94
7.5. Presupuesto.....	94
7.6. Financiamiento.....	95
7.7. Cronograma.....	95
CONCLUSIONES .....	97
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100
NETGRAFÍA.....	101
ANEXO A .....	107
A. Procedimiento para realizar la prueba de torque y potencia en el dinamómetro chasis LPS 3000 .....	107
ANEXO B .....	113
B. Procedimiento para realizar la prueba de análisis de emisiones contaminantes MAHA MGT-5.....	113

ANEXO C .....	118
C. Procedimiento para realizar la prueba de consumo de combustible utilizando un CANISTER de 5 lt .....	118
ANEXO D .....	124
D. DOCUMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.....	124
ANEXO E.....	158
E. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión); Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina .....	158
ANEXO F.....	167
F. ARTÍCULO CIENTÍFICO.....	167

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Ficha técnica vehículo Chevrolet Optra 1800 cc .....	39
Tabla 4-2 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas.....	40
Tabla 4-3 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra .....	44
Tabla 4-4 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra.....	45
Tabla 4-5 Consumo de combustible con gasolina extra .....	46
Tabla 4-6 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas.....	46
Tabla 4-7 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper.....	50
Tabla 4-8 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper .....	51
Tabla 4-9 Consumo de combustible con gasolina súper .....	52
Tabla 5-1 Datos del generador de hidrógeno.....	53
Tabla 5-2 Datos químicos del hidrógeno y oxígeno.....	53
Tabla 5-3 Datos finales de los cálculos realizados .....	58
Tabla 5-4 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas.....	59
Tabla 5-5 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra e hidrógeno .....	63
Tabla 5-6 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra e hidrógeno .....	64
Tabla 5-7 Consumo de combustible con gasolina extra e hidrógeno .....	65
Tabla 5-8 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas.....	65
Tabla 5-9 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper e hidrógeno.....	69
Tabla 5-10 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper e hidrógeno.....	70
Tabla 5-11 Consumo de combustible con gasolina súper e hidrógeno .....	71
Tabla 6-1 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno.....	73
Tabla 6-2 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno .....	78
Tabla 6-3 Resumen de valores obtenidos en las pruebas .....	82
Tabla 6-4 Resumen porcentual de valores obtenidos en las pruebas .....	91
Tabla 6-5 Costo de utilización de los combustibles analizados .....	92

Tabla 7-1 Recursos Humanos.....	93
Tabla 7-2 Recursos Materiales .....	94
Tabla 7-3 Presupuesto .....	95
Tabla C-1 Distancias tramo a tramo del Ciclo combinado (ciudad-carretera).....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Causa y efecto de la utilización de hidrógeno en el motor .....	3
Figura 2-1 Curva del par motor y potencia .....	8
Figura 2-2 Curva de potencia y par motor.....	9
Figura 2-3 Diagrama de inyección de hidrógeno .....	21
Figura 2-4 Generador de hidrógeno .....	22
Figura 2-5 Mangueras flexibles.....	23
Figura 2-6 Depósito del electrolito.....	24
Figura 2-7 Relé.....	26
Figura 2-8 Diagrama de funcionamiento sistema de hidrógeno.....	28
Figura 2-9 Inyección de hidrógeno al motor .....	29
Figura 3-1 Generador de hidrógeno .....	31
Figura 3-2 Mangueras de conexión del generador al depósito.....	32
Figura 3-3 Racores de conexión ubicados en el depósito.....	33
Figura 3-4 Acople de entrada de hidrógeno al motor.....	33
Figura 3-5 Manguera de conexión de entrada de hidrógeno al motor.....	34
Figura 3-6 Conexión del cable al relé de encendido del sistema.....	34
Figura 3-7 Conexión del relé.....	35
Figura 3-8 Relé de encendido del sistema.....	36
Figura 3-9 Preparación y ubicación del electrolito.....	36
Figura 3-10 Burbujas de hidrógeno .....	37
Figura 4-1 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra.....	42
Figura 4-2 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra.....	43
Figura 4-3 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 800 rpm .....	44
Figura 4-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 2500 rpm .....	45
Figura 4-5 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper .....	48

Figura 4-6 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper .....	49
Figura 4-7 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 800 rpm.....	50
Figura 4-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 2500 rpm.....	51
Figura 5-1 Dimensiones de la placa utilizada en el sistema .....	54
Figura 5-2 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno.....	61
Figura 5-3 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno.....	62
Figura 5-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 800 rpm.....	63
Figura 5-5 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 2500 rpm.....	64
Figura 5-6 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno .....	67
Figura 5-7 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno .....	68
Figura 5-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 800 rpm .....	69
Figura 5-9 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 2500 rpm .....	70
Figura 6-1 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno .....	72
Figura 6-2 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno .....	73
Figura 6-3 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de CO <sub>2</sub> .....	74
Figura 6-4 Relación de emisiones contaminantes gasolina extra y extra e hidrógeno de CO corregido .....	74
Figura 6-5 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de O <sub>2</sub> .....	75
Figura 6-6 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de NO <sub>x</sub> .....	76
Figura 6-7 Relación de consumo de combustible extra y extra e hidrógeno.....	77
Figura 6-8 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno.....	77
Figura 6-9 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno.....	78

Figura 6-10 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO <sub>2</sub> .....	79
Figura 6-11 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO corregido .....	79
Figura 6-12 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de O <sub>2</sub> .....	80
Figura 6-13 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de NO <sub>x</sub> .....	80
Figura 6-14 Relación de consumo de combustible súper y súper e hidrógeno .....	81
Figura 6-15 Relación de curvas de potencia.....	83
Figura 6-16 Relación de curvas de torque .....	84
Figura 6-17 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO .....	85
Figura 6-18 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO <sub>2</sub> .....	86
Figura 6-19 Relación de valores de emisiones contaminantes de HC.....	87
Figura 6-20 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas O <sub>2</sub> .....	88
Figura 6-21 Relación de valores de emisiones contaminantes de NO <sub>x</sub> .....	89
Figura 6-22 Relación de valores de consumo de combustible .....	90
Figura A-1 Dinamómetro LPS 3000 .....	108
Figura A-2 Consola de comunicación LPS 3000 .....	108
Figura A-3 Introducción de datos en el software .....	109
Figura A-4 Tipos de pruebas .....	109
Figura A-5 Comportamiento del vehículo.....	109
Figura A-6 Representación de resultados .....	110
Figura A-7 Colocación del vehículo en el dinamómetro para pruebas de torque y potencia .....	110
Figura A-8 Ubicación del arnés de seguridad para el vehículo.....	111
Figura A-9 Conexión de la pinza inductiva para medición de RPM.....	111
Figura A-10 Colocación de la sonda para medición de la temperatura del motor .....	111
Figura A-11 Ejecución de la prueba según los pasos establecidos por la computadora .....	112
Figura A-12 Desenganche de las cintas de seguridad .....	112

Figura B-1 Analizador de gases de escape MGT5 .....	114
Figura B-2 Datos del vehículo.....	114
Figura B-3 Resultados de las pruebas.....	115
Figura B-4 Pantalla de datos guardada .....	115
Figura B-5 Medidor de gases de escape MAHA.....	116
Figura B-6 Colocación del medidor en el escape del vehículo .....	116
Figura B-7 Conexión de la pinza inductiva y sonda para medición de RPM y temperatura.....	116
Figura B-8 Mediciones de emisiones contaminantes a 800 y 2500 rpm.....	117
Figura C-1 Canister para pruebas de combustible.....	119
Figura C-2 Preparación del canister para las pruebas de consumo de combustible .....	119
Figura C-3 Conexión de canister al tren de inyectores del vehículo .....	120
Figura C-4 Llenado del canister con 5 lt de combustible para prueba de consumo .....	120
Figura C-5 Dispositivo GPS para medición de distancias y tiempos en pruebas de consumo .....	121
Figura C-6 Ruta Ciclo Carretera.....	121
Figura C-7 Ruta Ciclo ciudad.....	122
Figura C-8 Purga de la presión del canister.....	122
Figura C-9 Medición del volumen sobrante de combustible.....	123

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 2-1 Fórmula para el cálculo del torque.....	7
Ec. 2-2 Fórmula para el cálculo de la potencia.....	8
Ec. 2-3 Fórmula para el cálculo de la potencia con el número de revoluciones .....	9
Ec. 2-4 Reacción química de la combustión a gasolina .....	11
Ec. 2-5 Fórmula molecular del octano.....	11
Ec. 2-6 Fórmula aire teórico .....	11
Ec. 2-7 Gases de combustión.....	11
Ec. 2-8 Descomposición de los óxidos de nitrógeno.....	12
Ec. 2-9 Gases de combustión.....	12
Ec. 2-10 Reacción química producida por la combustión .....	12
Ec. 2-11 Reacción química igualada producida por la combustión .....	12
Ec. 2-12 Ecuación química producida por la combustión .....	12
Ec. 2-13 Reacción química de la combustión con inyección de hidrógeno .....	12
Ec. 2-14 Reacción química producida por la combustión con inyección de hidrógeno.....	13
Ec. 2-15 Reacción química igualada producida por la combustión con inyección de hidrógeno .....	13
Ec. 2-16 Ecuación química producida por la combustión con inyección de hidrógeno.....	13
Ec. 2-17 Resistencia al flujo de electrones .....	15
Ec. 2-18 Fórmula para el cálculo de la resistencia específica .....	15
Ec. 2-19 Fórmula de la conductividad eléctrica .....	16
Ec. 2-20 Fórmula de la primera ley de Faraday .....	17
Ec. 2-21 Cálculo del equivalente electroquímico de un elemento .....	17
Ec. 2-22 Constante o número de Faraday.....	17
Ec. 2-23 Cálculo del equivalente químico de un elemento .....	18
Ec. 2-24 Fórmula de la primera ley de Faraday .....	18
Ec. 2-25 Fórmula de la energía eléctrica .....	19
Ec. 2-26 Fórmula de la potencia eléctrica .....	19
Ec. 2-27 Cátodo de la electrólisis del agua.....	21
Ec. 5-1 Cálculo del área de la primera sección de la placa .....	54

Ec. 5-2 Cálculo del área de la segunda sección de la placa.....	54
Ec. 5-3 Cálculo del área de la tercera sección de la placa.....	54
Ec. 5-4 Cálculo del área de la cuarta sección de la placa.....	54
Ec. 5-5 Cálculo del área total de la placa.....	54
Ec. 5-6 Cálculo del área de todas las placas.....	54
Ec. 2-18 Fórmula para el cálculo de la resistividad específica.....	55
Ec. 2-19 Fórmula de la conductividad eléctrica.....	55
Ec. 5-7 Conductividad eléctrica en función de la resistencia.....	55
Ec. 2-17 Resistencia al flujo de electrones.....	55
Ec. 5-8 Conductividad eléctrica en función del voltaje.....	55
Ec. 5-9 Conductividad eléctrica del electrolito.....	56
Ec. 5-10 Cálculo de la resistencia de las 16 placas.....	56
Ec. 5-11 Cálculo del amperaje de la placa.....	56
Ec. 2-24 Fórmula de la primera ley de Faraday.....	56
Ec. 5-12 Cálculo de la masa del hidrógeno.....	56
Ec. 5-13 Cálculo de la masa del oxígeno.....	57
Ec. 5-14 Fórmula para el cálculo del volumen.....	57
Ec. 5-15 Cálculo del volumen de hidrógeno generado.....	57
Ec. 5-16 Cálculo del volumen de oxígeno generado.....	57
Ec. 2-25 Fórmula de la energía eléctrica.....	58
Ec. 5-17 Fórmula para el cálculo gasto de energía.....	58
Ec. 5-18 Cálculo del gasto de energía.....	58

## RESUMEN

La investigación realizada consistió en analizar los parámetros característicos del motor Daewoo 1800cc del vehículo Chevrolet Optra con inyección directa de hidrógeno. En el capítulo I se muestran los objetivos y metas trazados para realizar esta investigación. En el capítulo II se presenta el marco teórico referido de fuentes bibliográficas confiables que servirán para la ejecución de la investigación, además se describe las características y el funcionamiento del sistema generador de hidrógeno. En el capítulo III se desarrolla la instalación, comprobación y mantenimiento del sistema de hidrógeno en el motor del vehículo Chevrolet Optra 1800. En el capítulo IV se realizó pruebas en el vehículo con los combustibles extra y súper para obtener valores de potencia, torque, consumo de combustible y porcentajes de emisiones contaminantes para tener un registro de los parámetros iniciales del automóvil y redactar un análisis de los resultados de los mismos. En el capítulo V se efectuó pruebas de potencia, torque, consumo de combustible y medición de emisiones contaminantes de los combustibles mencionados con el generador de hidrógeno instalado. En el capítulo VI se comparó el comportamiento mecánico del motor de combustión interna Daewoo 1800cc cuando se inyecta súper, extra e hidrógeno. En el capítulo VII se menciona los recursos humanos, tecnológicos y materiales utilizados en la investigación. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación para que sean consideradas por estudiantes y profesionales del área.

### Palabras clave:

- Motor Daewoo 1800cc
- Inyección de hidrógeno
- Emisiones contaminantes
- Ingeniería automotriz
- Motor de combustión interna

## **ABSTRACT**

This research was made to analyze the characteristic parameters of the vehicle with motor Daewoo 1800 cc in the Chevrolet Optra car with direct hydrogen injection. In chapter 1 the objectives and goals for this research were displayed. In Chapter II the theoretical framework on reliable literature sources that will serve to achieve the research is put forward, besides the features and operation of the hydrogen generating system are described. In Chapter III the installation, testing and maintenance of the hydrogen system in the vehicle engine Chevrolet Optra 1800 is developed. In Chapter IV the tests on the vehicle with extra fuel and super were performed to get values of power, torque, Fuel consumption and emissions rates to keep track of the initial parameters of the car and write an analysis of the results thereof. In Chapter V the power, torque, fuel consumption tests and pollutant emissions measurement mentioned fuel with hydrogen generator installed were made. In Chapter VI the mechanical behavior of internal combustion engine Daewoo when injected 1800cc super king and hydrogen were compared. In Chapter VII the human, technological and material resources used in the research are mentioned. Finally, the conclusions and recommendations of the research to be considered by students and professionals in the field are presented.

### **Keywords:**

- Daewoo 1800 cc Motor
- Hydrogen Injection
- Pollutants
- Automotive Engineering
- Internal combustion engine

## CAPÍTULO I

### 1. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc DEL VEHÍCULO CHEVROLET OPTRA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO.

#### 1.1. Antecedentes.

(Fierro, 2001) comenta que: “La disminución progresiva de las reservas de combustibles fósiles y los problemas de contaminación ambiental asociados a su combustión han atraído la atención de los investigadores hacia la búsqueda de vectores energéticos alternativos para automoción. El hidrógeno es uno de estos vectores que tiene grandes ventajas ambientales.”

El uso de este combustible alternativo en los motores de combustión interna no es un estudio reciente ya que como expone (Fierro, 2001) “Los fabricantes de automóviles (Mercedes, Toyota, Volkswagen, Volvo, Fiat, etc.) vienen concentrando esfuerzos desde 1996 con el objetivo de desarrollar automóviles basados en pilas de combustible.”

Con esto se conoce que es un método que se ha estado perfeccionando desde hace más de una década, por esto, este es uno de los sistemas que se puede implementar en vehículos sean antiguos con carburador o modernos con inyección electrónica. Un aspecto importante y por lo que se ha considerado el uso de este elemento es que el hidrógeno a diferencia de los hidrocarburos,

(Espada, 2014) explica que el hidrógeno “Es el elemento más simple y más abundante del universo; se encuentra combinado con otros elementos que se hallan fácilmente en el planeta, convirtiéndolo en un elemento básico y factible de utilizar”. En un motor de gasolina para funcionar quema combustible mezclado con el oxígeno del aire, en un motor alimentado con hidrógeno la mezcla se realiza agregando este gas. Con este

conocimiento se podría decir que es un vehículo híbrido debido a su combinación de dos fuentes de energía. Esta adaptación busca incrementar el rendimiento del motor, disminuir las emisiones contaminantes y reducir el consumo de combustible, adicionalmente busca como todo avance tecnológico, mejorar el confort de los conductores debido a que no se modifica nada del vehículo ni se debe cambiar el modo de manejo.

(Pérez, 2014) indica que: “El aumento en la potencia y torque de un motor con alimentación de hidrógeno es a causa de que se está mezclando el combustible tradicional con un componente que posee un poder calorífico superior a la gasolina, esto produce que la combustión sea mucho más completa y se aproveche mucho más la energía producida por la combustión, igualmente se aumenta notablemente la relación de compresión, aumentando el rendimiento y vida útil de las partes del motor”

A pesar de que las emisiones contaminantes que genera un vehículo de combustión interna alimentado por hidrógeno no son nulas como en el caso de aquellos que trabajan solamente con hidrógeno, la reducción de los mismos es considerable como manifiesta (Pérez, 2014) en su investigación: “La combustión se vuelve mucho más eficiente ya que el hidrógeno y oxígeno se recombinan para ser expulsados como vapor de agua”. (Alonso J. , 2014) aclara que: “El consumo del aceite lubricante del motor genera algunas emisiones de CO<sub>2</sub>, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno por lo que no habrá cero emisiones”.

En cuanto al consumo de combustible se busca economizar por lo menos de un diez a veinte por ciento del utilizado, pese a que se podría obtener rendimientos superiores a estos con un combustible con mejor refinamiento y petróleo de más alta calidad. Sin embargo se logra ahorrar un porcentaje considerable que varía de combustible a combustible según haya sido su destilación.

## 1.2.Planteamiento del problema.

Debido a que la mayor contaminación atmosférica es causada por los vehículos se desea disminuir las emisiones contaminantes de sus vehículos, así mismo los usuarios anhelan optimizar los parámetros característicos del motor de combustión interna y economizar el uso de combustible, por lo que se ha requerido analizar a fondo sistemas que cubran estas necesidades; uno de estos es la inyección de hidrógeno, en el cual se advierte determinar los beneficios y las consecuencias que se puede tener con la instalación del mismo.

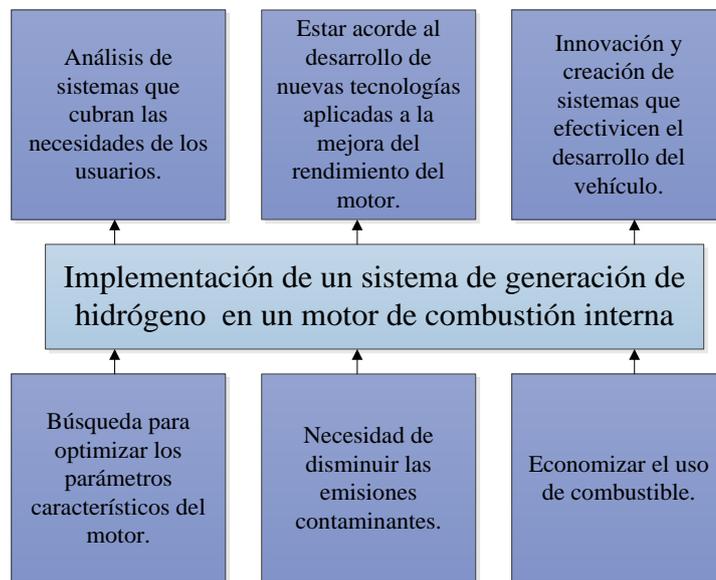


Figura 1-1 Causa y efecto de la utilización de hidrógeno en el motor

## 1.3.Descripción resumida de la investigación.

En la investigación se instaló un sistema de inyección de hidrógeno en un motor de combustión interna a gasolina de un vehículo Chevrolet Optra 1800cc y se realizó el análisis los parámetros característicos del motor, para determinar los cambios que se produce en su comportamiento antes y después de que se haya realizado la instalación.

Los parámetros determinados fueron las emisiones contaminantes, el torque y la potencia del motor y el consumo de combustible. Este análisis se realizó utilizando gasolina extra, extra e hidrógeno, súper y súper e hidrógeno.

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

Actualmente se ha visto la necesidad de utilizar combustibles alternativos para disminuir la generación de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles que utilizan combustibles fósiles. Por tal razón es importante implementar el uso del hidrógeno que es un combustible alternativo con el fin de mejorar la combustión dentro del motor y así disminuir las emisiones contaminantes que los combustibles fósiles producen.

La mayoría de personas que poseen vehículos desean mejorar el rendimiento del motor mediante la implementación de un sistema que optimice los parámetros característicos del motor de combustión interna, causa por la que se analiza a fondo el sistema de inyección de hidrógeno, para determinar los beneficios y las consecuencias que se puede tener con la instalación del mismo.

El realizar este proceso de cambio alternativo de combustible en los vehículos se relaciona directamente con nuevos procesos de montaje y por ende una industria automotriz más eficiente que va de la mano con el cambio de la matriz productiva como política de estado.

Por tanto su importancia, ya que permitirá que los vehículos que circulan por la calle contaminen menos y tengan un rendimiento más óptimo. Siendo de ayuda a la comunidad.

## **1.5.Objetivos.**

### **1.5.1. Objetivo principal.**

- Analizar los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno para determinar su aplicabilidad como combustible alternativo.

### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- Implementar un sistema de inyección de hidrógeno en el motor de combustión interna Daewoo de 1800cc del vehículo Chevrolet Optra.
- Realizar una prueba de ruta para determinar el consumo de combustible.
- Realizar pruebas de emisiones contaminantes antes y después de la instalación del sistema de inyección directa de hidrógeno.
- Establecer mediante un estudio el combustible más eficiente, conveniente y amigable con el medio ambiente, dentro de los analizados en la investigación.
- Comparar los parámetros mecánicos característicos del motor Daewoo 1800cc cuando se utiliza gasolina extra, súper y con la inyección directa de hidrógeno.
- Calcular la producción de hidrógeno del sistema en base a las características del generador.

## **1.6.Metas.**

- Generar información relevante acerca del uso de hidrógeno como combustible alternativo.
- Elevar la potencia del 1 al 3 por ciento con el uso de la inyección directa de hidrógeno.

## **1.7.Hipótesis.**

La implementación del sistema de inyección de hidrógeno en motores de combustión interna, permitirá disminuir la contaminación ambiental producida por los gases de combustión y mejorará el rendimiento del motor.

## **1.8.Variables de investigación.**

### **1.8.1. Variable independiente.**

- Sistema de inyección de hidrógeno.

### **1.8.2. Variable dependiente.**

- Combustible alternativo

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. Rendimiento del motor.

##### 2.1.1. Par motor.

(Galbarro, 2013) expone que: “En un motor de explosión de un vehículo, la combustión de la mezcla combustible-aire genera un aumento de la presión y temperatura en el interior de los cilindros del motor. Esta presión interior produce a su vez una fuerza de empuje sobre el pistón que lo desplaza generando el clásico mecanismo de biela-manivela de los motores de combustión interna alternativos, donde el movimiento de traslación del pistón en el interior del bloque motor se transforma en un movimiento circular de giro del cigüeñal. El par motor o "torque" (T) es el producto de la fuerza aplicada (F) de empuje a los cilindros por la distancia (d) al eje geométrico de giro del árbol del cigüeñal que según el Sistema Internacional de Unidades, en Newton metro (Nm).”

$$T = F \cdot d$$

Ec. 2-1 Fórmula para el cálculo del torque  
Fuente: (Galbarro, 2013)

##### a. Curva de par motor.

(Galbarro, 2013) comenta que: “En los motores de combustión, la curva de par empieza siendo ascendente hasta llegar a las revoluciones donde el motor rinde el par máximo, que es el punto de diseño óptimo. A partir de ese momento, el par comienza a disminuir progresivamente. Teniendo que a bajas revoluciones la combustión de la mezcla no resulta óptima debido a la escasa inercia que poseen los gases que provocan que el llenado del cilindro no sea el óptimo al igual que su vaciado, si el motor funciona a un elevado régimen tampoco el llenado de los cilindros es completo, y ello es debido al escaso tiempo que dispone el gas para ocupar todo el recinto.”

En la figura 2-1 se representa en el eje horizontal las revoluciones por minuto (*r.p.m.*) de régimen giro (*n*) del motor y en el eje vertical el par (*T*) que proporciona durante todo su rango de funcionamiento. En los motores de combustión, la curva de par empieza siendo ascendente hasta llegar a las revoluciones donde el motor rinde el par máximo (*T<sub>1</sub>*), que es el punto de diseño óptimo. A partir de ese momento, el par comienza a disminuir progresivamente

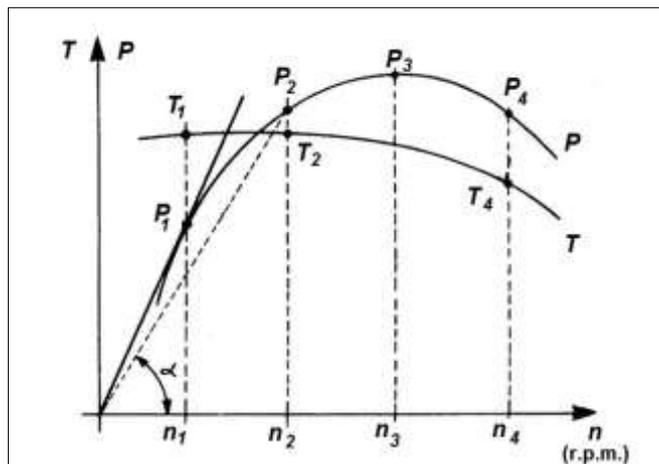


Figura 2-1 Curva del par motor y potencia  
Fuente: (Galbarro, 2013)

### 2.1.2. Potencia.

(Rodríguez H. , 2013) deduce que: “La potencia (*P*) se desarrolla a partir del el par motor y viene dada por la siguiente expresión:

$$P = T \cdot \omega$$

Ec. 2-2 Fórmula para el cálculo de la potencia  
Fuente: (Rodríguez H. , 2013)

Siendo ( $\omega$ ) la velocidad angular de giro en (*rad/s*) y (*T*) el par motor en (*Nm*) tomando en cuenta que es del eje de transmisión o eje del cigüeñal. La potencia del motor se mide, según el Sistema Internacional de Unidades, en vatios (*W*).

En ocasiones es interesante conocer la potencia en función de las revoluciones por minutos (*r.p.m.*) a la que gira el motor en vez de la velocidad angular. En efecto, si (*n*)

son las revoluciones por minuto a la que gira el motor, entonces la potencia ( $P$ ) se expresa como sigue

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

Ec. 2-3 Fórmula para el cálculo de la potencia con el número de revoluciones  
Fuente: (Rodríguez H. , 2013)

### a. Curva de potencia.

(Rodríguez H. , 2013) indica que: “En la figura 2-2, la potencia que puede ofrecer un motor de combustión interna aumenta conforme sube de régimen de giro, hasta un máximo (representado por  $P_3$ ) que se alcanza cuando gira a  $n_3$  (r.p.m.). En estas condiciones, aunque se acelere más la velocidad del motor, éste no es capaz de entregar más potencia dado que la curva entra en su tramo descendente. El límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor lo marca  $n_4$ , establecido por las propias limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen.”

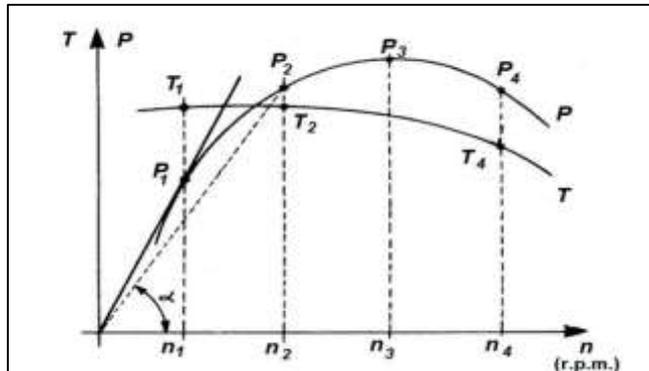


Figura 2-2 Curva de potencia y par motor

Fuente: (Rodríguez H. , 2013)

## 2.2.Emisiones contaminantes.

(Freire D., 2013) denomina: “Emisiones contaminantes al material de residuo en forma de gas que ya no tiene utilidad y que se genera como consecuencia de un proceso de combustión. Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes.

Los primeros están formados, fundamentalmente, por oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.” Los mismos que se describen a continuación.

### **2.2.1. Inofensivos.**

- “Oxígeno: es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de las emisiones contaminantes.
- Vapor de agua: se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno, y se libera junto con las emisiones contaminantes.
- Dióxido de carbono: producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión; sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).”

### **2.2.2. Contaminantes.**

- “Monóxido de carbono: la falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono.
- Hidrocarburos: son restos no quemados del combustible, que surgen en las emisiones contaminantes después de una combustión incompleta. La mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre), por lo que es conveniente ajustar la riqueza de la mezcla.

- Óxidos de nitrógeno: son óxidos gaseosos de nitrógeno (N). Se abrevian como NO<sub>x</sub> porque existen muchos compuestos posibles con diferente número de átomos.”

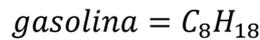
### 2.2.3. Reacción química de la combustión de la gasolina.

La reacción química producida en la combustión de un motor a combustión interna a gasolina se expresa en la siguiente ecuación química.



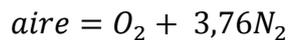
Ec. 2-4 Reacción química de la combustión a gasolina

En donde:



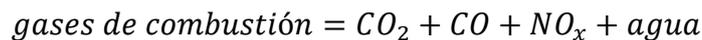
Ec. 2-5 Fórmula molecular del octano  
Fuente: (Cockhead, 2006)

(Padrón, 2008) explica que: “El aire está compuesta por el nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %), vapor de agua (0-7 %), y otras sustancias (1 %)”; por facilidad en la formulación de la ecuación de la combustión se considera solo el nitrógeno y el oxígeno debido a su alto porcentaje, el aire contiene una relación porcentual volumétrica nitrógeno/oxígeno de 79/21 (3,76); su ecuación queda de la siguiente manera.



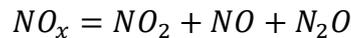
Ec. 2-6 Fórmula aire teórico  
Fuente: (Sánchez, 2003)

Como menciono antes (Freire D., 2013) “Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son: dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y vapor de agua.”

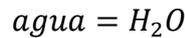


Ec. 2-7 Gases de combustión  
Fuente: (Freire D., 2013)

Dentro de los cuales se halla



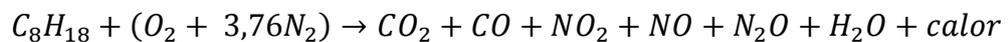
Ec. 2-8 Descomposición de los óxidos de nitrógeno  
Fuente: (Uzcátegui, 2010)



Ec. 2-9 Gases de combustión  
Fuente: (Freire D., 2013)

El calor producido en la combustión se lo representa en la ecuación química solo como calor.

Reemplazando en la ecuación principal tenemos



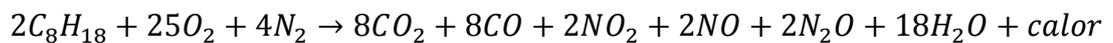
Ec. 2-10 Reacción química producida por la combustión

Igualando la ecuación se obtiene



Ec. 2-11 Reacción química igualada producida por la combustión

Multiplicando por dos a la ecuación para que todos sean números enteros tenemos.



Ec. 2-12 Ecuación química producida por la combustión

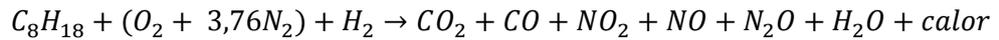
#### **2.2.4. Reacción química de la combustión de la gasolina con inyección de hidrógeno.**

La reacción química producida en la combustión de un motor a combustión interna a gasolina con inyección directa de hidrógeno se expresa en la siguiente ecuación química.



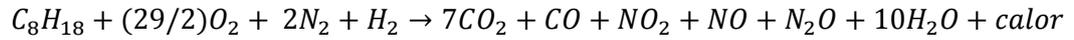
Ec. 2-13 Reacción química de la combustión con inyección de hidrógeno

Como se describió previamente cada ecuación, se reemplaza en la ecuación principal de la combustión de un motor a combustión interna a gasolina con inyección directa de hidrógeno.



Ec. 2-14 Reacción química producida por la combustión con inyección de hidrógeno

Igualando la ecuación tenemos



Ec. 2-15 Reacción química igualada producida por la combustión con inyección de hidrógeno

Multiplicando por dos a la ecuación para que todos sean números enteros tenemos.



Ec. 2-16 Ecuación química producida por la combustión con inyección de hidrógeno

Cabe recalcar que el CO<sub>2</sub> es el gas que tiene mayor porcentaje en la producción de la combustión, por lo que, el coeficiente es mayor que en el caso del gas CO, en cuanto a la cantidad de carbono hallado en la reacción química.

### **2.2.5. Normativa según la que se rige los niveles permitidos de emisiones.**

La marcha mínima o ralentí según la norma especificada en el anexo E, determina que “Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1100 rpm”. Con esta consideración y sabiendo que la mayor parte de vehículos a inyección tienen un régimen de funcionamiento de 800 rpm en ralentí se toma este valor como marcha mínima para el Chevrolet Optra 1.8 Desing.

A partir de los valores obtenidos se realiza un promedio para asumir un valor específico y así comprobar los “Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina en marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación realizada en prueba estática” mostradas en la tabla 1 de la norma (NTE INEN 2204, 2002).

### **2.3. Consumo de combustible.**

(Cabrera, 2009) explica que: “Todo vehículo tiene especificaciones técnicas, dentro de las cuales está el consumo específico de combustible, pero este valor está muy por encima del real ya que este valor se obtiene bajo condiciones óptimas de funcionamiento, tanto del propio vehículo, como de las condiciones exteriores como el clima, tipo de carretera. Por esto es importante la medición del consumo de combustible que tiene por objeto controlar la cantidad de combustible que se consume en determinada distancia.”

Existen ciertos aspectos que considerar al momento de establecer el valor del consumo de combustible de un vehículo. (Olsson, 2014) lo refiere como:

- “Un aspecto importante para medir el consumo es tener una conducción constante en pendientes o por ciudad, ya que esto aumenta el consumo de combustible en más de un 50%.
- También la superficie de la calzada es un determinante significativo si existe un aumento en la resistencia a la rodadura, en este caso el consumo puede verse incrementado entre un 10 y un 20%.
- Otra consideración se basa en las paradas efectuadas en cierto tramo, si se realiza una parada adicional cada 10 km, el consumo aumenta en un 35% aproximadamente; si en un tramo de 10 kilómetros se efectúan 10 paradas y arranques, el consumo de combustible aumenta en un 130%.
- El consumo de combustible también depende mucho del mantenimiento que se realice en el vehículo y con qué periodicidad se lo efectúe; este puede aumentar hasta un 10% si el vehículo no pasa revisiones de mantenimiento constantes, si se utilizan piezas no aprobadas o si se dan ambas circunstancias.”

## 2.4. Conductividad eléctrica.

Para (Cordovi, 2010) se define como: “La conductividad a la aptitud de una sustancia de conducir la corriente eléctrica, los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad.

(Roldan, 2010) expone que: “El flujo de electricidad a través de un conductor debido a un transporte de electrones. Según la forma de llevarse a cabo este transporte, los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolíticos, a este tipo pertenecen las disoluciones acuosas.”

La ley de Ohm plantea que cuando se mantiene una diferencia de potencial, entre dos puntos de un conductor, por éste circula una corriente eléctrica directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del conductor.”

$$V = I \cdot R$$

Ec. 2-17 Resistencia al flujo de electrones  
Fuente: (Netto, 2010)

(Netto, 2010) deduce que: “La intensidad de la corriente (caudal de electrones) expresa la cantidad de electricidad que circula por un conductor por unidad de tiempo. La intensidad de la corriente se mide en Amperios. Cuando una fuente fuerza a los electrones a circular por un conductor, se presenta una resistencia al flujo de corriente y se produce una caída de potencial. La resistencia eléctrica se mide en Ohms, y la diferencia de potencial en Voltios.”

(Cordovi, 2010) resalta que: “En disoluciones acuosas, la resistencia es directamente proporcional a la distancia entre electrodos (l) e inversamente proporcional a su área (A).”

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Ec. 2-18 Fórmula para el cálculo de la resistencia específica  
Fuente: (Gavira, 2012)

(Valenzuela, 2013) interpreta que: “ $\rho$  se denomina resistividad específica del material, y describe el comportamiento de un material frente al paso de corriente eléctrica, por lo que da una idea de lo buen o mal conductor que es.”

(Cordovi, 2010) exhibe que: “La conductividad en medios líquidos (disoluciones acuosas) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. Las determinaciones de la conductividad se aplican en la electrólisis, ya que el consumo de energía eléctrica en este proceso depende en gran medida de ella.”

La manera de calcularla es con la siguiente fórmula.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Ec. 2-19 Fórmula de la conductividad eléctrica

Fuente: (Álvarez, 2012)

(Álvarez, 2012) da a conocer que: “El valor de la conductividad eléctrica de un material se indica en “siemens” y se identifica con la letra "S". Un siemens equivale a,  $1/\Omega$  o también a  $\Omega^{-1}$  .”

## **2.5.Leyes de la electrólisis.**

(Chamkin, 2012) declara que: “La electrólisis es la descomposición que sufren algunos compuestos químicos cuando a través de ellos pasa corriente eléctrica. Tal vez el experimento de laboratorio más sencillo para ilustrar el efecto sea la electrólisis del agua (un compuesto de hidrógeno y oxígeno). Haciendo pasar una corriente continua a través de agua acidulada (agua con algunas gotas de ácido, para que conduzca la corriente eléctrica) en los electrodos (los contactos eléctricos) se forman burbujas de oxígeno e hidrógeno.”

(Soria, 2014) manifiesta acerca de: “La conducción electrolítica que se debe a la movilidad iónica en estado líquido. Si se conecta un dispositivo de conductividad a una corriente directa, uno de los electrodos será negativo (cátodo) y en otro positivo (ánodo). Al introducirlos en una sustancia iónica los iones positivos (cationes) son atraídos hacia al cátodo o electrodo negativo, y los iones negativos (aniones) son atraídos al electrodo positivo o ánodo.

### 2.5.1. Leyes de Faraday.

(Burbano, 2003) ostenta que en una electrólisis “Durante el tiempo  $t$  que dura, se deposita en los electrodos una cierta cantidad de sustancia  $M$  (que previamente ha quedado neutralizada en éstos). Michael Faraday encontró experimentalmente que: la masa en gramos de una sustancia depositada en una electrólisis, es directamente proporcional a la cantidad de electricidad o a la intensidad de corriente y al tiempo que dura la electrólisis. A esto llamaremos la primera ley de Faraday. El coeficiente  $E$  se llama equivalente electroquímico de una sustancia y su valor es:”

$$m = E \cdot I \cdot t = E \cdot Q$$

Ec. 2-20 Fórmula de la primera ley de Faraday  
Fuente: (Burbano, 2003)

$$E = \frac{M}{v \cdot F}$$

Ec. 2-21 Cálculo del equivalente electroquímico de un elemento  
Fuente: (Burbano, 2003)

En la fórmula (Burbano, 2003) interpreta a: “ $M$  como la masa (en gramos) de un mol de sustancia depositada;  $v$  en la valencia del ión correspondiente, y  $F$  es una constante universal llamada Faraday cuyo valor aproximado es 96500 coulombios.”

$$1 \text{ Faraday} = F \approx 96500 \text{ coulombs}$$

Ec. 2-22 Constante o número de Faraday  
Fuente: (Soria, 2014)

Según (Burbano, 2003) “El cociente de  $M/v$  es el equivalente químico de una sustancia ( $E_q$ )”. En otros términos (Netto, 2010) publica que: “El equivalente químico de un elemento es el cociente entre el peso atómico gramo de ese elemento y su valencia:”

$$E_q = \frac{\text{Peso atómico}}{\text{valencia}} = \frac{P_a}{v}$$

Ec. 2-23 Cálculo del equivalente químico de un elemento  
Fuente: (Netto, 2010)

Finalmente se puede expresar la ley de Faraday por la fórmula:

$$m = \frac{P_a}{v \cdot F} \cdot I \cdot t = \frac{P_a \cdot I \cdot t}{v \cdot F}$$

Ec. 2-24 Fórmula de la primera ley de Faraday  
Fuente: (Burbano, 2003)

(Burbano, 2003) anuncia que: “Llamamos a la segunda ley de Faraday al enunciado: la masa en gramos de una sustancia depositada en una electrólisis, es directamente proporcional a su equivalente químico.

Las leyes de Faraday se deducen de la hipótesis de que los iones llevan tantas cargas elementales como indica su valencia  $v$ : en efecto: si es  $e$  la carga del electrón, los iones positivos transportan una carga igual a  $+ve$  y los negativos  $-ve$ .”

(Chamkin, 2012) sintetiza que: “La primera ley como una corriente de mucha intensidad que circule a través del electrolito durante mucho tiempo depositará más sustancia que una corriente débil que actúe durante un tiempo corto y la segunda ley, cuando la misma corriente circula durante el mismo tiempo, las cantidades de sustancia depositadas dependerán de su peso equivalente.”

## 2.6.Potencia eléctrica.

(Cruz, 2010) puntualiza que la potencia eléctrica “Es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La potencia eléctrica se representa con la

letra P y la unidad de medida es el Vatio (Watt). La energía eléctrica consumida se calcula a partir de la expresión de la potencia multiplicada por el tiempo.”

$$E = P * t$$

Ec. 2-25 Fórmula de la energía eléctrica  
Fuente: (Querelle, 2013)

“Cuando se trata de corriente continua (CC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales, es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Por esta razón la potencia es proporcional a la corriente y a la tensión. En la fórmula, I es el valor instantáneo de la corriente y V es el valor instantáneo del voltaje. Si I se expresa en amperios y V en voltios, P estará expresada en watts (vatios).”

$$P = V \cdot I$$

Ec. 2-26 Fórmula de la potencia eléctrica  
Fuente: (Querelle, 2013)

## **2.7.Hidrógeno.**

(Ponce, 2001) señala al hidrógeno como “El elemento más ligero que existe y muy abundante en la tierra, constituye aproximadamente el 75% de la materia del universo, pero se encuentra combinado con otros elementos por lo que no es un combustible que pueda tomarse directamente de la naturaleza, sino que es un vector energético. Por lo que, para liberar de forma controlada la energía que almacena se ha de generar mediante otros componentes químicos.

Un kilogramo de hidrógeno puede liberar más energía que un kilogramo de cualquier otro combustible (casi el triple que la gasolina o el gas natural), y para liberar esa energía no emite nada de dióxido de carbono, tan sólo vapor de agua, por lo que el impacto ambiental es nulo.”

## **2.8.Método de obtención del hidrógeno para uso automotriz.**

(Botas, 2014) exterioriza que: “La demanda energética mundial, estimada en unos 10.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, se ve cubierta en más de un 87% por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural. Esta dependencia tiene importantes repercusiones tanto económicas como ambientales. Por el lado económico cabe destacar que su producción centralizada en determinadas zonas del mundo, está gobernada por factores esencialmente políticos, lo que resulta en precios volátiles y elevados. Así mismo, en ausencia de alternativas viables, el agotamiento de las reservas de petróleo, estimadas en no más de 40 años, resultará en un encarecimiento progresivo hasta niveles tales que afecten el desarrollo económico global.

Desde el punto de vista ambiental, la combustión de combustibles fósiles constituye el principal causante de las emisiones contaminantes que contribuyen a formar el efecto invernadero (dióxido de carbono), responsables del calentamiento global que sufre nuestro planeta.”.

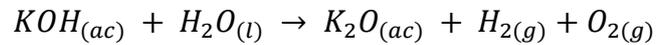
## **2.9.Producción de hidrógeno.**

La producción de hidrógeno se logra a partir de la electrólisis, (Torres E. , 2014) lo define como: “El proceso de descomposición de una sustancia por medio de la electricidad. La palabra electrólisis significa destrucción por la electricidad. Si se coloca un par de electrodos dentro de una solución de electrolito (compuesto ionizable) y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la solución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo.”

(Torres E. , 2014) explica que: “Al aplicar una diferencia de potencial eléctrica a dos electrodos dentro de una solución caustica, los iones oxígeno se mueven hacia el electrodo negativo, se descargan y se depositan en el electrodo como átomos de

oxígeno. Los iones hidrógeno se descargan a su vez en el electrodo positivo como átomos de hidrógeno.”

La reacción que tiene lugar en este sistema es la siguiente:



Ec. 2-27 Cátodo de la electrólisis del agua  
Fuente: (Soria, 2014)

## 2.10. Método de introducción del hidrógeno al motor.

Como se muestra en la figura 2-3 el hidrógeno es inyectado directamente en el conducto de admisión, después de que se produce el proceso de electrólisis dentro del generador de hidrógeno, se envía este gas directamente a los cilindros del motor permitiendo así que se realice una combustión más completa de la mezcla de aire combustible. Como el hidrógeno tiene una difusión rápida, la mezcla se enciende instantáneamente incrementando la potencia y disminuyendo las emisiones contaminantes.



Figura 2-3 Diagrama de inyección de hidrógeno  
Fuente: (Merino, 2013)

## 2.11. Características básicas del sistema.

### 2.11.1. Generador de hidrógeno.

(Toande, 2012) determina: “El generador de hidrógeno mostrado en la figura 2-4 es un recipiente herméticamente cerrado, que exteriormente consta de dos salidas correspondientes al oxígeno e hidrógeno, y una entrada para el electrolito; en el interior contiene placas de acero inoxidable quirúrgico sumergidas en un electrolito, y que al pasar la electricidad (generalmente de 12 volts) por dichas placas, produce hidrógeno que es conducido por mangueras, pasa por un recipiente de burbujas (bubbler) que le sirve de filtro y medida de seguridad, y luego llega al motor a través del sistema de admisión de aire, para ser consumido inmediatamente y junto con la gasolina. El generador produce lo que el motor requiere, siendo este un sistema de sobre demanda y no almacenaje.”



Figura 2-4 Generador de hidrógeno  
Fuente: (Torres R. , 2009)

(Toande, 2012) acota que: “La celda húmeda tipo Booster es un dispositivo que incrementa el rendimiento, reduce las emisiones contaminantes y aumenta el recorrido por galón de combustible, en carros y motocicletas (para cualquier vehículo con motor de combustión interna y que use combustible fósil, es decir, derivado del petróleo). Lo consigue empleando parte de la corriente proveniente de la batería del carro para

disociar agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno, el hidrógeno se mezcla con el aire que alimenta el motor y que ingresa al mismo por el múltiple de admisión.

El generador consta de diez y seis placas de acero inoxidable 316L que se encuentran conectados entre sí en serie con una distancia de 5 mm, las dimensiones de las placas son de 12.2x12.2x0.125 cm, trabaja con un voltaje de 12 voltios y una corriente de 3,75 A y el electrolito absorbe una corriente de 2 A.

### **2.11.2. Mangueras.**

(Paz, 2011) define a: “La manguera que se muestran en la figura 2-5 es un instrumento que se utiliza para traspasar líquidos o gases de un recipiente a otro en este caso el electrolito. Es un conducto de goma que se utiliza principalmente para el transporte de sustancia líquidas y el traspaso de estas ya sea para formar soluciones o reacciones químicas.”

En la investigación se utiliza mangueras de poliuretano duro con un espesor de 2mm.



Figura 2-5 Mangueras flexibles

### **2.11.3. Electrolito.**

Un electrólito para (Yanover, 2011) “Es una sustancia que puede someterse a la electrólisis (la descomposición en disolución a través de la corriente de electricidad). Los electrolitos contienen iones libres que actúan como conductores eléctricos. Puede definirse al electrolito como el solvente que se disuelve en agua para generar una solución capaz de conducir la corriente.”

(Gotelli, 2012) acota que: “Un electrolito fuerte es toda sustancia que al disolverse en agua, provoca exclusivamente la formación de iones con una reacción de disolución prácticamente irreversible. Un electrolito débil es una sustancia que al disolverse en agua, produce iones parciales, con reacciones de tipo reversible.”

#### **2.11.4. Depósito de electrolito.**

(Duque, 2013) advierte que: “El depósito es utilizado para almacenar el electrolito y debe estar en condiciones de resistir una temperatura máxima de 90°C, el material del que están construido debe soportar la humedad, la corrosión, las vibraciones que normalmente están presentes en el movimiento de los vehículos. En el interior de estos depósitos se hallan divisiones, donde se separa el electrolito, el hidrógeno y el oxígeno, mismos que como se muestra en la figura 2-6, salen por sus respectivos conductos hacia el ambiente y el motor. El depósito mantiene el nivel de líquido lo más estable posible, además consta de un tapón que mantiene un cierre hermético y evita explosiones.”



Figura 2-6 Depósito del electrolito

#### **2.11.5. Hidróxido de potasio.**

(Burke, 2014) aclara que: “El hidróxido de potasio, conocido comúnmente como potasa cáustica se produce en la electrólisis de la salmuera de cloruro de potasio en celdas electrolíticas. Cuando la salmuera de cloruro de potasio es introducida en la celda electrolítica, el proceso resulta en una solución de hidróxido de potasio y productos conjuntos de cloro e hidrógeno.”

Para (Gonzales, 2012) “La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como zinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (gas combustible y explosivo). Rápidamente absorbe dióxido de carbono y agua a partir del aire. El contacto con la humedad o el agua puede generar desprendimiento de calor.”

#### **2.11.6. Agua destilada.**

(Guerra, 2010) detalla que el agua destilada “Es aquella que como todo tipo de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, cuya molécula se representa químicamente por la fórmula  $H_2O$  y que mediante el proceso de destilación se le han eliminado las impurezas e iones. La destilación se usa para purificar el agua desde hace mucho tiempo, en este proceso los contaminantes disueltos tales como las sales disueltas se quedan en el tanque donde el agua hierve, mientras que el vapor de agua libre de impurezas se eleva hacia fuera.”

(Duque, 2013) instruye que: “La conductividad del agua destilada es casi nula (dependiendo del grado de destilación) pues a diferencia del agua del grifo común, carece de muchos iones que producen la conductividad, habitualmente cloruros, calcio, magnesio y fluoruros.”

#### **2.11.7. Relé.**

Al relé (Toande, 2012) lo conoce como “Un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor de corriente controlado por un circuito. Este instrumento sirve para muchas aplicaciones, como se muestra en la figura 2-7 tiene dos polos de la bobina (85 y 86) y dos contactos (30 y 87). Se usa el relevador para no conectar directamente el generador al cable de corriente que viene del switch de encendido, y evitar que pueda sobrecalentarse por el paso de la energía eléctrica.

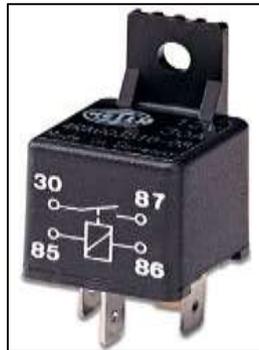


Figura 2-7 Relé  
Fuente: (Crance, 2003)

### 2.11.8. Cable eléctrico.

(Santo, 2014) plantea que: “Un cable eléctrico compuesto por un conductor, que canaliza el flujo eléctrico, y un aislamiento que contiene este flujo eléctrico en el conductor. En casi todos los casos los cables llevan una cubierta de recubrimiento exterior. Su función es eminentemente de protección.”

En el sistema se utilizan dos tipos de cables, unos de 12 AMG con un diámetro total de 4 mm y un espesor de aislamiento plástico de 1 mm que se emplean desde la batería hacia el generador de hidrógeno; el otro cable es de 16 AMG con un diámetro total de 2,5 mm y un espesor de aislamiento de 0,5 mm que se usa desde el depósito hacia el generador y en las conexiones del relé.

### 2.11.9. Conectores.

(Alonso, 2007) relata que: “En la instalación eléctrica de los automóviles, la conexión de los distintos cables entre sí, así como los cables de los bornes al receptor, se realiza por medio de terminales adecuados, por lo general se utiliza los de lengüeta. El cable se fija al terminal por engatillado en las lengüetas del mismo, que al cerrarse lo aprisionan al tiempo que realizan el contacto eléctrico adecuado. Las lengüetas más próximas al extremo del terminal se clavan sobre la funda del cable, de manera que la unión soporte los esfuerzos de tracción. El terminal está protegido con una funda de material aislante.”

### **2.11.10. Interruptor.**

Según el criterio de (Enne, 2011) “Los interruptores son componentes eléctricos que son usados para encender y apagar la alimentación a varios dispositivos que funcionan con electricidad. El interruptor desconecta y reconecta el circuito eléctrico oscilando en una dirección para romper el circuito y a la otra dirección para reconectarlo.

Existen dos componentes principales en cualquier tipo de interruptor basculante. Un actuador es la parte del interruptor que se mueve y aplica fuerza a los contactos para encenderlo o apagarlo. El segundo componente es el juego de contactos. El estado de los contactos determina si el interruptor está encendido o apagado.”

En el sistema instalado en el motor utiliza un interruptor unipolar con tecla luminosa de conexión tipo pala, de 10 amperios y 220 voltios.

## **2.12. Funcionamiento del sistema de producción de hidrógeno.**

(Herrero, 2012) detalla que: “El uso de un sistema de generación de hidrógeno no es un intento de modificar completamente un vehículo, por el contrario, es una forma más eficiente de quemar el combustible que ya se está utilizando, debido a la capacidad detonante que brinda el hidrógeno para ayudar completamente a combustionar las moléculas de la gasolina al momento del inicio de combustión, este beneficio puede ser utilizado de cualquier forma para el aumento de potencia y torque, reducción o una mejor economía de combustible.”

### **2.12.1. Diagrama de funcionamiento del sistema.**

En la figura 2-8 se muestra los componentes del sistema generador de hidrógeno, consta de: un generador de hidrógeno, mangueras, electrolito, depósito de electrolito, agua destilada mezclada con hidróxido de potasio, relé, cables eléctricos, conector e interruptor. Para conocer el funcionamiento de este sistema se indica el siguiente diagrama.

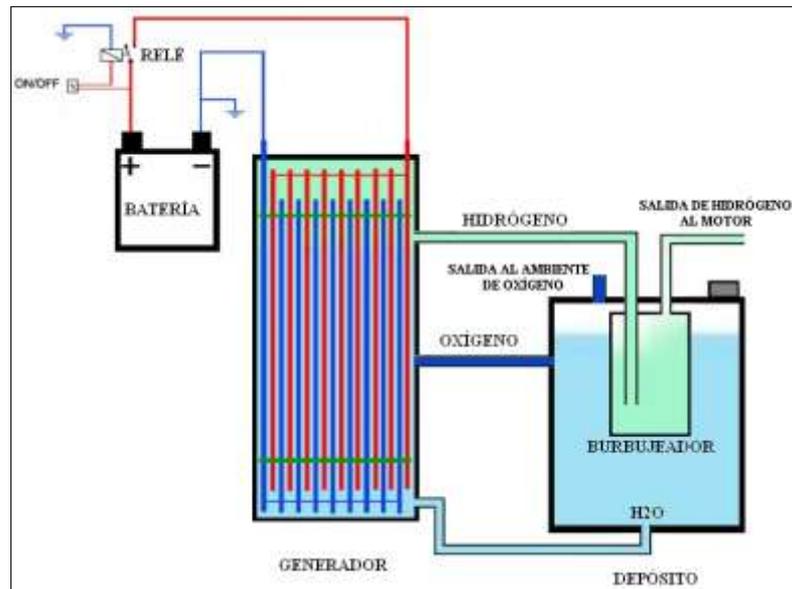


Figura 2-8 Diagrama de funcionamiento sistema de hidrógeno

El sistema funciona con un voltaje de 12 voltios provenientes de la batería del vehículo, esta corriente será controlada por un relé que va a una salida de encendido que al poner la llave en contacto se genere un voltaje para la señal del mismo, para activar el sistema consta de un interruptor que permitirá o no el paso del voltaje del relé hacia el generador de hidrógeno, el generador al activarse por el voltaje recibido por medio de sus celdas internas divide los átomos de hidrógeno y oxígeno provenientes del electrolito mediante la electrólisis de la mezcla de agua destilada e hidróxido de potasio, posteriormente de la división estos gases son encaminados hacia el depósito de electrolito, donde existen dos compartimientos, el primero es el encargado de contener el electrolito y el segundo conocido como burbujeador se ocupa de enviar el hidrógeno proveniente del generador hacia el colector de admisión del motor.

Normalmente dentro del cilindro la mezcla de combustible y aire es comprimida e incendiada por una chispa generada por la bujía. Sin embargo antes de que logre incendiarse toda la mezcla, la válvula de escape se abre y parte de la gasolina es expulsada sin quemarse o parcialmente quemada siendo enviada a la atmósfera.

Al instalar el sistema generador de hidrógeno, este se combina con el aire cuando el motor succiona el aire del ambiente por medio del vacío generado por el mismo

(figura 2-9), luego entra a la cámara de combustión con el combustible complementando a la mezcla. Al producirse la chispa la velocidad de flama es mucho mayor, haciendo que la explosión se extienda uniformemente dentro del cilindro, quemándola totalmente.



Figura 2-9 Inyección de hidrógeno al motor  
Fuente: (Calaza, 2014)

Según (Herrero, 2012) “El objetivo es el de tratar de producir tanto como sea posible el hidrógeno como el oxígeno simultáneamente a través del proceso de electrólisis (hidrólisis usando electricidad) con la menor cantidad de energía eléctrica de suministro. Una vez que el generador ha sido cargado, este actúa como una batería de celda seca. El generador al mantener una carga de 9 amperios a 12 volts dc puede operar cuando es activado por el interruptor de potencia apagado, hasta que es suspendido y el remanente retirado. El interruptor de potencia es primariamente usado para mantener la carga en el generador”.

### **2.12.2. Gas producido por el generador.**

(Gecebas, 2012) determina al “Gas generado (también llamado oxihidrógeno gas de brown, oxhídrico, HHO gas, hidroxí, watergas, kleingas, magnegas, etc.) como una mezcla de hidrógeno bi-atómico y oxígeno en proporción 2:1, la combustión produce agua; como desecho de dicha combustión (en forma de vapor de agua) así como 34.116 calorías por cada gramo de hidrógeno quemado. Es tres veces más explosivo que la gasolina, y su velocidad de propagación de llama es 10 veces superior. Un litro

de agua descompuesto en hidrógeno y oxígeno mediante la electricidad, se expande en 1.860 litros de combustible.”

(Torres, 2009) indica que: “Los motores de combustión interna solo usan una porción de la capacidad energética del combustible que se pone en los cilindros del motor, esto porque la velocidad de combustión es más lenta que el tiempo que toma el pistón en bajar y entregar su energía al cigüeñal. El combustible sin quemar es expulsado de la recámara de los cilindros y deben ser quemados por el convertidor catalítico y luego enviado al sistema de escape como polución. Haciendo funcionar su motor con el gas incrementa dramáticamente la velocidad de combustión en los cilindros, teniendo un mayor aprovechamiento de la energía que posee el combustible. El gas funciona como un aditivo para el combustible obteniendo mayor energía y potencia en el motor, emisiones de gas más limpias, mejor economía de combustible, y mejora en el rendimiento del motor.”

## CAPÍTULO III

### 3. INSTALACIÓN DEL KIT DE HIDRÓGENO.

#### 3.1. Seguridad en la instalación.

Revisar y comprobar el buen estado de cada componente ya que si existe fugas el volumen de hidrógeno que el motor absorba será mínimo por ende ineficiente el sistema.

Verificar que los conductos del generador no estén tapados e inspeccionar que las mangueras no estén agrietadas o con perforaciones mediante un soplete.

Confirmar que al instalar el kit no debe existir corriente en el sistema ya que el hidrógeno puede explotar si se genera una chispa por el contacto de los bornes positivo y negativo al momento de ajustar el depósito.

#### 3.2. Instalación de componentes.

##### 3.2.1. Conexión mecánica

El generador se fija en una superficie plana de manera vertical con los bornes de conexión mostrados en la figura 3-1 con los círculos roja para el positivo y negro para el negativo, y se asegura con amarras plásticas como se señala con las fechas.

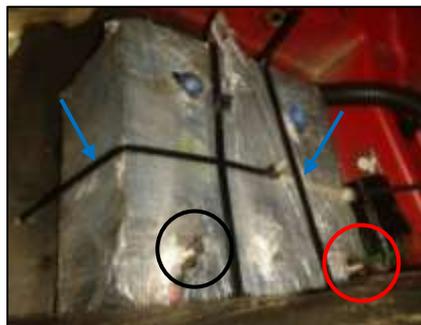


Figura 3-1 Generador de hidrógeno

El depósito se lo colocará a un nivel de 10 cm arriba del generador para que la gravedad facilite el descenso del electrolito, y en un lugar visible para completarlo cuando carezca de electrolito; este debe ser completamente hermético para que no haya fugas de hidrógeno.

Para la fijación del depósito se coloca en una parte que no se encuentre en contacto con el calor, en este caso la pared de fuego detrás de la caja de velocidades y se lo sujeta con amarras plásticas.

El depósito se conecta al generador por medio de una manguera enchufada desde la parte inferior del depósito hacia el acople mostrado en la figura 3-2 por la flecha naranja.

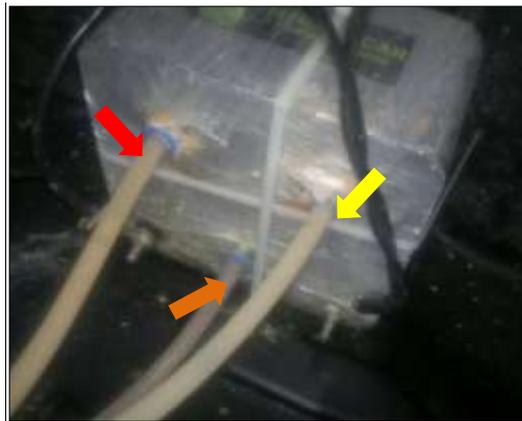


Figura 3-2 Mangueras de conexión del generador al depósito

Desde el generador salen dos mangueras, la indicada con una flecha amarilla contiene hidrógeno y la flecha roja el oxígeno, estas dos regresan al depósito, la que lleva el hidrógeno se conecta al acople señalado por el círculo rojo en la figura 3-3, luego este gas saldrá hacia el motor por medio de la manguera que se encuentre conectada al acople denotado con el círculo azul; la manguera que contiene oxígeno se empalma con el acople señalado por el círculo amarillo, y este a su vez es liberado al ambiente por medio de un orificio determinado por el círculo naranja.



Figura 3-3 Racores de conexión ubicados en el depósito

Se realiza un orificio de 5 milímetros de diámetro en el tubo de goma o plástico antes del múltiple de admisión, se colocará un acople rápido de sujeción para la manguera de entrada de hidrógeno al motor como se observa en la figura 3-4.



Figura 3-4 Acople de entrada de hidrógeno al motor

Se conecta a este acople la manguera que contiene hidrógeno, proveniente del depósito, como se contempla en la figura 3-5. Con esto, el motor aspira el aire conjuntamente con el hidrógeno y empieza su ciclo de operación normal.



Figura 3-5 Manguera de conexión de entrada de hidrógeno al motor

### 3.2.2. Conexión eléctrica.

Para realizar la instalación no se requiere de mucho conocimiento en electricidad del automóvil, el kit viene con todos los componentes necesarios para su montaje. Para energizar el sistema se toma un cable de corriente directo de la batería como se evidencia con la letra C en la figura 3-6 y un cable de señal del relé de la bomba de combustible (D), se conecta el generador al negativo de la batería (B) y se adiciona un interruptor para la activación del sistema (A).

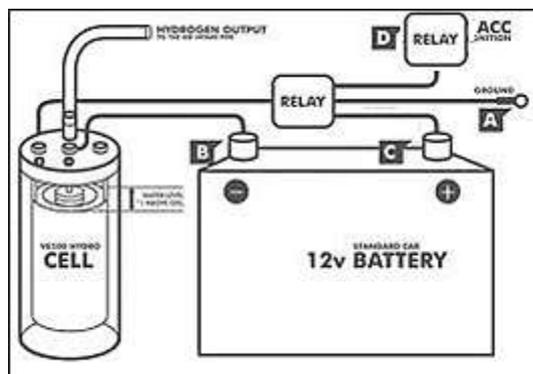


Figura 3-6 Conexión del cable al relé de encendido del sistema  
Fuente: (Valencia, 2011)

La conexión del relé del sistema se realiza mediante los siguientes pasos.

- a. Se conecta un cable en el terminal 87 del relé de la bomba hacia el terminal 30 del relé del generador como se indica en la figura 3-7, valiéndose de su corriente de

12 voltios permitirá el paso de corriente solo cuando el vehículo este encendido, a fin de evitar una acumulación de H<sub>2</sub> en el colector de admisión y la descarga de la batería.

- b. Desde el terminal positivo de la batería se conecta un cable al contacto 30 del relé, luego desde el terminal positivo del generador hasta el contacto 87 del mismo, estos dos terminales al recibir corriente se unen entre sí, permitiendo el paso de corriente del primer terminal al segundo.
- c. Conectar entre el cable que va desde el contacto 87 del relé de la bomba y el 85 del relé del generador el interruptor como se observa en la figura 3-7 para su activación manual.
- d. Unir el terminal (86) al chasis del vehículo que es el negativo del relé del generador.

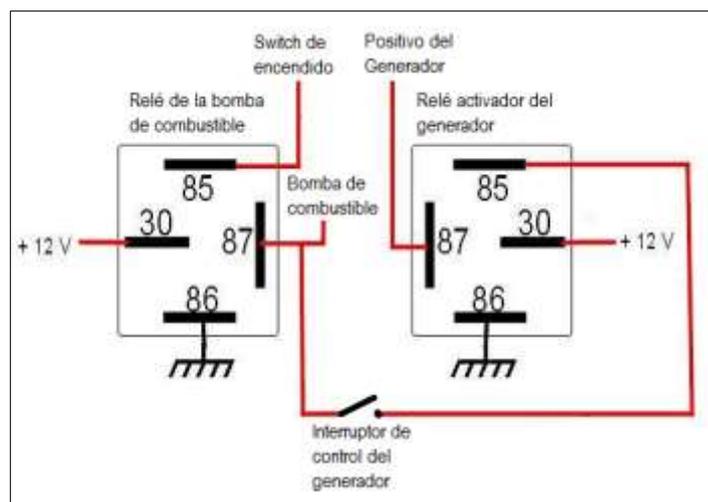


Figura 3-7 Conexión del relé

Finalmente se atornilla el relé en el compartimiento del motor en una superficie plana de fácil acceso para verificaciones de funcionamiento o reemplazo del mismo como se enseña en la figura 3-8.



Figura 3-8 Relé de encendido del sistema

### 3.2.3. Preparación del electrolito.

Para preparar el electrolito, en  $\frac{2}{3}$  de litro de agua destilada se agrega hidróxido de potasio y se mezcla hasta homogenizar el electrolito. La relación de hidróxido de potasio es 80 gramos por galón, por tanto se agregara de 20 gramos por litro.

Al llenar el depósito se coloca un embudo con una manguera conectada para evitar desperdiciar el electrolito como se exhibe en la figura 3-9. Para que la mezcla llegue al generador se debe soplar por el tubo de salida del depósito hasta que llegue al generador por medio de la manguera.



Figura 3-9 Preparación y ubicación del electrolito

### 3.3. Comprobación del sistema.

- Para el correcto funcionamiento del sistema generador de hidrógeno, el vehículo debe estar en perfectas condiciones tanto mecánicas como eléctricas.

- Encender el motor del vehículo, esperar que alcance su temperatura normal de funcionamiento (94 °C) y activar el interruptor de encendido del generador.
- Al encenderlo comenzará a generar hidrógeno al cabo de tres o cuatro minutos por las mangueras conectadas del generador al depósito se notarán burbujas que circulan por el sistema, esto indica el funcionamiento del mismo.
- Para comprobar la generación de hidrogeno se retira la manguera de entrada al motor y se coloca en el fondo de un recipiente interno lleno de agua, en la superficie se formaran burbujas de gas (figura 3-10) que estallará al poner un cerillo prendido; esto demuestra la flamabilidad del hidrógeno y recrea lo que sucede en el interior del motor al exponer la mezcla a la chispa de la bujía.



Figura 3-10 Burbujas de hidrógeno

### 3.4.Mantenimiento del sistema.

- Al realizar el mantenimiento del sistema, el motor debe estar apagado y el generador frío antes de limpiarlo. Para mayor seguridad, también se desconecta el interruptor para que no permita el paso de corriente de la batería al sistema antes de darle servicio para evitar corto circuitos en la instalación eléctrica y el posible daño del generador de hidrógeno.
- Se recomienda controlar y agregar el electrolito periódicamente y comprobar que el depósito este lleno tres cuartas partes para que el hidrógeno pueda llenar el espacio faltante y evitar que en pendientes pronunciadas se riegue el electrolito del depósito o se vaya al motor por el tubo del gas. El electrolito se agrega con el motor y el sistema encendido.

- Las conexiones eléctricas, mangueras, el generador, depósito y cables deben estar en perfecto estado. Cualquier cambio que se realice de estos componentes, el sistema debe estar desconectado y el depósito vacío.
- Para verificar fugas de hidrógeno se cubre las mangueras con una solución jabonosa.
- Se realiza la limpieza del sistema cada seis meses o cuando la coloración de las mangueras se torne de color marrón intenso, esta tonalidad se debe a la oxidación de las placas con el electrolito, por esto se deben limpiar las placas de la capa que se forma en ellas por el tiempo que han pasado expuestas al hidróxido de potasio. Para ellos se desconecta el tubo que entra en el colector de admisión del vehículo para que los gases generados al limpiar el sistema no entren al motor y evitar el daño del mismo; se vacía el electrolito del generador y depósito para agregar agua con vinagre y dejar que la mezcla funcione en el sistema durante una hora. Luego se vacía y llena con el electrolito el depósito y se conecta nuevamente la manguera a la entrada de aire al motor, finalmente se pone en funcionamiento el generador de hidrógeno.

## CAPÍTULO IV

### 4. ENSAYO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DAEWOO 1800cc UTILIZANDO GASOLINA EXTRA.

#### 4.1. Ficha técnica del vehículo Chevrolet Optra 1800cc

El vehículo utilizado para realizar las pruebas e instalar el sistema de hidrógeno es un Chevrolet Optra con una cilindrada de 1800 cc del año 2006 de las siguientes características:

Tabla 4-1 Ficha técnica vehículo Chevrolet Optra 1800 cc

Datos generales del vehículo	
Fabricante	Chevrolet
Modelo	Optra 1.8 lt
Año de fabricación	2006
Categoría	Familiar
VIN	9GAJM523X7B076542
Batería	12V – 80A
	Serie T18SED184821
	Ubicación Delantera Transversal
	Tipo En línea, 4 cil
	Válvulas por cilindro 4
	Cilindrada 1799 ccm (109.22 pulgadas cúbicas)
Motor	Potencia máxima 122.00 PS (89,55 kW or 119,40 HP) a 5800 Rev. por min.
	Torque máximo 165.00 Nm (16,72 kgf-m or 121,09 ft.lbs) a 4000 Rev. por min.
	Diámetro pistón x longitud movimiento 81.6 x 86.0 mm (3,18 x 3.4 pulgadas)
	Compresión 9.8:1
	Combustible Gasolina
Llantas	195/55R15
Transmisión	Manual, 5-velocidades
Caja cambios / relación final de eje	4.176
Caja de cambios relaciones 1°	3.545
Caja de cambios relaciones 2°	2.048
Caja de cambios relaciones 3°	1.346
Caja de cambios relaciones 4°	0.971
Caja de cambios relaciones 5°	0.763

Fuente: (Palomino, 2010) & (Rudnick, 2005)

## 4.2. Prueba de torque y potencia máximo del motor Daewoo 1800cc utilizando gasolina extra.

Las pruebas de potencia y torque utilizando gasolina extra de 87 octanos realizadas en el dinamómetro LPS 3000 mediante el procedimiento mostrado en el anexo A, se obtuvo tres ensayos expuestos en el anexo D, de los cuales se desarrolló un promedio de dichos valores, representados en el siguiente tabla.

Tabla 4-2 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas

n[rpm]	v		P Normal[HP]	M Normal	
	[miph]	[kmph]		[lbf.ft]	[Nm]
2000	31,9	51,28	33,53	88,13	119,49
2100	32,4	52,14	35,80	88,37	119,81
2200	32,9	52,95	38,43	88,87	120,49
2300	33,4	53,80	41,27	89,57	121,44
2400	33,9	54,61	44,20	90,43	122,61
2500	34,5	55,47	46,70	91,03	123,42
2600	35,0	56,31	48,53	91,23	123,70
2700	35,5	57,15	49,97	91,07	123,47
2800	36,0	57,98	51,53	90,83	123,15
2900	36,5	58,79	53,23	90,70	122,97
3000	37,1	59,66	54,83	90,73	123,02
3100	37,6	60,46	56,43	90,67	122,93
3200	38,1	61,33	58,03	90,43	122,61
3300	38,6	62,12	59,87	90,37	122,52
3400	39,1	62,98	61,63	90,43	122,61
3500	39,7	63,84	63,43	90,37	122,52
3600	40,2	64,64	65,10	90,23	122,34
3700	40,7	65,51	66,77	90,17	122,25
3800	41,2	66,30	68,57	90,20	122,29
3900	41,7	67,16	70,60	90,27	122,39

Continúa →

4000	42,2	67,97	73,00	90,37	122,52
4100	42,8	68,82	75,87	90,60	122,84
4200	43,3	69,63	78,80	90,97	123,33
4300	43,8	70,49	81,17	91,47	124,01
4400	44,3	71,35	83,23	91,83	124,51
4500	44,8	72,15	85,10	91,93	124,64
4600	45,4	73,01	86,60	91,77	124,42
4700	45,9	73,81	87,93	91,53	124,10
4800	46,4	74,67	89,03	91,57	124,15
4900	46,9	75,48	89,57	91,40	123,92
5000	47,4	76,33	90,13	90,87	123,20
5100	48,0	77,19	90,73	90,37	122,52
5200	48,5	78,00	91,70	90,13	122,20
5300	49,0	78,86	92,50	89,87	121,84
5400	49,5	79,66	92,77	89,43	121,26
5500	50,0	80,52	93,60	89,03	120,71
5600	50,5	81,32	94,73	88,80	120,40
5700	51,1	82,18	95,67	88,70	120,26
5800	51,6	82,99	96,37	88,47	119,94

Del promedio de los datos obtenidos en la prueba se obtuvo a las 2000 rpm a una velocidad de 51,28 kmph valores mínimos de potencia y torque de 33,53 HP y 119,49 Nm respectivamente.

Los valores máximos se registraron a las 5800 rpm a una velocidad de 82,99 kmph se logró una potencia de 96,37 HP y un torque 124,64 Nm a las 4500 rpm.

### 4.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra.

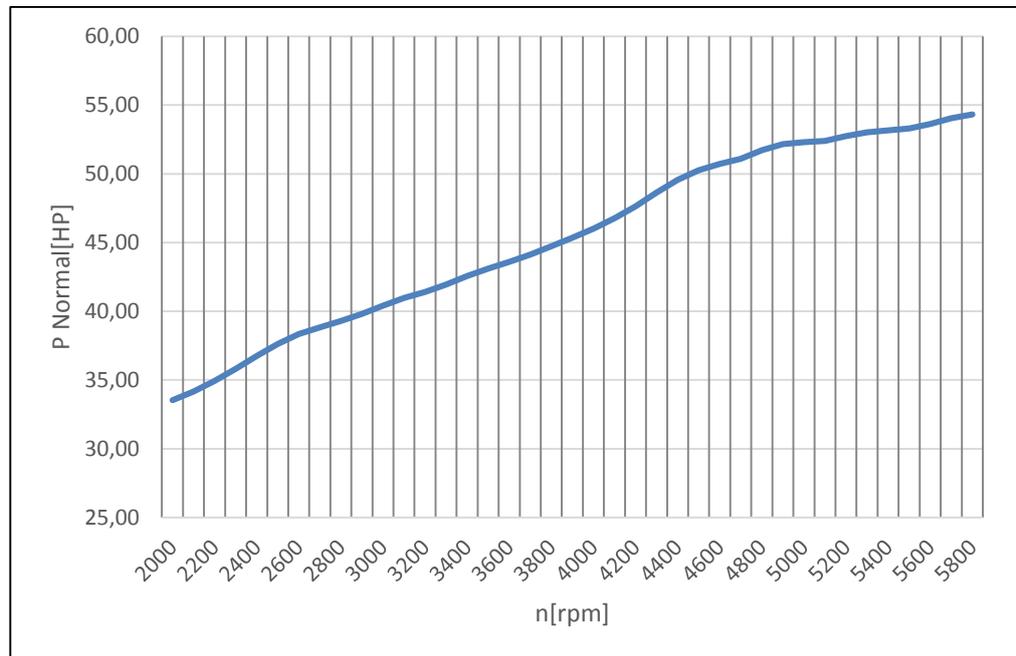


Figura 4-1 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra

La prueba se realizó con los siguientes parámetros: temperatura ambiente determinada por (AccuWeather, 2014) de 19°C, temperatura del motor de 94°C y altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,53 HP a las 2000 rpm, y una máxima de 54,37 HP a 5800 rpm, la potencia máxima especificada por el fabricante a estas revoluciones (5800) es de 119,3 HP, por lo que se considera una potencia eficiente adecuada para el desarrollo del vehículo.

### 4.2.2. Análisis de torque con gasolina extra.

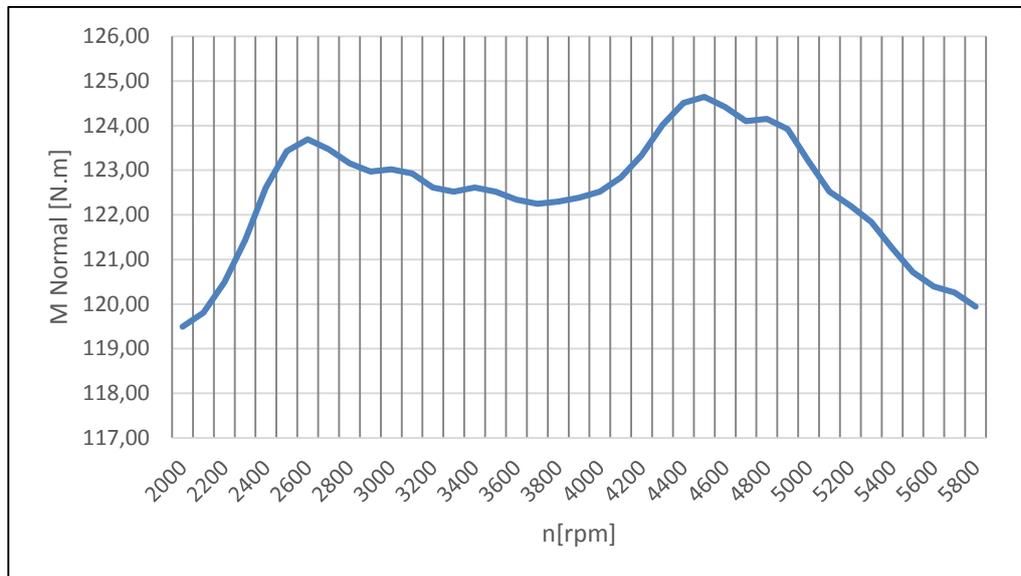


Figura 4-2 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra

El torque de un motor se mide cuando a cierto número de revoluciones se tiene la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer este. Al igual que la potencia se considera las mismas condiciones de temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 119,49 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 124,64 Nm a 4500 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm y el obtenido a estas revoluciones en la prueba es de 124,51 Nm, por lo que se establece que el torque máximo a considerarse es a las 4500 rpm con 124,64 Nm, aunque debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

### 4.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina extra de 87 octanos, dieron los resultados mostrados en la tabla 4-3.

Tabla 4-3 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204						Promedio	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2
RPM	780	2500	820	2550	820	2520	806,67	2523,33
CO (%V)	0,65	0,71	0,83	1,15	0,9	0,82	0,79	0,89
CO2 (%V)	12	12	13,4	12,6	13	13,3	12,80	12,63
CO (%V) corregido	0,77	0,84	0,87	1,25	0,97	0,87	0,87	0,99
HC (ppm)	275	227	353	648	293	264	307,00	379,67
O2 (%V)	3,51	3,953	1,42	3,99	2,4	2,11	2,44	3,35
NOx (ppm)	71	225	65	146	85	185	73,67	185,33
$\lambda$	1,157	1,181	1,029	1,135	1,079	1,068	1,09	1,13
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

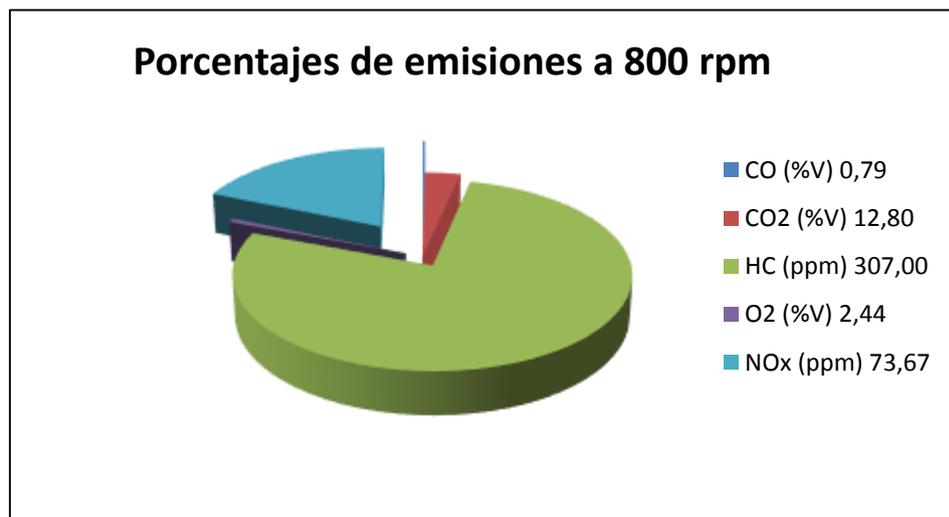


Figura 4-3 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 800 rpm

En la figura 4-3 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible extra a 800 rpm, se puede apreciar que existe un porcentaje alto en los HC.

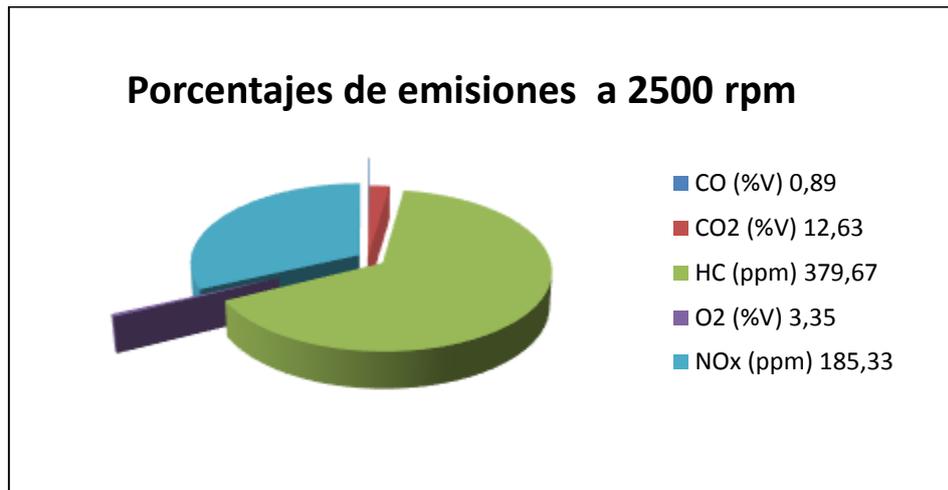


Figura 4-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 2500 rpm

En la figura 4-4 se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm considerado como un régimen alto, se observa que hay un gran porcentaje de HC generados por la combustión.

De acuerdo a la norma NTE INEN 2204, tomando en cuenta que la altitud a la que se realizaron las pruebas es de 2781 msnm se encuentra dentro de los rangos establecidos de 1500 – 3000 msnm, se compara con la siguiente tabla:

Tabla 4-4 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra

Parámetros	Gasolina extra		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,79	0,89	1
HC (ppm)	307	379,67	200

En la tabla 4-4, el porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,79% V, al igual que en las 2500 rpm con 0,89% V está por debajo del límite máximo permitido, pero los hidrocarburos sobrepasan las 200 ppm establecidos por la norma en ambas mediciones; considerando así que el motor no está quemando totalmente.

#### **4.4.Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra.**

Los valores obtenidos en la prueba de consumo de combustible utilizando gasolina extra se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 4-5 Consumo de combustible con gasolina extra

Tramos	Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
	Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV Guápulo	5	2	3	16,5	77,3	45,4
Guápulo CCICEV				14,1	43,9	13,5

El consumo de combustible se realizó en 84,03 minutos (una hora con veinticuatro minutos y tres segundos), se recorrió 30,6 km con una velocidad promedio mínima de 29,45 km/h y máxima de 60,6 km/h, con un consumo de 3 litros; lo que expresado en km/gal es de 38,611. Esto significa que en 38,611 km se consume un galón de gasolina.

#### 4.5. Prueba de torque y potencia del motor Daewoo 1800cc con gasolina súper.

Las pruebas de potencia y torque utilizando gasolina súper de 92 octanos realizadas en el dinamómetro, se obtuvo tres ensayos expuestos en el anexo D, de los cuales se desarrolló un promedio de dichos valores, representados en el siguiente tabla.

Tabla 4-6 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas

n[rpm]	v		P Normal[HP]	M Normal	
	[miph]	[kmph]		[lbf.ft]	[Nm]
2000	32,5	52,30	33,90	89,00	120,67
2100	33,0	53,16	36,33	89,83	123,24
2200	33,6	54,02	39,30	91,00	127,18
2300	34,1	54,88	42,47	92,07	131,47
2400	34,6	55,74	45,60	93,20	135,27
2500	35,2	56,59	48,07	93,93	136,85
2600	35,7	57,45	49,60	93,90	135,85
2700	36,2	58,31	51,00	93,57	134,54
2800	36,8	59,17	52,67	93,37	133,86
2900	37,3	60,08	54,37	93,33	133,46
3000	37,9	60,94	55,97	93,17	132,73
3100	38,4	61,80	57,40	93,00	131,88

Continúa →

3200	38,9	62,66	59,10	92,93	131,60
3300	39,5	63,51	60,97	93,00	131,56
3400	40,0	64,37	62,70	92,93	131,29
3500	40,5	65,23	64,53	92,83	131,24
3600	41,1	66,09	66,23	92,87	131,06
3700	41,6	66,95	68,03	92,93	130,88
3800	42,1	67,81	69,87	92,90	130,88
3900	42,7	68,66	72,00	92,97	131,51
4000	43,2	69,52	74,53	93,17	132,73
4100	43,7	70,38	77,53	93,63	134,63
4200	44,3	71,24	80,43	94,10	136,30
4300	44,8	72,10	82,53	94,37	136,71
4400	45,3	72,95	84,10	94,40	136,12
4500	45,9	73,81	85,47	94,10	135,27
4600	46,4	74,67	87,17	94,03	134,95
4700	46,9	75,53	88,40	93,90	133,95
4800	47,5	76,44	88,93	93,63	131,92
4900	48,0	77,30	88,87	93,00	129,16
5000	48,6	78,16	88,97	92,43	126,68
5100	49,1	79,02	89,67	92,07	125,14
5200	49,6	79,87	90,83	92,10	124,42
5300	50,2	80,73	91,97	91,97	123,61
5400	50,7	81,59	92,97	91,63	122,66
5500	51,2	82,45	94,00	91,50	121,71
5600	51,8	83,31	95,40	91,40	121,30
5700	52,3	84,17	97,10	91,07	121,30
5800	52,8	85,02	98,03	90,83	120,35

Del promedio de los datos obtenidos en la prueba se obtuvo a las 2000 rpm a una velocidad de 52,30 kmph valores mínimos de potencia y torque de 33,90 HP y 120,67 Nm respectivamente.

Los valores máximos se registraron a las 5800 rpm a una velocidad de 85,02 kmph se logró una potencia de 98,03 HP y un torque 135,12 Nm a las 4400 rpm.

#### 4.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper.

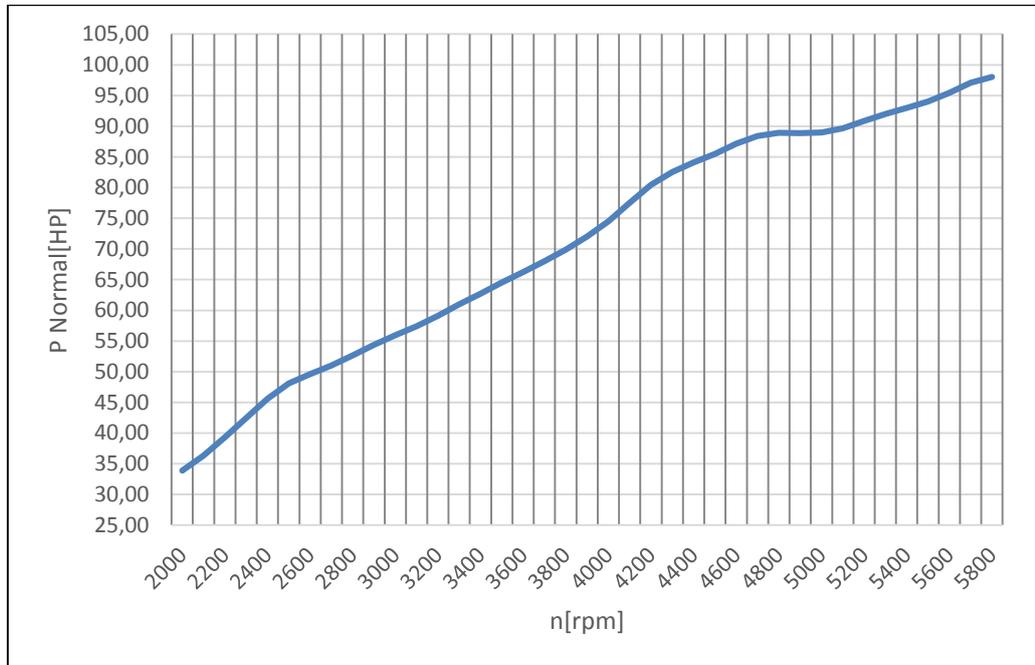


Figura 4-5 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper

En esta prueba se realizó con los siguientes parámetros: la temperatura medida el día de la prueba según (AccuWeather, 2014) fue de 17°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m; siendo casi improbable alcanzar el torque especificado.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,90 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,03 HP a 5800 rpm, la potencia máxima especificada por el fabricante a estas revoluciones (5800) es de 119,3 HP, por lo que se considera una potencia eficiente adecuada para el desarrollo del vehículo.

### 4.5.2. Análisis de torque con gasolina súper.

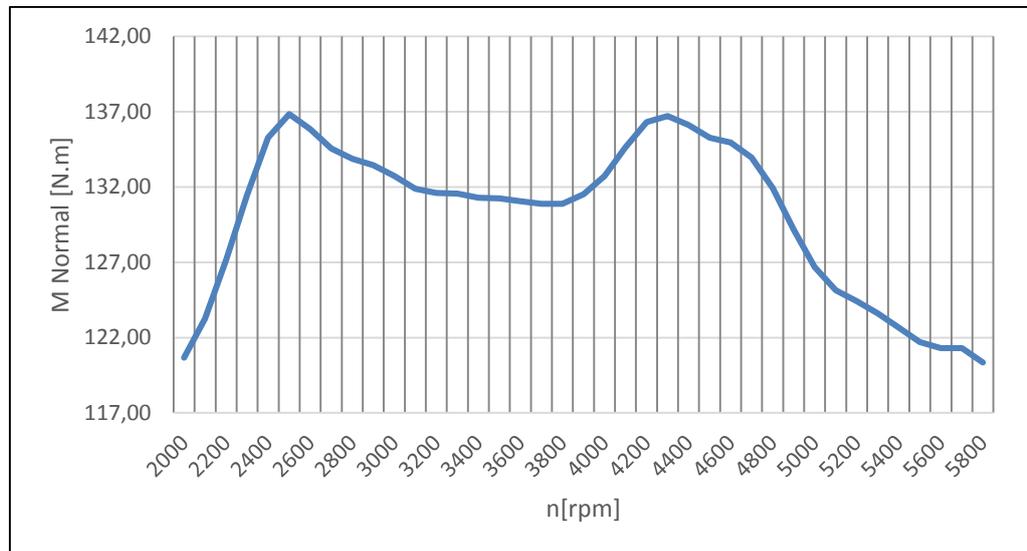


Figura 4-6 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper

El torque de un motor se mide cuando a cierto número de revoluciones se tiene la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer este. Al igual que la potencia se considera la temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas. Al igual que la potencia se considera las mismas condiciones de temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 120,67 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 136,12 Nm a 4400 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm, debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

### 4.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina súper de 92 octanos, dieron los resultados mostrados en la tabla 4-7.

Tabla 4-7 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Promedio	
RPM	830	2470	810	2540	810	2450	816,67	2486,67
CO (%V)	0,7	0,89	0,67	0,85	0,74	0,87	0,70	0,87
CO <sub>2</sub> (%V)	13,5	13,6	13,6	13,4	13,5	13,4	13,53	13,47
CO (%V) corregido	0,74	0,92	0,7	0,89	0,78	0,91	0,74	0,91
HC (ppm)	260	155	273	168	262	174	265,00	165,67
O <sub>2</sub> (%V)	1,23	1,02	1,15	1,62	1,11	1,43	1,16	1,36
NO <sub>x</sub> (ppm)	66	183	66	256	71	208	67,67	215,67
$\lambda$	1,028	1,016	1,024	1,043	1,02	1,036	1,02	1,03
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

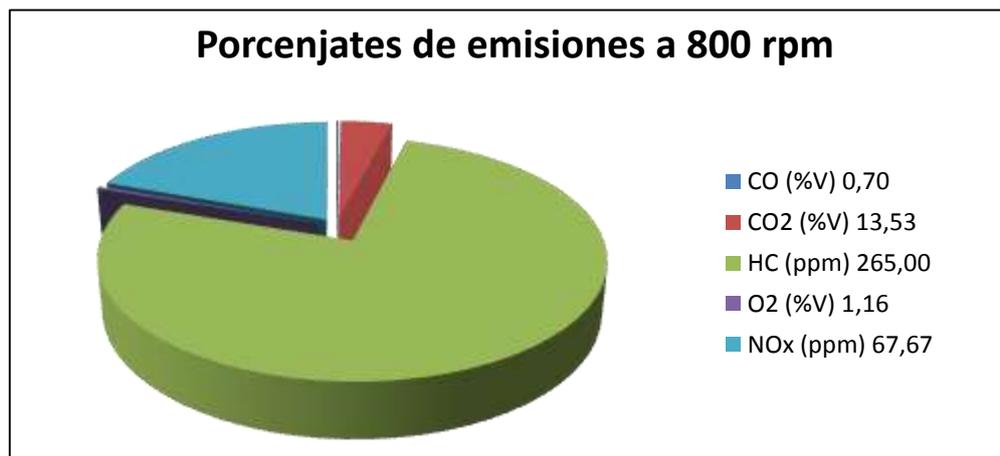


Figura 4-7 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 800 rpm

En la figura 4-7 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible súper a 800 rpm, se puede apreciar que existe un porcentaje alto de NO<sub>x</sub> y HC.

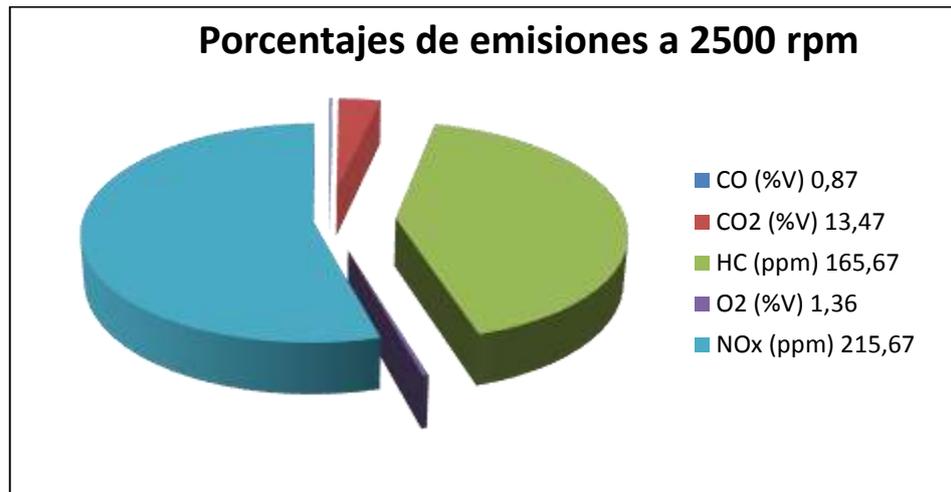


Figura 4-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 2500 rpm

En la figura 4-8 se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm, se tiene una disminución considerable de la producción de HC pero existe un exceso de los gases NOx.

El análisis de emisiones contaminantes del vehículo utilizando gasolina súper de 92 octanos, realizadas en el analizador de gases dieron como resultado los valores especificados en la Tabla 4-7. A partir de estos, se utiliza el promedio calculado para comprobarlos con los límites máximos de emisiones permitidos señaladas en la tabla 1 de la norma mostrada en el anexo E; al igual que con gasolina extra se realiza la prueba a la altura de 2781 msnm.

Tabla 4-8 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper

Parámetros	Gasolina súper		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (% V)	0,70	0,87	1
HC (ppm)	265,00	165,67	200

Como se muestra en la tabla 4-8, el porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a ralentí de 0,70% V y a 2500 rpm 0,87% V, se encuentra dentro del límite, pero los hidrocarburos exceden a 800 rpm un 32,5% lo permitido por la norma NTE INEN 2204, lo que a las 2500 rpm está por debajo de este valor.

#### 4.7. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper.

Los valores obtenidos en la prueba de consumo de combustible utilizando gasolina súper se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 4-9 Consumo de combustible con gasolina súper

Tramos		Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
		Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV	Guápulo	5	2,35	2,65	16,4	82,7	48,2
Guápulo	CCICEV				14	44,8	37,56

El consumo de combustible al realizarse con gasolina súper se recorrió 30,4 km en 45,25 minutos, a una velocidad promedio mínima de 42,88 km/h y máxima de 63,75 km/h, con un consumo de 2,65 litros; lo que expresado en km/gal es de 43,425. Esto significa que en 43,425 km se consume un galón de gasolina súper.

## CAPÍTULO V

### 5. ENSAYO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc CON GASOLINA EXTRA E INYECCIÓN DE HIDRÓGENO.

#### 5.1. Cálculo de producción del gas.

Para realizar los cálculos de producción de hidrógeno, requiere los siguientes datos.

Tabla 5-1 Datos del generador de hidrógeno

	Símbolo	Valor	Unidad
Número de celdas	$n$	16	---
Resistencia de la placa	$R_p$	0,2	$\Omega$
Voltaje utilizado por el generador	$V$	14	V
Amperaje consumido por el electrolito	$I$	9	A
Separación entre placas	$l$	0,15	cm

Fuente: (Torres, 2009)

Tabla 5-2 Datos químicos del hidrógeno y oxígeno

	Símbolo	Valor	Unidad
Densidad de hidrógeno	$D_H$	0,0000838	$g/cm^3$
Densidad del oxígeno	$D_O$	0,001429	$g/cm^3$
Peso molecular del hidrógeno	$P a_H$	1,00794	g
Peso molecular del oxígeno	$P a_O$	15,9994	g
Valencia del hidrógeno	$v_H$	1	---
Valencia del oxígeno	$v_O$	2	---

Fuente: (Sánchez A. , 2008)

Las medidas de la placa se muestran en la figura mostrada a continuación.

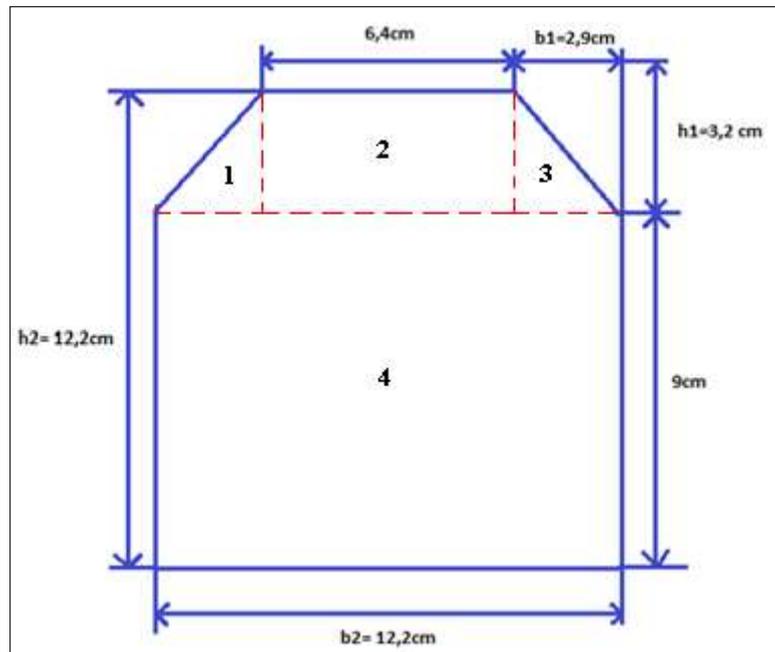


Figura 5-1 Dimensiones de la placa utilizada en el sistema

### 5.1.1. Cálculo de áreas de las placas.

Se calcula el área de cada sección y luego se suma para obtener el área total.

$$A_1 = (2,9cm * 3,2cm)/2 = 4,64cm^2$$

Ec. 5-1 Cálculo del área de la primera sección de la placa

$$A_2 = 6,4cm * 3,2cm = 20,48cm^2$$

Ec. 5-2 Cálculo del área de la segunda sección de la placa

$$A_3 = (2,9cm * 3,2cm)/2 = 4,64cm^2$$

Ec. 5-3 Cálculo del área de la tercera sección de la placa

$$A_4 = 12,2cm * 9cm = 109,8cm^2$$

Ec. 5-4 Cálculo del área de la cuarta sección de la placa

$$A_T = 4,64 + 20,48 + 4,64 + 109,8 = 139,56cm^2$$

Ec. 5-5 Cálculo del área total de la placa

Para calcular el área de todas las placas se multiplica por el número total que contiene el generador.

$$A_{TP} = 139,56cm^2 * 16 = 2232,96cm^2$$

Ec. 5-6 Cálculo del área de todas las placas

### 5.1.2. Cálculo de conductividad eléctrica del electrolito.

Para el cálculo de la conductividad eléctrica se utiliza los siguientes datos: el amperaje consumido por el electrolito (I) de 9 A, la separación entre las placas (l) de 0,15 cm, voltaje utilizado por el generador (V) de 14 V y el área total de las placas (A) de 2232,96 cm<sup>2</sup>.

De la ecuación 2-18 se obtiene la resistividad específica ( $\rho$ ) consigue que:

$$\rho = \frac{R * A}{l}$$

Ec. 2-18 Fórmula para el cálculo de la resistividad específica  
Fuente: (Gavira, 2012)

La fórmula de la conductividad eléctrica es:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Ec. 2-19 Fórmula de la conductividad eléctrica  
Fuente: (Álvarez, 2012)

Por lo tanto se obtiene:

$$\sigma = \frac{l}{R * A}$$

Ec. 5-7 Conductividad eléctrica en función de la resistencia

La ley de ohm determina que:

$$R = \frac{V}{I}$$

Ec. 2-17 Resistencia al flujo de electrones  
Fuente: (Netto, 2010)

Entonces se tiene:

$$\sigma = \frac{I * l}{V * A}$$

Ec. 5-8 Conductividad eléctrica en función del voltaje

Finalmente, la conductividad eléctrica del electrolito es:

$$\sigma = \frac{9(A) * 0,15(cm)}{14(V) * 2232,96(cm^2)} = 0,00004318 S/cm$$

Ec. 5-9 Conductividad eléctrica del electrolito

### 5.1.3. Cálculo de la masa del elemento.

Para el cálculo de la masa del elemento se requiere obtener la resistencia total de las placas multiplicando la resistencia de la placa por el número total de placas del generador.

$$R_T = 0,2\Omega * 16 = 3,2\Omega$$

Ec. 5-10 Cálculo de la resistencia de las 16 placas

Empleando la ley de Ohm, se calcula con la ecuación 2-17 la intensidad del generador.

$$I_g = \frac{14V}{3,2\Omega} = 4,375A$$

Ec. 5-11 Cálculo del amperaje de la placa

La masa de un elemento se calcula aplicando la ley de Faraday mediante la ecuación 2-24.

$$m = \frac{P_a * I * t}{v * F}$$

Ec. 2-24 Fórmula de la primera ley de Faraday  
Fuente: (Burbano, 2003)

Los datos requeridos en el cálculo del hidrógeno son: el peso atómico ( $P_a$ ) 1,00794g/mol y valencia ( $v_h$ ) 1, para el cálculo del oxígeno el peso atómico ( $P_a$ ) 15,9994g/mol y valencia ( $v_o$ ) 2, en los dos casos el amperaje de la placa calculado ( $I_g$ ) es 4,375 A, el tiempo de 60 segundos y la constante Faraday de 9600 A·seg·mol<sup>-1</sup>.

Para el hidrógeno se tiene:

$$m_H = \frac{1,00794g/mol * 4,375A * 60seg}{1 * 96500 A \cdot seg \cdot mol^{-1}} = 0,002742g$$

Ec. 5-12 Cálculo de la masa del hidrógeno

Y para el oxígeno:

$$m_o = \frac{15,9994g/mol * 4,375A * 60seg}{2 * 96500 A \cdot seg \cdot mol^{-1}} = 0,02176g$$

Ec. 5-13 Cálculo de la masa del oxígeno

#### 5.1.4. Cálculo del volumen del hidrógeno y oxígeno desprendido en las celdas.

Los datos para obtener el volumen de cada gas son: para el hidrógeno su densidad (dh) de 0,0000838 g/cm<sup>3</sup> y masa calculada (mh) de 0,002742 g, y para el oxígeno su densidad (do) de 0,001429 g/cm<sup>3</sup> y masa calculada (mo) de 0,02176 g.

El volumen se obtiene a partir de la siguiente fórmula.

$$V = \frac{m}{d}$$

Ec. 5-14 Fórmula para el cálculo del volumen  
Fuente: (Rusenko, 2006)

Entonces el volumen del hidrógeno es:

$$V_H = \frac{0,002742g}{0,0000838g/cm^3} = 32,72 cm^3 = 0,03272 lt$$

Ec. 5-15 Cálculo del volumen de hidrógeno generado

El volumen del oxígeno obtenido es:

$$V_o = \frac{0,02176g}{0,001429g/cm^3} = 15,228 cm^3 = 0,015228 lt$$

Ec. 5-16 Cálculo del volumen de oxígeno generado

#### 5.1.5. Cálculo del gasto de energía.

Los valores que se necesitan para este cálculo son: el voltaje utilizado por el generador (V) de 14 V, el amperaje de la placa (Ig) 4,375 A, y el tiempo (t) de 60 segundos.

La ecuación 2-25 calcula la energía consumida a partir de la potencia y tiempo que emplea el electrolito en separarse por electrólisis.

$$E = P * t$$

Ec. 2-25 Fórmula de la energía eléctrica  
Fuente: (Querelle, 2013)

Se reemplaza la ecuación de la potencia eléctrica 2-26 para tener la formula en función del voltaje, intensidad y tiempo, se obtiene:

$$E = V * I * t$$

Ec. 5-17 Fórmula para el cálculo gasto de energía

Por lo tanto:

$$E = 14V * 4,375A * 60seg = 3675 \text{ joules} = 0,001021 \text{ Kw.h}$$

Ec. 5-18 Cálculo del gasto de energía

Resumen de valores calculados.

Tabla 5-3 Datos finales de los cálculos realizados

	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la placa	$A_T$	139,56	cm <sup>2</sup>
Área total de la placa	$A_{TP}$	2232,96	cm <sup>2</sup>
Conductividad del electrolito	$\sigma$	0,00004318	S/cm
Resistencia total de las placas	$R_T$	3,2	$\Omega$
Intensidad del generador	$I_g$	4,375	A
Masa del hidrógeno	$m_H$	0,002742	gr
Masa del oxígeno	$m_O$	0,02176	gr
Volumen de hidrógeno	$V_H$	0,03272	lt
Volumen del oxígeno	$V_O$	0,015228	lt
Gasto de energía	$E$	0,001021	Kw/h

## 5.2. Prueba de torque y potencia máximo del motor Daewoo 1800cc utilizando gasolina extra e inyección de hidrógeno.

Las pruebas de potencia y torque utilizando gasolina extra de 87 octanos realizadas en el dinamómetro, se obtuvo tres ensayos expuestos en el anexo D, de los cuales se desarrolló un promedio de dichos valores, representados en el siguiente tabla.

Tabla 5-4 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas

n[rpm]	v		P Normal[HP]	M Normal	
	[miph]	[kmph]		[lbf.ft]	[Nm]
2000	32,50	52,30	34,57	90,77	123,06
2100	34,10	54,88	36,90	93,43	126,68
2200	35,73	57,51	39,67	94,70	128,40
2300	37,37	60,13	42,60	97,33	131,97
2400	39,03	62,82	45,47	99,53	134,95
2500	40,63	65,39	47,80	100,37	136,08
2600	42,27	68,02	49,60	100,27	135,94
2700	43,87	70,59	51,23	99,63	135,08
2800	45,50	73,22	53,00	99,40	134,77
2900	47,13	75,85	55,03	99,60	135,04
3000	48,73	78,43	56,77	99,33	134,68
3100	50,40	81,11	58,40	98,97	134,18
3200	52,00	83,68	60,07	98,60	133,68
3300	53,63	86,31	61,83	98,43	133,46
3400	55,23	88,89	63,57	98,20	133,14
3500	56,87	91,52	65,30	97,97	132,82
3600	58,50	94,14	67,13	97,93	132,78
3700	60,13	96,77	68,97	97,87	132,69
3800	61,77	99,40	70,73	97,83	132,64
3900	63,37	101,98	72,90	98,17	133,10
4000	65,00	104,60	75,43	99,03	134,27
4100	66,60	107,18	78,40	100,40	136,12
4200	68,27	109,86	81,40	101,80	138,02
4300	69,87	112,44	83,67	102,17	138,52
4400	71,50	115,06	85,17	101,63	137,80
4500	73,13	117,69	87,00	101,50	137,62
4600	74,77	120,32	88,60	101,17	137,16

Continúa →

4700	76,37	122,90	89,83	100,40	136,12
4800	77,97	125,47	90,53	99,03	134,27
4900	79,63	128,15	90,70	97,23	131,83
5000	81,23	130,73	91,13	95,73	129,80
5100	82,87	133,36	92,20	94,93	128,71
5200	84,50	135,99	93,43	94,37	127,94
5300	86,13	138,61	94,63	93,77	127,13
5400	87,73	141,19	95,73	93,13	126,27
5500	89,40	143,87	96,80	92,43	125,32
5600	91,00	146,45	97,50	91,43	123,97
5700	92,63	149,07	98,37	90,67	122,93
5800	94,23	151,65	98,99	89,63	121,53

Del promedio de los datos obtenidos en la prueba se obtuvo a las 2000 rpm a una velocidad de 52,30 kmph valores mínimos de potencia y torque de 34,57 HP y 123,06 Nm respectivamente.

Los valores máximos se registraron a las 5800 rpm a una velocidad de 151,65 kmph se logró una potencia de 98,99 HP y un torque 138,52 Nm a las 4500 rpm.

### 5.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

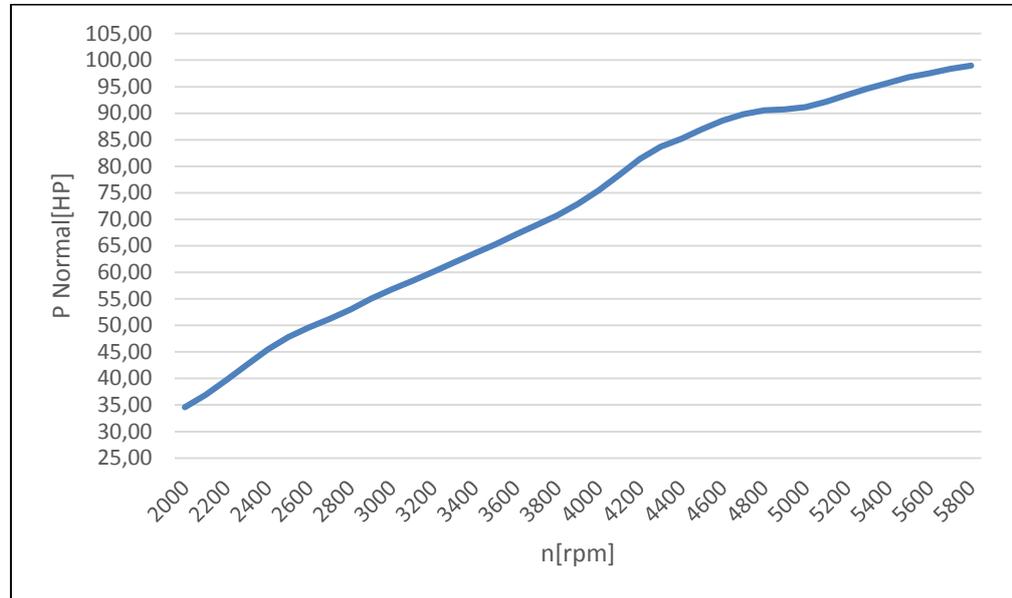


Figura 5-2 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno

Los parámetros bajo lo que se realizó esta prueba fueron: temperatura ambiente de 20°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 34,57 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,99 HP a 5800 rpm. Ya que los parámetros con los que se realizó la prueba no son iguales a las del fabricante se concluye que no es posible alcanzar la potencia especificada en la ficha técnica del vehículo.

### 5.2.2. Análisis de torque con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

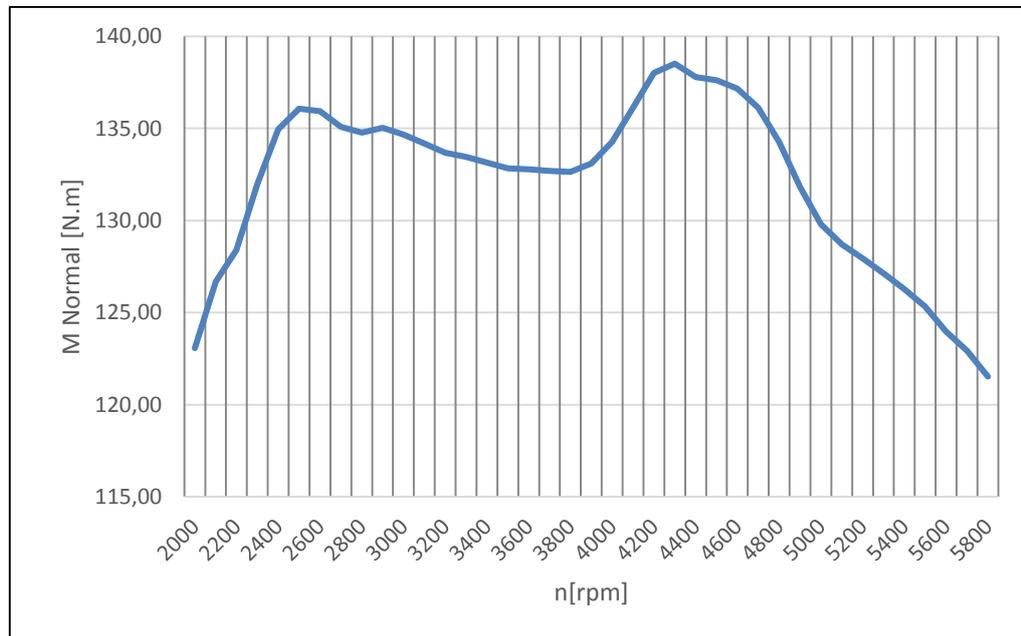


Figura 5-3 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 123,06 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 138,52 Nm a 4300 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm y el obtenido a estas revoluciones en la prueba es de 137,80 Nm, por lo que se establece que el torque máximo a considerarse es a las 4300 rpm, aunque debido a las condiciones que se mencionaron previamente el torque logrado será menor al especificado por el fabricante.

### 5.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina extra de 87 octanos e inyección directa de hidrógeno, dieron los resultados mostrados en la tabla 5-5.

Tabla 5-5 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra e hidrógeno

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio				
RPM	810	2530	800	2390	810	2440	806,67	2453,33
CO (%V)	0,84	0,91	0,66	0,78	0,68	0,77	0,73	0,82
CO2 (%V)	13,5	13,4	13,3	13,2	13,3	13,2	13,37	13,27
CO (%V) corregido	0,88	0,95	0,71	0,84	0,73	0,83	0,77	0,87
HC (ppm)	284	196	298	217	301	219	294,33	210,67
O2 (%V)	1,13	1,51	1,1	1,13	1,1	1,43	1,11	1,36
NOx (ppm)	65	211	58	158	64	202	62,33	190,33
$\lambda$	1,017	1,038	1,021	1,023	1,02	1,038	1,02	1,03
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.



Figura 5-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 800 rpm

En la figura 5-4 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible extra e inyección directa de hidrógeno a 800 rpm, tenemos que el HC se produce en un porcentaje considerable a relación de los otros gases producidos.

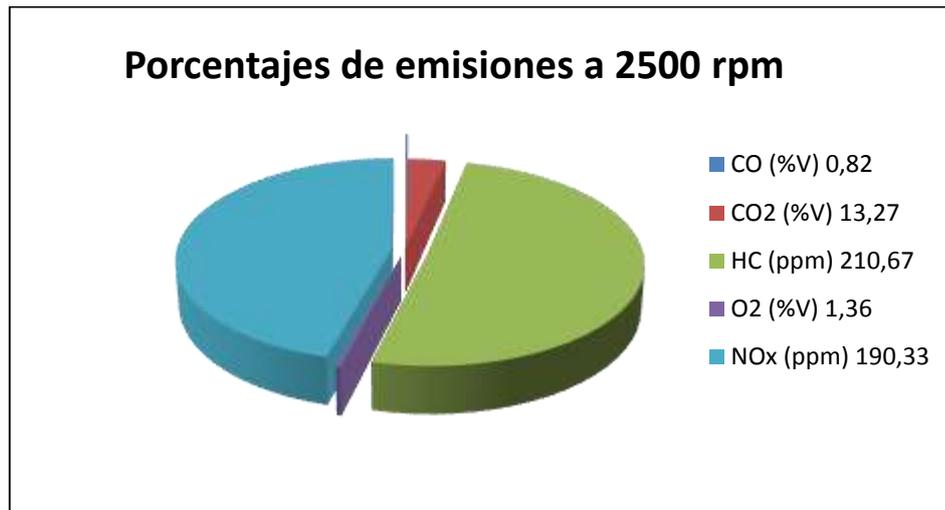


Figura 5-5 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 2500 rpm

Utilizando como combustible a un régimen de revoluciones alto, se observa

En la figura se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm con extra e inyección directa de hidrógeno, se observa una producción alta de los HC que superan a los NOx.

Con lo establecido previamente en la norma (NTE INEN 2204, 2002), con los parámetros con los que se realizó la prueba, se compara los datos conseguidos con los establecidos y se obtiene:

Tabla 5-6 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra e hidrógeno

Parámetros	Gasolina extra + hidrógeno		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,73	0,82	1
HC (ppm)	294,33	210,67	200

El porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,73%V y a 2500 rpm de 0,82%V se encuentra debajo del límite y es menor que el obtenido utilizando solo gasolina extra, al igual que en anterior caso los hidrocarburos sobrepasan las 200 ppm permitidos tanto para revoluciones bajas y altas, pero la cantidad es mucho menor a la conseguida en la prueba anterior; ciertamente en ambos valores, tanto el CO como los HC la disminución es considerable, con esto se determina que el sistema de inyección directa de hidrógeno ayuda significativamente a

disminuir las emisiones contaminantes y por ende la contaminación producida por la combustión.

#### 5.4. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

Los datos obtenidos al determinar el consumo de combustible con gasolina extra e hidrógeno se muestran a continuación:

Tabla 5-7 Consumo de combustible con gasolina extra e hidrógeno

Tramos	Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
	Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV Guápulo	5	2,15	2,85	16,4	95,3	41,2
Guápulo CCICEV				14	53,2	18,9

Al utilizar gasolina extra con inyección directa de hidrógeno, el consumo de combustible se realizó bajo los siguientes parámetros: 69 minutos (una hora con nueve minutos), una distancia de 30,4 km a una velocidad promedio mínima de 30,05 km/h y máxima de 74,25 km/h, con un consumo de 2,85 litros o 0,7529 gal; lo que expresado en km/gal es de 40,378. Esto significa que en 40,378 km se consume un galón de gasolina.

#### 5.5. Prueba de torque y potencia del motor Daewoo 1800cc con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

Las pruebas de potencia y torque utilizando gasolina súper de 92 octanos realizadas en el dinamómetro, se obtuvo tres ensayos expuestos en el anexo D, de los cuales se desarrolló un promedio de dichos valores, representados en el siguiente tabla.

Tabla 5-8 Datos finales obtenidos del promedio de las mediciones realizadas

n[rpm]	v		P Normal[HP]	M Normal	
	[miph]	[kmph]		[lbf.ft]	[Nm]
2000	31,73	51,07	33,40	87,77	119,00
2100	33,33	53,64	35,33	88,43	119,90
2200	34,90	56,16	37,90	90,50	122,70

Continúa →

2300	36,50	58,74	40,80	93,20	126,36
2400	38,07	61,26	43,93	96,17	130,38
2500	39,67	63,84	46,83	98,40	133,41
2600	41,27	66,41	48,87	98,70	133,82
2700	42,83	68,93	50,27	97,80	132,60
2800	44,43	71,51	51,80	97,17	131,74
2900	46,03	74,08	53,50	96,87	131,33
3000	47,60	76,60	55,13	96,47	130,79
3100	49,17	79,12	56,57	95,80	129,89
3200	50,77	81,70	58,10	95,43	129,39
3300	52,37	84,27	60,17	95,73	129,80
3400	53,97	86,85	62,03	95,87	129,98
3500	55,57	89,42	63,73	95,70	129,75
3600	57,13	91,94	65,57	95,67	129,71
3700	58,70	94,47	67,43	95,70	129,75
3800	60,30	97,04	69,13	95,50	129,48
3900	61,90	99,62	71,00	95,63	129,66
4000	63,50	102,19	73,30	96,23	130,47
4100	65,07	104,71	75,83	97,10	131,65
4200	66,67	107,29	78,80	98,50	133,55
4300	68,23	109,81	81,73	99,80	135,31
4400	69,83	112,38	83,70	99,90	135,45
4500	71,43	114,96	85,17	99,37	134,72
4600	73,00	117,48	86,53	98,80	133,95
4700	74,60	120,05	88,03	98,37	133,37
4800	76,20	122,63	89,50	97,93	132,78
4900	77,77	125,15	90,40	96,87	131,33
5000	79,30	127,62	90,80	95,40	129,35
5100	80,90	130,19	91,17	93,87	127,27
5200	82,50	132,77	92,10	93,03	126,14

Continúa →

5300	84,10	135,34	93,27	92,43	125,32
5400	85,70	137,92	94,60	91,97	124,69
5500	87,27	140,44	96,00	91,70	124,33
5600	88,83	142,96	97,30	91,23	123,70
5700	90,43	145,53	98,17	90,43	122,61
5800	92,03	148,11	98,73	89,37	121,16

Del promedio de los datos obtenidos en la prueba se obtuvo a las 2000 rpm a una velocidad de 51,07 kmph valores mínimos de potencia y torque de 33,40 HP y 119,00 Nm respectivamente.

Los valores máximos se registraron a las 5800 rpm a una velocidad de 148,11 kmph se logró una potencia de 98,73 HP y un torque 135,45 Nm a las 4400 rpm.

### 5.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

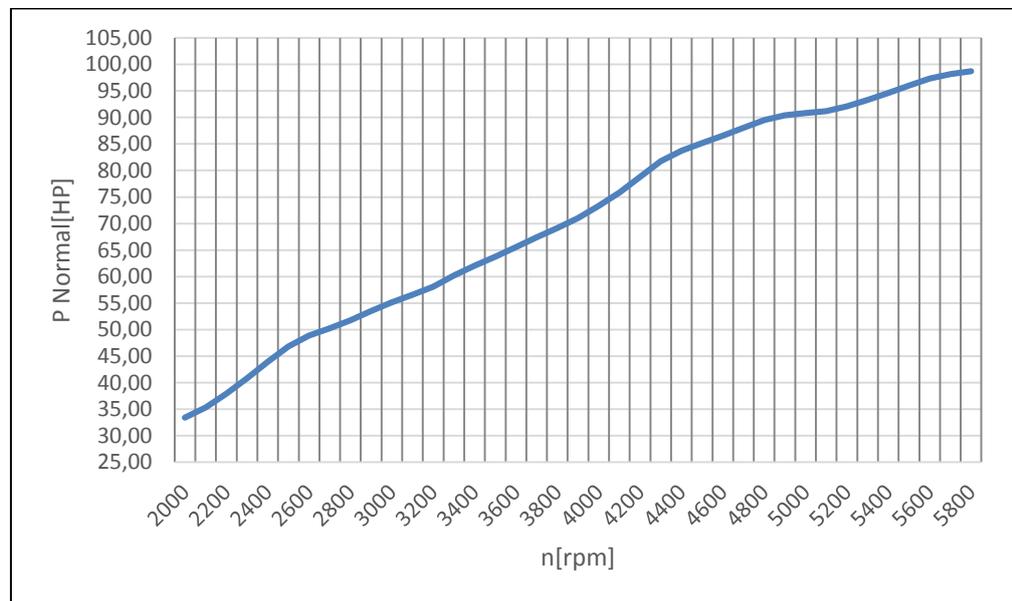


Figura 5-6 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno

Los parámetros bajo lo que se realizó esta prueba fueron: temperatura ambiente de 20°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,40 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,73 HP a 5800 rpm. Ya que los parámetros con los que se realizó la prueba no son iguales a las del fabricante se concluye que no es posible, al igual que en el caso anterior, alcanzar la potencia especificada en la ficha técnica del vehículo.

### 5.5.2. Análisis de torque con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

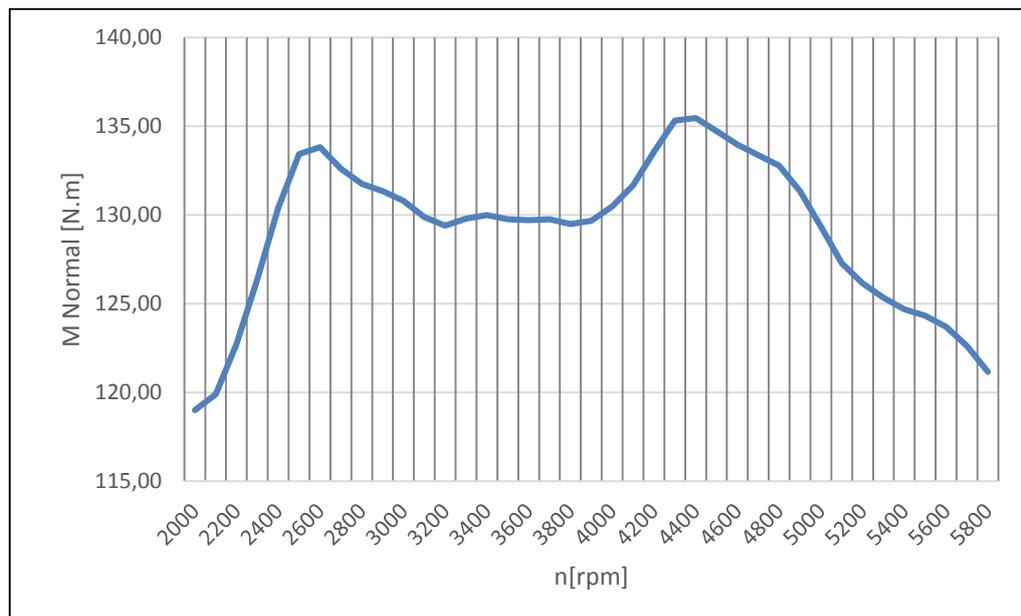


Figura 5-7 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 119 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 135,45 Nm a 4400 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a estas revoluciones es de 169 Nm, debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

## 5.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina súper de 92 octanos e inyección directa de hidrógeno, dieron los resultados mostrados en la tabla 5-9.

Tabla 5-9 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper e hidrógeno

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Promedio	
RPM	810	2410	800	2440	810	2540	806,67	2463,33
CO (%V)	0,75	0,89	0,69	0,8	0,7	0,83	0,71	0,84
CO <sub>2</sub> (%V)	13,5	13,4	13,3	13,2	13,3	13,2	13,37	13,27
CO (%V) corregido	13,6	13,4	12,6	12,7	12,6	12,7	12,93	12,93
HC (ppm)	0,78	0,93	0,78	0,89	0,79	0,92	0,78	0,91
O <sub>2</sub> (%V)	250	214	269	212	262	238	260,33	221,33
NO <sub>x</sub> (ppm)	1,21	2,02	1,18	1,08	1,3	1,04	1,23	1,38
$\lambda$	60	148	58	214	61	150	59,67	170,67
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

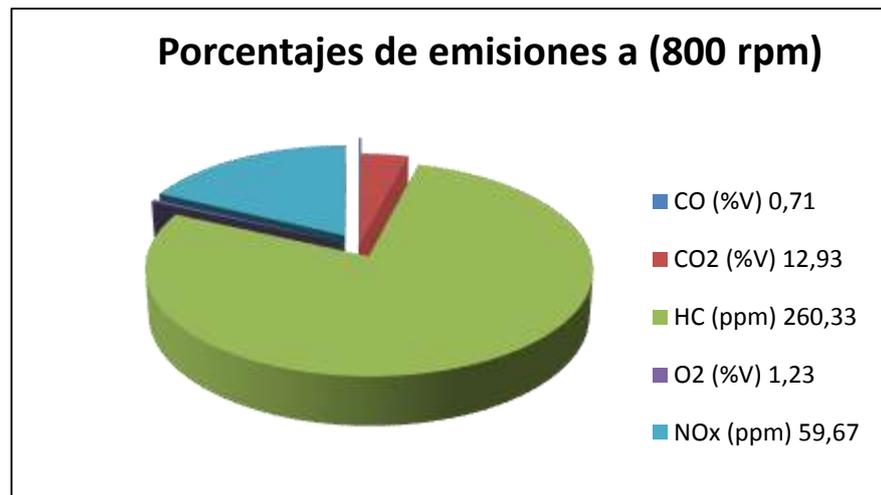


Figura 5-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 800 rpm

En la figura 5-8 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible súper e

inyección directa de hidrógeno a 800 rpm, se tiene una producción elevada de NOx y también de HC, siendo más relevante este último.

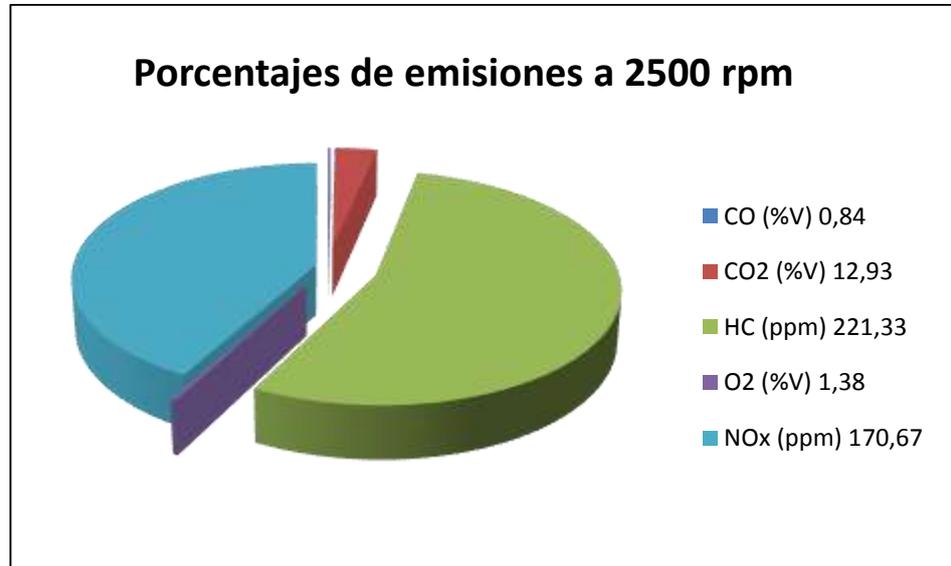


Figura 5-9 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 2500 rpm

En la figura se determina el porcentaje volumétrico de las emisiones a 2500 rpm con gasolina súper e inyección directa de hidrógeno, existe una elevada producción de HC producidos en la combustión.

Con lo establecido previamente en la norma (NTE INEN 2204, 2002), con los parámetros con los que se realizó la prueba, se compara los datos conseguidos con los establecidos y se obtiene:

Tabla 5-10 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper e hidrógeno

Parámetros	Gasolina súper + hidrógeno		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,71	0,84	1
HC (ppm)	260,33	221,33	200

El porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,71%V y 2500rpm de 0,84%V, aunque son menores a los obtenidos utilizando gasolina súper, están dentro del límite permitido; por otra parte los hidrocarburos disminuyen en comparación al valor de súper pero aun así el valor sobrepasa las 200 ppm admitidas a

800 y 2500 rpm; sin duda es el menor valor y es el más aceptado que en los otros casos. Convirtiendo el sistema de inyección directa de hidrógeno en un aporte para la disminución de emisiones contaminantes producidas por vehículos.

### **5.7.Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper e inyección de hidrógeno.**

Los datos obtenidos al determinar el consumo de combustible con gasolina súper e hidrógeno se muestran a continuación:

Tabla 5-11 Consumo de combustible con gasolina súper e hidrógeno

Tramos		Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
		Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV	Guápulo	5	2,1	2,9	16,4	92,2	47,1
Guápulo	CCICEV				14,1	51	16,3

El consumo de combustible se realizó en un tiempo de 72,02 minutos (una hora con doce minutos y dos segundos), una distancia de 30,5 km a una velocidad promedio mínima de 31,7 km/h y máxima de 71,6 km/h, con un consumo de 0,7661 gal; lo que expresado en km/gal es de 39,812. Esto significa que en 39,812 km se consume un galón de gasolina.

## CAPÍTULO VI

### 6. RELACIÓN DE RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR DAEWOO 1800cc.

#### 6.1. Relación de potencias entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

Comparando las curvas de la potencia señaladas en la figura 6-1, con gasolina extra y la combinación con hidrógeno se ha obtenido un aumento de 2,62 HP, se ha logrado incrementar aproximadamente tres caballos de fuerza, considerándolo en una opción viable para mejorar la potencia del vehículo.

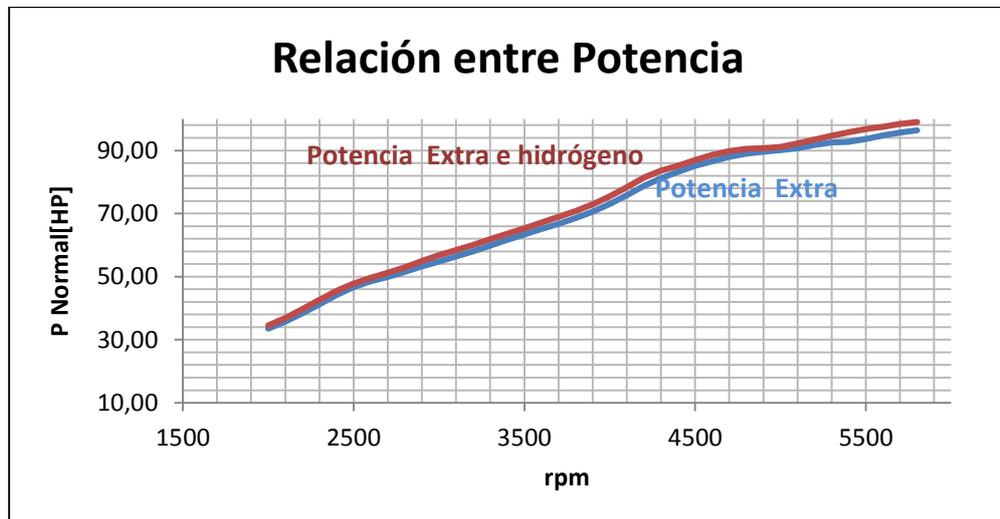


Figura 6-1 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno

#### 6.2. Relación de torques entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

En la figura 6-2 se grafica las curvas de torque para cada combustible, obteniendo un aumento de 13,29 Nm con el sistema de inyección directa de hidrógeno, esto sugiere que existe un aumento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión.

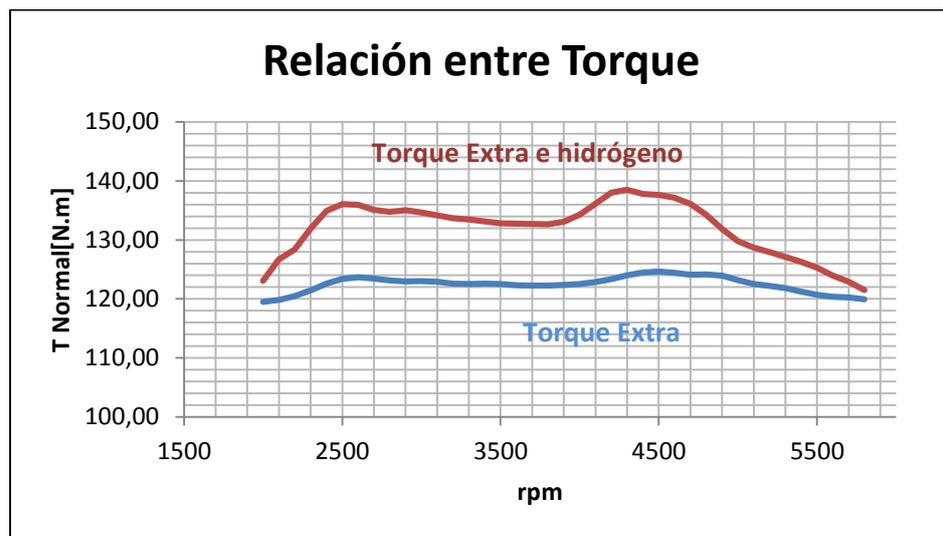


Figura 6-2 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno

### 6.3. Relación de emisiones contaminantes entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

Tabla 6-1 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno

Parámetros	Gasolina extra		Gasolina extra e hidrógeno	
	800 rpm	2500 rpm	800 rpm	2500 rpm
CO <sub>2</sub> (% V)	12,80	12,63	13,37	13,27
CO (% V) corregido	0,87	0,99	0,77	0,87
O <sub>2</sub> (% V)	2,44	3,35	1,11	1,36
NO <sub>x</sub> (ppm)	73,67	185,33	62,33	190,33

Otros de los valores obtenidos en las mediciones de emisiones contaminantes son del dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>], monóxido de carbono corregido [CO corregido], oxígeno [O<sub>2</sub>] y de los óxidos de nitrógeno [NO<sub>x</sub>], medidos los tres primeros en porcentaje de volumen (%V) y el último en partículas por millos (ppm). De estos gases se tomó medidas a 800 y 2500 revoluciones para acorde a estos determinar el incremento o decremento en cuanto al caso de gasolina extra y a gasolina extra con hidrógeno.

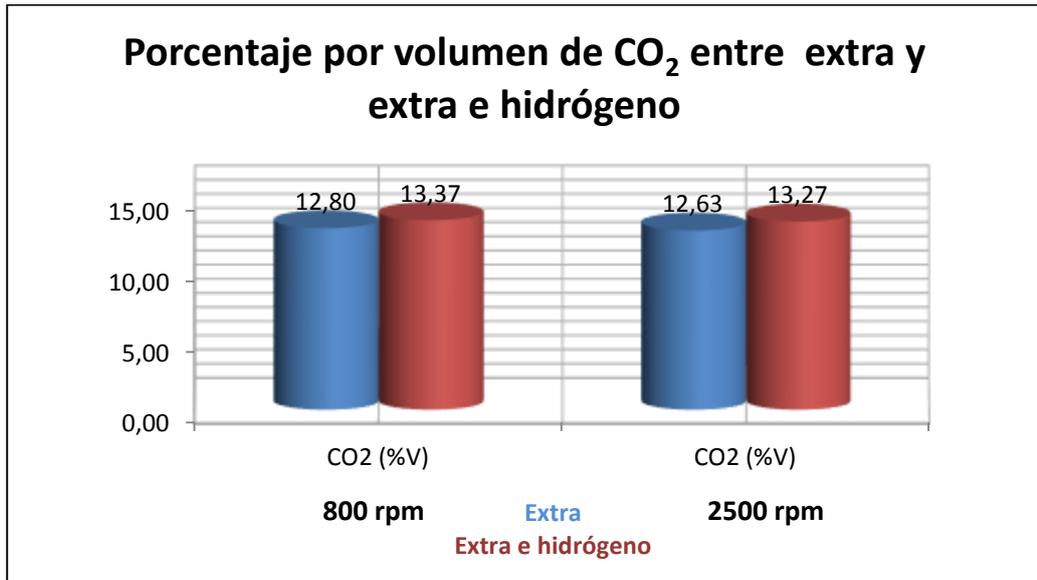


Figura 6-3 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de CO<sub>2</sub>

Como se observa en la figura 6-3, el porcentaje de volumen de dióxido de carbono con gasolina extra a 800 rpm es de 12,80%V y a 2500 rpm de 13,37%V, valores que aumentan con gasolina extra e hidrógeno a ralenti de 13,37%V y régimen alto 13,27%V, lo que demuestra que existe un aumento de alrededor de 0,57 %V entre estos combustibles.

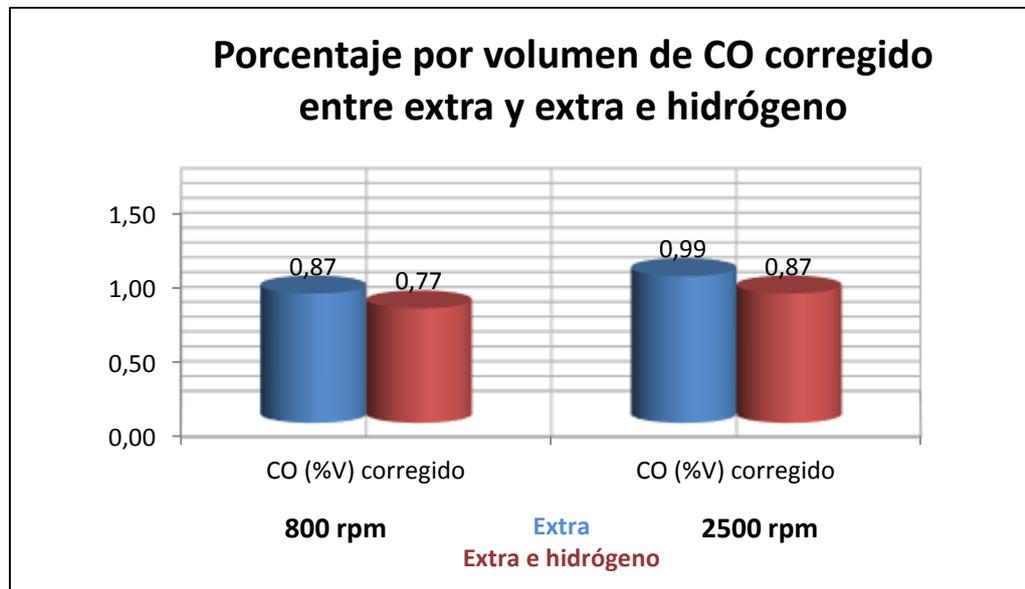


Figura 6-4 Relación de emisiones contaminantes gasolina extra y extra e hidrógeno de CO corregido

Por el contrario en el monóxido de carbono corregido se indica sus porcentajes en la figura 6-4, en 800 rpm y 2500 rpm disminuye al utilizar gasolina extra e hidrógeno en un porcentaje de 0,10%V en revoluciones bajas y de 0,12%V a revoluciones altas.

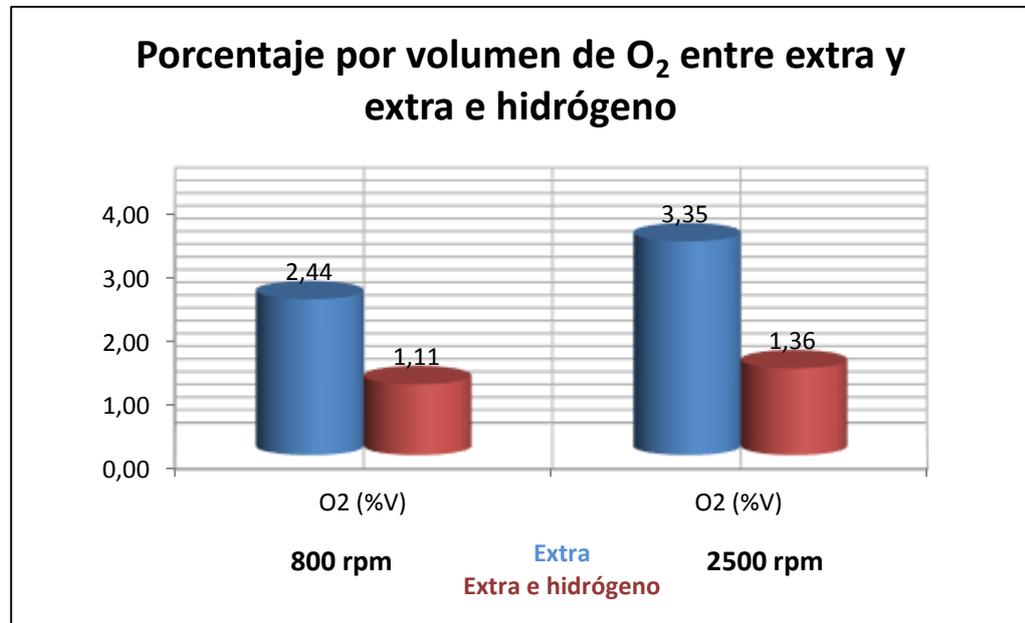


Figura 6-5 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de O<sub>2</sub>

En cuanto al oxígeno, en la figura 6-5 a 800 rpm con el uso de gasolina extra se tiene 2,44%V, extra e hidrógeno 1,11%V y a 2500 rpm 3,35%V con extra y 1,36%V con extra e hidrógeno; determinando que con el aporte del hidrógeno es menos contaminante.

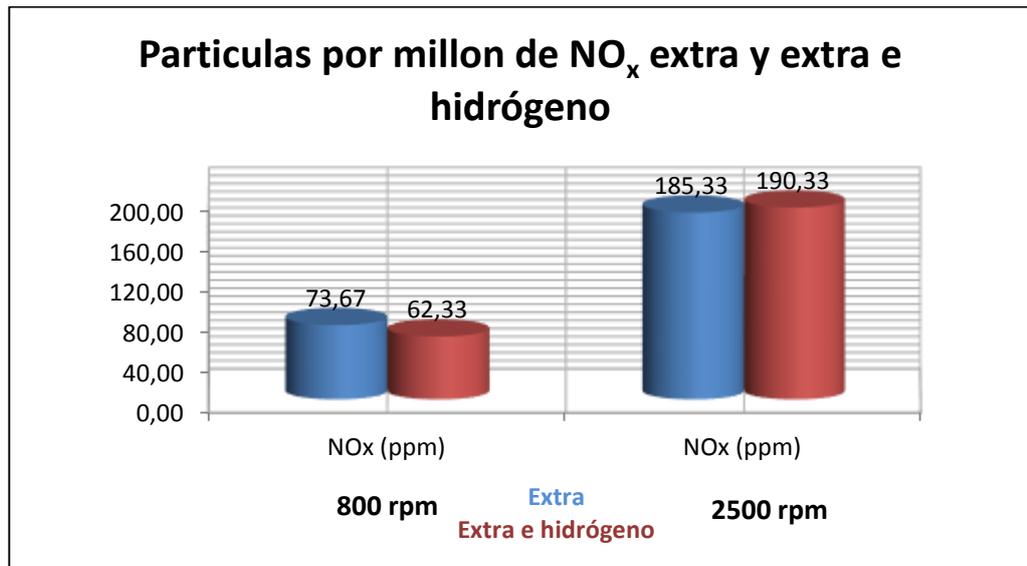


Figura 6-6 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de NO<sub>x</sub>

En la figura 6-6 se muestra que los óxidos de nitrógeno tiene un decremento a 800 rpm de 73,67%V a 62,33% V y a 2500 rpm un crecimiento de 185,33% V a 190,33% V; por lo que se considera que su óptimo funcionamiento se encuentra a revoluciones bajas.

#### **6.4.Relación de consumo de combustible entre gasolina extra y extra e hidrógeno**

En la prueba realizada el tiempo en ambos varia con quince minutos, el recorrido es igual en ambos casos, pero el consumo es menor con la inyección directa de hidrógeno, de 38,611 km/gal que se consume con gasolina extra aumenta a 40,378 km/gal, lo que incrementa 1,767 km de recorrido por galón. Considerando así que el sistema optimiza el consumo de combustible y reduce gastos.

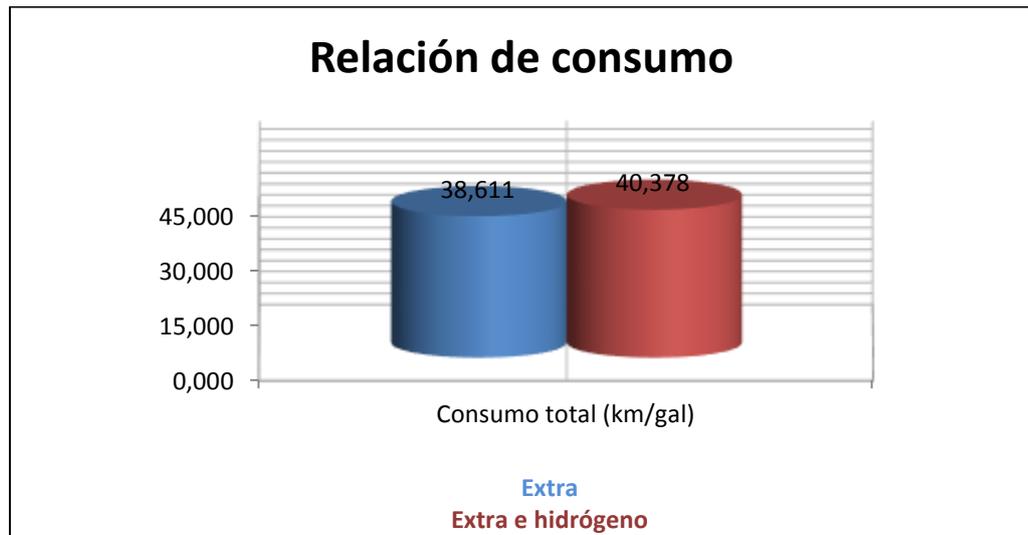


Figura 6-7 Relación de consumo de combustible extra y extra e hidrógeno

### 6.5. Relación de potencia entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

Comparando las curvas de la figura 6-8, la potencia conseguida al iniciar la medición es similar entre gasolina súper y la mezcla con hidrógeno, según se incrementan las revoluciones, la mezcla con hidrógeno logra aumentar en 0,7 HP el trabajo mecánico del motor.

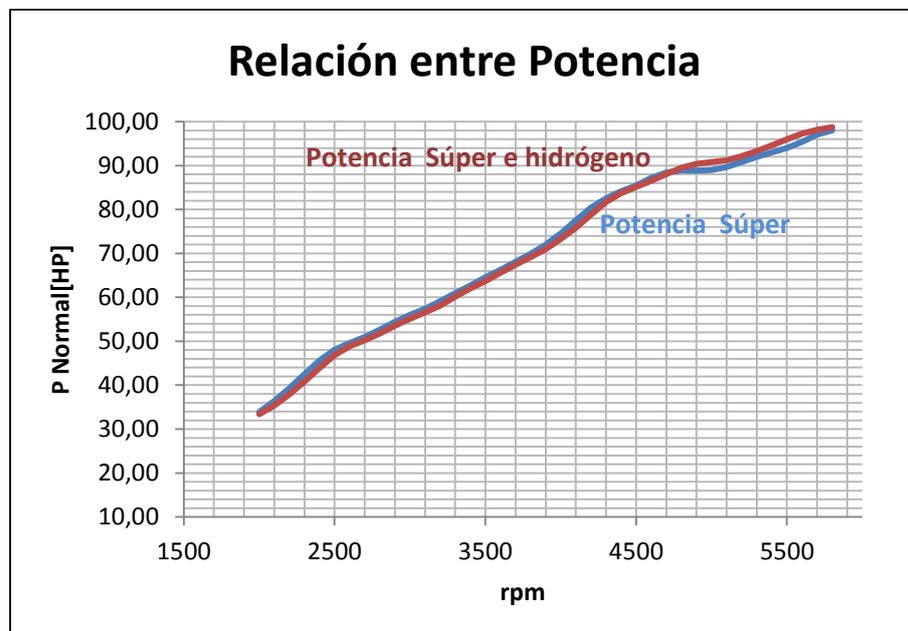


Figura 6-8 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno

## 6.6. Relación de torque entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

Como se aprecia en la figura 6-9, la curva de torque de gasolina súper está por encima de lo obtenido con súper e hidrógeno, con la cual se ha logrado una disminución de 0,55 Nm, por lo tanto, el sistema de inyección directa de hidrógeno no es eficiente en este ensayo.

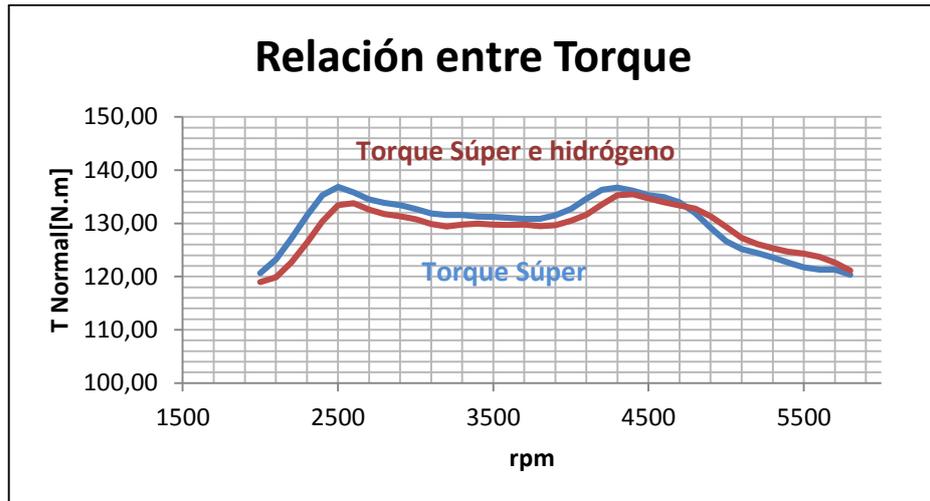


Figura 6-9 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno

## 6.7. Relación de emisiones contaminantes gasolina súper y súper e hidrógeno.

Tabla 6-2 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno

Parámetros	Gasolina súper		Gasolina súper e hidrógeno	
	800 rpm	2500 rpm	800 rpm	2500 rpm
CO <sub>2</sub> (% V)	13,53	13,47	12,93	12,93
CO (% V) corregido	0,74	0,91	0,78	0,91
O <sub>2</sub> (% V)	1,16	1,36	1,23	1,38
NO <sub>x</sub> (ppm)	67,67	215,67	59,67	170,67

Como se especificó previamente, las emisiones contaminantes constan de otros gases como el dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>], monóxido de carbono corregido [CO<sub>corregido</sub>], oxígeno [O<sub>2</sub>] y de los óxidos de nitrógeno [NO<sub>x</sub>], medidos los tres primeros en porcentaje de volumen (%V) y el último en partículas por millos (ppm). De estos

gases se tomó medidas a 800 y 2500 rpm para acorde a estos determinar el incremento o decremento en cuanto al caso de gasolina súper y a gasolina súper e hidrógeno.

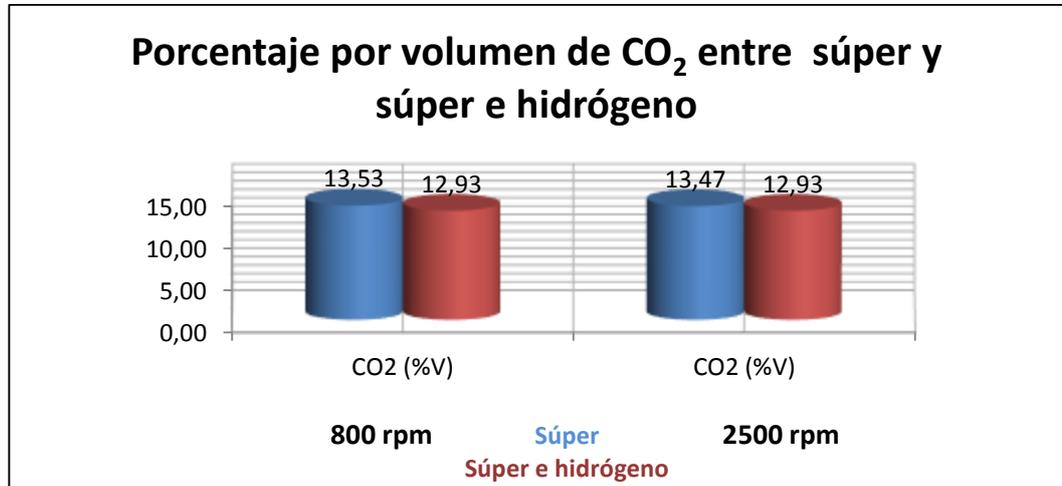


Figura 6-10 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO<sub>2</sub>

Como se observa en la figura 6-10, el porcentaje volumétrico del dióxido de carbono con gasolina súper a 800 rpm es de 13,53% V y a 2500 rpm de 13,47% V, valores que disminuyen con súper e hidrógeno a 12,93% V y 12,93% V, lo que demuestra que existe un decremento de 0,6 % V, siendo ligeramente menos contaminante.

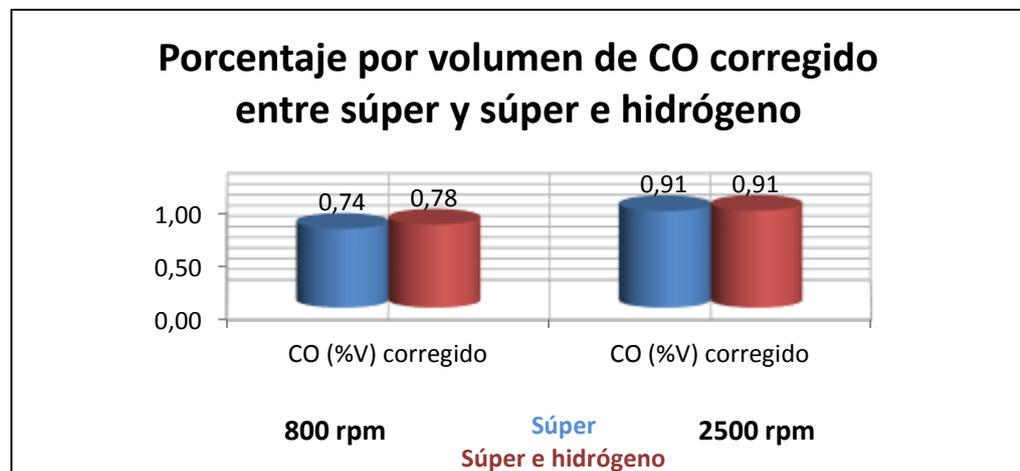


Figura 6-11 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO corregido

Por otra parte el monóxido de carbono corregido a 800 rpm aumenta levemente al utilizar gasolina súper e hidrógeno en un porcentaje total de 0,04% V y a 2500 rpm no

se indica ningún cambio, valores representados en la figura 6-11 por las barras azul y roja.

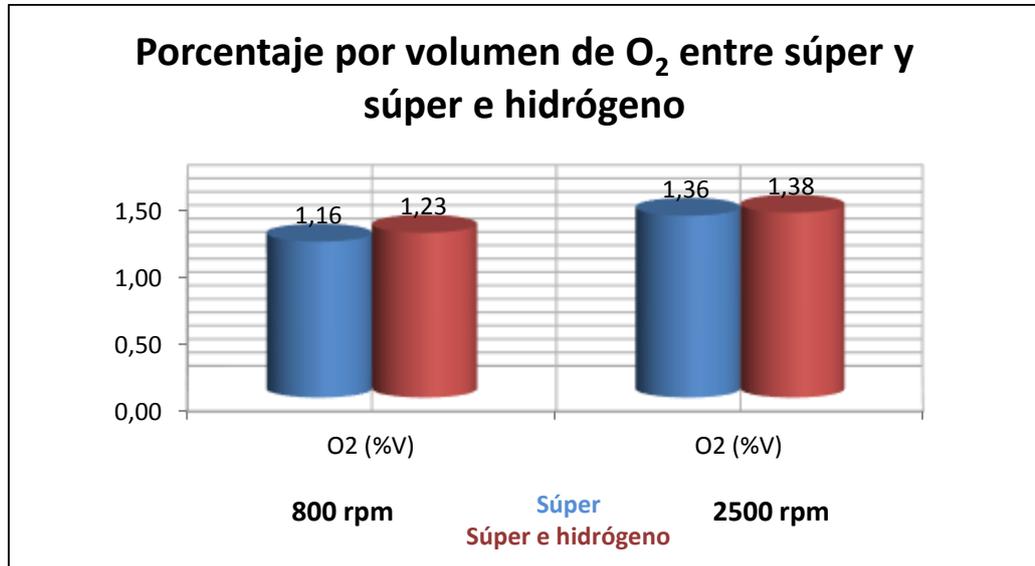


Figura 6-12 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de O<sub>2</sub>

De la figura 6-12 en la medición de oxígeno a 800 rpm con el uso de gasolina súper se tiene 1,16%V y a 2500 rpm 1,36%V; lo que con la inyección directa de hidrógeno es 1,23%V a 800 rpm y 1,38%V a 2500 rpm; comparando los valores es notorio el aumento de aproximadamente 0,07%V, exponiendo que el aporte del hidrógeno al generar más oxígeno es menos contaminante.

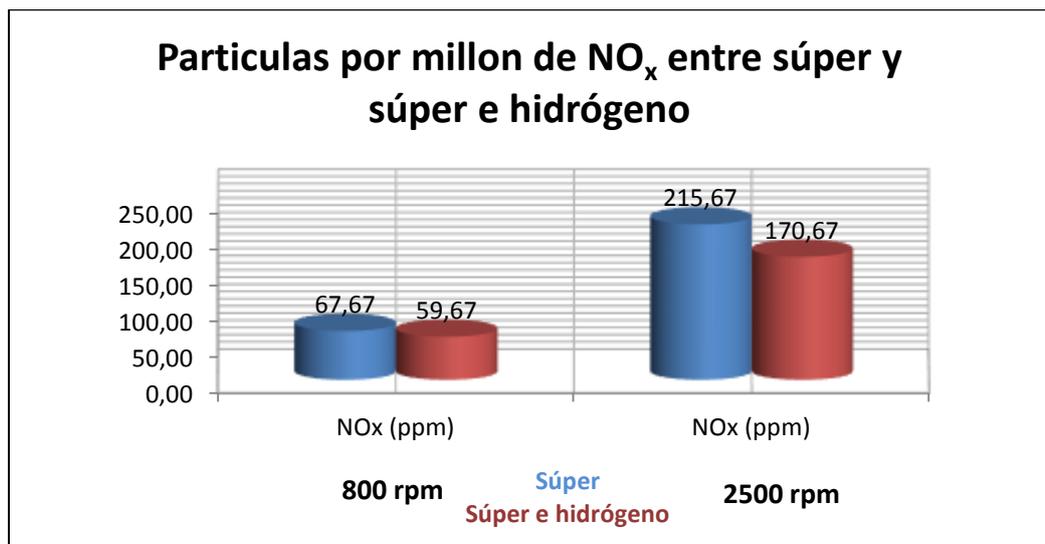


Figura 6-13 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de NO<sub>x</sub>

Por el contrario, en la figura 6-13 en los óxidos de nitrógeno existe un decremento de este gas entre el uso de súper y súper e hidrógeno, valores que van de 67,67%V a 59,67%V a 800 rpm y a 2500 rpm de 215,67%V a 170,67%V; evidenciando que es menos contaminante con hidrógeno.

### 6.8. Relación de consumo de combustible entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

A pesar de que el tiempo que dura esta prueba fue mayor en el caso de súper con hidrógeno, el recorrido es igual en ambos casos, pero el consumo es mayor con la inyección directa de hidrógeno, de 43,425 km/gal que se consume con gasolina súper decremento a 38,812 km/gal, como se expone en la figura 6-14, lo que disminuye 3,613 km del recorrido con un galón. Considerando así que el sistema no ayuda a optimizar el combustible ni reducir gastos.

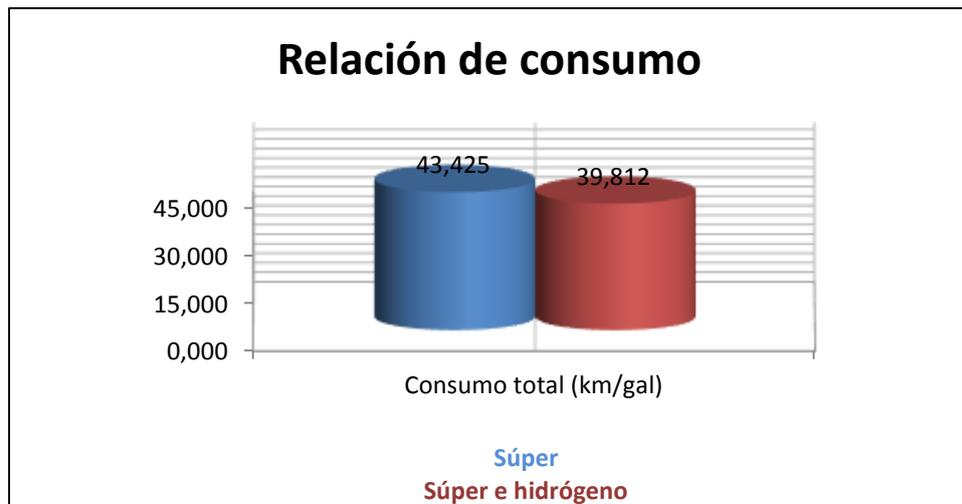


Figura 6-14 Relación de consumo de combustible súper y súper e hidrógeno

### 6.9. Relación de resultados obtenidos.

En la tabla 6-3 se muestran los valores obtenidos de potencia, torque, rendimiento de combustible y emisiones contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, oxígeno y óxidos de nitrógeno para 800 y 2500 revoluciones

con los cuatro combustibles analizados en el ensayo siendo estos: extra, extra e hidrógeno, súper y súper e hidrógeno.

Tabla 6-3 Resumen de valores obtenidos en las pruebas

Combustible	Extra	Extra e hidrógeno	Súper	Súper e hidrógeno
P Normal[HP]	96,37	98,99	98,03	98,73
M Normal [Nm]	124,64	138,52	136,12	135,45
Consumo total [km/gal]	38,611	40,378	43,425	39,812
<b>800 RPM</b>				
CO (%V)	0,79	0,73	0,7	0,71
CO <sub>2</sub> (%V)	12,80	13,37	13,53	12,93
HC (ppm)	307,00	294,33	265,00	260,33
O <sub>2</sub> (%V)	2,44	1,11	1,16	1,23
NO <sub>x</sub> (ppm)	73,67	62,33	67,67	59,67
<b>2500 RPM</b>				
CO (%V)	0,89	0,82	0,87	0,84
CO <sub>2</sub> (%V)	12,63	13,27	13,47	12,93
HC (ppm)	379,67	210,67	165,67	221,33
O <sub>2</sub> (%V)	3,35	1,36	1,36	1,38
NO <sub>x</sub> (ppm)	185,33	190,33	215,67	170,67

### 6.9.1. Relación de potencia entre los combustibles analizados.

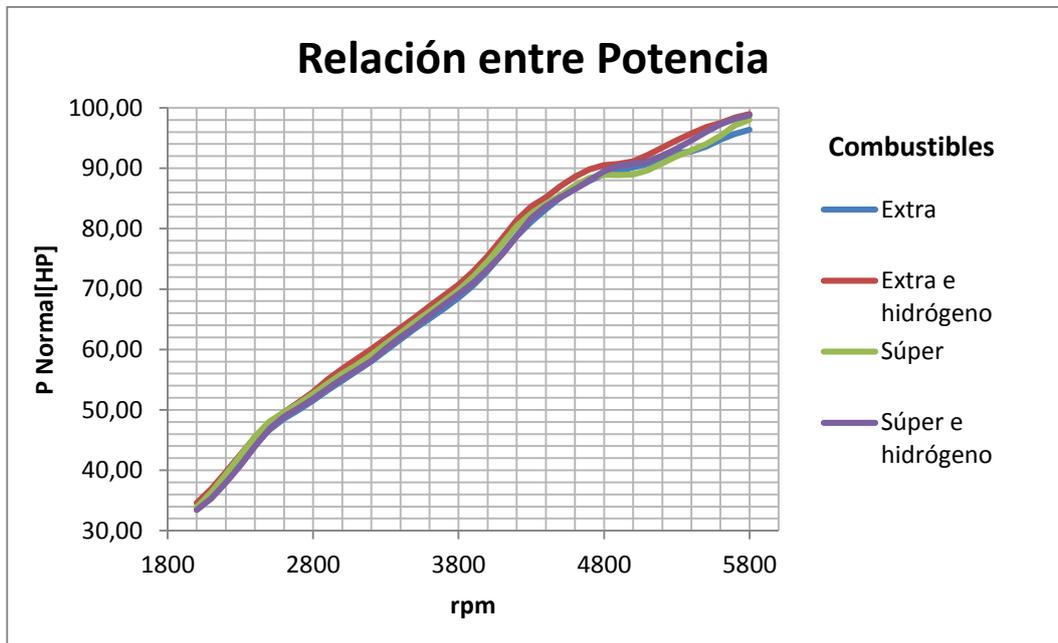


Figura 6-15 Relación de curvas de potencia

Las curvas mostradas en la figura 6-15 describen el incremento de la potencia en el motor Daewoo de 1800cc desde 2000 hasta las 5800 revoluciones, para cada combustible analizados a los cuales se designó un color. La curva de potencia más alta en las pruebas fue con el uso de gasolina extra e hidrógeno de 98,99 HP designada con el color rojo. Las curvas azul de 96,37 HP, verde de 98,03 HP y morada 98,73 HP debido a la semejanza de sus valores se sobreponen entre sí siendo difícil su distinción.

### 6.9.2. Relación de torque entre los combustibles analizados.

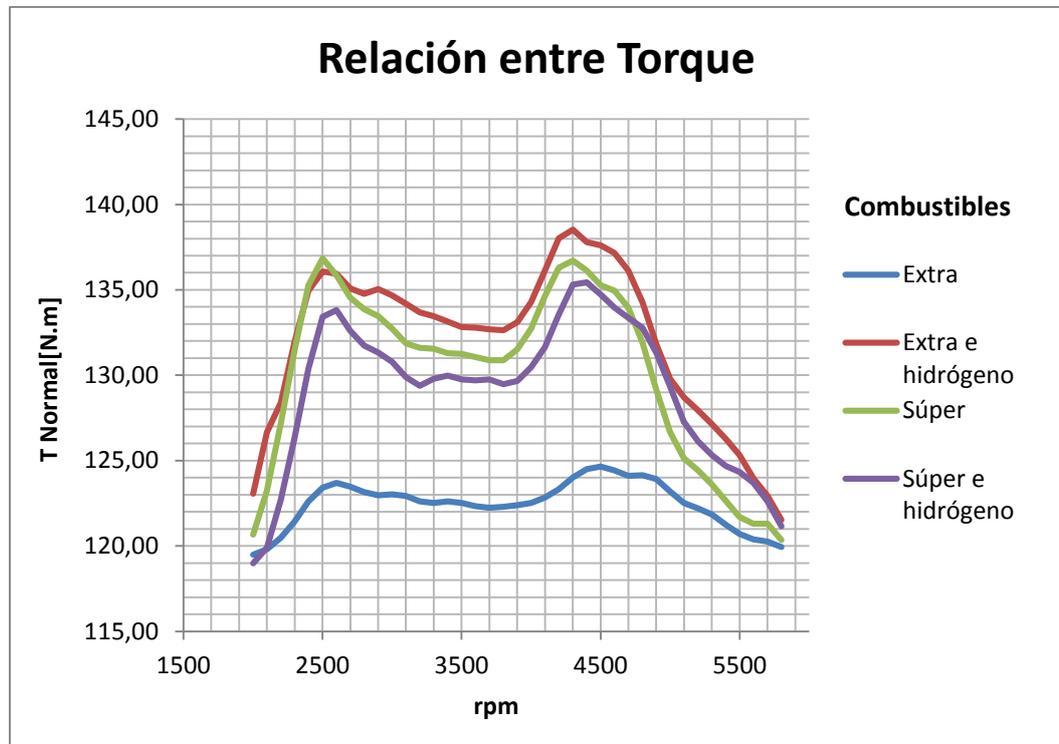


Figura 6-16 Relación de curvas de torque

En la figura 6-16 se representa las curvas de torque obtenido con cada combustible analizado como la curva azul que simboliza a extra y tiene los valores más bajos de entre 117 a 125 Nm; en el caso de súper e hidrógeno denotada por el color morado, logra ascender hasta 135,45 Nm siendo menor que con súper evidenciada con el color verde que llega a un valor de 136,12 Nm; a diferencia de extra e hidrógeno representada por la curva de color rojo que alcanza el valor máximo de torque de 138,52 Nm. Por tanto el combustible que alcanzó el torque más elevado en el ensayo es extra e hidrógeno.

### 6.9.3. Relación de emisiones contaminantes entre los combustibles analizados.

A continuación se muestran gráficas correspondientes a cada gas analizado y su respectivo a análisis.

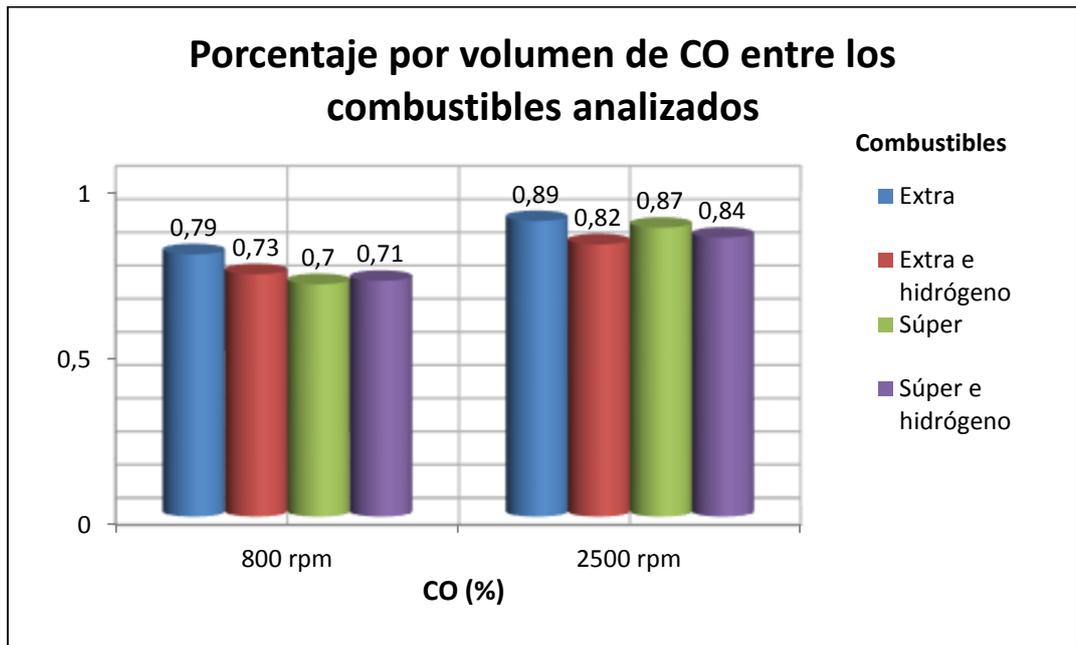


Figura 6-17 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO

La figura 6-17 enseña un diagrama de barras de los valores obtenidos en los ensayos, cada combustible está representado por un color, los mismos que se distinguen en la parte derecha de la gráfica.

Las mediciones de monóxido de carbono (CO) a 800 revoluciones con los cuatro combustibles se encuentran dentro de un rango de 0,7 a 0,8% V, siendo su variación de solamente centésimas por lo que no existe gran diferencia entre ellos, lo que similarmente se observa a las 2500 revoluciones, con la diferencia de que incrementa en diez décimas variando de 0,8 a 0,9% V, a pesar de esto en ambos casos la gasolina extra tiene los valores más altos y extra e hidrógeno los más bajos, los valores de súper se mantienen intermedios entre estos.

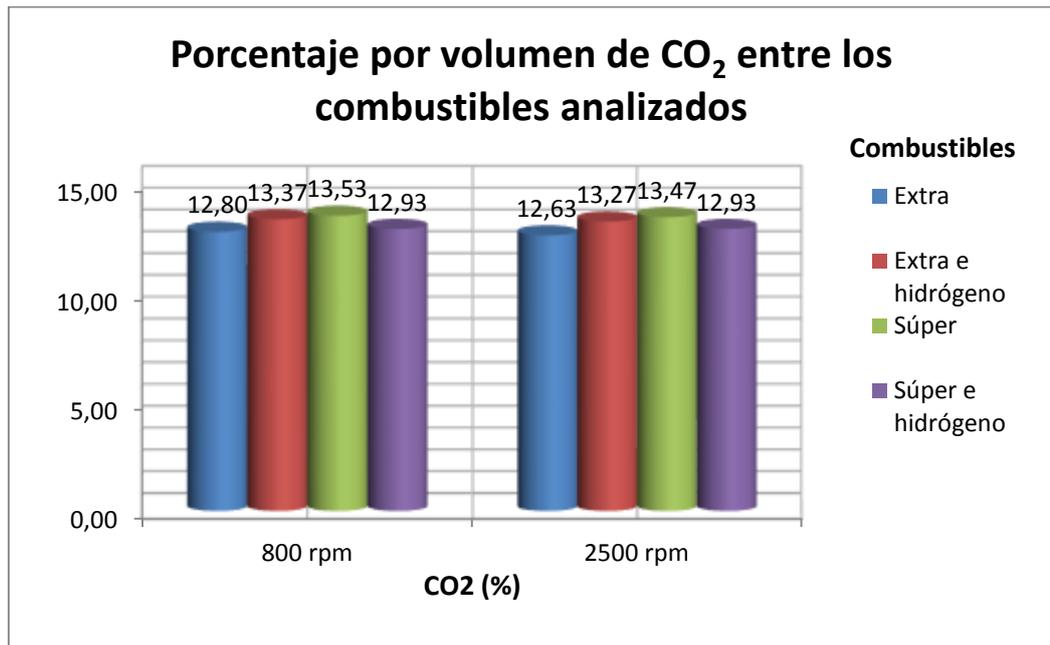


Figura 6-18 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO<sub>2</sub>

La figura 6-18 el diagrama de barras distingue a cada combustible con un color descrito a la derecha de la gráfica, las mediciones se realizan a 800 y 2500 rpm; los porcentajes de volumen del dióxido de carbono alcanzan un valor máximo de 14.

Los valores de CO<sub>2</sub> con gasolina extra tiene el menor porcentaje de 12,80%V de los cuatro combustibles analizados, seguidamente súper e hidrógeno se mantiene con el mismo valor de 12,93%V tanto a revoluciones mínimas como máximas, consecutivamente extra e hidrógeno cambia de 13,37%V a 13,27%V, siendo la variación minúscula de 0.1%V, y finalmente la gasolina súper es la que genera más dióxido de carbono tanto en 800 como en 2500 rpm con 13,53%V y 13,47%V, respectivamente.

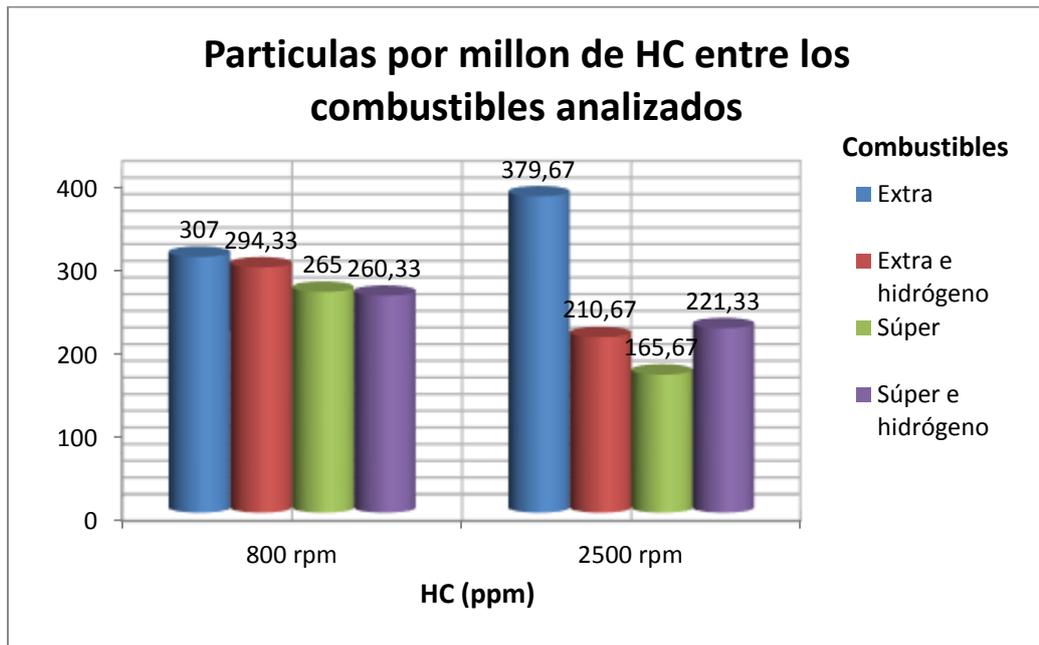


Figura 6-19 Relación de valores de emisiones contaminantes de HC

La figura 6-19 muestra un gráfico de columnas de las partículas por millón medidas en las emisiones contaminantes de los combustibles analizados en el ensayo; los colores diferencian a cada uno de ellos. Los valores están agrupados según el régimen de giro en el que se efectuó las pruebas.

En el análisis obtenido de los hidrocarburos producidos en el proceso de la combustión se tiene para 800 revoluciones en extra una elevada producción de 307 ppm, después de implementar el sistema de hidrógeno con extra existe una reducción a 294,33 ppm; la medida con súper es menor a los anteriores con 265 ppm, pero con súper e hidrógeno se logra el valor más bajo de todos con 260,33 ppm, considerándolo como el menos contaminante. A las 2500 revoluciones la gasolina extra sigue siendo el más contaminante con 379,67 ppm lo que con hidrógeno disminuye notablemente a 210,67 ppm, en el caso de súper e hidrógeno ha aumentado en relación a este último de 11 ppm, el menor valor de partículas por millón de 165,67 conseguido fue con gasolina súper siendo el que generó menos hidrocarburos.

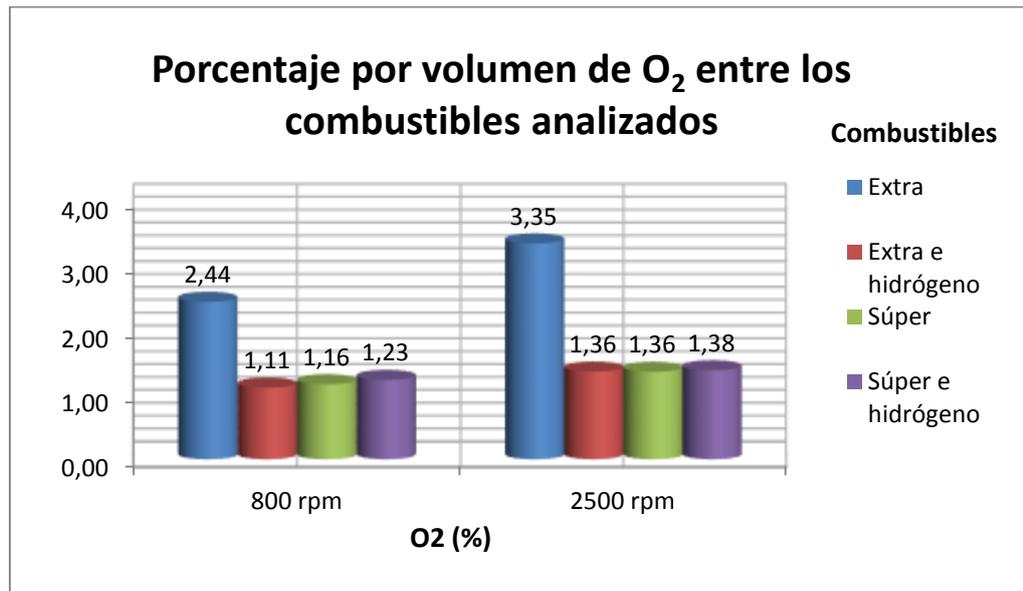


Figura 6-20 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas O<sub>2</sub>

La figura 6-20 muestra un gráfico de barras de los porcentajes volumétricos del oxígeno producido por la combustión. Las mediciones se representan a las 800 y 2500 revoluciones, los datos resultantes de las pruebas con cada combustible se diferencian por su designación de colores y por el valor ubicado encima de cada barra.

La producción de oxígeno a 800 revoluciones con extra tiene el porcentaje más elevado de entre todos con 2,44%V, consecutivamente súper e hidrógeno produce la mitad del anterior con 1,23%V, con una variación de centésimas entre súper y extra e hidrógeno de 1,16%V y 1,11%V respectivamente, se distingue a este último combustible como el que menos oxígeno genera. En cambio a las 2500 revoluciones se tienen los menores porcentajes de emisión de oxígeno con extra e hidrógeno (1,36%V), súper (1,36%V) y súper e hidrógeno (1,38%V), contrario a extra que incrementa a 3,35% a relación de su medición a ralentí.

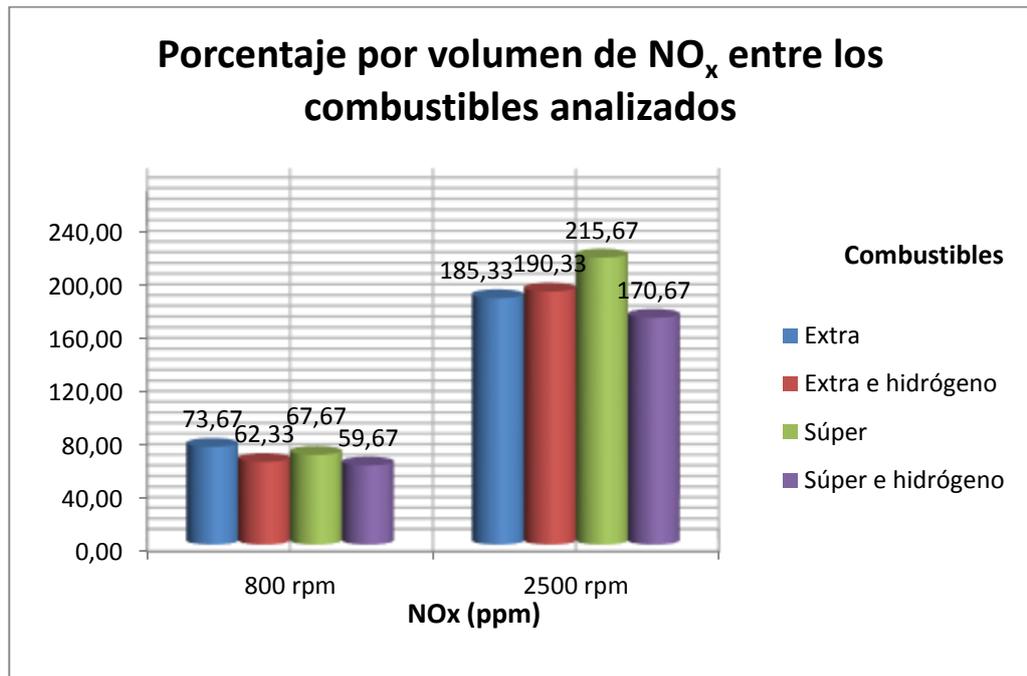


Figura 6-21 Relación de valores de emisiones contaminantes de NO<sub>x</sub>

La figura 6-21 exhibe un conjunto de barras verticales agrupadas en dos categorías. 800 y 2500 rpm, la gráfica muestra los valores de óxidos de nitrógeno producido en la combustión en partículas por millón. Cada barra representa el combustible utilizado en la investigación y su respectiva medida arriba de las mismas.

En el análisis de los óxidos de nitrógeno se tiene a 800 revoluciones con gasolina extra la mayor cantidad de 73,67 ppm y la menor de súper e hidrógeno con 59,67 ppm, teniendo como valores intermedios a extra e hidrógeno y súper con valores de 62,33 y 67,67 ppm respectivamente; la generación de estos gases incrementa considerablemente a las 2500 revoluciones, la más alta producción se presenta con gasolina súper con 215,67 ppm, sobrepasando a extra e hidrógeno con 25,34 ppm y a extra con 30,34 ppm, siendo el menos contaminante súper e hidrógeno con 170,67 ppm.

#### 6.9.4. Relación de consumo de combustible entre los combustibles analizados.

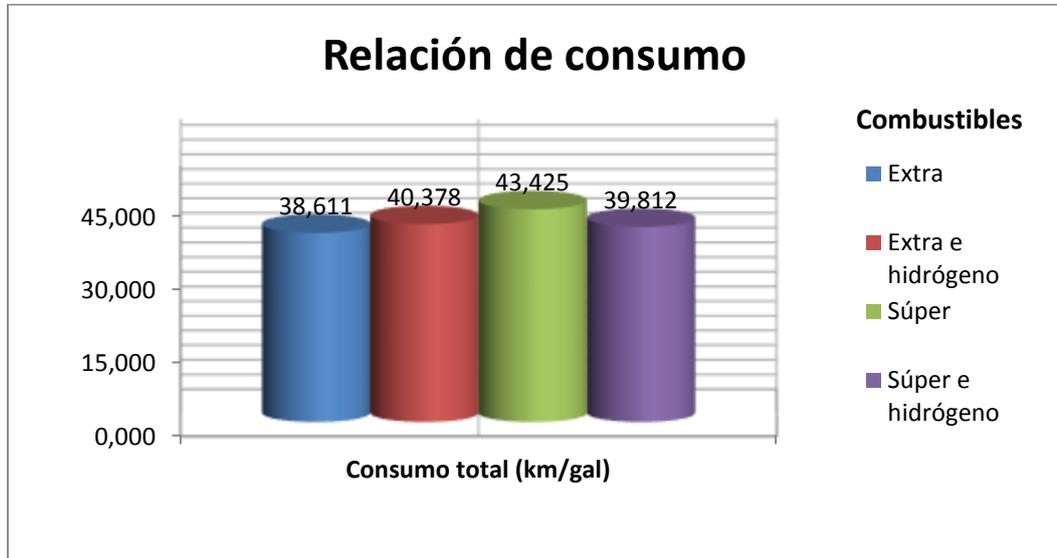


Figura 6-22 Relación de valores de consumo de combustible

La figura 6-22 muestra un diagrama de barras que representa los caracteres cuantitativos del consumo de combustible de la investigación realizada. En el eje vertical se indica el valor en km/gal que cada combustible utilizado consumió en los ensayos.

En el estudio realizado para el rendimiento de combustible se tiene la menor distancia recorrida por galón con extra siendo de 38,611 km, seguido de súper e hidrógeno que tuvo un aprovechamiento de 39,812 km/gal, sin embargo, con extra e hidrógeno hubo un aumento considerable de 40,378 km/gal con relación de solo extra, y finalmente con súper existe una mejor productividad de combustible en un galón con una distancia de 43,425 km, considerándose como el más eficaz.

#### 6.9.5. Relación porcentual de los resultados obtenidos.

En la siguiente tabla se expone el aumento o decremento en porcentajes de los valores obtenidos en las pruebas de potencia, torque, consumo de combustible y emisiones

contaminantes a 800 y 2500 revoluciones a las que se sometió al motor Daewoo 1800cc.

Tabla 6-4 Resumen porcentual de valores obtenidos en las pruebas

Combustible + hidrógeno		Extra (%)	Súper (%)	
P Normal[HP]		2,72	0,71	
M Normal [Nm]		11,14	-0,49	
Consumo total [km/gal]		4,58	-8,32	
800 RPM				
Emisiones contaminantes	CO (% V)	-7,59	1,43	
	CO <sub>2</sub> (% V)	4,45	-4,43	
	HC (ppm)	-4,13	-1,76	
	O <sub>2</sub> (% V)	-54,51	6,03	
	NO <sub>x</sub> (ppm)	-15,39	-11,82	
	2500 RPM			
	CO (% V)	-7,87	-3,45	
	CO <sub>2</sub> (% V)	5,07	-4,01	
	HC (ppm)	-44,51	33,60	
	O <sub>2</sub> (% V)	-59,40	1,47	
NO <sub>x</sub> (ppm)	2,70	-20,87		

Notablemente el mejor combustible es extra e hidrógeno ya que tanto en la potencia como el torque ha subido 2,72% y 11,14% respectivamente, lo que en el caso de súper solamente aumenta en 0,71% la potencia y en el torque disminuye 0,49%, demostrando que no es eficiente utilizar el sistema con esta gasolina. Así mismo, en el consumo de combustible se logra un mejor aprovechamiento con extra e hidrógeno que con súper e hidrógeno, teniendo en el primer caso un incremento de 4,58% y en el segundo un decremento de 8,32% de efectividad en el recorrido, por tanto un superior desempeño con extra e hidrógeno. En cuanto a las emisiones contaminantes se observa a las 800 revoluciones en extra e hidrógeno menor contaminación en monóxidos de carbono, hidrocarburos, oxígeno y óxidos de nitrógeno, y una elevación de dióxidos de carbono; en súper e hidrógeno la reducción ocurre en dióxidos de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno pero aumentan los monóxidos de carbono y el oxígeno. A las 2500 revoluciones ocurre una disminución de contaminación en los monóxidos de carbono de 7,87% y en los hidrocarburos y oxígeno más del 40% pero existen mayores emisiones de dióxidos de carbono y óxidos de nitrógeno; con gasolina

súper el hidrógeno minora los monóxidos y dióxidos de carbono, y óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno por el contrario se intensifican.

### 6.9.6. Análisis económico de los combustibles analizados.

En la siguiente tabla se presenta un análisis económico del empleo del sistema generador de hidrógeno. Se establece el monto que se requiere para el uso de gasolina extra, extra e hidrógeno, súper y súper e hidrógeno.

Sabiendo que el electrolito tiene una autonomía de 800 km, el estudio se realiza en base a ese recorrido.

Tabla 6-5 Costo de utilización de los combustibles analizados

Parámetros	Extra	Extra e hidrógeno	Súper	Súper e hidrógeno
Recorrido en km por galón	38,61	40,38	43,43	39,81
Galones consumidos en 800 km	20,71	19,81	18,42	20,09
Costo del galón	\$ 1,47	\$ 1,47	\$ 2,00	\$ 2,00
Costo del litro de agua destilada	0	\$ 0,89	0	\$ 0,89
20 gr de hidróxido de potasio	0	\$ 5,00	0	\$ 5,00
<b>Costo total</b>				
Gasto total a 800 km	\$ 30,45	\$ 35,01	\$ 36,84	\$ 46,07

Con gasolina extra se tiene un costo total de \$ 30,45 por 20,71 galones utilizados. Al instalar el sistema de hidrógeno el monto incrementa a \$ 35,01 con un consumo de 19,81 gal. En el caso de súper se obtuvo un valor de \$ 36,84 con un gasto de 18,42 galones de combustible. Para súper e hidrógeno el precio es de \$ 46,07 por 20,09 gal.

## CAPÍTULO VII

### 7. MARCO ADMINISTRATIVO.

#### 7.1. Recursos.

En el desarrollo de esta investigación se debe tomar en cuenta aspectos muy importantes como son recursos humanos, tecnológicos y materiales los cuales en conjunto complementan con el progreso y finalización del tema propuesto.

#### 7.2. Recursos humanos.

Los recursos humanos son importantes en la ejecución de la investigación titulado “ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN DIRECTA DE HIDRÓGENO”.

Tabla 7-1 Recursos Humanos

Nombre	Cargo
Srta. Sofía Velástegui	Investigadora
Sr. Cristian Jesús	Investigador
Ing. Guido Torres	Director de la investigación
Ing. Germán Erazo	Codirector de la investigación

#### 7.3. Recursos tecnológicos.

En la realización de la investigación se utilizaron recursos tecnológicos para efectuar diferentes labores: un multímetro automotriz para comprobar cada uno de los voltajes que va a utilizar el generador, una programa de Excel para efectuar la tabulación de datos arrojados por el dinamómetro, analizador de gases y canister, para obtener las evidencia se utilizó una cámara digital y una filmadora, para realizar consultas acerca de información adicional acerca de la investigación se utilizó el internet y para la presentación de la investigación se utilizó una computadora.

- Multímetro automotriz
- Computadora

- Cámara digital
- Filmadora
- Internet

#### 7.4. Recursos materiales.

En este ítem se detallará los elementos mecánicos y electrónicos que componen la investigación, los mismos que son:

Tabla 7-2 Recursos Materiales

ORD	Detalle
1	Vehículo Chevrolet Optra 1.8
2	Pruebas en dinamómetro automotriz
3	Pruebas con analizador de gases de escape
4	Pruebas con el canister
5	GPS
6	Generador de hidrógeno
7	Depósito de electrolito
8	Acoples rápido para manguera de 8mm
9	Mangueras de polietileno duro de 8mm
10	Relé
11	Cableado N.-12
12	Cableado N.-16
13	Terminales redondos
14	Interruptor de dos posiciones
15	Taípe
16	Hidróxido de potasio
17	Agua destilada
18	Combustibles

#### 7.5. Presupuesto.

A continuación se detalla los gastos realizados para la validación de esta investigación:

Tabla 7-3 Presupuesto

Ord	Detalle	Cant.	Valor unit.	Total
1	Vehículo Chevrolet Optra 1.8	6	80,00	480,00
2	Pruebas en dinamómetro automotriz	18	60,00	1080,00
3	Pruebas con analizador de gases de escape	18	20,00	360,00
4	Pruebas con el canister	6	60,00	360,00
5	GPS	6	60,00	360,00
6	Generador de hidrógeno	1	160,00	160,00
7	Depósito de electrolito	1	90,00	90,00
8	Acoples rápido para manguera de 8mm	1	3,00	3,00
9	Mangueras de polietileno duro de 8mm	5 mts	2,00	10,00
10	Relé	1	8,00	8,00
11	Cableado N.-12	3 mts	0,60	1,80
12	Cableado N.-16	3 mts	1,20	3,60
13	Terminales redondos	2	0,75	1,50
14	Interruptor de dos posiciones	1	2,00	2,00
15	Taipe	2	1,00	2,00
16	Hidróxido de potasio	160 gr	80,00	80,00
17	Agua destilada	6 lt	1,00	6,00
18	Combustible extra	15 gal	1,47	22,05
19	Combustible súper	15 gal	2,00	30,00
20	Mano de obra	6 días	18,00	108,00
21	Impresiones	7	10,00	70,00
			Total	3237,95

## 7.6.Financiamiento.

El financiamiento total de la investigación fue asumido en su totalidad por parte de los investigadores, Srta. Sofía Velástegui y Sr. Cristian Jesús.

## 7.7.Cronograma.



## CONCLUSIONES

- El uso de combustible extra e hidrógeno es el combustible con mejor desenvolvimiento debido a que existió aumento de torque, potencia, disminución de las emisiones contaminantes y del consumo de combustible.
- Se concluye que ha existido un incremento en los valores de potencia y torque al utilizar gasolina extra con hidrógeno como combustible alternativo, siendo estos parámetros característicos del motor 2,62 HP y 13,29 Nm respectivamente.
- Concerniente a súper se observa que la potencia máxima es mayor con el uso de hidrógeno, teniendo un leve aumento de 0,70 HP, contrario al torque que disminuyó 0,67 Nm.
- Al utilizar gasolina extra con hidrógeno la eficiencia en el consumo de combustible se incrementó el rendimiento en 1,767 km por galón.
- En las pruebas de consumo con gasolina súper e hidrogeno no existió mejora ya que gastó 3,613 km más en un galón que con el uso solamente de súper.
- Se determinó que con el uso de combustible extra e hidrógeno en el análisis de las emisiones, CO, O<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> tuvieron una disminución de 7,59%; 4,13%; 54,51%; y 15,39% respectivamente, lo que no ocurrió con el CO<sub>2</sub>, que se incrementó en 4,45% en comparación con gasolina extra.
- Las emisiones contaminantes analizadas utilizando combustible súper e hidrógeno que tuvieron una disminución son CO<sub>2</sub> con 4,43%, los HC en 1,76%, los NO<sub>x</sub> con 11,82%, y los que aumentaron fueron el CO con 1,43% y el O<sub>2</sub> en 6,03% en relación a los análisis con gasolina súper.
- Se logró de manera satisfactoria implementar un sistema de inyección directa de hidrógeno en el vehículo Chevrolet Optra con motor Daewoo 1800cc, tomando en cuenta cada uno de los pasos para la instalación del sistema descrito en el capítulo tres.

- Las pruebas efectuadas en el vehículo se realizaron con gasolina extra de 89 octanos, con súper de 92 octanos y con inyección directa de hidrógeno con cada una de las gasolinas; en cada caso se determinó en el dinamómetro la potencia y torque, en el analizador de gases de escape se midió CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> (medidos en %V) y HC, NO<sub>x</sub> (medidos en ppm), y finalmente con un canister se calculó la cantidad de gasolina que se consume en una distancia de 30,5 km.
- El consumo de combustible se determinó mediante la ruta Guápulo-CCICEV y viceversa, usando cinco litros como base para todos los combustibles, teniendo como resultado que con gasolina extra el consumo fue de 3 litros de combustible, al usar extra con hidrógeno fue de 2,85 litros, con gasolina súper se obtuvo 2,65 litros y con súper 2,9 litros de gasto de combustible.
- El análisis comparativo determinado por las curvas, valores, diagramas y relaciones porcentuales de potencia, torque, rendimiento de combustible y emisiones contaminantes arrojaron resultados favorables para el uso de hidrógeno con gasolina extra.
- Debido a que la producción de hidrógeno es mínima el motor no obtiene la suficiente cantidad requerida para mejorar radicalmente su rendimiento, a pesar de esto con 0,03272 lt/min se logra incrementar alrededor de 3% de potencia y 12% en el torque, con el combustible extra e hidrógeno que alcanzó el mejor desempeño dentro del análisis, consiguiendo también una disminución de las emisiones contaminantes más tóxicas; por lo que con una producción mayor se percibirían resultados más satisfactorios con la implementación de este sistema.

## **RECOMENDACIONES.**

- El vehículo debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento para evitar fallos en las pruebas o que exista errores en las mediciones, por lo que debe tener todos los mantenimientos respectivos.
- Para realizar las pruebas de torque y potencia en el dinamómetro y medición de emisiones contaminantes con el analizador, se debe regir a las pautas de seguridad y procedimientos establecidos en la NTE INEN 2203.2000.
- En las pruebas de consumo de combustible las mangueras del canister deben estar correctamente sujetas al riel de inyectores para impedir fugas de combustible y lecturas erróneas de los valores
- La seguridad personal debe ser considerada desde la instalación del kit hasta la ejecución de cada una de las pruebas para evitar posibles fracturas, lesiones o complicaciones en el trabajo a desarrollarse.
- Efectuar un estudio con la implementación de un sensor de oxígeno que permita modificar el voltaje del mismo para controlar la cantidad de combustible según la dosificación de aire e hidrógeno.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Alonso, J. (2007). Técnicas del automóvil: equipo eléctrico. Madrid, España: Paraninfo.
- Burbano, S. (2003). Física general. TÉBAR, S.L.
- Cabrera, B. (2009). Generalidades sobre el consumo y control de combustible. Cuenca: Ecuador.
- Duque, E. &. (2013). “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”. En E. &. Duque, “IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR E INYECTOR DE HIDRÓGENO EN UN MOTOR DE VEHÍCULO MAZDA BT-50 2.2 L, PARA REDUCIR EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES”. Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Familiar, C. (2011). INYECCIÓN DE HIDRÓGENO COMO POTENCIAL MEJORA DE LOS MOTORES ACTUALES. Barcelona, España: Universidad Politècnica de Catalunya.
- Muñoz, L. (2011). MEDIDA Y CARACTERIZACIÓN DE LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE HIDRÓGENO POR ELECTRÓLISIS ASISTIDA CON RESIDUOS ORGÁNICOS. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.

## NETGRAFÍA.

- AccuWeather. (2014). Recuperado el 9 de Diciembre de 2014, de <http://www.accuweather.com/es/ec/quito/129846/november-weather/129846?monyr=11/1/2014>
- AccuWeather. (2014). Recuperado el 9 de Diciembre de 2014, de <http://www.accuweather.com/es/ec/quito/129846/month/129846?monyr=10/01/2014>
- Alonso, J. (2014). El coche de hidrógeno no es solo humo: así es su tecnología. Recuperado el 12 de Junio de 2014, de <http://www.xataka.com/gadgets-y-coches/el-coche-de-hidrogeno-asi-es-su-tecnologia>
- Álvarez, J. A. (2012). Qué es la conductancia y la conductividad. Recuperado el 18 de Julio de 2014, de [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_conductancia/ke\\_conduct\\_2.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductancia/ke_conduct_2.htm)
- Botas, J. A. (2014). La economía del hidrógeno – una visión global sobre la revolución energética del siglo xxi. Recuperado el 30 de Julio de 2014, de <http://www.asefmo.org/empresas/aecientificos/documentos/LAECONOMIADELHIDROGENO.pdf>
- Burke, S. (2014). ERCO. Recuperado el 13 de Agosto de 2014, de <http://www.ercoworldwide.com/index.php/products/potassium-hydroxide/?lang=es>
- Chamkin, A. (2012). La historia de la electricidad. Recuperado el 22 de Julio de 2014, de <http://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/fichafaraday.pdf>
- Gotelli, D. (2012). Propiedades físicas y químicas. Recuperado el 08 de Agosto de 2014, de <http://www.ciquime.org.ar/files/at004.pdf>
- Cockhead, G. (2006). Octane. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.349.html>

- Cordovi, R. (2010). Conductividad eléctrica. Recuperado el 11 de Julio de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Conductividad\\_el%C3%A9ctrica](http://www.ecured.cu/index.php/Conductividad_el%C3%A9ctrica)
- Crance, A. (2003). El relé. Recuperado el 03 de Febrero de 2015, de <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>
- Cruz, G. (2010). Potencia eléctrica. Recuperado el 25 de Julio de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Potencia\\_el%C3%A9ctrica](http://www.ecured.cu/index.php/Potencia_el%C3%A9ctrica)
- Enne, V. (2011). ¿Cómo funciona un interruptor basculante? Recuperado el 22 de Agosto de 2014, de [http://www.ehowenespanol.com/funciona-interruptor-basculante-como\\_389638/](http://www.ehowenespanol.com/funciona-interruptor-basculante-como_389638/)
- Espada, B. (2014). ERENOVABLE. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de <http://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/>
- Fernández, L. (2012). Términos usados en hidrógeno. Recuperado el 27 de Agosto de 2015, de <http://agrupasuma.com/group/clientes/page/terminos-usados-en-hidrogeno>
- Fernandez, L. (2014). Ahorro de Combustible, instalación y mantenimiento. Recuperado el 15 de diciembre de 2014, de <http://agrupasuma.com/profiles/blogs/hidrocar-ecol-gico-generator-de-hidr-geno-ahorro-de-combustible-5>
- Fierro, J., Gómez, L., & Peña, M. (2001). El hidrógeno: un vector energético no contaminante para automoción. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/Monografias2001/A4-157.pdf>
- Freire D., L. J. (2013). Comportamiento de un motor a gasolina utilizando alcohol anhidro como combustible de aporte. Recuperado el 3 de Julio de 2014, de Comportamiento de un motor a gasolina utilizando alcohol anhidro como combustible de aporte: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5799/1/CD-4686.pdf>
- Galbarro, H. R. (2013). Par motor. Recuperado el 23 de Junio de 2014, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>

- Garibaldi, A. (2011). Las curvas de par y potencia - Segunda Parte. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de Las curvas de par y potencia - Segunda Parte.: [http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk\\_seccion=notas\\_tecnicas&id=9](http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&id=9)
- Gavira, J. (2012). Conductividad Electrolítica. Recuperado el 28 de Septiembre de 2014, de <http://triplenlace.com/2012/12/06/conductimetria-i-conductividad-electrolitica/>
- Gecebas, D. (2012). Propiedades del hidrógeno y del HHO. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de <http://altereco21.org/productos-y-servicios/ahorradores-de-combustible/propiedades-del-hidrogeno-y-del-hho/>
- Gonzales, D. (2012). Hidróxido de potasio. Recuperado el 15 de Agosto de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Hidr%C3%B3xido\\_de\\_Potasio](http://www.ecured.cu/index.php/Hidr%C3%B3xido_de_Potasio)
- Guerra, E. (2010). Agua destilada. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de [http://www.ecured.cu/index.php/Agua\\_destilada](http://www.ecured.cu/index.php/Agua_destilada)
- Hernandez, J. (2009). Hidrógeno para Colombia. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de [http://hidrogenovehicularcolombia.blogspot.com/2009\\_12\\_06\\_archive.html](http://hidrogenovehicularcolombia.blogspot.com/2009_12_06_archive.html)
- Hernández, L. (2008). Hablar de Ciencia, Medio Ambiente. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de <http://www.cienciaonline.com/2008/03/13/comparando-combustibles/>
- Herrero, J. (2012). HHO, el combustible del futuro. Proyecto “Hidroxi-Gas” de Costa Rica. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de <https://elobservatoriodeltiempo.wordpress.com/2012/11/15/hho-el-combustible-del-futuro-proyecto-hidroxi-gas-de-costa-rica/>
- Merino, C. (2013). Hydrogen & fuel cell. Recuperado el 01 de Agosto de 2014, de <http://www.oktanplus.com/images/hhosystems.png>

- Netto, R. (2010). Fisicanet. Recuperado el 16 de Julio de 2014, de [http://www.fisicanet.com.ar/quimica/electrolisis/ap07\\_electrolisis.php](http://www.fisicanet.com.ar/quimica/electrolisis/ap07_electrolisis.php)
- Nory, M. (2014). Ley de Ohm y la potencia eléctrica. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de [http://www.unicrom.com/Tut\\_leyohm\\_potencia.asp](http://www.unicrom.com/Tut_leyohm_potencia.asp)
- NTE INEN 2204. (2002). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204:2002. (Primera Edición) GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA. Recuperado el 07 de Julio de 2014, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Olsson, B. (2014). Consumo de combustible. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de [http://www.volvotrucks.com/TRUCKS/SPAIN-MARKET/ES-ES/TRUCKS/ENVIRONMENT/Pages/fuel\\_consumption.aspx](http://www.volvotrucks.com/TRUCKS/SPAIN-MARKET/ES-ES/TRUCKS/ENVIRONMENT/Pages/fuel_consumption.aspx)
- Padrón, J. (2008). Composición del aire. Recuperado el 4 de Julio de 2014, de <http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/ciencias/composicionaire.html>
- Palomino, F. (2010). Ficha Técnica del Chevrolet Optra 1.8 LT Sedan / saloon, ensamblado en 2006. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de <http://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-chevrolet-optra-1-8-lt-sedan-saloon-ensamblado-en-2006/>
- Paz, C. d. (2011). Mangueras. Recuperado el 05 de Agosto de 2014, de <http://www.fullquimica.com/2011/08/mangueras.html>
- Pérez, A. (2014). Prueban oxihidrógeno como aditivo para reducir consumo de combustible. Recuperado el 05 de Junio de 2014, de <http://www.dicyt.com/noticias/prueban-oxihidrogeno-como-aditivo-para-reducir-consumo-de-combustible>
- Petroecuador. (2012). Combustibles de mejor calidad y menos contaminantes. Recuperado el 26 de Agosto de 2014, de [http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh\\_boletines/000833.pdf](http://www.eppetroecuador.ec/idc/groups/public/documents/peh_boletines/000833.pdf)

- Ponce, M. (2001). ¿Qué es el hidrógeno? Recuperado el 29 de Julio de 2014, de <http://www.cnh2.es/info-h2/hidrogeno/>
- Querelle, G. (2013). Electricidad: Potencia y resistencia. Recuperado el 28 de Julio de 2014, de <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/ElectricidadPotenciaResist.htm>
- Rodríguez, A. (2014). Análisis técnico – par motor – torque. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <https://albrodulpf1.wordpress.com/2014/04/14/analisis-par-motor-torque/>
- Rodríguez, H. (2013). La Potencia y el Par Motor. Recuperado el 25 de Junio de 2014, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- Roldan, E. (2010). Conductividad eléctrica. Recuperado el 14 de Julio de 2014, de <http://www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf>
- Rudnick, M. (2005). Ficha técnica Chevrolet Optra. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de [https://www.globalbuypower.com/content\\_data/LAAM/EC/es/GBPEC/001/BRANDS ITE/site/vehiculos/Autos/Optra/Sedan-ficha-tecnica.html](https://www.globalbuypower.com/content_data/LAAM/EC/es/GBPEC/001/BRANDS ITE/site/vehiculos/Autos/Optra/Sedan-ficha-tecnica.html)
- Rusenko, D. (2006). Volumen y densidad atómica. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de <http://es-puraquimica.weebly.com/volumen-atomico-y-densidad-atmica.html>
- Sánchez, A. (2008). Tabla periódica de los elementos. Recuperado el 14 de Julio de 2014, de <http://www.acienciasgalilei.com/qui/tablaperiodica0-completa.htm>
- Sánchez, M. (2003). Análisis de procesos de combustión. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI10854.pdf>
- Santo, L. (2014). Componentes de un cable eléctrico. Recuperado el 19 de Agosto de 2014, de <http://www.topcable.com/es/noticias/Componentes-de-un-cable-electrico/>

- Segura, M. V. (2014). Oxihidrógeno como aditivo reducirá consumo de combustible. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de [http://www.vinv.ucr.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2039:oxi-hidrogeno-como-aditivo-reducira-consumo-de-combustible&catid=1&Itemid=68](http://www.vinv.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=2039:oxi-hidrogeno-como-aditivo-reducira-consumo-de-combustible&catid=1&Itemid=68)
- Soria, S., Cuando, E., & Tena, Y. (2014). Química. Generador de has Hidroxi HHO. Recuperado el 23 de Julio de 2014, de <http://es.calameo.com/read/0029004446747dbec63b3>
- Spinelli, E. (2010). Mangueras Industriales. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de [http://www.dunlop.com.ar/catalogos/mangueras\\_industriales\\_espanol.pdf](http://www.dunlop.com.ar/catalogos/mangueras_industriales_espanol.pdf)
- Toande, J. (2012). Glosario de términos del HHO. Recuperado el 04 de Agosto de 2014, de <http://www.tallerestoande.org/glosario-de-t%C3%A9rminos-de-hho/>
- Torres, E. (2014). Fundamento: la electrólisis del agua. Recuperado el 31 de Julio de 2014, de <http://www.indutorres.com/minisites/Procesogeneraldeelectrolisis.pdf>
- Torres, R. (2009). Auto híbrido con el poder del agua. Recuperado el 03 de Septiembre de 2014, de [http://www.actiweb.es/hidroxi/que\\_es\\_hidroxi.html](http://www.actiweb.es/hidroxi/que_es_hidroxi.html)
- Uzcátegui, A. (2010). Reducción catalítica de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en corrientes gaseosas. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8408/tesisUPV3226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valenzuela, D. (2013). Resistencia. Recuperado el 17 de Julio de 2014, de <http://www.fisic.ch/cursos/cuarto-medio/ley-de-ohm-y-resistencia/>
- Willarson, P. (2013). Hidrogensystem. Recuperado el 25 de Agosto de 2014, de <http://www.hidrogensystem.com/informacion.html>
- Yanover, J. (2011). Definición de electrolitos. Recuperado el 06 de Agosto de 2014, de <http://definicion.de/electrolitos/>

## **ANEXO A**

**Procedimiento para realizar la prueba de torque y potencia en el  
dinamómetro chasis LPS 3000**

#### a) **Dinamómetro de chasis LPS 3000**

Un dinamómetro de chasis es un equipo que permite desarrollar pruebas de torque, potencia y simulación para análisis de emisiones contaminantes en vehículos pesados y ligeros simulando condiciones de conducción estandarizadas. Los dinamómetros de chasis permiten identificar parámetros de servicio como potencia, torque, cumplimiento de emisiones contaminantes y precisión del contador de revoluciones y velocímetro.



Figura A-1 Dinamómetro LPS 3000

#### b) **LPS 3000 consola de comunicación**

La consola de comunicación es el dispositivo encargado de recibir los datos de potencia, torque, emisiones contaminantes y mostrar los resultados al usuario a través de una pantalla, es decir que consta del software indicado para cada tipo de pruebas, este es el LPS 3000 LKW para pruebas de potencia, torque y par del motor, y el EUROSISTEM v 1.04 para pruebas de análisis emisiones contaminantes.



Figura A-2 Consola de comunicación LPS 3000

- Después de situar el vehículo en el dinamómetro se debe ingresar los datos del mismo como son: marca, modelo, cilindraje, inyección o carburador, diésel o gasolina



Figura A-3 Introducción de datos en el software

- Seleccionar el procedimiento de medición, puede ser torque o potencia

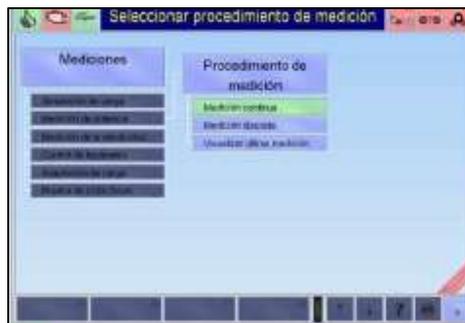


Figura A-4 Tipos de pruebas

- Observar el comportamiento del motor del vehículo para la obtención de resultados.



Figura A-5 Comportamiento del vehículo

- El software también muestra los resultados obtenidos representados en una gráfica de potencias y torque en función de las revoluciones del motor.

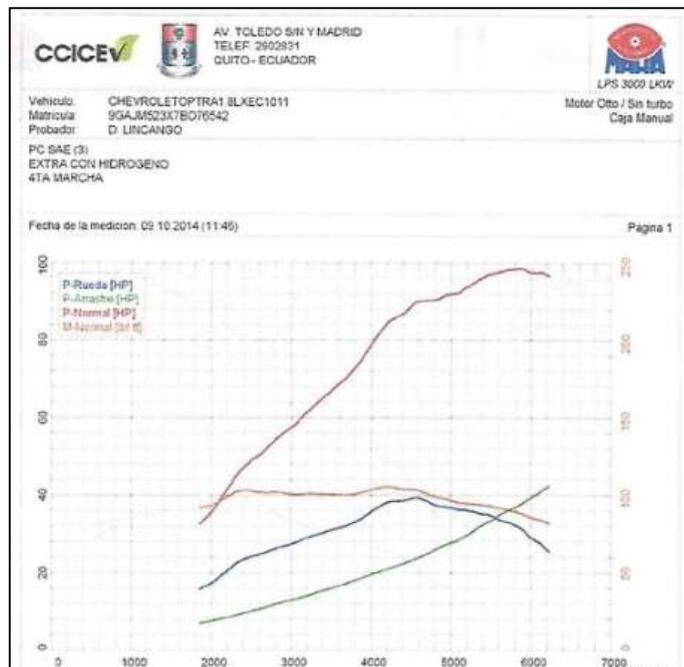


Figura A-6 Representación de resultados

**c) Procedimiento a seguir para realizar cada una de las pruebas con el vehículo**

- Primero se ubica el vehículo en el dinamómetro que se encuentre alineado para evitar que este se desvíe para alguno de los dos lados.



Figura A-7 Colocación del vehículo en el dinamómetro para pruebas de torque y potencia

- Luego se coloca el arnés de seguridad anclando el vehículo y al piso para evitar que este salga disparado por las altas velocidades a las que se somete en las pruebas.



Figura A-8 Ubicación del arnés de seguridad para el vehículo

- Instalar los instrumentos de medición de rpm y de temperatura del aceite.



Figura A-9 Conexión de la pinza inductiva para medición de RPM



Figura A-10 Colocación de la sonda para medición de la temperatura del motor

- Se ajusta la carga del dinamómetro en este caso será de 60 kg según a lo establecido.
- Luego se procede a seguir las indicaciones de la computadora y se realiza la prueba hasta la cuarta marcha que es en donde se obtiene una relación de 1:1
- En este caso se realiza tres mediciones para obtener datos más precisos y registrar los valores obtenidos.



Figura A-11 Ejecución de la prueba según los pasos establecidos por la computadora

- Luego se libera el vehículo del anclaje y se comprueba que todas sus partes se encuentren en orden.



Figura A-12 Desenganche de las cintas de seguridad

## **ANEXO B**

**Procedimiento para realizar la prueba de análisis de emisiones  
contaminantes MAHA MGT-5**

**a) Analizador de gases de escape MAHA MGT-5**

Es un equipo que contiene celdas electroquímicas para determinar la concentración de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , y  $\text{O}_2$  de las emisiones contaminantes emitidas por el escape de los vehículos a gasolina, por lo tanto es utilizado en pruebas estáticas como dinámicas



Figura B-1 Analizador de gases de escape MGT5

**b) Software EUROSYSYSTEM v1.04**

- Utilizado para la medición emisiones contaminantes, incorporado en el equipo LPS 3000
- Después de situar el vehículo en un lugar adecuado se ingresa los datos del mismo como son: marca, modelo, cilindraje, inyección o carburador, diésel o gasolina.



Figura B-2 Datos del vehículo

- Elegir en el programa el tipo de emisiones contaminantes, esta puede ser de forma dinámica o estática.

- Luego el software nos arroja los resultados de las mediciones de cada una de las pruebas.



Resultados de medición de gases			
	Medición 1	Medición 2	
CO	0.70	0.89	% Vol
CO <sub>2</sub>	13.50	13.60	% Vol
CO sum	0.74	0.92	% Vol
HC	260	156	ppm
O <sub>2</sub>	1.23	1.02	% Vol
NO <sub>x</sub>	98	183	ppm
Lambda	1.028	1.016	
RPM	800	2470	min-
Temp. aceite	94	94	°C

Figura B-3 Resultados de las pruebas

- Se procede a guardar los datos de las mediciones, en cada pantalla se muestra los valores reales de las emisiones contaminantes después de que estos han sido guardados.



Figura B-4 Pantalla de datos guardada

### c) Procedimiento para medición de emisiones en el vehículo

- Primero se ubica los instrumentos de medición en el vehículo, la sonda se coloca en el tubo de escape, el medidor de temperatura del aceite y la pinza inductiva para la medición de revoluciones en el motor.



Figura B-5 Medidor de gases de escape MAHA



Figura B-6 Colocación del medidor en el escape del vehículo



Figura B-7 Conexión de la pinza inductiva y sonda para medición de RPM y temperatura

- Verificar que la temperatura del aceite sea de  $94^{\circ}\text{C}$  ya que esta temperatura es la temperatura de funcionamiento óptimo del vehículo.
- Se realiza tres pruebas de emisiones a 800 y 2500 revoluciones para cada uno de los combustibles.



Figura B-8 Mediciones de emisiones contaminantes a 800 y 2500 rpm

- Desconectar cada uno de los accesorios del medidor de gases de escape y comprobar que en el vehículo todo se encuentre colocado en su lugar.

## **ANEXO C**

**Procedimiento para realizar la prueba de consumo de combustible  
utilizando un CANISTER de 5 lt**

**a) Canister o medidor de consumo de combustible.**

Este instrumento es un medidor de volumen, los tipos de combustible que se pueden utilizar con este dispositivo son: diésel, biodiesel, gasolina, querosene, etanol, metanol, alcohol. Posee dos tomas una de entrada y una de salida cuyos diámetros son de rosca de conexión interna de 2x1/8” con un rango de medición de 5 litros por cada una de las pruebas realizadas.



Figura C-1 Canister para pruebas de combustible

**b) Procedimiento de las pruebas a realizar en el vehículo**

- Primero se determina cuál es la conexión correcta para el canister, el mismo que funciona como una bomba de alta presión permitiendo enviar el combustible al riel de inyectores a la misma presión de la bomba que posee el vehículo.



Figura C-2 Preparación del canister para las pruebas de consumo de combustible

- Realizar la conexión del canister al riel de inyectores tomando en cuenta la cañería de entrada de combustible al igual que la de retorno al tanque.



Figura C-3 Conexión de canister al tren de inyectores del vehículo

- Después retirar el fusible de la bomba de combustible para que esta deje de funcionar y evitar que se derrame de combustible.
- Colocar en el canister una medida exacta de combustible que en este caso es de 5 lt y con esto determinar el consumo de combustible.



Figura C-4 Llenado del canister con 5 lt de combustible para prueba de consumo

- Se verifica la ruta que hay que seguir y con un GPS se toma el tiempo de circulación y de parada, también la distancia total del recorrido establecido.



Figura C-5 Dispositivo GPS para medición de distancias y tiempos en pruebas de consumo

### c) Descripción del ciclo ciudad- carretera

La ruta seleccionada para esta investigación tiene una longitud de 30 kilómetros, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- 16.00 kilómetros de carretera desde el CCICEV hasta la subida a Guápulo de la Av. Simón Bolívar.

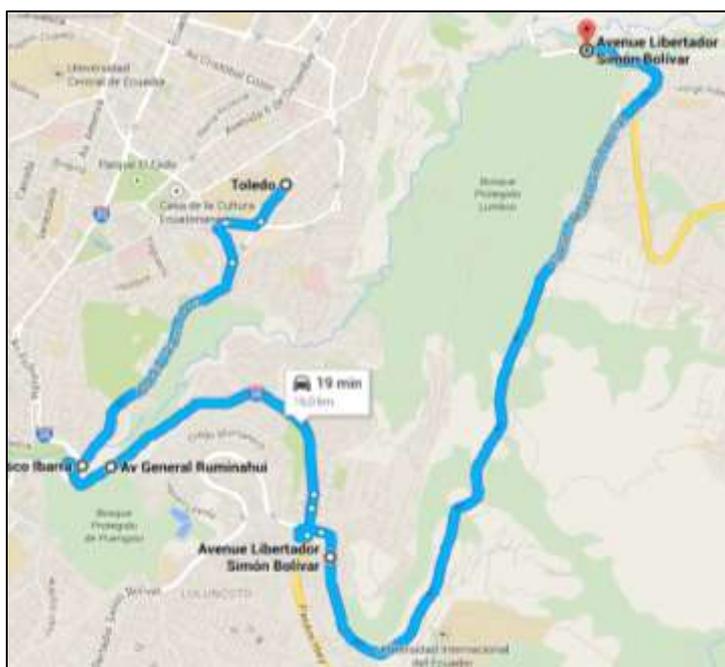


Figura C-6 Ruta Ciclo Carretera.

- 14.00 kilómetros de ciudad desde Guápulo hasta el CCICEV.

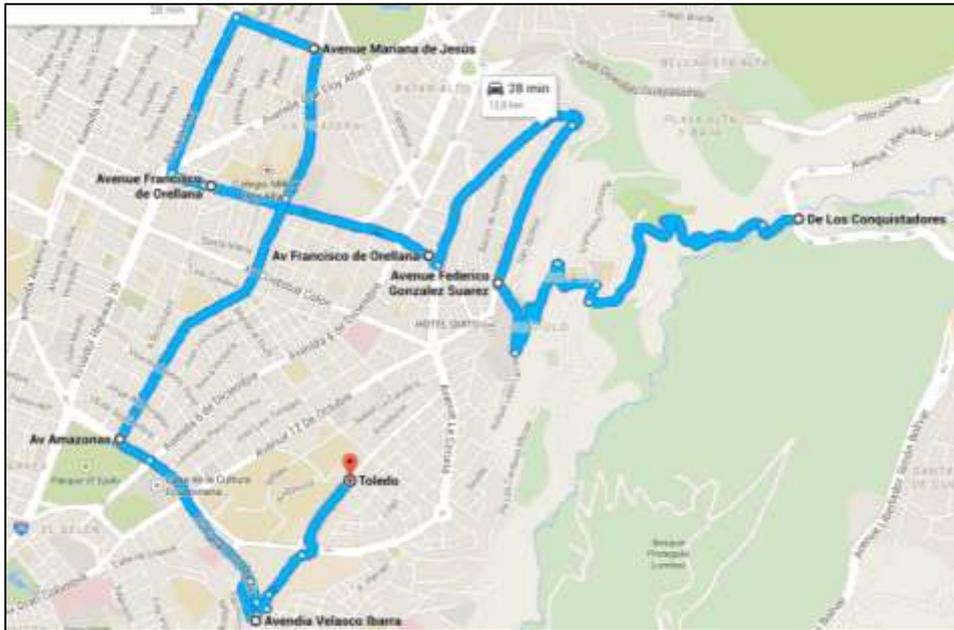


Figura C-7 Ruta Ciclo ciudad

Las distancias tramo a tramo se establecen en la tabla que se muestra a continuación.

Tabla C-1 Distancias tramo a tramo del Ciclo combinado (ciudad-carretera)

Tramo	Ciclo
CCICEV-Autopista General Rumiñahui (ingreso Intercambiador)	Carretera
Avenida Simón Bolívar- subida a Guápulo	Carretera
Subida a Guápulo - Hotel Quito	Ciudad
Hotel Quito-10 de Agosto	Ciudad
10 de Agosto-Mariana de Jesus	Ciudad
Mariana de Jesús-Amazonas-Veintimilla	Ciudad
Veintimilla- CCICEV	Ciudad

Fuente: CCICEV

- Después de finalizada la prueba, eliminar la presión del canister por medio de la purga y se lo desinstala del vehículo.



Figura C-8 Purga de la presión del canister

- Retirar la tapa de seguridad y vaciar en una probeta el residuo de combustible del canister y verificar la medida sobrante del mismo y anotar los datos obtenidos.



Figura C-9 Medición del volumen sobrante de combustible

- Conectar cada una de las conexiones originales del vehículo y también colocar el fusible para el funcionamiento de la bomba. Comprobar el funcionamiento del motor arrancándolo hasta encenderlo, también se verifica la ausencia de fugas.

## **ANEXO D**

### **DOCUMENTACIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS**

## **Pruebas extra**



Solicitud	Nº
Fecha:	3-10-2014

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS
Técnico Responsable CCICEV	A. URGINA

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO		
MARCA	CHEVROLET	
MODELO	OPTRA J.B.L T/II DESING	
Chasis (VIN) / PLACA Nº	9EATN523X7B076542 (XEC 1011)	
Motor Nº	T185E0184821	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delante transversal
	Cilindrada - Nº Cilindros	4 en línea - 1796cc
	Max. Potencia (HP/rpm)	119,3 Hp @ 5800rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	169 Nm @ 4000 rpm
	Combustible	EXTRA
Transmisión (manual/automática) [Nº]	Manual (5+1R) 4ª	
Kilometraje	12066	
Neumáticos (marca, denominación, presión)	Continental 195/55R15 - 350kPa	

Hora inicio	Hora final					
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA						
	Potencia			Torque		
	kW	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1	70,9	95,1	5850	7	96,2	4520
Prueba 2	71,1	95,4	5865		102,3	4245
Prueba 3	73,0	97,9	5810		103,0	4325
Norma de Corrección						

Observaciones: 1340 kg PESO

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre: <u>A. URGINA</u>	Nombre:	Nombre: <u>Giovanny Villegas</u>
f) <u>[Signature]</u>	f)	f) <u>[Signature]</u>

**RESULTADOS PRUEBAS**  
**TESIS-ESPE**  
**POTENCIA – TORQUE**

Quito, 03 de octubre de 2014

**1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR**

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1. Ficha de especificaciones**

MARCA		CHEVROLET	
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
Año		2008	
Placa - Chasis Nº		XEC1011-9GAJM523X7B076542	
Kilometraje		13893	
	MOTOR	Marca	CHEVROLET
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	
	Cilindros	4 EN LÍNEA	
	Desplazamiento	1796cc	
	Max. Potencia	119.3 HP @ 5800 rpm	
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	
	Enfriamiento	REFRIGERANTE	
	Sistema alimentación	MPI	
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
	Emissiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2	
Combustible	EXTRA		
Transmisión		MANUAL (5+1R)	
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO	
Relación de transmisión directa		4º 1.000	
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15	

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

**Tabla 2. Resultados de Potencia**

	Potencia (kW)	Potencia (HP)	RPM
<b>Medición 1</b>	70,9	95,1	5850
<b>Medición 2</b>	71,1	95,4	5865
<b>Medición 3</b>	73,0	97,9	5810
<b>PROMEDIO</b>	<b>71,7</b>	<b>96,1</b>	<b>5842</b>

**Tabla 3. Resultados de Torque**

	Torque (Nm)	Torque (Lbf-ft)	RPM
<b>Medición 1</b>	130,4	96,2	4520
<b>Medición 2</b>	138,7	102,3	4245
<b>Medición 3</b>	139,6	103,0	4325
<b>PROMEDIO</b>	<b>136,3</b>	<b>100,5</b>	<b>4363</b>

Atentamente,

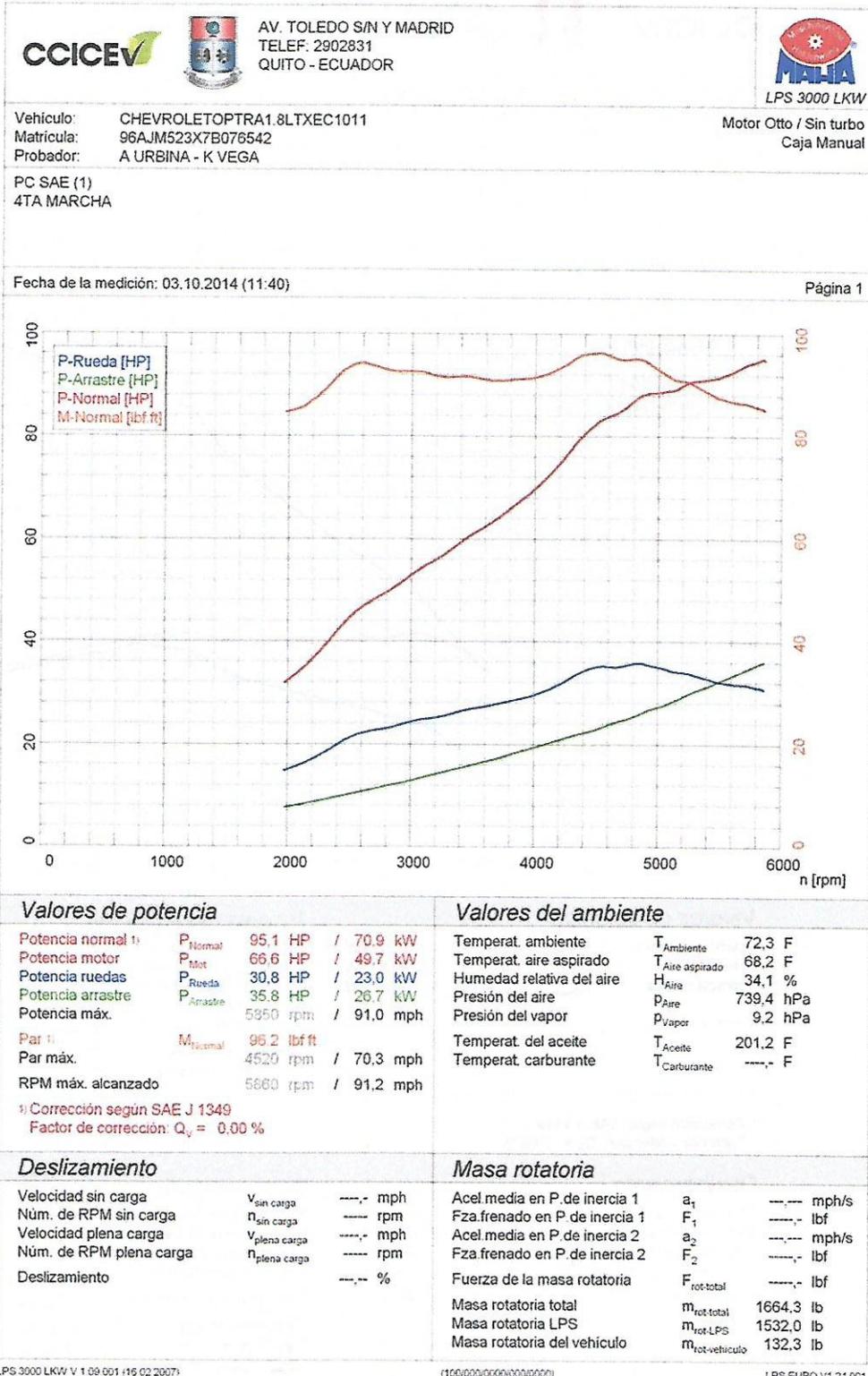


Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TÉCNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV**



ANEXOS



Medición 1. Ensayo Torque y Potencia



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

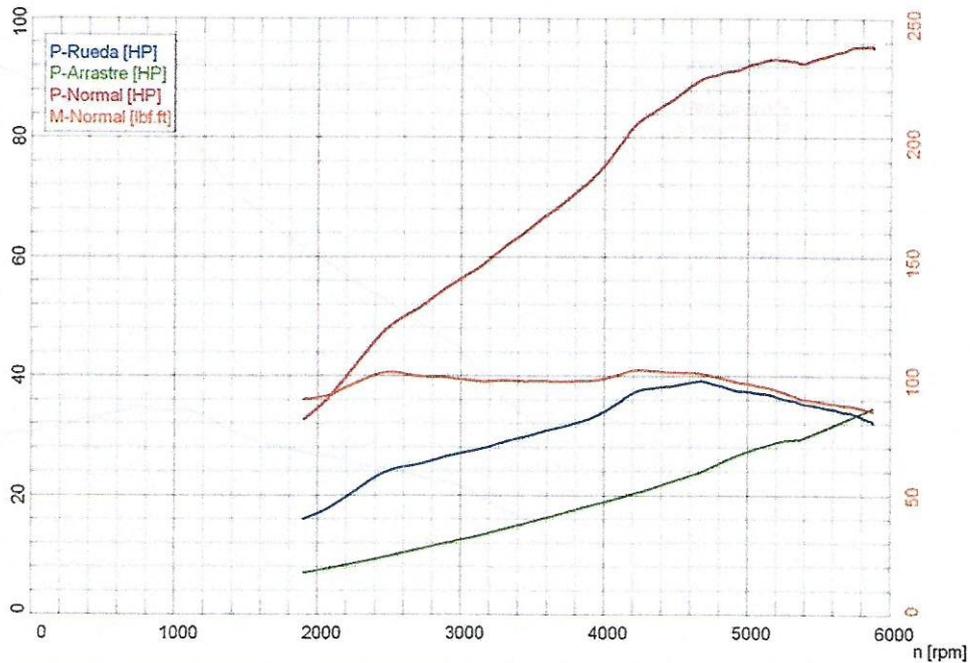
Vehículo: CHEVROLETOPTRA1.8LTXEC1011  
Matricula: 96AJM523X7B076542  
Probador: A URBINA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE 3  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 03.10.2014 (12:00)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	95.4 HP / 71.1 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	66.8 HP / 49.8 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	32.4 HP / 24.2 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	34.4 HP / 25.7 kW
Potencia máx.		5865 rpm / 94.8 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	102.3 lbf.ft
Par máx.		4245 rpm / 68.6 mph
RPM máx. alcanzado		5875 rpm / 95.1 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección:  $Q_p = 0.00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	73.0 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire aspirado}$	67.6 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	33.9 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	739.3 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	9.4 hPa
Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$	201.2 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	--- F

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin carga}$	--- mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin carga}$	--- rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena carga}$	--- mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena carga}$	--- rpm
Deslizamiento		--- %

**Masa rotatoria**

Acel.media en P.de inercia 1	$a_1$	--- mph/s
Fza.frenado en P.de inercia 1	$F_1$	--- lbf
Acel.media en P.de inercia 2	$a_2$	--- mph/s
Fza.frenado en P.de inercia 2	$F_2$	--- lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	--- lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664.3 lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532.0 lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	132.3 lb

LPS 3000 LKW V 1 09 001 (16.02.2007)

(160/000/0000/0000/0000)

LPS-EURO V1 24 001

**Medición 2. Ensayo Torque y Potencia**



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

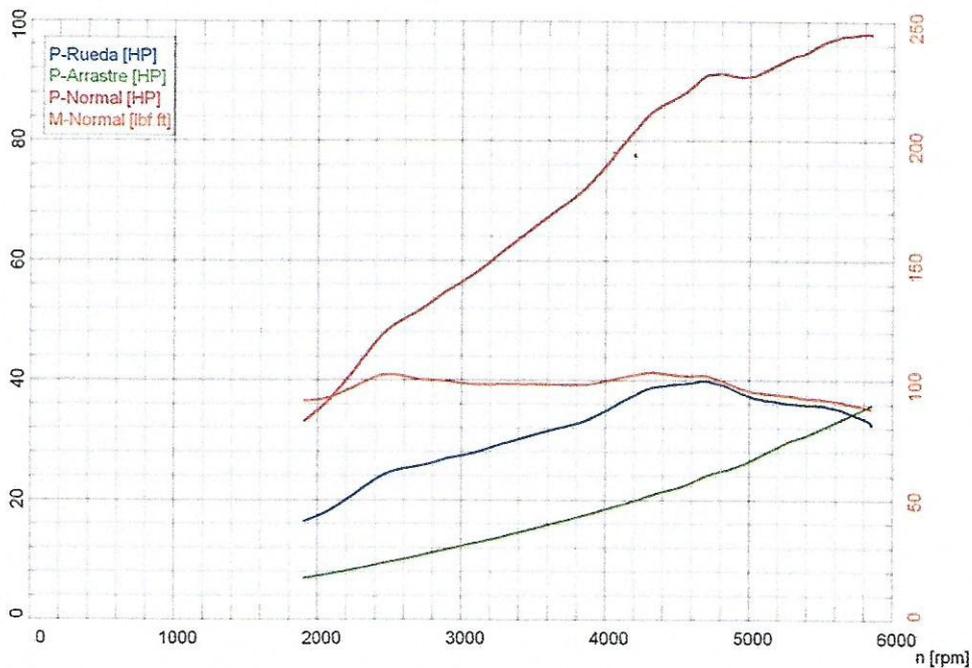
Vehículo: CHEVROLETOPTRA1.8LTXEC1011  
Matrícula: 96AJM523X7B076542  
Probador: A URBINA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE 4  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 03.10.2014 (12:06)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	97.9 HP / 73.0 KW
Potencia motor	$P_{Mot}$	68.7 HP / 51.2 KW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	33.4 HP / 24.9 KW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	35.3 HP / 26.3 KW
Potencia máx.		5810 rpm / 93.7 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	103.0 lbf ft
Par máx.		4325 rpm / 69.7 mph
RPM máx. alcanzado		5850 rpm / 94.3 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección.  $Q_v = 0.00 \%$

**Valores del ambiente**

Temperat ambiente	$T_{Ambiente}$	72.9 F
Temperat aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	67.1 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	34.5 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	739.4 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	9.5 hPa
Temperat del aceite	$T_{Aceite}$	201.2 F
Temperat carburante	$T_{Carburante}$	---

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin\ carga}$	---	mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	---	rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena\ carga}$	---	mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	---	rpm
Deslizamiento		---	%

**Masa rotatoria**

Acel.media en P.de inercia 1	$a_1$	---	mph/s
Fza.frenado en P.de inercia 1	$F_1$	---	lbf
Acel.media en P.de inercia 2	$a_2$	---	mph/s
Fza.frenado en P.de inercia 2	$F_2$	---	lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	---	lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664.3	lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532.0	lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	132.3	lb

LPS 3000 LKW V 1 09 001 (16.02.2007)

(100/000/0000/000/0000)

LPS-EURO V1 24 001

**Medición 3. Ensayo Torque y Potencia**

	LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/P/RGC-O
	REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO		Rev. 1/1 Página 3 de 4

Solicitud	N°
Fecha:	07-10-2014

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS
Técnico Responsable CCICEV	R. URBINA

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	CHEVROLET	
MODELO	OPTEA 1.8L TIM DESIGN	
N° Chasis (VIN) / PLACA	XEC 1011	
N° Motor		
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero Transversal
	Cilindros	4 en línea - 1796cc
	Max. Potencia (HP/rpm)	119,3 hp @ 5800 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	169 Nm @ 4400 rpm
	Combustible	EXTRA
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5+1R) "4 G"	
Kilometraje	12310	
Neumáticos (marca, denominación, presión)	Continental 195/55R15 - 350kPa	

Hora inicio							Hora final
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES							
PRUEBAS ESTÁTICAS - NTE INEN 2204							
Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3		
	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta	
CO (%V)	0,65	0,71	0,83	1,15	0,90	0,82	
CO <sub>2</sub> (%V)	12,00	12,00	13,40	12,60	13,00	13,30	
CO <sub>corr</sub> (%V)	0,77	0,84	0,87	1,25	0,97	0,87	
HC (ppm)	275	227	353	648	293	264	
O <sub>2</sub> (%V)	3,51	3,95	1,42	3,99	2,40	2,11	
λ	1,157	1,181	1,029	1,135	1,079	1,068	
RPM	780	2500	820	2550	820	2520	
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	

Observaciones: \_\_\_\_\_

**CCICEV**

LABORATORIO DE PRUEBAS

	<b>LABORATORIO DE PRUEBAS</b>	<b>CCICEV</b>	Código: <b>CCICEV/LP/RCC</b>
	<b>REGISTRO DE DATOS DE CONSUMO COMBUSTIBLE EN RUTA</b>		Rev. 1/1
			Página 1 de 2

<b>Solicitud</b>	<b>N°</b>
<b>Fecha:</b>	3-10-2014

<b>Nombre de Solicitante / Empresa</b>	TESIS
<b>Técnico Responsable CCICEV</b>	R. URBINA

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
<b>MARCA</b>	CHEVROLET	
<b>MODELO</b>	OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
<b>Chasis (VIN) / PLACA N°</b>	XEC 1011 (1855) 96A5M523X7B076542	
<b>Motor N°</b>		
<b>Año</b>	2007	
<b>Motor</b> (Datos del fabricante)	<b>Posición</b>	Delantero Transversal
	<b>Cilindrada - N° Cilindros</b>	1796cc / 4 en línea
	<b>Max. Potencia (HP/rpm)</b>	119,3hp @ 5800rpm
	<b>Max Torque (N.m/rpm)</b>	169/4400 Nm/rpm
	<b>Combustible</b>	EXTRA
<b>Transmisión (manual/automática) [N°]</b>	Manual (5 + 1R) "4to"	
<b>Kilometraje inicio - final</b>	12035      12066	
<b>Neumáticos (marca, denominación, presión)</b>	Continental 195 / 55R15 - 350 kPa	

<b>Hora inicio</b>	2:34	<b>Hora final</b>	4:00						
<b>Altura inicio (CCICEV)</b>	2634	<b>Altura final (Guápulo)</b>	2471						
TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE [l]		DISTANCIA (km)	VELOCIDAD (km/h)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (min)	
			INICIO	FINAL				TOTAL	MÁXIMA
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5		16,5	77,3	45,4	21,31	0,21
B	Subida a Guápulo	CCICEV		2	14,1	43,9	13,5	44,51	18,00
C	CCICEV	Subida a Guápulo							
D	Subida a Guápulo	CCICEV							

Observaciones: *Se adjunta copia matricula y especificaciones técnicas*

*Peso 1340 Kg*

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre: <i>Antonio Urbina</i>	Nombre:	Nombre: <i>Giovanny Pilla</i>
<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>



**Pruebas súper**



**LABORATORIO DE PRUEBAS**

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS TORQUE - POTENCIA



Código:  
CCICEV/LP/RTP

Rev. 1/1

Página 1 de 2

Solicitud	N°
Fecha:	12/11/2014

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS ESPE
Técnico Responsable CCICEV	D. Lincango

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO		
MARCA	CHEVROLET	
MODELO	OPTRA DESIGN	
Chasis (VIN) / PLACA N°	9CAJM523XFB026542 / XEC 10 11	
Motor N°		
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero Transversal
	Cilindrada - N° Cilindros	1796
	Max. Potencia (HP/rpm)	122 HP - 5800 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	17.2 kg m - 4400 rpm
	Combustible	Gasolina
Transmisión (manual/automática) [N°]		Manual (15+R) 4 <sup>ta</sup>
Kilometraje		12758
Neumáticos (marca, denominación, presión)		Continental 195/55R15

Hora inicio						Hora final
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA						
	Potencia			Torque		
	kW	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1	42,4	97,1	5855		98,4	4335
Prueba 2	45,3	100,9	5475		102,2	2500
Prueba 3	42,6	97,3	5990		103,8	2480
Norma de Corrección						

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre: K. Vaya	Nombre:	Nombre: Giovanni Pellejo
f)	f) .	f)



**RESULTADOS PRUEBAS**  
**TESIS-ESPE**  
**POTENCIA – TORQUE**

Quito, 12 de noviembre de 2014

**1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR**

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1. Ficha de especificaciones**

MARCA		CHEVROLET	
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
Año		2008	
Placa - Chasis N°		XEC1011-9GAJM523X7B076542	
Kilometraje		13893	
	MOTOR	Marca	CHEVROLET
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	
	Cilindros	4 EN LÍNEA	
	Desplazamiento	1796cc	
	Max. Potencia	119.3 HP @ 5800 rpm	
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	
	Enfriamiento	REFRIGERANTE	
	Sistema alimentación	MPI	
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
	Emisiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2	
Combustible	SUPER		
Transmisión		MANUAL (5+1R)	
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO	
Relación de transmisión directa		4º 1.000	
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15	

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

**Tabla 2. Resultados de Potencia**

	Potencia (kW)	Potencia (HP)	RPM
<b>Medición 1</b>	72,4	97,1	5855
<b>Medición 2</b>	75,3	100,9	5975
<b>Medición 3</b>	72,6	97,3	5990
<b>PROMEDIO</b>	<b>73,4</b>	<b>98,4</b>	<b>5940</b>

**Tabla 3. Resultados de Torque**

	Torque (Nm)	Torque (Lbf-ft)	RPM
<b>Medición 1</b>	133,4	98,4	4335
<b>Medición 2</b>	138,6	102,2	2500
<b>Medición 3</b>	140,7	103,8	2480
<b>PROMEDIO</b>	<b>137,6</b>	<b>101,5</b>	<b>3105</b>

Atentamente,

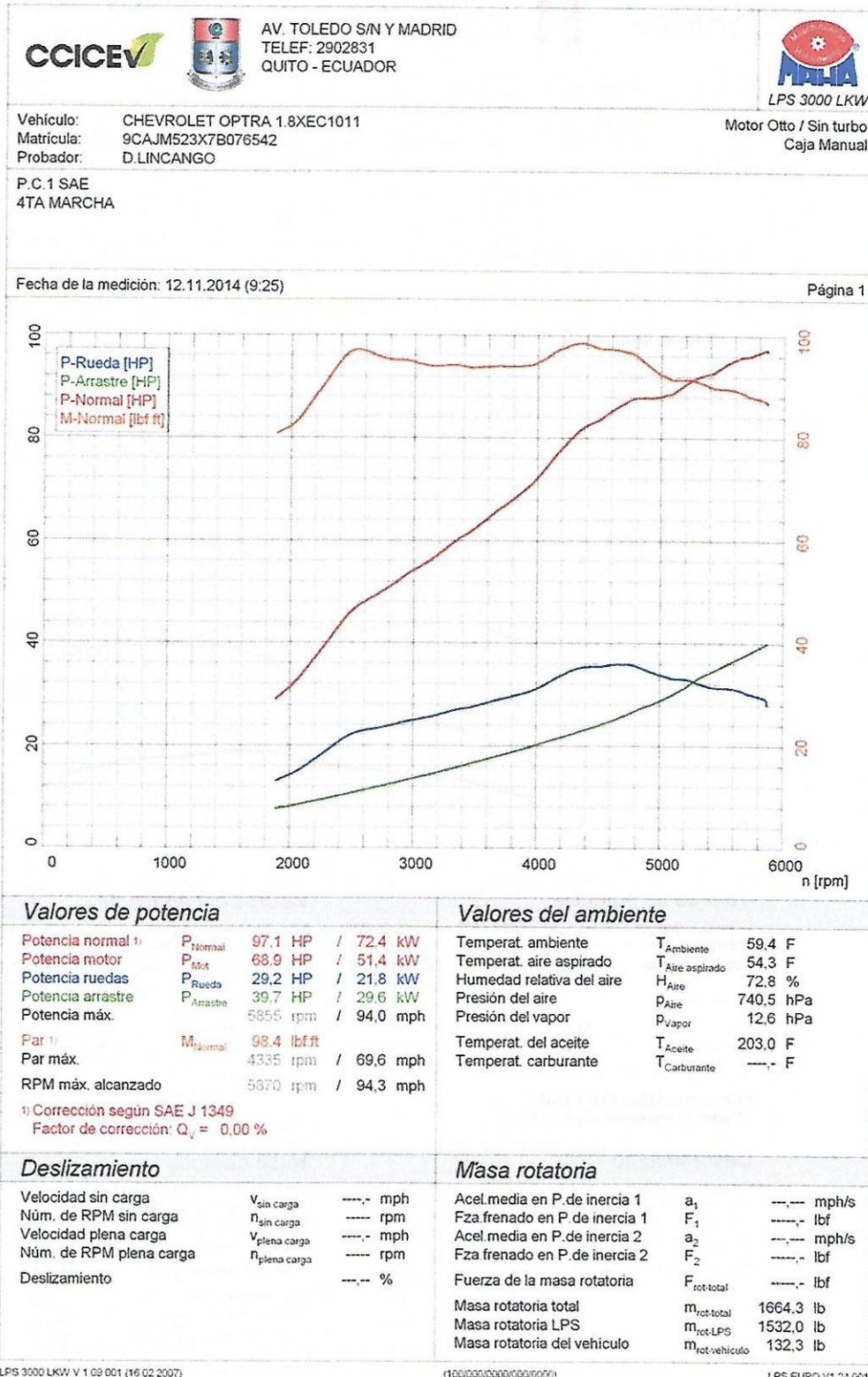


Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TÉCNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV**



ANEXOS



Medición 1. Ensayo Torque y Potencia



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

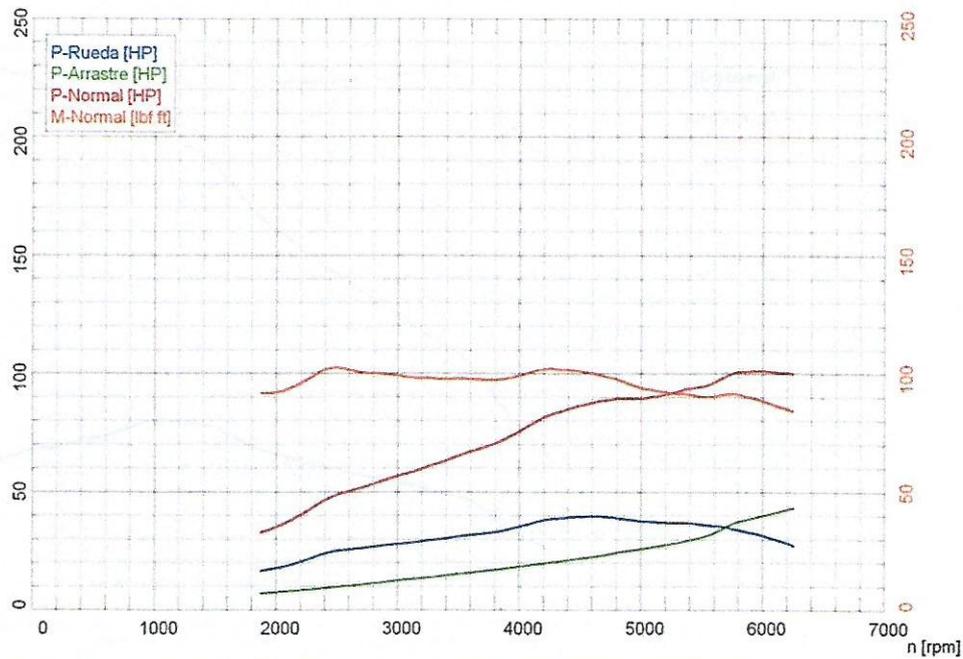
Vehículo: CHEVROLET OPTRA 1.8XEC1011  
Matrícula: 9CAJM523X7B076542  
Probador: D LINCANGO / K vEGA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC (6) SAE  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 12.11.2014 (10:09)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	100,9 HP / 75,3 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	71,3 HP / 53,2 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	31,8 HP / 23,7 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	39,5 HP / 29,4 kW
Potencia máx.		5975 rpm / 97,5 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	102,2 lbf ft
Par máx.		2500 rpm / 40,8 mph
RPM máx. alcanzado		6250 rpm / 102,0 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección.  $Q_p = 0,00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	63,5 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	57,0 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	63,8 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	740,2 hPa
Presión del vapor	$P_{vapor}$	12,8 hPa
Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$	203,0 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	--- F

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin\ carga}$	--- mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	--- rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena\ carga}$	--- mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	--- rpm
Deslizamiento		--- %

**Masa rotatoria**

Acel. media en P. de inercia 1	$a_1$	--- mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 1	$F_1$	--- lbf
Acel. media en P. de inercia 2	$a_2$	--- mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 2	$F_2$	--- lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	--- lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664,3 lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532,0 lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehículo}$	132,3 lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(100/000/0000/0000/00000)

LPS-EURO V1 24.001

**Medición 2. Ensayo Torque y Potencia**



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

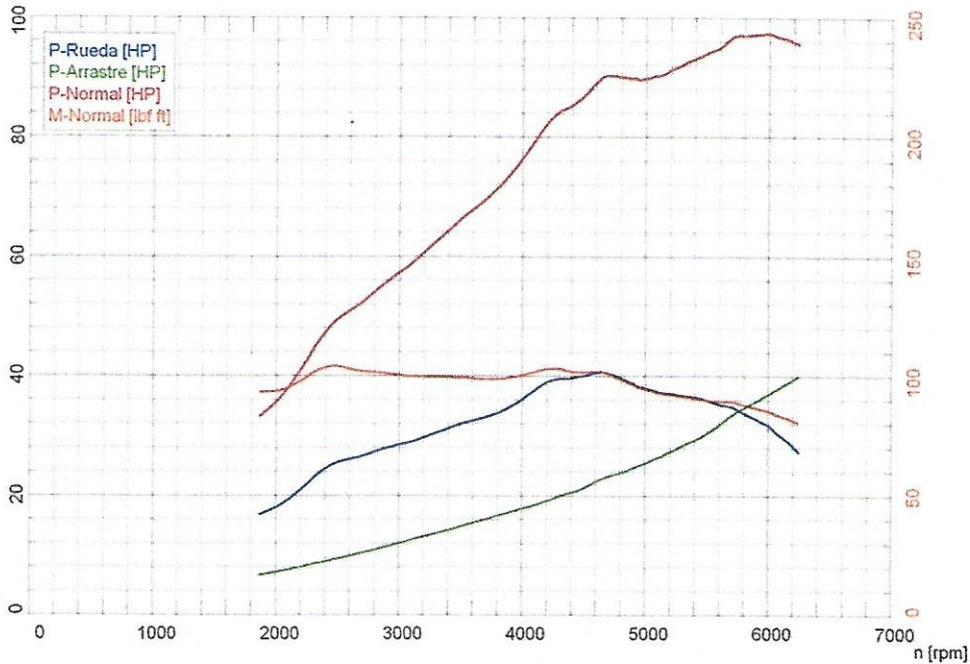
Vehículo: CHEVROLET OPTRA 1.8XEC1011  
Matrícula: 9CAJM523X7B076542  
Probador: D LINCANGO/ K VEGA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC 8 SAE  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 12.11.2014 (10:23)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal 1)	$P_{Normal}$	97.3 HP / 72.6 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	68.6 HP / 51.1 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	31.8 HP / 23.7 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	36.7 HP / 27.4 kW
Potencia máx.		5960 rpm / 98.1 mph
Par 1)	$M_{Normal}$	103.8 lbf ft
Par máx.		2480 rpm / 40.6 mph
RPM máx. alcanzado		6245 rpm / 102.3 mph

1) Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección  $Q_p = 0.00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	64.9 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire aspirado}$	58.6 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	63.6 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	740.1 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	13.4 hPa
Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$	203.0 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin carga}$	---	mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin carga}$	---	rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena carga}$	---	mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena carga}$	---	rpm
Deslizamiento		---	%

**Masa rotatoria**

Acel. media en P. de inercia 1	$a_1$	---	mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 1	$F_1$	---	lbf
Acel. media en P. de inercia 2	$a_2$	---	mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 2	$F_2$	---	lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	---	lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664.3	lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532.0	lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehiculo}$	132.3	lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(100/000/0000/000/0000)

LPS-EURO V1 24.001

**Medición 3. Ensayo Torque y Potencia**

	LABORATORIO DE PRUEBAS	Código: CCICEV/LP/RGC-O
	REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO	Rev. 1/1
		Página 1 de 1

Solicitud	N°
Fecha:	12/11/2014

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS ESPE
Técnico Responsable CCICEV	D. Ancongo

DATOS GENERALES DEL VEHICULO	
MARCA	CHEVROLET
MODELO	OPTIMA DESIGN
N° Chasis (VIN) / PLACA	9CAT01523X7B076542/XE01011
Kilometraje	12758

Hora inicio							Hora final
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES							
Parámetros	PRUEBAS ESTÁTICAS - NTE INEN 2204						
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		
	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta	
CO (%V)	0,70	0,89	0,67	0,85	0,74	0,87	
CO <sub>2</sub> (%V)	13,50	13,60	13,60	13,40	13,50	13,40	
CO (%V) Corregido	0,74	0,92	0,70	0,89	0,78	0,91	
HC (ppm)	260	155	273	168	262	174	
O <sub>2</sub> (%V)	1,23	1,02	1,15	1,62	1,11	1,430	
λ	1,028	1,016	1,024	1,048	1,020	1,036	
RPM	830	2470	810	2540	810	2450	
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre: <i>L. Vega</i>	Nombre:	Nombre: <i>C. Pilla</i>
<i>(Firma)</i>	<i>(Firma)</i>	<i>(Firma)</i>

**CCICEV**

LABORATORIO DE PRUEBAS

	<b>LABORATORIO DE PRUEBAS</b>		Código: <b>CCICEV/LP/RCC</b>
	<b>REGISTRO DE DATOS DE CONSUMO COMBUSTIBLE EN RUTA</b>		Rev. 1/1
			Página 1 de 2

<b>Solicitud</b>	<b>N°</b>
<b>Fecha:</b>	12/11/2014

<b>Nombre de Solicitante / Empresa</b>	TESIS ESPE
<b>Técnico Responsable CCICEV</b>	P. Lincango

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
<b>MARCA</b>	CHEVROLET	
<b>MODELO</b>	OPTRA DESING	
<b>Chasis (VIN) / PLACA N°</b>	9CATM52347B076542 / XE1011	
<b>Motor N°</b>		
<b>Año</b>		
<b>Motor</b> (Datos del fabricante)	Posición	Delantero Transversal
	Cilindrada - N° Cilindros	1796 cc
	Max. Potencia (HP/rpm)	122 HP - 5800 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	17,2 Kg.m - 4400 rpm
	Combustible	Gasolina
<b>Transmisión (manual/automática) [N°]</b>		Manual (5+1R) "4ta"
<b>Kilometraje inicio - final</b>		12781      12812
<b>Neumáticos (marca, denominación, presión)</b>		Continental 195/55R15

Hora inicio		12:01			Hora final		13:10		
Altura inicio (CCICEV)		2781			Altura final (Guápulo)		2578		
TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE [lit]		DISTANCIA (km)	VELOCIDAD (km/h)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (min)	
			INICIO	FINAL				TOTAL	MÁXIMA
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5,6		16,4	82,7	48,2	30,24	0,01
B	Subida a Guápulo	CCICEV		2,350 lit.	14,0	44,8	37,56	17,7	9,30
C	CCICEV	Subida a Guápulo							
D	Subida a Guápulo	CCICEV							

Observaciones: *Se adjunta copia matricula y especificaciones técnicas*

*Recor: 1345*

<b>TECNICO 1</b>	<b>TECNICO 2</b>	<b>REV. JEFE LAB.</b>
Nombre: <i>K. Vega</i>	Nombre:	Nombre: <i>Giovanny Pillaes</i>
f)	f)	f)

## **Pruebas extra e hidrógeno**

**LABORATORIO DE PRUEBAS**

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS TORQUE - POTENCIA

Código:  
CCICEV/LP/RTP

Rev. 1/1

Página 2 de 2

Solicitud	N°
Fecha:	26/02/2015

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS ESPE
Técnico Responsable CCICEV	ANDRÉS VESINA

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	CHEVROLET	
MODELO	OPTRA 1.8L T/M DESING	
Chasis (VIN) / PLACA N°	9GAGJN523X78076542	
Motor N°	-	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	DELANTERO / TRANSVERSAL
	Cilindrada - N° Cilindros	1796 cc / 4 LINEA
	Max. Potencia (HP/rpm)	119,3 Hp @ 5800 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	169 Nm @ 4400 rpm
	Combustible	ETANOL + HIDROGENO
Transmisión (manual/automática) [N°]	MANUAL (5A+1R) 4TA 1:1	
Kilometraje	14112	
Neumáticos (marca, denominación, presión)	CONTINENTAL, 175/55R15, 350 kPa	

Hora inicio						Hora final
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA						
	Potencia			Torque		
	kW	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1	71,0	95,2	5780		103,5	4160
Prueba 2	70,5	94,6	5595		100,9	4450
Prueba 3	71,8	96,3	5710		103,7	2550
Norma de Corrección						

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre: <i>Andrés Vesina</i>	Nombre: <i>K. Vega</i>	Nombre: <i>Andrés Vesina</i>
f) <i>[Signature]</i>	f) <i>[Signature]</i>	f) LABORATORIO DE PRUEBAS

**RESULTADOS PRUEBAS**  
**TESIS-ESPE**  
**POTENCIA – TORQUE**

Quito, 26 de febrero de 2015

**1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR**

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1. Ficha de especificaciones**

MARCA		CHEVROLET																						
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN																						
Año		2008																						
Placa - Chasis N°		XEC1011-9GAJM523X7B076542																						
Kilometraje		13893																						
	MOTOR	<table border="1"> <tr><td>Marca</td><td>CHEVROLET</td></tr> <tr><td>Posición</td><td>FRONTAL TRANSVERSAL</td></tr> <tr><td>Cilindros</td><td>4 EN LÍNEA</td></tr> <tr><td>Desplazamiento</td><td>1796cc</td></tr> <tr><td>Max. Potencia</td><td>119.3 HP @ 5800 rpm</td></tr> <tr><td>Max Torque</td><td>17.2 Kgm @4400rpm</td></tr> <tr><td>Enfriamiento</td><td>REFRIGERANTE</td></tr> <tr><td>Sistema alimentación</td><td>MPI</td></tr> <tr><td>Tipo de aspiración</td><td>ATMOSFÉRICO</td></tr> <tr><td>Emisiones</td><td>CATALIZADOR Y SENSOR O2</td></tr> <tr><td>Combustible</td><td>EXTRA + HIDROGENO</td></tr> </table>	Marca	CHEVROLET	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	Cilindros	4 EN LÍNEA	Desplazamiento	1796cc	Max. Potencia	119.3 HP @ 5800 rpm	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	Enfriamiento	REFRIGERANTE	Sistema alimentación	MPI	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	Emisiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2	Combustible	EXTRA + HIDROGENO
	Marca	CHEVROLET																						
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL																						
	Cilindros	4 EN LÍNEA																						
	Desplazamiento	1796cc																						
	Max. Potencia	119.3 HP @ 5800 rpm																						
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm																						
	Enfriamiento	REFRIGERANTE																						
	Sistema alimentación	MPI																						
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO																						
Emisiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2																							
Combustible	EXTRA + HIDROGENO																							
Transmisión		MANUAL (5+1R)																						
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO																						
Relación de transmisión directa		4º 1.000																						
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15																						

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla 2. Resultados de Potencia

	Potencia (kW)	Potencia (HP)	RPM
Medición 1	71,0	100,4	5780
Medición 2	70,5	99,7	5595
Medición 3	71,8	98,4	5710
<b>PROMEDIO</b>	<b>71,1</b>	<b>99,5</b>	<b>5695</b>

Tabla 3. Resultados de Torque

	Torque (Nm)	Torque (Lbf-ft)	RPM
Medición 1	140,3	103,5	4160
Medición 2	136,8	100,9	4450
Medición 3	140,6	103,7	2550
<b>PROMEDIO</b>	<b>139,2</b>	<b>102,7</b>	<b>3720</b>

Atentamente,



Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TCNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV**



ANEXOS



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

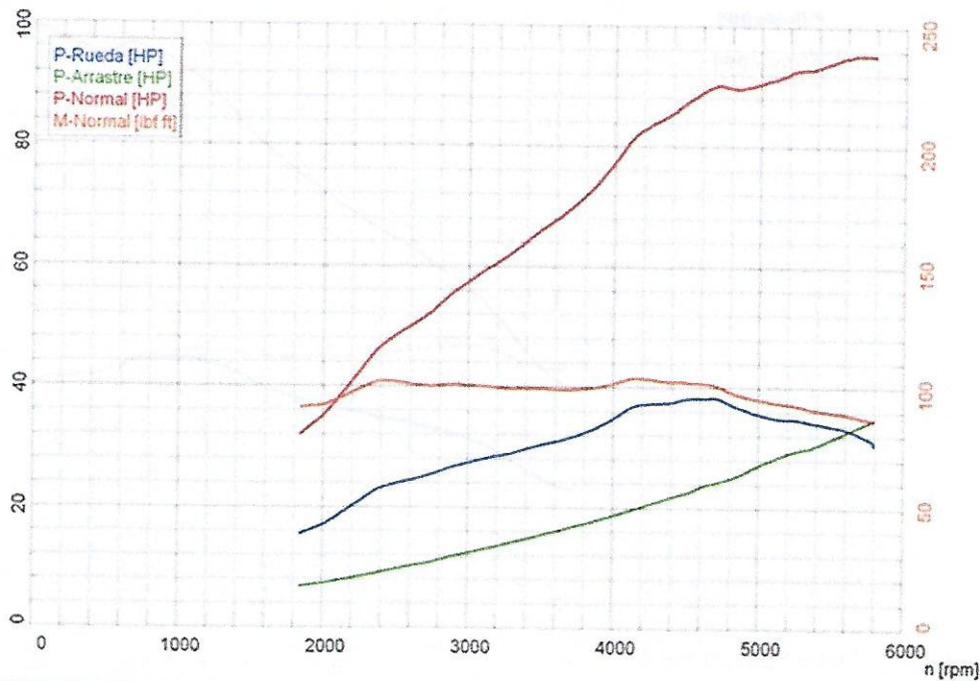
Vehículo: CHEVROLET OPTRA1.8LXEC1011  
Matricula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: A URBINA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE 2  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 26.02.2015 (9.48)

Página 1



Valores de potencia		Valores del ambiente	
Potencia normal <sup>1)</sup>	P <sub>Normal</sub> 95,2 HP / 71,0 KW	Temperat. ambiente	T <sub>Ambiente</sub> 68,5 F
Potencia motor	P <sub>Mot</sub> 66,0 HP / 49,2 KW	Temperat. aire aspirado	T <sub>Aire aspirado</sub> 75,2 F
Potencia ruedas	P <sub>Rueda</sub> 31,3 HP / 23,4 KW	Humedad relativa del aire	H <sub>Aire</sub> 46,2 %
Potencia arrastre	P <sub>Arrastre</sub> 34,6 HP / 25,8 KW	Presión del aire	P <sub>Aire</sub> 738,9 hPa
Potencia máx.	5780 rpm / 96,1 mph	Presión del vapor	P <sub>Vapor</sub> 11,0 hPa
Par <sup>1)</sup>	M <sub>Normal</sub> 103,5 lbf ft	Temperat. del aceite	T <sub>Aceite</sub> 206,5 F
Par máx.	4150 rpm / 69,1 mph	Temperat. carburante	T <sub>Carburante</sub> --- F
RPM máx. alcanzado	5795 rpm / 96,3 mph		

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección Q<sub>v</sub> = 0,00 %

Deslizamiento		Masa rotatoria	
Velocidad sin carga	V <sub>sin carga</sub> --- mph	Accl. media en P. de inercia 1	a <sub>1</sub> --- mph/s
Núm. de RPM sin carga	n <sub>sin carga</sub> --- rpm	Fza. frenado en P. de inercia 1	F <sub>1</sub> --- lbf
Velocidad plena carga	V <sub>plena carga</sub> --- mph	Accl. media en P. de inercia 2	a <sub>2</sub> --- mph/s
Núm. de RPM plena carga	n <sub>plena carga</sub> --- rpm	Fza. frenado en P. de inercia 2	F <sub>2</sub> --- lbf
Deslizamiento	--- %	Fuerza de la masa rotatoria	F <sub>rot total</sub> --- lbf
		Masa rotatoria total	m <sub>rot total</sub> 1664,3 lb
		Masa rotatoria LPS	m <sub>rot LPS</sub> 1532,0 lb
		Masa rotatoria del vehículo	m <sub>rot vehículo</sub> 132,3 lb

LPS 3000 LKW v 1.09.001 (16.02.2007)

(100/00000000/0000/0000)

LPS-EURO v1.24.001

Medición 1. Ensayo Torque y Potencia



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF. 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

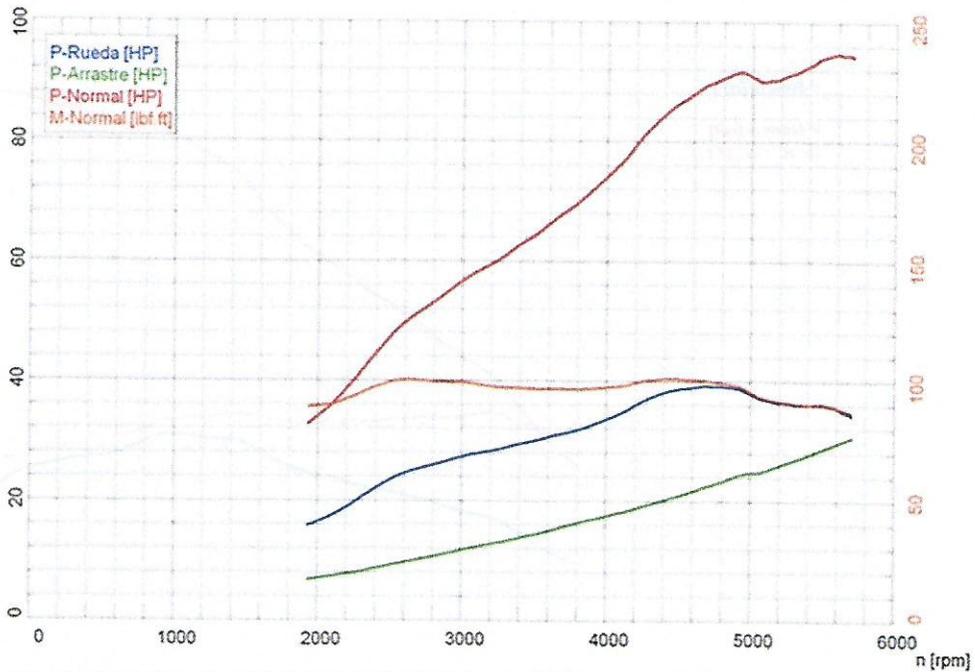
Vehículo: CHEVROLET OPTRA1 8LXEC1011  
Matrícula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: A URBINA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE 4  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 26.02.2015 (10.05)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	94.6 HP / 70.5 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	65.1 HP / 48.5 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	35.5 HP / 26.5 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	29.6 HP / 22.0 kW
Potencia máx.		5595 rpm / 89.1 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	100.9 lb ft
Par máx.		4450 rpm / 70.9 mph
RPM máx. alcanzado		5700 rpm / 90.8 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349

Factor de corrección  $Q_p = 0.00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	72.0 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	76.6 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	52.5 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	738.9 hPa
Presión del vapor	$P_{vapor}$	14.0 hPa
Temperat. del aceite	$T_{aceite}$	203.0 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---- F

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin\ carga}$	---- mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	---- rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena\ carga}$	---- mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	---- rpm
Deslizamiento		---- %

**Masa rotatoria**

Accl. media en P de inercia 1	$a_1$	---- mph/s
Fza frenado en P de inercia 1	$F_1$	---- lbf
Accl. media en P de inercia 2	$a_2$	---- mph/s
Fza frenado en P de inercia 2	$F_2$	---- lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot\ total}$	---- lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot\ total}$	1664.3 lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot\ LPS}$	1532.0 lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot\ vehiculo}$	132.3 lb

LPS 3000 LKW V 1 09 001 (16.02.2007)

(10000000000000000000)

LPS-EURO V1 24 001

**Medición 2. Ensayo Torque y Potencia**



AV TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF. 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

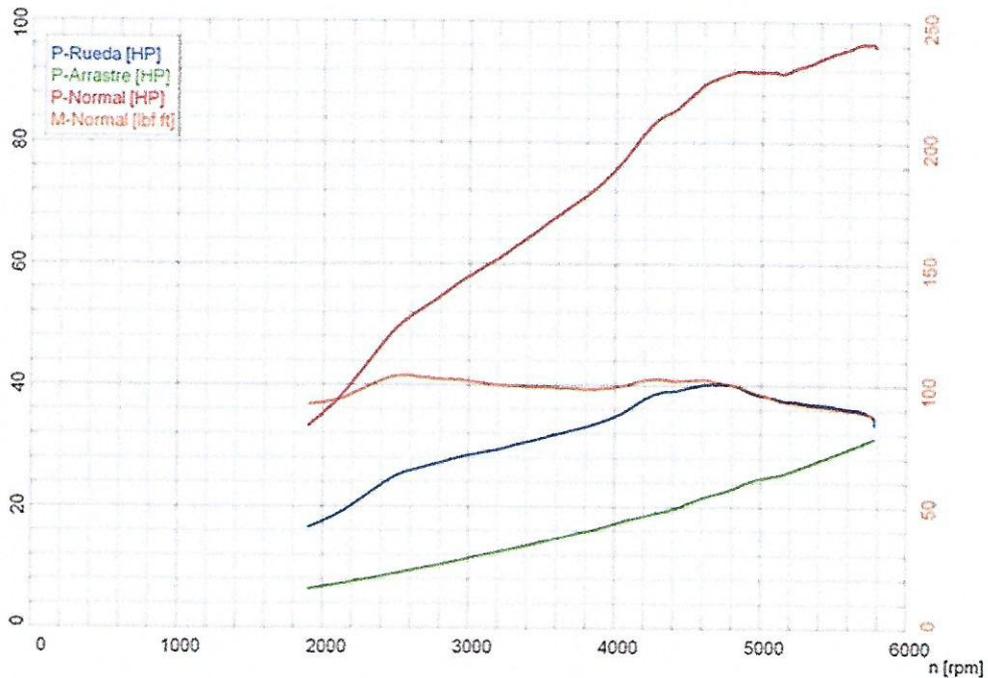
Vehículo: CHEVROLET OPTRA1.8LXEC1011  
Matricula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: A URBINA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE 5  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 26.02.2015 (10:11)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	96.3 HP / 71.8 kW
Potencia motor	$P_{Motor}$	66.2 HP / 49.4 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	35.6 HP / 26.6 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	30.6 HP / 22.8 kW
Potencia máx		5710 rpm / 92.2 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	103.7 lb-ft
Par máx.		2550 rpm / 41.1 mph
RPM máx. alcanzado		5780 rpm / 93.3 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección  $Q_p = 0.00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat ambiente	$T_{Ambiente}$	72.7 F
Temperat aire aspirado	$T_{Aire aspirado}$	76.8 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	52.7 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	738.9 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	14.4 hPa
Temperat del aceite	$T_{Aceite}$	203.0 F
Temperat carburante	$T_{Carburante}$	--- F

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin carga}$	--- mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin carga}$	--- rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena carga}$	--- mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena carga}$	--- rpm
Deslizamiento		--- %

**Masa rotatoria**

Accl media en P. de inercia 1	$a_1$	--- mph/s
Fza frenado en P. de inercia 1	$F_1$	--- lbf
Accl media en P. de inercia 2	$a_2$	--- mph/s
Fza frenado en P. de inercia 2	$F_2$	--- lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rototal}$	--- lbf
Masa rotatoria total	$m_{rottotal}$	1664.3 lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rotLPS}$	1532.0 lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rotvehiculo}$	132.3 lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(10000000000000000000)

LPS-EURO V1 24.001

**Medición 3. Ensayo Torque y Potencia**

LABORATORIO DE PRUEBAS  
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO

Código: CCICEV/LP/RGC-O  
Rev. 1/1  
Página 1 de 4

**CCICEV**

LABORATORIO DE PRUEBAS  
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO

Código: CCICEV/LP/RGC-O  
Rev. 1/1  
Página 2 de 4

**CCICEV**

Nombre de Solicitante / Empresa  
Tesis ESPE

Técnico Responsable  
A. URDINA

Solicitud Nº

Fecha: 26/02/2015

DATOS GENERALES DEL VEHICULO

MARCA CHEVROLET

MODELO OPTRA 1.8L 57M DE 2006

Nº Chasis (VIN) / PLACA 9GAGJM523X3G0765212 (XEC1011)

Nº Motor

Motor (Datos del fabricante)  
Posición Delantero - Transversal  
Cilindros 4 en línea - 1796 cc

Max. Potencia (HP/rpm) 119 3100 @ 5900 rpm

Max. Torque (N.m/rpm) 169 Nm @ 4400 rpm

Combustible XTREMA + MILDROBENDO

Transmisión (manual/automática) [Nº] Manual (5 AT 1.8)

Kilometraje

Neumáticos (marca, denominación, presión) Continental 175/55R15 - 350Kpa

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

PRUEBAS DINÁMICAS - CICLO ASM

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15
CO (%V)						
CO <sub>2</sub> (%V)						
HC (ppm)						
O <sub>2</sub> (%V)						
NOX (ppm)						
λ						
RPM						
T aceite °C						

RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES

PRUEBAS ESTÁTICAS - NTE INEN 2204

Parámetros	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta	ralentí	rpm alta
CO (%V)	0,84	0,97	0,66	0,78	0,68	0,77
CO <sub>2</sub> (%V)	13,50	13,40	13,30	13,20	13,30	13,20
CO <sub>corr</sub> (%V)	0,88	0,95	0,71	0,84	0,73	0,83
HC (ppm)	284	196	278	213	301	219
O <sub>2</sub> (%V)	1,13	1,57	1,10	1,13	1,10	1,43
λ	1,013	1,028	1,021	1,023	1,020	1,028
RPM	810	2530	800	2390	810	2440
T aceite °C	94	94	92	92	92	92

Observaciones:

TECNICO 1 Nombre: K. Usga

TECNICO 2 Nombre: Ansoy Mosini

LABORATORIO DE PRUEBAS

Observaciones:



**LABORATORIO DE PRUEBAS**

**REGISTRO DE DATOS DE CONSUMO  
COMBUSTIBLE EN RUTA**



Código:  
**CCICEV/LP/RCC**

Rev. 1/1

Página 1 de 2

<b>Solicitud</b>	<b>N°</b>
<b>Fecha:</b>	26/02/2015

<b>Nombre de Solicitante / Empresa</b>	TESIS ESPE
<b>Técnico Responsable CCICEV</b>	K. Vega

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
<b>MARCA</b>	CHEVROLET	
<b>MODELO</b>	OPTRA 1.8L TM DESING	
<b>Chasis (VIN) / PLACA N°</b>	9BATH523X7B076542 (CEX1011)	
<b>Motor N°</b>		
<b>Año</b>		
<b>Motor</b> (Datos del fabricante)	<b>Posición</b>	Delantero Transversal
	<b>Cilindrada - N° Cilindros</b>	4 en línea - 1796cc
	<b>Max. Potencia (HP/rpm)</b>	119,3 Hp @ 5800 rpm
	<b>Max Torque (N.m/rpm)</b>	169 Nm @ 4200 rpm
	<b>Combustible</b>	EXTRA + HIDROGENO
<b>Transmisión (manual/automática) [N°]</b>	Manual (5A + 1R)	
<b>Kilometraje inicio - final</b>	14149      14179	
<b>Neumáticos (marca, denominación, presión)</b>	Continental 175/55 R15 - 350 Kper	

<b>Hora inicio</b>	2:19	<b>Hora final</b>	3:30						
<b>Altura inicio (CCICEV)</b>	2762	<b>Altura final (Guápulo)</b>	2865						
TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE [lit]		DISTANCIA (km)	VELOCIDAD (km/h)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (min)	
			INICIO	FINAL				TOTAL	MÁXIMA
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5		16,4	95,3	44,2	22,07	3,04
B	Subida a Guápulo	CCICEV		2,150	14,0	53,2	18,9	34,59	9,30
C	CCICEV	Subida a Guápulo							
D	Subida a Guápulo	CCICEV							

Observaciones:

<b>TECNICO 1</b>	<b>TECNICO 2</b>	<b>REV. JEFE LAB.</b>
Nombre: K. Vega	Nombre:	Nombre:
f)	f)	f) LABORATORIO DE PRUEBAS

## **Pruebas súper e hidrógeno**

**LABORATORIO DE PRUEBAS**

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS TORQUE - POTENCIA

Código:  
CCICEV/LP/RTP

Rev. 1/1

Página 2 de 2

Solicitud	N°
Fecha:	25/02/2015

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS
Técnico Responsable CCICEV	K. Vega

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	CHEVROLET	
MODELO	OPTRA 1.8L TIM DESIGN	
Chasis (VIN) / PLACA N°	9BAST523X7B026542 (XEC1011)	
Motor N°		
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero transversal
	Cilindrada - N° Cilindros	4 en línea - 1796cc.
	Max. Potencia (HP/rpm)	119,3Hp @ 5800rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	169 Nm @ 4400 rpm
	Combustible	SUPER + HIDROGENO
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5A+1R)	
Kilometraje	13973.	
Neumáticos (marca, denominación, presión)	Continental 175/55R15 - 350 kpa.	

Hora inicio	Hora final					
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA						
	Potencia			Torque		
	kW	hp	rpm	Nm	lbf.ft	rpm
Prueba 1	74,9	100,4	5855		100,3	4315
Prueba 2	74,3	99,7	6040		99,7	4360
Prueba 3	73,4	98,4	6045		99,9	4390
Norma de Corrección						

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TECNICO 1	TECNICO 2	RECIBIDO LABORATORIO DE PRUEBAS
Nombre: K. Vega	Nombre:	Nombre: <i>[Firma]</i>
f) <i>[Firma]</i>	f)	f)

## RESULTADOS PRUEBAS

### TESIS-ESPE

### POTENCIA – TORQUE

Quito, 25 de febrero de 2015

#### 1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1.** Ficha de especificaciones

MARCA		CHEVROLET	
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
Año		2008	
Placa - Chasis N°		XEC1011-9GAJM523X7B076542	
Kilometraje		13893	
	MOTOR	Marca	CHEVROLET
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	
	Cilindros	4 EN LÍNEA	
	Desplazamiento	1796cc	
	Max. Potencia	119.3 HP @ 5800 rpm	
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	
	Enfriamiento	REFRIGERANTE	
	Sistema alimentación	MPI	
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
	Emisiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2	
Combustible	SUPER + HIDROGENO		
Transmisión		MANUAL (5+1R)	
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO	
Relación de transmisión directa		4º 1.000	
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15	

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

**Tabla 2. Resultados de Potencia**

	Potencia (kW)	Potencia (HP)	RPM
<b>Medición 1</b>	74,9	100,4	5855
<b>Medición 2</b>	74,3	99,7	6040
<b>Medición 3</b>	73,4	98,4	6045
<b>PROMEDIO</b>	<b>74,2</b>	<b>99,5</b>	<b>5980</b>

**Tabla 3. Resultados de Torque**

	Torque (Nm)	Torque (Lbf-ft)	RPM
<b>Medición 1</b>	136,0	100,3	4315
<b>Medición 2</b>	135,2	99,7	4360
<b>Medición 3</b>	135,4	99,9	4390
<b>PROMEDIO</b>	<b>135,5</b>	<b>100,0</b>	<b>4355</b>

Atentamente,



Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TÉCNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV**



ANEXOS



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

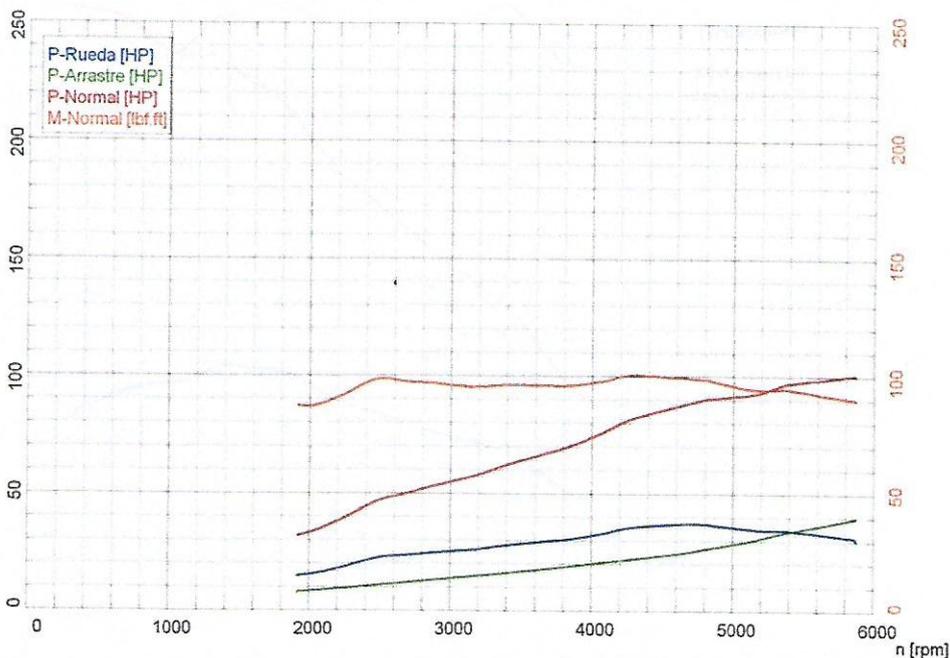
Vehículo: CHEVROLET OPTRA 1.8L XEC10  
Matrícula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: K VEGA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PD SAE 1  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 25.02.2015 (9:12)

Página 1



Valores de potencia		Valores del ambiente	
Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$ 100.4 HP / 74.9 kW	Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$ 65.3 F
Potencia motor	$P_{Mot}$ 70.6 HP / 52.6 kW	Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$ 58.6 F
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$ 31.1 HP / 23.2 kW	Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$ 63.7 %
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$ 39.5 HP / 29.4 kW	Presión del aire	$P_{Aire}$ 739.2 hPa
Potencia máx.	5855 rpm / 93.6 mph	Presión del vapor	$P_{Vapor}$ 13.6 hPa
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$ 100.3 lbf.ft	Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$ 203.0 F
Par máx.	4315 rpm / 69.0 mph	Temperat. carburante	$T_{Carburante}$ --- F
RPM máx. alcanzado	5870 rpm / 93.7 mph		

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección:  $Q_v = 9.00\%$

Deslizamiento		Masa rotatoria	
Velocidad sin carga	$V_{sin\ carga}$ --- mph	Acel. media en P. de inercia 1	$a_1$ --- mph/s
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$ --- rpm	Fza. frenado en P. de inercia 1	$F_1$ --- lbf
Velocidad plena carga	$V_{plena\ carga}$ --- mph	Acel. media en P. de inercia 2	$a_2$ --- mph/s
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$ --- rpm	Fza. frenado en P. de inercia 2	$F_2$ --- lbf
Deslizamiento	--- %	Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$ --- lbf
		Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$ 1664.3 lb
		Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$ 1532.0 lb
		Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehículo}$ 132.3 lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(100:0000:0000:000:0000)

LPS-EURO V1.24.001

Medición 1. Ensayo Torque y Potencia



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

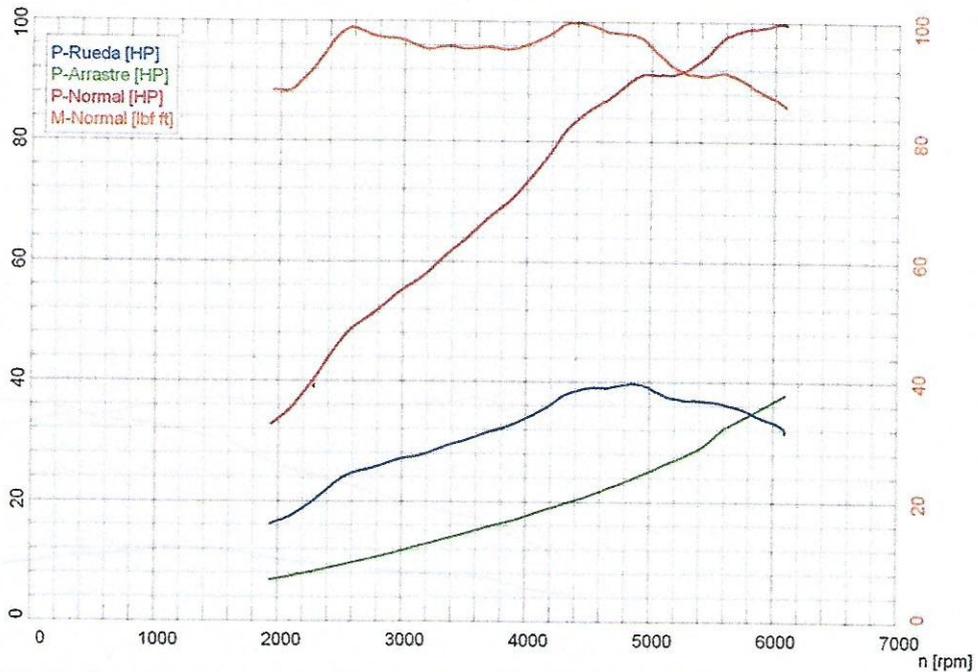
Vehículo: CHEVROLET OPTRA1.8LXEC1011  
Matricula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: K VEGA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE (3)  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 25.02.2015 (9:30)

Página 1



**Valores de potencia**

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	99.7 HP / 74.3 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	69.9 HP / 52.2 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	32.9 HP / 24.5 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	37.1 HP / 27.7 kW
Potencia máx.		6040 rpm / 95.3 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	99.7 lb ft
Par máx.		4360 rpm / 68.8 mph
RPM máx. alcanzado		6095 rpm / 96.3 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección  $Q_v = 0.00\%$

**Valores del ambiente**

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	66.7 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	60.3 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	63.5 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	739.4 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	14.2 hPa
Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$	201.2 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---- F

**Deslizamiento**

Velocidad sin carga	$V_{sin\ carga}$	---- mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin\ carga}$	---- rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena\ carga}$	---- mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena\ carga}$	---- rpm
Deslizamiento		---- %

**Masa rotatoria**

Acel. media en P. de inercia 1	$a_1$	---- mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 1	$F_1$	---- lbf
Acel. media en P. de inercia 2	$a_2$	---- mph/s
Fza. frenado en P. de inercia 2	$F_2$	---- lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	---- lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664.3 lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532.0 lb
Masa rotatoria del vehículo	$m_{rot-vehículo}$	132.3 lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(100:000:0000:000:0000)

LPS-EURO V1.24.001

**Medición 2. Ensayo Torque y Potencia**



AV. TOLEDO S/N Y MADRID  
TELEF: 2902831  
QUITO - ECUADOR



LPS 3000 LKW

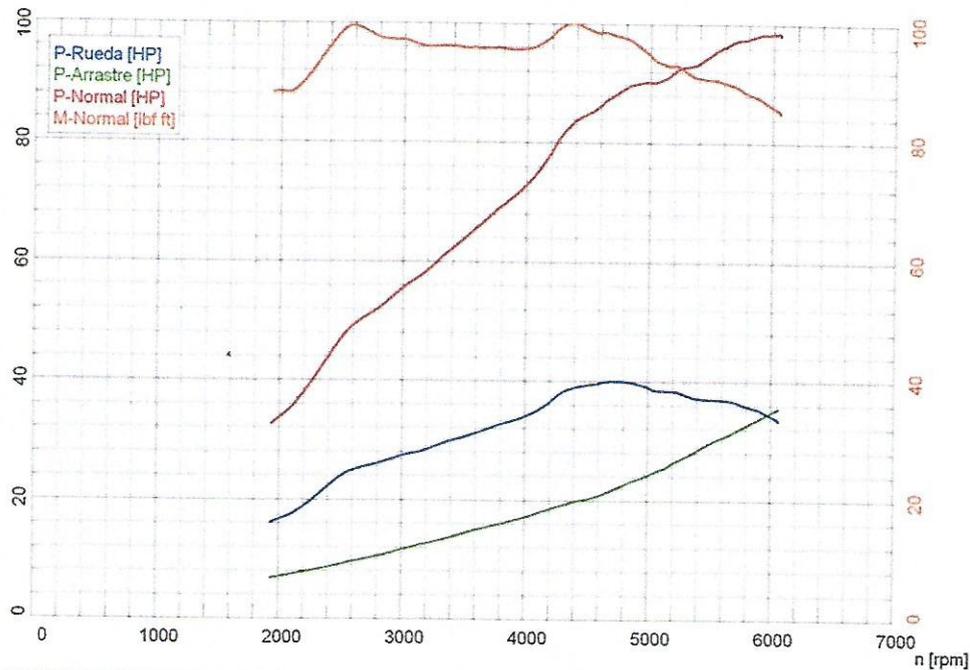
Vehículo: CHEVROLET OPTRA1.8LXEC1011  
Matrícula: 9GAJM523X7B076542  
Probador: K VEGA

Motor Otto / Sin turbo  
Caja Manual

PC SAE (6)  
4TA MARCHA

Fecha de la medición: 25.02.2015 (9:55)

Página 1



Valores de potencia

Potencia normal <sup>1)</sup>	$P_{Normal}$	98.4 HP / 73.4 kW
Potencia motor	$P_{Mot}$	69.0 HP / 51.4 kW
Potencia ruedas	$P_{Rueda}$	33.7 HP / 25.1 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	35.3 HP / 26.3 kW
Potencia máx.		6045 rpm / 95.9 mph
Par <sup>1)</sup>	$M_{Normal}$	99.9 lbf ft
Par máx.		4390 rpm / 69.6 mph
RPM máx. alcanzado		6060 rpm / 96.1 mph

<sup>1)</sup> Corrección según SAE J 1349  
Factor de corrección  $Q_v = 0.00\%$

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	69.1 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire aspirado}$	61.5 F
Humedad relativa del aire	$H_{Aire}$	58.0 %
Presión del aire	$P_{Aire}$	739.4 hPa
Presión del vapor	$P_{Vapor}$	14.1 hPa
Temperat. del aceite	$T_{Aceite}$	203.0 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---

Deslizamiento

Velocidad sin carga	$V_{sin carga}$	---	mph
Núm. de RPM sin carga	$n_{sin carga}$	---	rpm
Velocidad plena carga	$V_{plena carga}$	---	mph
Núm. de RPM plena carga	$n_{plena carga}$	---	rpm
Deslizamiento		---	%

Masa rotatoria

Acel.media en P.de inercia 1	$a_1$	---	mph/s
Fza frenado en P.de inercia 1	$F_1$	---	lbf
Acel.media en P.de inercia 2	$a_2$	---	mph/s
Fza.frenado en P.de inercia 2	$F_2$	---	lbf
Fuerza de la masa rotatoria	$F_{rot-total}$	---	lbf
Masa rotatoria total	$m_{rot-total}$	1664.3	lb
Masa rotatoria LPS	$m_{rot-LPS}$	1532.0	lb
Masa rotatoria del vehiculo	$m_{rot-vehiculo}$	132.3	lb

LPS 3000 LKW V 1.09.001 (16.02.2007)

(100/000/0000/000/0000)

LPS-EURO V1 24.001

Medición 3. Ensayo Torque y Potencia

LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/PIRGC-O	
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO		Rev. 1/1 Página 1 de 4	
CCICEV			

Nombre de Solicitante / Empresa	TESIS ESPE	Solicitud N°	
Técnico Responsable CCICEV	K. Vega	Fecha:	25/02/2015

DATOS GENERALES DEL VEHICULO	
MARCA	CHEVROLET
MODELO	OPTRA 1.8L T/M DESING
N° Chasis (VIN) / PLACA	9MNSH523X7B076542 (RECION)
N° Motor	
Posición	Delantero transversal
Cilindros	4 en línea - 1796cc
Max. Potencia (HP/rpm)	119.3 Hp @ 5800rpm
Max Torque (N.m/rpm)	169 Nm @ 4400rpm
Combustible	SUPER + HIPROCEBO
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5A + 1L)
Kilometraje	3873
Neumáticos (marca, denominación, presión)	Continental 175/55 R15 - 350Kp

Parámetros	RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
	PRUEBAS ESTÁTICAS - NTE INEN 2204					
	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
CO (%V)	0,75	0,69	0,80	0,70	0,83	
CO <sub>2</sub> (%V)	13,60	12,60	12,70	12,60	12,70	
CO <sub>corr</sub> (%V)	0,78	0,78	0,89	0,79	0,92	
HC (ppm)	250	214	269	262	238	
O <sub>2</sub> (%V)	1,21	2,02	1,18	1,08	1,30	
λ	1,025	1,065	1,017	1,021	1,033	
RPM	810	2410	800	2440	810	
T aceite °C	94	94	94	94	94	

Observaciones:

Observaciones:

Observaciones:

---



---

LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/PIRGC-O	
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS GASES CICLO OTTO		Rev. 1/1 Página 2 de 4	
CCICEV			

Parámetros	RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
	PRUEBAS DINÁMICAS - CICLO ASM					
	Medición 1		Medición 2		Medición 3	
CO (%V)	25/25	50/15	25/25	50/15	25/25	50/15
CO <sub>2</sub> (%V)						
HC (ppm)						
O <sub>2</sub> (%V)						
NOX [ppm]						
λ						
RPM						
T aceite °C						

TECNICO 1	TECNICO 2
Nombre: K. Vega	Nombre: Antonio Vesani
<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>

LABORATORIO DE PRUEBAS

	<b>LABORATORIO DE PRUEBAS</b>	<b>CCICEV</b>	Código: <b>CCICEV/LP/RCC</b>
	<b>REGISTRO DE DATOS DE CONSUMO COMBUSTIBLE EN RUTA</b>		Rev. 1/1
			Página 1 de 2

	<b>Solicitud</b>	N°
<b>Nombre de Solicitante / Empresa</b>	TESIS ESPE	
<b>Técnico Responsable CCICEV</b>	K. Vega	
	<b>Fecha:</b>	25/02/2015

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
<b>MARCA</b>	CHEVROLET	
<b>MODELO</b>	OPTRA 1.8L TIM DESIGN	
<b>Chasis (VIN) / PLACA N°</b>	9EASH 523X78076542 (XEC.1011)	
<b>Motor N°</b>		
<b>Año</b>		
<b>Motor</b> (Datos del fabricante)	<b>Posición</b>	Delantero longitudinal
	<b>Cilindrada - N° Cilindros</b>	4 en línea - 1796cc
	<b>Max. Potencia (HP/rpm)</b>	119,3 hp @ 5800 rpm
	<b>Max Torque (N.m/rpm)</b>	169 Nm @ 4400 rpm
	<b>Combustible</b>	SUPER + HIDROGENO
<b>Transmisión (manual/automática) [N°]</b>	Manual (5A + 1R) "4to"	
<b>Kilometraje inicio - final</b>	13893   13923	
<b>Neumáticos (marca, denominación, presión)</b>	Continental 175 / 55 R15 - 350 kpa	

<b>Hora inicio</b>		11:45	<b>Hora final</b>		12:58				
<b>Altura inicio (CCICEV)</b>		2843	<b>Altura final (Guápulo)</b>		2800				
TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE [l]		DISTANCIA (km)	VELOCIDAD (km/h)	VELOCIDAD (km/h)	TIEMPO (min)	
			INICIO	FINAL				TOTAL	MÁXIMA
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5		16,4	92,2	47,1	18,21	2,27
B	Subida a Guápulo	CCICEV		2,100	14,1	51,0	16,3	36,51	15,03
C	CCICEV	Subida a Guápulo							
D	Subida a Guápulo	CCICEV							

Observaciones: *Se adjunta copia matricula y especificaciones técnicas*

<b>TECNICO 1</b>	<b>TECNICO 2</b>	<b>REV. JEFE LAB.</b>
Nombre: <i>K. Vega</i>	Nombre:	Nombre: <i>José Carlos Rosales</i>
f)	f)	f) LABORATORIO DE PRUEBAS

## **Informe técnico extra**

Quito, 26 de febrero de 2015

## RESULTADOS PRUEBAS TESIS-ESPE

### 1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1. Ficha de especificaciones**

MARCA		CHEVROLET	
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
Año		2008	
Placa - Chasis N°		XEC1011-9GAJM523X7B076542	
Kilometraje		14149	
	MOTOR	Marca	CHEVROLET
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	
	Cilindros	4 EN LÍNEA	
	Desplazamiento	1796cc	
	Max. Potencia	119,3 HP @ 5800 rpm	
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	
	Enfriamiento	REFRIGERANTE	
	Sistema alimentación	MPI	
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
	Emisiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2	
Combustible	EXTRA / EXTRA + HIDRÓGENO		
Transmisión		MANUAL (5+1R)	
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO	
Relación de transmisión directa		4º 1.000	
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15	

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

**Tabla 2. Resultados obtenidos en la Prueba Estática (Gasolina extra)**

PARÁMETRO	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		PROMEDIO	
	Ralentí	Aceleración en alta						
CO (%V)	0,65	0,71	0,83	1,15	0,90	0,82	0,79	0,89
CO <sub>2</sub> (%V)	12,00	12,00	13,40	12,60	13,00	13,30	12,80	12,63
COcorr	0,77	0,84	0,87	1,25	0,97	0,87	0,87	0,99
HC (ppm)	275	227	353	648	293	264	307,00	379,67
O <sub>2</sub> (%V)	3,51	3,95	1,42	3,99	2,40	2,11	2,44	3,35
λ	1,157	1,181	1,029	1,135	1,079	1,068	1,088	1,128
RPM	780	2500	820	2550	820	2520	806,7	2523

**Tabla 3. Resultados obtenidos en la Prueba Estática (Gasolina extra+ % Hidrógeno)**

PARÁMETRO	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		PROMEDIO	
	Ralentí	Aceleración en alta						
CO (%V)	0,84	0,91	0,66	0,78	0,68	0,77	0,73	0,82
CO <sub>2</sub> (%V)	13,50	13,40	13,30	13,20	13,30	13,20	13,37	13,27
COcorr	0,88	0,95	0,71	0,84	0,73	0,83	0,77	0,87
HC (ppm)	284	196	298	217	301	219	294	211
O <sub>2</sub> (%V)	1,13	1,51	1,10	1,13	1,10	1,43	1,11	1,36
λ	1,017	1,038	1,021	1,023	1,020	1,038	1,019	1,033
RPM	810	2530	800	2390	810	2440	806,7	2453

### 1.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

**Tabla 4. Resultados de consumo de combustible (Gasolina extra)**

TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE			DISTANCIA TOTAL (km)	VELOCIDAD	
			INICIO [lit]	FINAL [lit]	CONSUMO		MÁXIMA (km/h)	MEDIA (km/h)
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5	2	3	16,5	77,3	45,4
B	Subida a Guápulo	CCICEV				14,1	43,9	13,5
Rendimiento Tramo A-B (km/gal)		38,611	Rendimiento total (km/gal)			38,611		

**Tabla 5. Resultados de consumo de combustible (Gasolina extra + Hidrógeno)**

TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE			DISTANCIA TOTAL (km)	VELOCIDAD	
			INICIO [lt]	FINAL [lt]	CONSUMO		MÁXIMA (km/h)	MEDIA (km/h)
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5	2,15	2,85	16,4	95,3	412
B	Subida a Guápulo	CCICEV				14	53,2	18,9

Rendimiento Tramo A-B (km/gal)	40,378
Rendimiento Tramo C-D (km/gal)	

<b>Rendimiento total (km/gal)</b>
<b>40,378</b>

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 EMISIONES CONTAMINANTES

**Tabla 6. Resultados comparativos prueba estática**

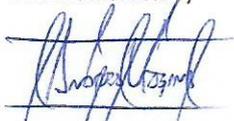
PARÁMETROS	GASOLINA EXTRA		GASOLINA EXTRA + HIDROGENO		LIMITES SEGÚN NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,79	0,89	0,73	0,82	1,00
HC (ppm)	307.00	379.67	294	211	200

#### 3.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

**Tabla 7. Comparación de consumo en ciclo combinado (ciudad-carretera)**

<b>Consumo (Km/gal)</b>	38,611	40,378	4,58%
-------------------------	--------	--------	-------

Atentamente,



Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TECNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACION  
CCICEV**

## **Informe técnico súper**

Quito, 25 de febrero de 2015

## RESULTADOS PRUEBAS TESIS-ESPE

### 1. ESPECIFICACIONES DEL AUTOMOTOR

El automotor se recibió en buenas condiciones, conforme al acta Entrega Recepción CCICEV/RERV.

**Tabla 1. Ficha de especificaciones**

MARCA		CHEVROLET	
MODELO		OPTRA 1.8L T/M DESIGN	
Año		2008	
Placa - Chasis N°		XEC1011-9GAJM523X7B076542	
Kilometraje		13893	
	MOTOR	Marca	CHEVROLET
	Posición	FRONTAL TRANSVERSAL	
	Cilindros	4 EN LÍNEA	
	Desplazamiento	1796cc	
	Max. Potencia	119,3 HP @ 5800 rpm	
	Max Torque	17.2 Kgm @4400rpm	
	Enfriamiento	REFRIGERANTE	
	Sistema alimentación	MPI	
	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
Emissiones	CATALIZADOR Y SENSOR O2		
Combustible	SUPER / SUPER + HIDRÓGENO		
Transmisión		MANUAL (5+1R)	
Tipo de tracción		4X2 DELANTERO	
Relación de transmisión directa		4º 1.000	
Neumáticos		CONTINENTAL 195/55R15	

## 2. DATOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

**Tabla 2. Resultados obtenidos en la Prueba Estática (Gasolina súper)**

PARÁMETRO	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		PROMEDIO	
	Ralentí	Aceleración en alta						
CO (%V)	0,70	0,89	0,67	0,85	0,74	0,87	0,70	0,87
CO <sub>2</sub> (%V)	13,50	13,60	13,60	13,40	13,50	13,40	13,53	13,47
COcorr	0,74	0,92	0,70	0,89	0,78	0,91	0,74	0,91
HC (ppm)	260	155	273	168	262	174	265	166
O <sub>2</sub> (%V)	1,23	1,02	1,15	1,62	1,11	1,43	1,16	1,36
λ	1,028	1,016	1,024	1,046	1,020	1,036	1,024	1,033
RPM	830	2470	820	2540	810	2450	820	2487

**Tabla 3. Resultados obtenidos en la Prueba Estática (Gasolina super+ % Hidrógeno)**

PARÁMETRO	Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3		PROMEDIO	
	Ralentí	Aceleración en alta						
CO (%V)	0,75	0,89	0,69	0,80	0,70	0,83	0,71	0,84
CO <sub>2</sub> (%V)	13,60	13,40	12,60	12,70	12,60	12,70	12,93	12,93
COcorr	0,78	0,93	0,78	0,89	0,79	0,92	0,78	0,91
HC (ppm)	250	214	269	212	262	238	260	221
O <sub>2</sub> (%V)	1,21	2,02	1,18	1,08	1,30	1,04	1,23	1,38
λ	1,025	1,063	1,027	1,021	1,033	1,016	1,028	1,033
RPM	810	2410	800	2440	810	2540	807	2463

### 1.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

**Tabla 4. Resultados de consumo de combustible (Gasolina súper)**

TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE			DISTANCIA TOTAL (km)	VELOCIDAD	
			INICIO [lit]	FINAL [lit]	CONSUMO		MÁXIMA (km/h)	MEDIA (km/h)
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5	2,35	2,65	16,4	82,7	48,2
B	Subida a Guápulo	CCICEV				14	44,8	37,56

Rendimiento Tramo A-B (km/gal)	43,425
--------------------------------	--------

Rendimiento total (km/gal)	43,425
----------------------------	--------

**Tabla 5. Resultados de consumo de combustible (Gasolina súper + Hidrógeno)**

TRAMOS	INICIO	FINAL	CONSUMO DE COMBUSTIBLE			DISTANCIA TOTAL (km)	VELOCIDAD	
			INICIO [lt]	FINAL [lt]	CONSUMO		MÁXIMA (km/h)	MEDIA (km/h)
A	CCICEV	Subida a Guápulo	5	2,1	2,9	16,4	92,2	47,1
B	Subida a Guápulo	CCICEV				14,1	51	16,3

Rendimiento Tramo A-B (km/gal)	39,812	<b>Rendimiento total (km/gal)</b> <b>39,812</b>
Rendimiento Tramo C-D (km/gal)		

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 EMISIONES CONTAMINANTES

**Tabla 6. Resultados comparativos prueba estática**

PARÁMETROS	GASOLINA SUPER		GASOLINA SUPER + HIDROGENO		LIMITES SEGÚN NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,70	0,87	0,71	0,84	1,00
HC (ppm)	265	166	260	221	200

#### 3.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE

**Tabla 7. Comparación de consumo en ciclo combinado (ciudad-carretera)**

<b>Consumo (Km/gal)</b>	43,425	39,812	-8,32%
-------------------------	--------	--------	--------

Atentamente,



Ing. Andrés Urbina

**RESPONSABLE TECNICO DE LABORATORIO Y PROYECTOS DE INVESTIGACION  
CCICEV**

## **ANEXO E**

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002**

**(Primera Revisión); Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores.**

**Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles  
terrestres de gasolina**



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 204:2002  
(Primera Revisión)**

---

---

## **GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.**

**Primera Edición**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS PRODUCED BY  
GASOLINE ROAD MOVABLE SOURCES.

First Edition

---

**DESCRIPTORES:** Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes,  
requisitos.

MC 08.06-401  
CDU: 621.43.068.4  
CIU: 3530  
ICS: 13.040.50

<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</b>	<b>GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.</b>	<b>NTE INEN 2 204:2002 Primera revisión 2002-09</b>
--	---	---

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.

### 2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, según lo definido en los numerales 3.24 y 3.25.

2.2 Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustible diferentes a gasolina.

2.3 Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

### 3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

**3.1 Año modelo.** Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.

**3.2 Área frontal.** Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye llantas pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.

**3.3 Certificación de la casa fabricante.** Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.

**3.4 Ciclo.** Es el tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

**3.5 Ciclos de prueba.** Un ciclo de prueba es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

**3.5.1 Ciclo ECE-15 + EUDC.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, de diesel o gasolina, definidos en la directiva 93/59/EEC.

**3.5.2 Ciclo FTP-75.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, de gasolina o diesel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.

(Continúa)

DESCRIPTORES. Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes, requisitos

**3.5.3 Ciclo transiente pesado).** Es el ciclo de prueba de estado transitorio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para la medición de emisiones de motores diesel y gasolina utilizados en vehículos pesados y el cual se encuentra especificados en el Código Federal de Regulaciones de ese país, CFR, título 40, partes 86 a 99, subparte N.

**3.6 Dinamómetro.** Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

**3.7 Emisión de escape.** Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

**3.8 Emisiones evaporativas.** Es la descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

**3.9 Equipo de medición.** Es el conjunto completo de dispositivos, incluyendo todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

**3.10 Fuente móvil.** Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

**3.11 Homologación.** Es el reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

**3.12 Informe técnico.** Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

**3.13 Marcha mínima o ralentí.** Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 r.p.m.

**3.14 Masa máxima.** Es la masa equivalente al peso bruto del vehículo.

**3.15 Método SHED.** Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones evaporativas en vehículos de gasolina mediante la recolección de estas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED son las siglas correspondientes al nombre de dicho método (Sealed Housing for Evaporative Determination). Los procedimientos, equipos y métodos de medición utilizados se encuentran consignados en el Código Federal de Regulaciones en los Estados Unidos, partes 86 y 99; o en las directivas 91/441 EEC y 93/59 EEC.

**3.16 Motor.** Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

**3.17 Peso bruto del vehículo.** Es el peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

**3.18 Peso neto del vehículo.** Es el peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque.

**3.19 Peso de referencia.** Es el peso neto del vehículo más 100 kg.

**3.20 Peso del vehículo cargado.** Es el peso neto del vehículo más 136,08 kg (300 lb).

(Continúa)

**3.21 Prueba estática.** Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

**3.22 Prueba dinámica.** Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la presente norma.

**3.23 Temperatura normal de operación.** Es aquella que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

**3.24 Vehículo automotor.** Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

**3.25 Vehículo o motor prototipo o de certificación.** Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

#### 4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores:

**4.1** Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), la siguiente clasificación se aplica únicamente para los ciclos de prueba FTP-75 y ciclo transiente pesado:

**4.1.1 Vehículo liviano.** Es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros.

**4.1.2 Vehículo mediano.** Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor o igual a 3 860 kg, cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2 724 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m<sup>2</sup>. Este vehículo debe estar diseñado para:

**4.1.2.1** Transportar carga o para convertirse en un derivado de vehículos de este tipo

**4.1.2.2** Transportar más de 12 pasajeros

**4.1.2.3** Ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales.

**4.1.3 Vehículo pesado.** Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto del vehículo sea superior a 3 860 kg, o cuyo peso neto del vehículo sea superior a 2 724 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m<sup>2</sup>.

**4.2** Según La Unión Europea, la siguiente clasificación se aplica únicamente para el ciclo de prueba ECE-15 + EUDC.

**4.2.1 Categoría M.** Vehículos automotores destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

**4.2.1.1 Categoría M1.** Vehículos automotores destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

**4.2.2 Categoría N.** Vehículos automotores destinados al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

**4.2.2.1 Categoría N1.** Vehículos automotores destinados al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.

(Continúa)

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

**5.1** Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

**5.2** Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

**5.3** La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

## 6. REQUISITOS

**6.1** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

**6.1.1** Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).**

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

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

**6.2** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

**6.2.1** Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

(Continúa)

**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)\* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).**

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 = < 6 350		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
	> 6 350		37,1	1,9	5,0		4

\* prueba realizada a nivel del mar

\*\* en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

**6.3** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

**6.3.1** Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) \* a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)**

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 <sup>(1)</sup>	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 <sup>(2)</sup> , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 < 1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

\* Prueba realizada a nivel del mar

<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas

<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

## 7. MÉTODO DE ENSAYO

**7.1** Determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralenti.

**7.1.1** Seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 203.

(Continúa)

**APÉNDICE Z****Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:1998 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones del escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.*

**Z.2 BASES DE ESTUDIO**

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 056. *Metrología. Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales.* Quito, 1998.

Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

EPA 94: *Code of Federal Regulations Protection of Environment 40. Part 86 (Revised as of July 1, 1996) Control of air pollution from new and in-use motor vehicles and new and in-use motor vehicle engines: certification and test procedures: 86.090-8 Emission standards for 1990 and later model year light - duty vehicles (Diesel and gasoline); 86.091.9 Emission standards for 1991 and later model year light - duty trucks (diesel and gasoline); 86-091-10. Emission standards for 1991 and later model year otto - cycle heavy - duty engines and vehicles (gasoline).* U.S Environmental Protection Agency, EPA. Washington D.C., 1996.

EURO II: *Community Directive (Directive 88/77/EEC). Regulación 49, gaseous pollutants. Truck and buses > 3,5 Ton. EEC regulation for small utilite records. Enforcement date: 01.10.1993 new models, 01.10.1994 new vehicles.* European Economic Community. Brussels. 1996.

Normas para la protección y el control de la calidad del aire: *Resolución 005 de 1995-01-09, Resolución 1619 de 1995-12-21, Resolución 1351 de 1995-11-14, Resolución 898 de 1995-08-23 - Adicionada por la Resolución 125 de 1996-03-19, Decreto 948 de 1995-06-05 - Modificado por el Decreto 2107 de 1995-11-30.* Ministerio del Medio Ambiente de la República de Colombia. Bogotá, 1996.

Decreto 2673: *Normas sobre Emisiones de fuentes móviles. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.* República de Venezuela. Caracas, 1998.

*Proyecto de reglamentación para control de emisiones para vehículos automotores en el Distrito Metropolitano de Quito.* Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, CINAIE - Asociación Ecuatoriana Automotriz del Interior, AEADI, Quito, 1998.

*Exhaust Emissions, Standards, Regulations and Measurement of Exhaust emissions and Calculation of fuel consumption based on the Exhaust emission test - Passenger cars; Mercedes Benz.* Alemania, 1997.

*Vehicle Emissions Study, Kiyoshi Yuki - Overseas Regulation & Compliance Department, Engineering Administration Division, Toyota Motor Corporation.* Tokyo, 1995.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2 204 (Primera Revisión)	<b>TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIÓN PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.</b>	<b>Código:</b> MC 08.06-401
---	---	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2000-09-11/2001-11-19	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-12-08 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 98163 de 1998 - 12 - 17 publicado en el Registro Oficial No. 100 de 1 999 - 01 - 04  Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Comité Interno del INEN:  
Fecha de iniciación: 2 000-09-11  
Intrgrantes del Comité Interno del INEN. \_\_\_\_\_ Fecha de aprobación: 2 000-09-11

### NOMBRES:

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)  
Ing. Enrique Troya  
  
Sr. Guido Reyes  
  
Fis. René Chanchay  
  
Ing. Marco Narváez  
Ing. Rafael Aguirre  
Dra. Beatriz Cañizares  
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

SUBDIRECTOR TÉCNICO  
DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AL  
CONSUMIDOR  
DIRECCIÓN DE DESARROLLO Y  
CERTIFICACIÓN  
DIRECCIÓN DE ASEGURAMIENTO  
METROLÓGICO  
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA  
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN  
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN ANALÍTICA  
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

### 2001-11-20

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)  
  
Ing. Gustavo Jiménez  
  
Tlgo. Francisco Cevallos  
  
Arq. Francisco Ramírez  
Sr. Marco Proaño  
  
Ing. Guillermo Layedra (Secretario Técnico)

DIRECTOR TÉCNICO DEL ÁREA DE  
SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
DIRECTOR TÉCNICO DEL AREA DE  
NORMALIZACIÓN  
ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:  
ENSAYOS DE CALIBRACIÓN  
ÁREA DE CERTIFICACIÓN: PRODUCTOS  
ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:  
ENSAYOS FÍSICOS  
REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2 204:1999

♦<sup>9</sup> La NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución del Directorio del INEN No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2002-04-17

Oficializada como: Obligatoria  
Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30

Por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18

**ANEXO F**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO**