



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DEL  
COMBUSTIBLE ECOPAIS A UNA ALTURA MAYOR DE  
2500 MSNM Y SU COMPARATIVA CON EL  
COMBUSTIBLE EXTRA Y E10”**

**PARADA RUIZ ESTEEVEN PAÚL  
VILLALBA RAMÍREZ RAFAEL ANDRÉS**

# **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

# **INGENIERO DE AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2016**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2015-11-18

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**PARADA RUIZ ESTEEVEN PAÚL  
VILLALBA RAMÍREZ RAFAEL ANDRÉS**

Titulado:

**“EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DEL COMBUSTIBLE ECOPAIS A  
UNA ALTURA MAYOR DE 2500 MSNM Y SU COMPARATIVA CON EL  
COMBUSTIBLE EXTRA Y E10”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Juan Castelo Valdivieso  
**DIRECTOR**

---

Ing. Freddy Colcha Guashpa  
**ASESOR**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** PARADA RUIZ ESTEEVEN PAÚL

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DEL COMBUSTIBLE ECOPAIS A UNA ALTURA MAYOR DE 2500 MSNM Y SU COMPARATIVA CON EL COMBUSTIBLE EXTRA Y E10”

**Fecha de Examinación:** 2016-05-25

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Juan Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Freddy Colcha Guashpa <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VILLALBA RAMÍREZ RAFAEL ANDRÉS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: “EVALUAR EL COMPORTAMIENTO DEL COMBUSTIBLE ECOPAIS A UNA ALTURA MAYOR DE 2500 MSNM Y SU COMPARATIVA CON EL COMBUSTIBLE EXTRA Y E10”**

**Fecha de Examinación: 2016-05-25**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Juan Castelo Valdivieso <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Freddy Colcha Guashpa <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Oswaldo Pérez Rodríguez  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Parada Ruiz Esteeven Paúl**

---

**Villalba Ramírez Rafael Andrés**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Parada Ruiz Esteeven Paúl y Villalba Ramírez Rafael Andrés, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Parada Ruiz Esteeven Paúl**  
Cédula de Identidad: 060405311-6

---

**Villalba Ramírez Rafael Andrés**  
Cédula de Identidad: 190051624-4

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Olguita, Quien ha sido el pilar fundamental en mi vida y por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre, José, por los ejemplos de perseverancia, constancia y amor que lo caracterizan y que me ha infundado siempre.

A mis hermanos Javier y Saúl por ser ejemplo de hermanos mayores y por los consejos que me han impartido, a mi abuelito Ricardo que nos dejó cuando empezábamos a realizar este trabajo, momento en el que sentí se iba una parte de mi corazón, te extraño mucho; a mis familiares, a todos quienes creyeron y me apoyaron de una u otra forma para alcanzar esta meta de mi vida

**Esteeven Paúl Parada Ruiz**

El presente Trabajo de Titulación quiero dedicar a mi Padre Rafael Villalba quien es una persona que me ha enseñado con el ejemplo y de la cual he aprendido que las cosas con esfuerzo y dedicación se las consigue, que no todo es fácil pero si posible, a mi Madre Jeaninne Ramírez que me ha inculcado que sobre todas las cosas esta Dios y con Él puedo lograr lo que me proponga.

A mi esposa Andrea Sedamanos y mi hijo Rafael Isaac, quienes han sido mi motivación para que día a día siga adelante y sea un ejemplo para ellos.

A mis familiares quienes con un consejo y apoyo me ayudaron a seguir adelante y que no debo rendirme ante ninguna adversidad.

**Rafael Andrés Villalba Ramírez**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar en sus aulas y ser un profesional.

Al Director y Asesor de este trabajo de titulación quienes con sus conocimientos, su experiencia, me han permitido terminar mis estudios con éxito, también me gustaría agradecer a mis profesores durante toda la carrera quienes han aportado a mi formación profesional.

De igual manera a mi Padre y a mi Madre quienes me han concedido todo el apoyo para la culminación de esta hermosa carrera. A mis hermanos, cuñadas, sobrinos, tíos, primos, amigos, que siempre confiaron en mí.

**Esteeven Paúl Parada Ruiz**

Principalmente quiero dar gracias a Dios quien me da salud para que cada día pueda seguir superándome como ser humano y profesional.

A mis padres Rafael Villalba y Jeaninne Ramírez por el apoyo incondicional en mis estudios básicos, secundarios, universitarios y para realizar el trabajo de titulación, a mis hermanas, hermano y resto de familiares quienes siempre confiaron en mí y que nunca me dejaron de afirmar que lo lograría.

Agradezco al Director del Trabajo de Titulación Ing. Juan Carlos Castelo y a nuestro Asesor Freddy Colcha G., quienes han con su conocimiento y experiencia nos ayudaron a culminar nuestro Trabajo Experimental, deseándoles los mejor en su vida profesional.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Carrera de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

**Rafael Andrés Vallaba Ramírez**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Sistema de inyección de gasolina.....	3
2.2 Partes del sistema de inyección.....	4
2.2.1 <i>Bomba de combustible</i> .....	4
2.2.2 <i>Pre filtro..</i> .....	5
2.2.3 <i>Filtro de combustible..</i> .....	5
2.2.4 <i>Filtro de aire</i> .....	6
2.2.5 <i>Inyectores</i> .....	6
2.2.5.1 <i>Pulso de inyección..</i> .....	6
2.2.6 <i>Unidad de Control Electrónica (ECU)</i> .....	7
2.2.7 <i>Sensor MAP</i> .....	7
2.2.8 <i>Sensor de oxígeno.</i> .....	8
2.2.9 <i>Sensor de temperatura del motor</i> .....	8
2.2.10 <i>Sensor de temperatura de entrada de aire</i> .....	9
2.3 Flex fuel Bosch.....	9
2.4 Factores que Influyen en la pérdida de Potencia del motor.....	11
2.4.1 <i>La densidad del aire.</i> .....	11
2.4.2 <i>Temperatura del ambiente</i> .....	12
2.4.3 <i>Humedad.</i> .....	12
2.4.4 <i>Altitud (presión atmosférica).</i> .....	12
2.5 Combustibles.....	13
2.6 Combustible Extra y Súper.....	14
2.6.1 <i>Propiedades del combustible</i> .....	14
2.6.1.1 <i>Octanaje</i> .....	14
2.6.1.2 <i>Volatilidad.</i> .....	14
2.6.1.3 <i>Poder calorífico</i> .....	14
2.6.1.4 <i>Densidad específica</i> .....	15
2.6.1.5 <i>Viscosidad</i> .....	15
2.6.1.6 <i>Punto de Inflamación</i> .....	15
2.7 Biocombustible.....	15
2.7.1 <i>Gasohol.</i> .....	18
2.7.2 <i>Clases de Gasohol.</i> .....	18
2.7.3 <i>Ecopaís</i> .....	19
2.8 Gases contaminantes.....	20
2.8.1 <i>Monóxido de carbono (CO)</i> .....	20
2.8.2 <i>Hidrocarburos (HC).</i> .....	20
2.8.3 <i>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</i> .....	20

<b>3.</b>	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO Y PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO</b>	
3.1	Pruebas de laboratorio y análisis de los combustibles Extra, Ecopaís y E10... 21	
3.1.1	<i>Equipos a utilizar</i> ..... 21	
3.1.1.1	<i>Destilador Koehler</i> ..... 21	
3.1.1.2	<i>Petrotest</i> ..... 22	
3.1.2	<i>Instrumentos a utilizar</i> ..... 22	
3.1.2.1	<i>Hidrómetro</i> ..... 22	
3.1.2.2	<i>Termómetro</i> ..... 22	
3.1.2.3	<i>Probetas</i> ..... 23	
3.1.2.4	<i>Balón de destilación</i> ..... 23	
3.1.2.5	<i>Alcoholímetro</i> ..... 24	
3.1.3	<i>Obtención de los combustibles</i> .. 24	
3.1.3.1	<i>Combustible Extra</i> ..... 24	
3.1.3.2	<i>Combustible Ecopaís (5% Etanol y 95% Extra)</i> ..... 25	
3.1.3.3	<i>Combustible E10 (10% Etanol y 90% Extra)</i> ..... 25	
3.1.3.4	<i>Mezcla del combustible E10 para pruebas de laboratorio</i> ..... 25	
3.1.4	<i>Pruebas de destilación</i> ..... 26	
3.1.5	<i>Pruebas de densidad</i> ..... 28	
3.1.6	<i>Pruebas de punto de inflamación</i> ..... 30	
3.2	Determinación del torque, potencia y análisis de gases..... 31	
3.2.1	<i>Datos del vehículo</i> ..... 31	
3.2.2	<i>Preparación del vehículo de pruebas</i> ..... 31	
3.2.2.1	<i>Limpieza del tanque de combustible</i> ..... 31	
3.2.2.2	<i>Filtros</i> ..... 32	
3.2.2.3	<i>Limpieza de los inyectores</i> ..... 32	
3.2.2.4	<i>Medición de compresión</i> ..... 33	
3.2.2.5	<i>Presión de bomba de combustible</i> ..... 33	
3.2.2.6	<i>Revisión de los componentes electrónicos</i> ..... 34	
3.2.2.7	<i>Revisión de neumáticos</i> ..... 34	
3.2.3	<i>Equipos, materiales e instrumentos para pruebas de Torque, Potencia y Análisis de Gases</i> ..... 34	
3.2.3.1	<i>Dinamómetro</i> ..... 34	
3.2.3.2	<i>Analizador de gases</i> ..... 35	
3.2.4	<i>Pruebas dinamométricas de Torque y Potencia</i> ..... 38	
3.2.5	<i>Prueba de análisis de gases</i> ..... 42	
3.2.6	<i>Comportamiento de la Gestión electrónica del vehículo con cada uno de los combustibles</i> ..... 44	
3.2.6.1	<i>Monitoreo del combustible Extra con el scanner</i> ..... 44	
3.2.6.2	<i>Monitoreo del combustible Extra con el osciloscopio</i> ..... 45	
3.2.6.3	<i>Monitoreo del combustible Ecopaís con el scanner</i> ..... 45	
3.2.6.4	<i>Monitoreo del combustible Ecopaís con el osciloscopio</i> ..... 46	
3.2.6.5	<i>Monitoreo con el combustible E10 con el scanner</i> ..... 46	
3.2.6.6	<i>Monitoreo del combustible E10 con el osciloscopio</i> ..... 47	
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TORQUE, POTENCIA Y EMISIONES DE ESCAPE EMPLEANDO GASOLINA EXTRA, E5 Y E10</b>	
4.1	Análisis comparativo de Torque y Potencia..... 49	
4.1.1	<i>Análisis de potencia</i> ..... 49	

4.1.2	<i>Análisis comparativo de torque.</i>	50
4.1.3	<i>Consumo de combustible con Extra, Ecopaís y E10</i>	51
4.1.3.1	<i>Combustible Extra</i>	51
4.1.3.2	<i>Combustible Ecopaís</i>	52
4.1.3.3	<i>Combustible E10.</i>	52
4.1.3.4	<i>Poder calorífico de los combustibles.</i>	52
4.1.4	<i>Mejora de octanaje</i>	53
4.1.5	<i>Presión media efectiva.</i>	54
4.1.6	<i>Factor de corrección de potencia por altura</i>	55
4.1.7	<i>Monitoreo del sistema electrónico.</i>	55
4.1.7.1	<i>Monitoreo del combustible Extra con el scanner</i>	55
4.1.7.2	<i>Monitoreo del combustible Extra con el osciloscopio.</i>	57
4.1.7.3	<i>Monitoreo del combustible Ecopaís con el scanner</i>	57
4.1.7.4	<i>Monitoreo del combustible Ecopaís con el osciloscopio.</i>	58
4.1.7.5	<i>Monitoreo con el combustible E10.</i>	58
4.1.7.6	<i>Monitoreo del combustible E10 con el osciloscopio</i>	59
4.1.8	<i>Estequiometria</i>	59
4.2	<i>Análisis comparativo de gases de combustión.</i>	62
4.2.1	<i>Monóxido de carbono (CO).</i>	62
4.2.2	<i>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).</i>	63
4.2.3	<i>Hidrocarburos (HC)</i>	63
4.2.4	<i>Oxígeno (O<sub>2</sub>).</i>	64
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1	<i>Conclusiones</i>	66
5.2	<i>Recomendaciones</i>	67

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1	Densidad del aire respecto a la altura ..... 11
2	Matriz energética del Ecuador ..... 16
3	Destilación del combustible Extra. .... 27
4	Destilación combustible Ecopaís ..... 28
5	Destilación combustible E10 ..... 28
6	Gravedad Específica. .... 29
7	Punto de inflamación. .... 31
8	Ficha Técnica del Fabricante. .... 31
9	Parámetros establecidos en el dinamómetro. .... 39
10	Comparativa de la potencia de los combustibles ..... 40
11	Comparativa de Torque de los combustibles. .... 41
12	Análisis de gases combustible Extra. .... 43
13	Análisis de gases combustible Ecopaís. .... 43
14	Análisis de gases combustible E10. .... 44
15	Comparativa de la Potencia de los combustibles. .... 49
16	Comparativa de Torque de los combustibles. .... 50
17	Efecto del bioetanol en el octanaje de la gasolina-base. .... 53
18	Resultado de Monóxido de Carbono ..... 62
19	Resultados de Dióxido de Carbono ..... 63
20	Resultados de Hidrocarburos ..... 63
21	Resultado del oxígeno ..... 64

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Sistema de Inyección .....	4
2 Bomba de combustible .....	5
3 Pre filtro .....	5
4 Filtro de combustible .....	5
5 Filtro de aire.....	6
6 Inyectores.....	6
7 Pulso de inyección .....	7
8 ECU; CHEVROLET Spark LT .....	7
9 Sensor MAP.....	8
10 Sensor de oxígeno.....	8
11 Sensor de temperatura del motor .....	9
12 Sensor de temperatura de aire.....	9
13 Flex Fuel .....	10
14 TRI FUEL.....	10
15 Torre de destilación .....	13
16 Etapas principales para producir bioetanol.....	16
17 Mezcla del Etanol con gasolina Extra .....	19
18 Equipo de Destilación Koehler .....	21
19 Equipo de Punto de Inflamación .....	22
20 Hidrómetro.....	22
21 Termómetro Químico. ....	23
22 Probetas de Laboratorio.....	23
23 Balón de Destilación.....	24
24 Alcoholímetro .....	24
25 Porcentaje de pureza del Etanol.....	25
26 Mezcla con 10 % Etanol .....	25
27 Destilación del combustible.....	26
28 Gravedad Específica del combustible.....	29
29 Punto de inflamación .....	30
30 Limpieza del tanque del combustible. ....	32
31 Cambio de microfiltros. ....	32
32 Limpieza de los inyectores. ....	33
33 Medición de compresión. ....	33
34 Monitoreo de los sistemas electrónicos.....	34
35 Dinamómetro de rodillos. ....	35
36 Equipo Analizador de Gases.....	36
37 Scanner Automotriz FCAR. ....	36
38 Osciloscopio. ....	37
39 Multímetro Automotriz.....	37

40	Pruebas dinamométricas .....	38
41	Conexión del equipo al sistema de escape.....	42
42	Adelanto de la chispa (línea azul), sensor de Oxígeno (línea roja), sensor ECT (línea morada) y Régimen (línea verde).....	44
43	Ancho de pulso combustible Extra.....	45
44	Comportamiento sensor MAP (línea azul) y sensor IAT (línea roja).....	45
45	Adelanto de la chispa (línea azul), sensor de Oxígeno (línea roja), sensor .....	46
46	Ancho de pulso con combustible Ecopaís. ....	46
47	Comportamiento sensor MAP (línea azul) y sensor IAT (línea roja).....	47
48	Adelanto de la chispa (línea roja), sensor de Oxígeno (línea azul), sensor ECT (línea roja) y Régimen (línea morada).....	47
49	Ancho de pulso combustible E10. ....	48
50	Comparativa de los diferentes combustibles .....	50
51	Comparativa de Torque con los diferentes combustibles.....	51
52	Presión media Efectiva .....	54
53	Monitoreo del Ancho de pulso del inyector en Ralentí, Combustible Extra....	56
54	Monitoreo del Ancho de pulso del inyector en Ralentí, Combustible Ecopaís	57
55	Monitoreo del Ancho de pulso del inyector en Ralentí, Combustible E10. ....	58
56	Monóxido de Carbono .....	62

## LISTA DE ABREVIACIONES

ABS	Sistema antibloqueo de frenos
API	Instituto Americano del Petróleo
CCICEB	Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DED	Agencia Alemana de Cooperación Técnica
DLC	Data link Conector (Conector de Enlace de Datos)
E10	biocombustible 10% de etanol y 90% de extra
ECT	Sensor de temperatura del motor
ECU	Unidad control electrónico
H <sub>2</sub> O	Formula química del agua
HC	Hidrocarburos
IAT	Sensor de temperatura de ingreso de aire
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional de Estandarización
MAP	Sensor de presión absoluta del múltiple de entrada
MEP	Motores de encendido provocado
N	Nitrógeno
n	Porcentaje másico del combustible
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógenos
NTE	Norma técnica ecuatoriana
OBD II	Sistema de diagnóstico a bordo
PC	Poder calorífico
ROM	Research Octane Number
T	Temperatura
TPS	Sensor posición de aceleración

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Ensayos de laboratorio con los combustibles Extra, Ecopaís y E10
- B** Pruebas de torque, potencia y análisis de gases
- C** Oficios y certificados de pruebas

## RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de los biocombustible Ecopaís y E10, en comparación con el combustible Extra que es empleando en la región sierra, utilizando un vehículo a inyección electrónica, se estudia los cambios que se producen en la eficiencia del motor por efecto de la altura a más de 2 500 msnm. Se estudió las emisiones de gases contaminantes en la zona sierra con los combustibles Extra, Ecopaís y E10.

El proceso experimental se lo cumplió en el centro de investigaciones CCICEV, que cuenta con un dinamómetro y analizador de gases certificados, siguen normativas ISO 376 e INEN 2203, realizando un cronograma de actividades para efectuar las pruebas propuestas con los combustibles Extra, Ecopaís y E10.

En el laboratorio de Procesos Industriales y Petróleos de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se efectuó la mezcla del biocombustible E10 y se desarrollaron pruebas de punto de inflamación, densidades, destilación, verificando el cumplimiento de la normativa INEN 0926.

Los resultados obtenidos son certificados, siguiendo los procedimientos según la Norma Técnica Ecuatoriana para las diferentes pruebas del Trabajo de Titulación.

Se comparó y analizó los resultados de los combustibles Extra, Ecopaís y E10, en términos de torque, potencia, octanaje, gases y pruebas de laboratorio, obteniendo un incremento en parámetros efectivos del motor, así como un incremento de gases contaminantes con los biocombustibles, recomendando realizar un estudio de emisiones con una flota extensa de marcas y modelos de vehículos que circulan en esta región.

## **ABSTRACT**

Ecopaís and E10 biofuels behaviour was evaluated, it also was compared with Extra fuel which is used in a mountainous region, an electronic vehicle injection was used, the changes that occur in engine efficiency due to the height to be studied was evaluated more than 2 500 msnm. Emissions of polluting gases were studied in the mountain area with Extra, Ecopaís and E10 fuels.

The experimental process was fulfilled in the research center CCICEV, with a dynamometer and analyzer certificates gases continue to regulations ISO 376 and INEN 2203, making a schedule of activities for testing proposals with Extra fuel Ecopaís and E10.

In the laboratory of industrial processes and petroleum School of Chemistry Faculty of the Polytechnic School of Chimborazo, the mixture of biofuel E10 was made and tests flashpoint, density, distillation were developed to verify compliance with 0926 INEN regulations.

The results are certified, following the procedures according to Ecuadorian Technical Standard for the different tests of the degree.

The results of the Extra fuel Ecopaís and E10 were compared and analyzed, in terms of torque, power, octane, gas and laboratory tests, obtaining an increase and effective engine parameters, and an increase of polluting gases to biofuels, it is recommended a study of emissions with an extensive fleet of brands and models of vehicles in this region.

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La gran contaminación que genera el combustible fósil provoca efectos dañinos tanto en el ambiente como es el calentamiento global y en las personas afectan al sistema respiratorio, esto es debido a que se encuentran expuestas a este tipo de emisiones.

El gobierno pensando en la economía del país, está reduciendo las importaciones de combustibles refinados, y gracias a la adición del alcohol se genera un biocombustible que trae consigo muchos beneficios al medio ambiente y a la salud de las personas. El combustible Ecopaís contiene 5% de alcohol anhidrido y 95% de combustible extra.

La factibilidad de sustituir la gasolina común por Ecopaís en geografías mayor a 2500 msnm y que el comportamiento del motor no varíe, ya que a estas condiciones por variación de la presión atmosférica vamos a tener menor cantidad de oxígeno en un volumen determinado de aire, así como también la factibilidad de aumentar el porcentaje de alcohol anhidrido al 10% y estudiar qué comportamiento obtiene el vehículo con este combustible.

### 1.2 Justificación

El motivo de este estudio es para conocer el comportamiento del combustible ecopaís a una altura mayor de 2500 msnm en un vehículo equipado con un sistema de inyección electrónica y cuidar la vida útil de motor, compararlo con el combustible generalmente utilizado (extra), conocer el grado de contaminación que este biocombustible genera en la Región Sierra del País. Para evitar que la polución en nuestro país siga creciendo de una manera incontrolable y causando daños a toda la población.

Se espera tener una acogida de este biocombustible en todo el país ya que generaría fuentes de trabajo para con el cultivo de la caña de azúcar como materia prima para lo cual el gobierno tiene a 10 000 hectáreas son destinadas para producción de etanol.

### **1.3      Objetivos**

**1.3.1**      *Objetivo general.* Evaluar el comportamiento del motor con los combustibles Extra, Ecopaís y E10, a una altura determinada y comparar los resultados.

**1.3.2**      *Objetivos específicos:*

- Estudiar el comportamiento del torque y la potencia del motor con la gasolina Ecopaís a niveles mayores de 2500 msnm a través de un banco dinamométrico.
- Evaluar la utilización del combustible E10 y sus consecuencias en la zona Sierra.
- Realizar un estudio de los gases contaminantes de la gasolina Extra, Ecopaís y E10 a niveles mayores de 2 500 msnm.
- Interpretar las curvas características de torque y potencia generadas por los diferentes combustibles, así como los datos obtenidos por las emisiones de gases.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistema de inyección de gasolina

Uno de los objetivos del cambio a la inyección electrónica de gasolina ha sido mejorar el desempeño del motor, así como la reducción de las emisiones contaminantes que son el resultado de la combustión, gracias a los diferentes controles de lazo cerrado.

Permite mezclas iguales para todos los cilindros, con lo que no se debe dosificar combustible en exceso para alimentar a cilindros desfavorecidos. Esto da lugar a una mayor potencia específica y un aumento del par motor, así como una evolución más favorable de este.

Para suministrar combustible hacia el motor proveniente del depósito se necesita de una bomba eléctrica, de filtros para que retengan las partículas perjudiciales para el motor y de inyectores que pulvericen y controlen el paso del combustible.

El funcionamiento de sistema de control electrónico se basa en la medición de ciertos parámetros del motor como son: masa de entrada de aire, régimen del motor, que son los que determinan la carga del motor para establecer parámetros de funcionamiento.

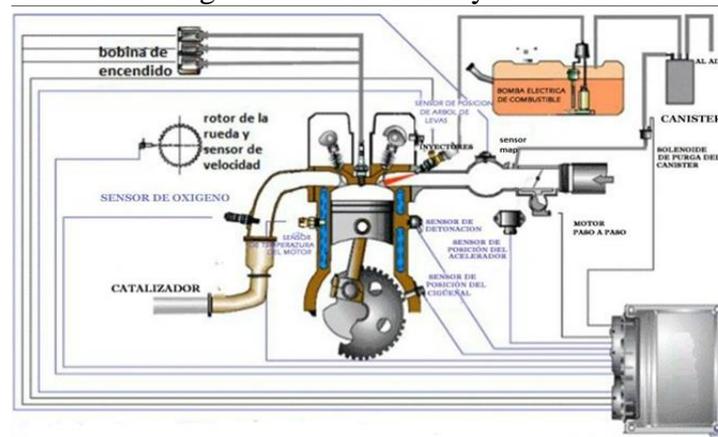
También mide condiciones externas para determinar el estado de carga como el sensor de presión absoluta del colector (MAP), posición de mariposa (TPS), sensor de oxígeno, temperatura del motor (ECT), temperatura de aire de admisión (IAT), señales que son procesadas por la computadora del vehículo (ECU) y dan como resultado señales que se transmite a los diversos actuadores.

La concentración de elementos contaminantes en los gases de escape depende directamente de la proporción aire/combustible, ya que inyectando la misma cantidad de combustible en lugares de poca densidad de aire tendremos una mayor contaminación por la razón que obtiene información incorrecta de la cantidad de oxígeno existente. Los sistemas de inyección permiten ajustar en todo momento la relación de la mezcla.

Dentro de la clasificación de los sistemas de inyección de combustible están:

- Lugar donde va a inyectar.
- El número de inyectores.
- El número de inyecciones.
- Forma de inyección.

Figura 1. Sistema de inyección



Fuente: <http://autodaewoospark.com/imagenes/sistema-inyeccion-electronico/diagrama-sistema-inyeccion-electronico.png>

Para que el sistema pueda proporcionar una correcta relación aire/combustible (factor lambda), es necesario medir la cantidad de moléculas de oxígeno residuales de la combustión, para ello cuenta con un sensor que informa a la ECU sobre este parámetro la cual realiza los ajustes necesarios, este proceso se basa en la retroalimentación de información para que la relación estequiométrica esté dentro del rango de proporción exacta, es decir 14,7 partes de aire por una parte de combustible.

## 2.2 Partes del sistema de inyección

**2.2.1 Bomba de combustible.** La bomba es la encargada de suministrar al sistema el caudal de combustible necesario para el funcionamiento del motor en sus diferentes condiciones de trabajo. La bomba envía más caudal que la que utiliza el motor por lo que este regresa al depósito ayudando a disminuir desperdicios, ayuda a liberar presión en el riel y refrigera la bomba de combustible. Se alimenta de 12 Voltios procedentes directamente de la batería y su presión de funcionamiento es de 3-5 bares, es necesario su reemplazo cuando esta ha dejado de funcionar.

Figura 2. Bomba de combustible



Fuente:<http://www.boschecuador.com/assets/tecnova/Bombas%20de%20gasolina%20y%20prefiltros.pdf>

**2.2.2** *Pre filtro.* Se ubica antes de la bomba y es el encargado de retener partículas de suciedad grandes que se encuentren en el depósito de combustible y no permitir que ingresen a la bomba. Es necesario su reemplazo cada 30 000 km.

Figura 3. Pre filtro



Fuente:<http://www.boschecuador.com/assets/tecnova/Bombas%20de%20gasolina%20y%20prefiltros.pdf>

**2.2.3** *Filtro de combustible.* Se encuentra a continuación de la bomba de combustible siguiendo el ducto del sistema antes de los inyectores, es el encargado de retener todas las partículas de suciedad y agua provenientes del surtidor y del depósito de combustible y que pueden tapan las cañerías del sistema de alimentación, que posteriormente podría afectar el funcionamiento del motor, por lo que es necesario mantener su mantenimiento periódicamente y sustituirlo cada 30 000 Km por uno nuevo y de las mismas características del que se reemplazó.

Figura 4. Filtro de combustible



Fuente: <http://www.elgenuinorepuestos.com/templates/chevrolet-aveo-chevy-taxi-dmax-daewoo-matiz-filtro-de-gasolina/#tab-description>

**2.2.4** *Filtro de aire.* Es el encargado de purificar el aire de cualquier partícula de polvo que ingresa al motor y evitar daños más costosos. Un filtro en malas condiciones puede ser causante de pérdida de potencia del motor. Se debe reemplazar cada 20 000 km. Y no se recomienda limpieza con aire a presión por ruptura del papel filtro.

Figura 5. Filtro de aire



Fuente: <https://www.elgenuinorepuestos.com/templates/chevrolet-spark-filtro-de-aire/#tab-description>

**2.2.5** *Inyectores.* Se localizan en el riel de inyección y son los encargados de pulverizar el combustible hacia la cámara de combustión o al múltiple de entrada dependiendo el tipo de inyección. Es una válvula capaz de abrirse y cerrarse millones de veces sin dejar pasar combustible y reacciona de forma inmediata al pulso eléctrico que lo activa. Su mantenimiento implica una limpieza periódica ya sea mediante limpieza por canister o el más usado que es limpieza por ultrasonido utilizando líquidos de limpieza destinados para su fin y el cambio de micro filtros que poseen interiormente.

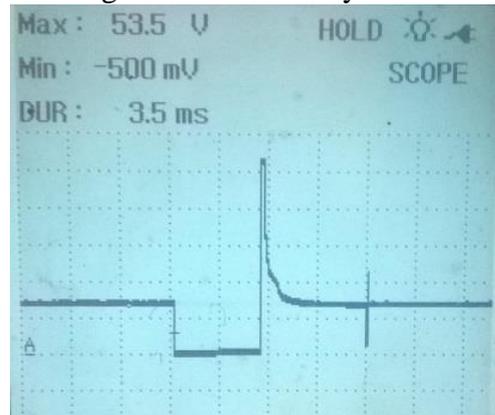
Figura 6. Inyectores



Fuente: <http://autosshopsas.com/producto/injector-chevrolet-spark-724/>

**2.2.5.1** *Pulso de inyección.* Es la cantidad de tiempo en el cual el inyector está abierto y deja fluir el combustible, ronda entre 1,5 Y 10 milisegundos. Este tiempo depende de la carga y el régimen del motor.

Figura 7. Pulso de inyección



Fuente: Autores

**2.2.6** *Unidad de Control Electrónica (ECU).* La unidad de control electrónica ECU, es la unidad de control electrónico que regula el funcionamiento del motor. Es la parte principal del sistema electrónico compuesto por sensores y actuadores. Los sensores registran diversos parámetros del motor y del ambiente que se encuentra en funcionamiento, los que informan a la unidad central en forma analógica, la ECU transforma estas magnitudes físicas y procesa la información enviando señales eléctricas a los actuadores para transformar dicha información en acciones de funcionamiento.

Figura 8. ECU; Chevrolet Spark LT



Fuente: [http://ais3d.com.co/tools/index.php?option=com\\_virtuemart&view=productdetails&virtuemart\\_product\\_id=56&virtuemart\\_category\\_id=17](http://ais3d.com.co/tools/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=56&virtuemart_category_id=17)

**2.2.7** *Sensor MAP.* Este sensor se encuentra a continuación del cuerpo de aceleración, en el múltiple de admisión Su función es proporcionar una señal analógica o digital de información de la presión existente en la tubería de admisión con respecto a

la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta, existente en el colector de admisión, e informando a la ECU cuanta cantidad de aire ingresa al motor.

Figura 9. Sensor MAP



Fuente: [http://mla-s2-p.mlstatic.com/sensor-map-bosch-chevrolet-agile-aveo-captiva-spark-spin-932101-MLA20280080855\\_042015-O.jpg](http://mla-s2-p.mlstatic.com/sensor-map-bosch-chevrolet-agile-aveo-captiva-spark-spin-932101-MLA20280080855_042015-O.jpg)

**2.2.8** *Sensor de oxígeno.* Llamado también sensor lambda, ubicado en el conducto de escape, antes del catalizador. Este sensor mide la cantidad de oxígeno residual de la quema de combustible y aire, enviando esta información a la ECU para que haga el reajuste de la mezcla aire combustible. Su constitución principal es de un electrolito sólido de circonio. Este material es conductor iónico de oxígeno a partir de 300 °C.

Figura 10. Sensor de oxígeno.



Fuente: Autores

**2.2.9** *Sensor de temperatura del motor.* Informa la temperatura del motor, es un sensor de tipo termistor que transforma el cambio de temperatura en señales eléctricas que son procesadas por la ECU, para corregir parámetros de funcionamiento como

relación aire/combustible. Este sensor suele estar situado en el paso del refrigerante antes del termostato, a medida que la temperatura aumenta, la señal del sensor disminuye. El cambio en la resistencia hace que la señal de tensión caiga.

Figura 11. Sensor de temperatura del motor



Fuente: <http://autodaewoospark.com/sensor-temperatura-refrigerante-chery.php>

**2.2.10** *Sensor de temperatura de entrada de aire.* Mide la temperatura del aire que ingresa al múltiple de admisión, y envía a la ECU. El sensor IAT es un termistor de coeficiente negativo (NTC), de manera que la resistencia del dispositivo disminuye cuando la temperatura aumenta y viceversa.

Figura 12. Sensor de temperatura de aire



Fuente: <http://autodaewoospark.com/sensor-temperatura-aire-IAT-chevrolet-aveo.php>

### 2.3 Flex fuel Bosch

Los sistemas Flex Fuel de Bosch para motores MEP, pueden funcionar con diversas proporciones de mezcla de gasolina y etanol, desde E0 hasta E100. El sistema es capaz de reconocer y adaptar automáticamente las funciones de gestión del motor para cualquier proporción de mezcla de alcohol y gasolina que este en el tanque del vehículo.

Luego de la quema de combustible, el sensor de oxígeno envía una señal a la unidad de comando que realiza el proceso de reconocimiento del porcentaje de alcohol/gasolina.

Figura 13. Flex Fuel



Fuente:[http://www.bioenergyconnection.org/sites/bioenergyconnection.org/files/upload/flexfuel\\_emblem.jpg](http://www.bioenergyconnection.org/sites/bioenergyconnection.org/files/upload/flexfuel_emblem.jpg)

Para el sistema se ha diseñado componente con características específicas para el funcionamiento con etanol, debido a que es altamente corrosivo y las partes metálicas en contacto con el alcohol pueden corroerse disminuyendo su vida útil, al igual que el alto índice de octanaje del etanol que es de 129 octanos, genera una mayor presión en la cámara de combustión y por tanto permite una mayor eficiencia del motor. Esta tecnología equipa a gran parte de los vehículos que circulan en Brasil.

Recientemente Bosch de Brasil acaba de implementar una tecnología que combina tres tipos de combustibles, gasolina, etanol y gas natural denominándole TRI FUEL.

Figura 14. TRI FUEL



Fuente:<https://encryptedtbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRDQlbpVDYF7VVeZQL3goVV8-N5lahuIv-3SOkimrJ4IDZ8fipz>

La ventaja de este sistema es el poder escoger el uso de cualquiera de estos tres diferentes combustibles, además de la mezcla en cualquier proporción de etanol-gasolina. Un estudio realizado un automóvil usando gas natural gasta 60% menos por kilómetro rodado en comparación a gasolina y 45% menos en comparación usando etanol puro.

## 2.4 Factores que Influyen en la pérdida de Potencia del motor

**2.4.1 La densidad del aire.** La densidad del aire se ve afectada por diferentes factores como la temperatura, altitud geográfica, diversas condiciones atmosféricas. Con poca concentración de oxígeno, un motor funcionaria con una relación estequiometrica rica, ya que la cantidad de aire suministrada a las cámaras de combustión es poca para el volumen de combustible entregado, al contrario ocurriría con una densidad de aire alta, la cantidad de ésta seria mucha para la cantidad de combustible suministrado, mezcla estequiometrica pobre.

Recordemos que, los motores entregan buena potencia con el menor nivel de emisiones de escape cuando funcionan con una relación estequiometria de 14,7:1; 14,7 partes de aire por una de combustible. ( $\lambda = 1$ ) con mezclas diferentes a estas, ya sean ricas o pobres el motor podrá variar la entrega de potencia, producirá mayores emisiones contaminantes y tendrá un alto consumo de combustible.

La diferencia de alturas que tenemos entre la ciudad de quito (2 700 msnm) y la ciudad de Riobamba (2 750 msnm), no varía la densidad del aire en esta dos ciudades según la tabla:

Tabla 1. Densidad del aire respecto a la altura

Altitud [m]	Valores de la densidad del aire ambiente		
	Mínimo [kg/m <sup>3</sup> ]	Promedio [kg/m <sup>3</sup> ]	Máximo [kg/m <sup>3</sup> ]
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467

Fuente: <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>

**2.4.2** *Temperatura del ambiente.* La temperatura incide directamente en la densidad del aire, cuando ésta aumenta la densidad del aire disminuye, con bajas temperaturas la densidad aumenta. En la ciudad de Quito la temperatura promedio es de 13 °C y 14 °C muy similar a las temperaturas de Riobamba por lo que la densidad de aire no se ve afectada, para los procesos de investigación.

**2.4.3** *Humedad.* Cuando el aire tiene mayor humedad es menos denso que el aire seco, mientras la humedad del ambiente se incrementa el octanaje requerido para el buen funcionamiento del motor disminuye, por cada gramo de agua que se le agregue a un kilogramo de aire seco, el octanaje requerido para el buen funcionamiento del motor decrece 0,25% a 0,35%.

**2.4.4** *Altitud (presión atmosférica).* Mientras más aumentemos nuestra altura sobre el nivel del mar menor será la densidad del aire. Si afinamos un motor al nivel del mar y ascendemos a lo alto de una montaña, la pérdida de potencia será notoria al igual que un ralentí irregular. La disminución de la presión y la temperatura atmosférica afecta a la densidad del aire y su composición, y en consecuencia, a las prestaciones de toda máquina térmica, y dentro de ellos, aún más en los de aspiración natural.

En MEP con lazo de control cerrado, el requerimiento de dosado estequiométrico obliga a la unidad de control electrónico del motor a inyectar menos cantidad de combustible a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar (menor disponibilidad de aire atmosférico). La menor temperatura exterior obliga a avanzar el ángulo de encendido ya que disminuye la velocidad de combustión.

Con el fin de establecer una base de comparación común es necesario aplicar factores de corrección para convertir la potencia en el terreno a potencia en condiciones estándar y viceversa. Esta corrección suele ser del tipo: (LAPUERTA, 2006)

$$\frac{N_i}{N_{i0}} = \left(\frac{P}{P_0}\right)^a \left(\frac{T}{T_0}\right)^b \quad (1)$$

Donde  $N_i$ ,  $P$  y  $T$  son la potencia indicada, presión y temperatura del lugar de operación respectivamente, el subíndice 0 indica condiciones de referencia (normalmente 0

msnm). Para MEP de automoción un valor de  $a=1$ , el exponente  $b$  suele variar entre  $-0,5$  y  $-1$  para motores de aspiración natural independientemente del tipo de aplicación.

Otro efecto de la altura es el aumento de la producción de gases contaminantes. En estudios realizados por instituciones de investigación, sobre la producción de gases contaminantes como el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), y óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>). La concentración de emisiones contaminantes mediante pruebas estáticas tomando como referencia valores a nivel del mar y hasta los 3 500 msnm, el CO y los HC en gran porcentaje. Por lo que las revisiones técnicas vehiculares se basan en las normativas para tener una referencia de qué cantidad es permitida para alturas mayores sobre el nivel del mar.

## 2.5 Combustibles

El diésel y la gasolina son combustibles de hace muchos años, pero se los conoce con el nombre de combustibles fósiles ya que están hechos de plantas y animales que han estado en el subsuelo durante millones de años, a estos combustibles tiene la definición de volátiles e inflamables ya que estos hidrocarburos tienen moléculas de 4 a 10 carburos (C<sub>4</sub> y C<sub>10</sub>), se los obtiene a unas temperaturas de 30 °C a 200 °C, este combustible se lo utiliza en motores de 4 tiempos ya sea a carburador o a inyección electrónica.



Fuente: <http://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/fotosintesis/importancia>

## 2.6 Combustible Extra y Súper

El combustible sea gasolina extra o súper se los obtiene a través de la refinación y tratamiento del petróleo (crudo pesado). La composición del petróleo permite manipular las moléculas y átomos y así producir sus derivados, aditivos, gasolina, entre otros. Deben seguir un tratamiento ya que su octanaje en estado natural es muy bajo.

Al combustible se le realiza mejoramiento ya que como va desarrollando el campo automotriz este necesita de combustible más puro y con mayor octanaje y este procedimiento lo realiza la mano del hombre con procesos de refinamiento.

**2.6.1** *Propiedades del combustible.* El combustible por lo general proviene básicamente de hidrocarburos y está sometido a la combustión en los motores de ciclo Otto por lo que tiene características muy importantes, todas las propiedades del combustible tienen que realizarse según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 093.

**2.6.1.1** *Octanaje.* El octanaje se refiere a cuanta presión y a la temperatura que puede ser sometido el combustible al ser mezclado con el aire, antes de autodetonarse al alcanzar la temperatura de autoignición. En nuestro país se ha mejorado el nivel de octanaje el cual es algo positivo para los motores de combustión interna. El combustible extra esta con 87 octanos y el combustible súper con 92 octanos.

**2.6.1.2** *Volatilidad.* Es la facilidad con la que se vuelve vapor en condiciones determinadas. El combustible debe tener un punto de destilación bajo para permitir un buen arranque en frío.

Mientras mayor sea la temperatura se van evaporando los más pesados, los que mayor número de átomos tenga en la cadena de composición.

**2.6.1.3** *Poder calorífico.* Es la energía que libera un combustible cuando es sometido a un proceso de oxidación, de tal forma que el combustible se oxida en su totalidad desprendiendo calor el cual es utilizado a nivel industrial. Cuando menos masa se necesita para liberar la energía requerida se dice que tiene un mayor poder calorífico. El poder calorífico de la gasolina es 43 950 kJ/kg y del etanol es 20 790 kJ/kg

**2.6.1.4 Densidad específica.** A los combustibles se los comercializa y moviliza en volumen, por lo que es importante saber y tener en cuenta la densidad a temperatura ambiente del combustible.

$$\partial r = \frac{\partial Sust.}{\partial Agua} \quad (2)$$

Dónde:

$\partial_r$  = densidad específica

$\partial_{Sust}$  = densidad de la sustancia.

$\partial_{agua}$  = densidad del agua

**2.6.1.5 Viscosidad.** La resistencia interna de un fluido para el deslizamiento de moléculas. Mientras mayor sea su viscosidad menor será su flujo, y si es menor su viscosidad será mayor su flujo.

**2.6.1.6 Punto de Inflamación.** Es la mínima temperatura a la cual los vapores originados en el calentamiento de la cámara de combustión se inflaman cuando está en contacto con una chispa ofrecida por la bujía.

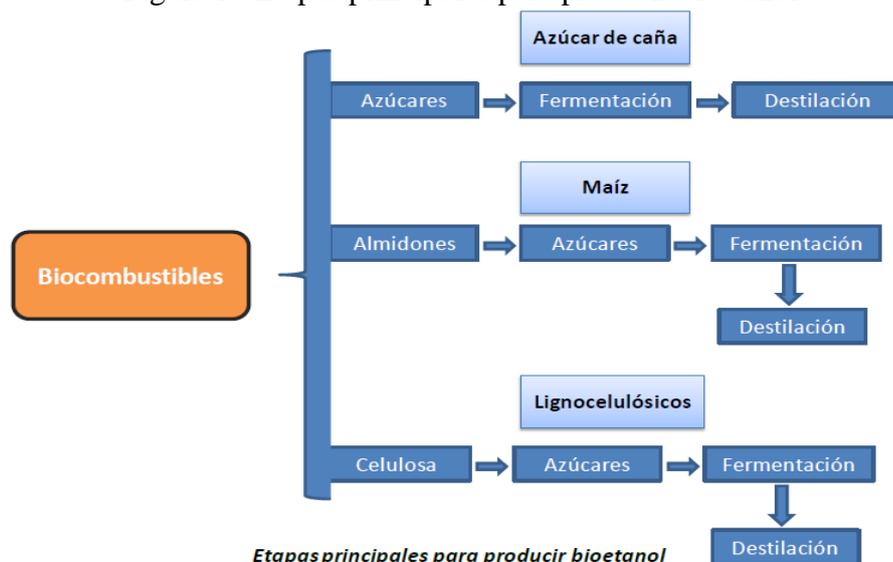
## **2.7 Biocombustible**

National Geographic nos hace conocer algo de la historia de los biocombustibles, no son tan nuevos como se piensa, ya que nacieron con los motores de combustión interna y el combustible fósil.

Rudolf Diésel hace más de 100 años creó un ejemplar de motor que utilizaba aceite de cacahuete o maní el que derivó Gasohol, pero en ese entonces el petróleo estaba siendo explotado y era más económico y fácil de obtener. En 1908 el conocido Henry Ford con su vehículo modelo T usaba etanol. Posteriormente un proyecto interesante que la compañía Standard oil en el periodo de 1920 a 1924 ofrecía gasolina con un 25% de etanol, lo cual no resultó económicamente por los altos costos del maíz. Los biocombustibles que se producen en la actualidad son de primera generación que utilizan materia prima o cultivos alimenticios como el maíz, caña de azúcar, palma, etc.

Uno de los obstáculos más grandes que deben superar los productores de los combustibles alternativos son los costos elevados de elaboración, pero con ideas más específicas se lograra superar esta situación. En el planeta existen muchos recursos sin explotar, esta es una de las maneras de conseguir combustibles alternativos sin la necesidad de poner el riesgo la situación alimenticia de la población.

Figura 16. Etapas principales para producir bioetanol



Fuente: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/biofuel-profile>

Esta sustancia procede de plantas al ser quemadas, oxidadas o en descomposición devuelven a la atmosfera el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que la planta tomó un tiempo atrás del aire. Del punto de vista ecológico es un ciclo que no afecta el medio ambiente.

En el Ecuador los productos de caña de azúcar son muy bajo en la participación de matriz energética, siendo un país rico en su producción. La producción del biocombustible en nuestro país es muy baja en relación a países como Brasil

Tabla 2. Matriz energética del Ecuador

Fuente energética	Porcentaje [%]
Petróleo	83
Gas Natural	4
Hidroenergía	7
Leña	3
Productos de Caña	3

Fuente: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Atlas%20de%20Bioenergia%20y%20Combustibles%201.pdf>

En el 2005, la superficie sembrada de caña de azúcar fue de 135 000 hectáreas, de las cuales, 75 000 estaban destinadas a la producción de azúcar, 50 000 a la producción de panela y aguardiente y 10 000 a la producción de etanol (100 000 l/día).

La principal fortaleza que tiene el Ecuador es la cantidad de tierras aptas para los cultivos energéticos. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura, y Pesca, tiene disponible 675 932 hectáreas para el cultivo de caña de azúcar.

Para la producción de etanol (por hectárea y por tonelada de azúcar). Se estima que, cuando se obtiene etanol a partir de melaza, el rendimiento es de 20 litros por tonelada de caña o alrededor de 1 560 litros por hectárea. Cuando el etanol se obtiene directamente de la caña, el rendimiento es de 70 litros por tonelada de caña, lo que equivale a 5 460 litros por hectárea.

Para la mejora de los biocombustibles que están en constante avance y desarrollo tecnológico, guiadas al cuidado del medio ambiente y sin poner en peligro a la población por la utilización de alimentos para la creación del biocombustible, centros de investigación realizan estudios para mejorar y realizar nuevos procesos para la producción de caña de azúcar y obtención del etanol. Las siguientes son algunas de las instituciones de investigación vinculadas a la mejora de procesos de producción de caña de azúcar y etanol.

- Petroecuador - Instituto de investigación-. Tiene a su cargo la realización de pruebas para poner en marcha un programa de inclusión de etanol en la gasolina.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. Encargado de desarrollar variedades de caña y tecnologías para su cultivo.
- Escuela Politécnica Nacional. Las facultades de Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica han hecho algunas investigaciones sobre transformación de caña de azúcar en etanol y sobre el uso de materias primas y tecnologías innovadoras.
- La empresa privada (ingenios azucareros y productoras de etanol) también realizan investigación para mejorar los procesos de producción (SEXIAS, 2007).

- Servicio alemán de Cooperación Social y Técnica (DED). Apoya proyectos relacionados con el tema de los biocombustibles, como parte de su trabajo en el tema de manejo sostenible de los recursos naturales.

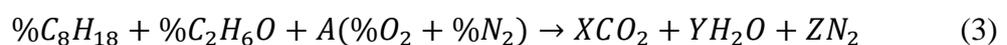
En Ecuador no existe un marco regulador para la mezcla de etanol con gasolina; sin embargo, dentro del plan de trabajo del Comité Técnico del Consejo Consultivo de Biocombustibles se ha establecido, como actividad, la realización de un estudio que ayude a establecer dicha normativa. Actualmente se dispone de algunas recomendaciones técnicas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas que han servido de base para establecer la propuesta para la ejecución del “Plan piloto de formulación y uso de gasolina con etanol anhidro en la ciudad de Guayaquil”, que está diseñado para facilitar la preparación de 5 000 galones diarios de “gasolina extra” con etanol (mezcla 95% gasolinas + 5% etanol anhidro) y su comercialización en el área urbana de la ciudad de Guayaquil.

Los biocombustibles ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales contienen elementos derivados a partir de biomasa, en otras palabras, organismos frescamente vivos o sus retazos metabólicos, actualmente los biocombustibles están hechos de azúcar, trigo, semillas oleaginosas o maíz.

**2.7.1** *Gasohol.* Es uno de los combustibles menos contaminantes. Por Gasohol se conocen algunas mezclas habituales de etanol y gasolina. El etanol se utiliza en gran escala de esta manera. Se puede utilizar el alcohol puro en los motores de combustión interna, para mantener una vida útil y buen funcionamiento de los componentes tiene que ser diseñado o preparado para ese fin.

**2.7.2** *Clases de Gasohol.* Este puede ser mezclado con la gasolina en varias porciones para que el motor no sea modificado. La letra “E” es el símbolo del etanol y luego en números el porcentaje que contiene en la mezcla. Ej. E5, E7, E10, E20

La ecuación del proceso químico para obtener la mezcla estequiométrica de los biocombustibles: (GUZMAN BECKMANN , 2013)

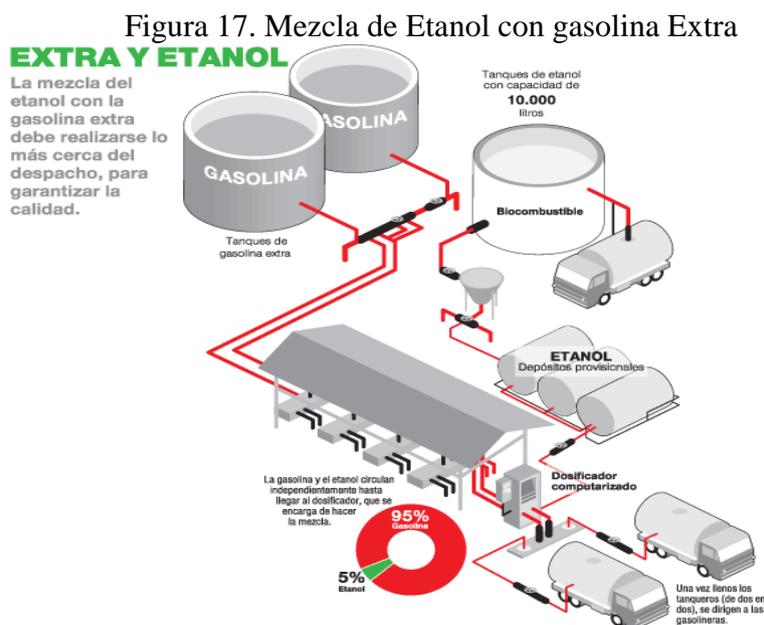


**2.7.3 Ecopaís.** Es la denominación del gobierno nacional a la mezcla entre gasolina Extra en un 95 % y Etanol en un 5% por volumen.

La gasolina Extra y Ecopaís tienen igual octanaje y los mismos estándares y precio, pero el biocombustible brinda beneficios al medio ambiente y protección a los motores. En el año 2010, 22 estaciones de servicios ubicada en cantón Guayaquil que pertenecían a diferentes comercializadoras. Fue parte de esta experiencia que permitió conocer en campo las bondades y dificultades para comercializar este combustible.

En el 2015 autorizaron a 19 estaciones de servicios para que puedan comercializar Ecopaís. Son 144 estaciones de servicios de diferentes comercializadoras que están autorizadas por la agencia de regulación y control hidrocarburífero para que puedan comercializar el biocombustible. En los cantones de Guayaquil (primera fase), Durán, Daule, Zamborondón (segunda fase), Milagro y Yaguachi (tercera fase) todos de la provincia del Guayas.

La meta del Gobierno es que todas las estaciones del País comercialicen Ecopaís en el año 2017. Con el uso del combustible Ecopaís en todo el Ecuador se obtendrá un ahorro de 280 millones de dólares en cinco años por lo que es subsidiado el combustible. También se ahorraría 1 000 millones de dólares por la importación de nafta que se usa para elaborar la gasolina de crudo. (ECUAVISA, 2014)



Fuente: <http://www.eluniverso.com>.

Según la norma INEN 935-2012 8R el etanol y el combustible extra son revisados y se realizan pruebas de ensayo, estas deben cumplir con los estándares de octanaje, una vez pasado los informes de las pruebas de ensaño están listas para realizar su mezcla, el combustible extra y el etanol circulan de manera independiente hasta llegar al dosificador computarizado el cual permite mezclar el 95% de extra y el 5% de etanol. Una vez realizada esta mezcla dosificada los tanqueros serán los encargados de llevar el combustible a las gasolineras, como se muestra en la figura 17.

## **2.8 Gases contaminantes.**

El proceso de combustión de los motores alternativos lleva consigo un problema llamado “Contaminación Ambiental”. Los gases contaminantes más importantes que son el resultado del proceso de combustión, son los hidrocarburos sin quemar (HC), óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), partículas de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre, y gases que contribuyen al efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Para el estudio tomaremos en cuenta los gases principales descritos a continuación.

**2.8.1** *Monóxido de carbono (CO)*. El CO es un gas incoloro, inodoro y letal para la salud puesto que la exposición a este gas ocasiona dolores de cabeza, cansancio y en el peor de los casos se combina con la hemoglobina de la sangre impidiendo el transporte de oxígeno hacia las células. La formación del CO está íntimamente ligado con el dosado. El CO es un gas altamente tóxico y uno de los más importantes en el proceso de combustión, en condiciones de mezcla rica.

**2.8.2** *Hidrocarburos (HC)*. Estos hidrocarburos se emiten como consecuencia de la combustión incompleta. Un proceso irregular puede ser por varios motivos como apagado de la llama por efecto pared, insuficiente evaporación del combustible, fugas de escape y causas menos comunes.

**2.8.3** *Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)*. Este es uno de los causantes del efecto invernadero, también produce los cambios climáticos esto se debe a los efectos de la naturaleza como la de las industrias, vehículos y otros. El dióxido de carbono a pesar de no ser tan tóxico como los antes mencionados igual produce contaminación.

## CAPITULO III

### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO Y PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO.

#### 3.1 Pruebas de laboratorio y análisis de los combustibles Extra, Ecopaís y E10.

Las pruebas de los combustibles Extra, Ecopaís y E10, se realizaron en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

##### 3.1.1 Equipos a utilizar:

**3.1.1.1 Destilador Koehler.** Se utiliza para la destilación de productos provenientes del petróleo, el cual se divide en Grupos 1, 2,3: gasolina para motores y aviación, Grupo 4: Aceites. La muestra es evaporada a niveles y condiciones específicas del laboratorista, se va tomando datos a temperaturas diferentes o a niveles de destilación de la muestra.

Figura 18. Equipo de destilación Koehler



Fuente: Autores

**3.1.1.2** *Petrotest.* Es un equipo el cual ayuda a conocer la menor temperatura de inflamación, también es utilizado para clasificar la calidad del producto.

Figura 19. Equipo de punto de inflamación



Fuente: Autores

**3.1.2** *Instrumentos a utilizar:*

**3.1.2.1** *Hidrómetro.* Es un instrumento de medida de precisión, están compuestos de cristal y en su parte inferior consta de una porción de mercurio o plomo que flota al momento de ser introducido en el líquido a medir, y su parte superior esta la escala de medición de densidad.

Figura 20. Hidrómetro.



Fuente: <http://www.definicionabc.com/ciencia/hidrometro.php>

**3.1.2.2** *Termómetro.* Es un instrumento para medir la temperatura. Consta de un bulbo de vidrio con contiene una escala de temperatura, en su interior contiene mercurio (u otro material con un coeficiente de dilatación alto), y se dilata dependiendo las temperaturas y permite medir gracias a su escala graduada.

Figura 21. Termómetro químico



Fuente: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/termometro.html>

**3.1.2.3** *Probetas.* Recipiente de vidrio, con escala graduada para medir cualquier tipo de líquido a varias temperaturas. Tiene diferentes medidas y tamaños.

Figura 22. Probetas de laboratorio



Fuente: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/probeta.html>.

**3.1.2.4** *Balón de destilación.* De forma esférica en la superficie tiene un cuello largo y estrecho, que contiene un tubo de menor diámetro alojado en la mitad y su dirección hacia abajo para la salida de los gases.

Figura 23. Balón de destilación



Fuente: [https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2015/02/balon\\_de\\_decantacion\\_o\\_matraz\\_de\\_decanatcion.jpg](https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2015/02/balon_de_decantacion_o_matraz_de_decanatcion.jpg)

**3.1.2.5** *Alcoholímetro.* Determina la pureza del alcohol o su grado de alcohol.

Figura 24. Alcoholímetro



Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Alcoholmeter-\\_20091205.jpg/250px-Alcoholmeter-\\_20091205.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Alcoholmeter-_20091205.jpg/250px-Alcoholmeter-_20091205.jpg)

**3.1.3** *Obtención de los combustibles.* Las pruebas se realizaron con el combustible Extra, Ecopaís y E10, a continuación se explica la obtención de cada uno de ellos.

**3.1.3.1** *Combustible Extra.* Este combustible es el más utilizado en el país, por lo que su adquisición fue en una de las gasolineras de la ciudad de Riobamba.

**3.1.3.2** *Combustible Ecopaís (5% Etanol y 95% Extra).* Este combustible se lo obtiene en la provincia del Guayas, en la ciudad de Guayaquil, y se transportó el combustible en reservorios adecuados a la ciudad de Riobamba.

**3.1.3.3** *Combustible E10 (10% Etanol y 90% Extra).* El etanol se lo obtuvo en una tienda industrial, al que se le realizó las pruebas de pureza, dando como resultado que es 96% puro.

Figura 25. Porcentaje de pureza del Etanol



Fuente: Autores.

**3.1.3.4** *Mezcla del combustible E10 para pruebas de laboratorio.* Para efectuar la mezcla del biocombustible se utilizó los siguientes instrumentos y materiales.

Figura 26. Mezcla con 10 % Etanol



Fuente: Autores

## Procedimiento

- Se mezcla un 90% de combustible extra y 10% de etanol, en la probeta de 500ml se vierte 450 ml de extra y 50 ml de etanol.
- Pasar el biocombustible al recipiente y dejar reposar por unas horas, su turbulencia y opacidad se pierde dejando un biocombustible transparente.

**3.1.4 Pruebas de destilación.** Para la ejecución de las pruebas se basó en la norma NTE INEN 0926; Productos derivados del Petróleo. Se utilizaron los siguientes instrumentos, materiales y equipos.

Figura 27. Destilación del combustible



Fuente: Autores

## Procedimiento

Este proceso se lo realizo para los tres combustibles (Extra, Ecopaís y E10).

- Se toma una muestra del combustible en una probeta de 100ml.
- Colocar la mezcla en balón de destilación colocado en el equipo de destilación.
- Asegurar el termómetro al balón de destilación con la ayuda de un corcho de caucho.

- Ubicar el hielo en la bandeja rodeando las tuberías de destilación, y así condensar el gas combustible.
- Colocar la probeta de 100 ml a la salida del tubo de destilación.
- Encender el equipo y acercar la resistencia de inmersión al balón de destilación.
- Observar detenidamente la primera gota de destilación y su temperatura, y seguir tomando datos cada 10 ml de la probeta.
- Esperar a que caiga la última gota de destilación y revisar su temperatura.
- Verificar la pérdida de volumen por destilación de los 100 ml.
- Retirar el termómetro y esperar que se enfríe el balón de destilación y luego retirarlo el balón de destilación del equipo y realizar la limpieza del mismo.
- Una vez finalizada las pruebas se realiza la limpieza de los materiales y equipo que fueron utilizados.
- Los resultados de la prueba con combustible Extra fueron los siguientes:

Tabla 3. Destilación del combustible Extra.

<b>Destilación Extra</b>	
<b>Cantidad destilada [ml]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
Primera gota	40
5	50
10	61
20	80
30	96
40	110
50	126
60	142
70	164
75 (última gota)	182

Fuente: Autores

- Los resultados de la prueba con combustible Ecopais fueron los siguientes:

Tabla 4. Destilación combustible Ecopais

<b>Destilación Ecopais</b>	
<b>Cantidad destilada [ml]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
Primera gota	45
5	55
10	60
20	70
30	86
40	98
50	111
60	122
70	136
80	182
90 (última gota)	214

Fuente: Autores.

- Los resultados de la prueba con combustible E10 fueron los siguientes:

Tabla 5. Destilación combustible E10

<b>Destilación E10</b>	
<b>Cantidad destilada [ml]</b>	<b>Temperatura [°C]</b>
Primera gota	40
5	50
10	62
20	70
30	90
40	114
50	128
60	144
70	174
72 (última gota)	186

Fuente: Autores

**3.1.5 Pruebas de densidad.** Para realizar las pruebas se basó en la norma NTE INEN 2319; que indica el procedimiento, necesario para realizar la prueba de densidades a productos derivados del Petróleo.

Figura 28. Gravedad específica del combustible



Fuente: Autores

### Procedimiento

Este procedimiento se lo realizo para los tres tipos de combustibles.

- Llenar la probeta de 500 ml con una muestra de combustible.
- Insertar el hidrómetro en la probeta, espera que se estabilice y tomar datos en la escala graduada del hidrómetro y así obtener la gravedad específica.
- Colocar el termómetro y tomar la temperatura de la mezcla.
- Realizar una tabla de corrección de grados API respecto a la temperatura tomada de la muestra.
- Los datos que se muestran son en gravedad específica que resulta al dividir para la densidad del agua  $1 \text{ g/cm}^3$ .

Tabla 6. Gravedad específica.

Combustible	Gravedad específica
Extra	0,73
Ecopaís	0,74
E10	0,735

Fuente: Autores

**3.1.6** *Pruebas de punto de inflamación.* Se determina la temperatura más baja a la que el combustible tendrá su primera explosión. El procedimiento se basó en la norma INEN 1490

Figura 29. Punto de inflamación



Fuente: Autores

### **Procedimiento**

Este procedimiento se realizó para los tres combustibles a prueba.

- En la probeta sacar 100 ml de la mezcla.
- Ubicar en el recipiente de bronce del equipo.
- Cerrar la tapa del recipiente de bronce y encender la mecha que ayuda como chispero lo más bajo posible la llama
- Encender el equipo activar las aletas de mezcla.
- Ubicar el termómetro con escala graduada hasta los 100 °C.
- Revisar la temperatura cada dos minutos hasta los 36 °C y luego revisar la temperatura cada minuto hasta encontrar el punto de inflamación, y acercar la llama a la muestra hasta que se realice la primera explosión.

- Una vez determinada la temperatura del punto de inflamación, desmontar la tapa del recipiente de bronce y sacar la misma, y limpiar el equipo

Tabla 7. Punto de inflamación.

Combustible	Punto de inflamación [°C]
Extra	56
Ecopaís	50
E10	49

Fuente: Autores

### 3.2 Determinación del torque, potencia y análisis de gases.

**3.2.1** *Datos del vehículo.* En la presente tabla se da a conocer la ficha técnica del vehículo que fue sometido a las pruebas con los diferentes combustibles.

Tabla 8. Ficha técnica del fabricante.

Marca	Chevrolet
Modelo	Spark
Año	2008
Motor	Spark LT 1.0L 8V
Tipo	1.0 SOHC 8V
Posición de instalación	Delantera transversal
Cilindrada cc	995
Cilindros	4 en línea
Combustible	Gasolina, 91 Octanos
Formación de la mezcla	MPFI
Tasa de compresión	9,3:1
Potencia máxima CV a RPM	65 a 5400
Torque Nm a RPM	87 a 4200
Transmisión manual	5 velocidades
Tanque de combustible	35 L

Fuente: [http://www.servicioautopartes.com/ficha\\_spark\\_servicio\\_autopartes.pdf](http://www.servicioautopartes.com/ficha_spark_servicio_autopartes.pdf)

**3.2.2** *Preparación del vehículo de pruebas.* Se realizó el siguiente procedimiento para cada una de las pruebas que fue sometido el motor con los diferentes combustibles.

**3.2.2.1** *Limpieza del tanque de combustible.* Se procedió a desmontar el tanque de combustible del vehículo para posteriormente extraer el combustible restante, una vez vacío se efectuó el lavado, con agua y detergente, y dejándolo secar, luego pasando un

guaipe se seca cualquier residuo de agua. Esta limpieza se la realiza para eliminar todo residuo producido por el combustible o deterioro del tanque.

Figura 30. Limpieza del tanque del combustible.



Fuente: Autores

**3.2.2.2** *Filtros.* Los filtros de aire y combustible son los que retienen la mayor parte de partículas de suciedad del aire y de la gasolina respectivamente. Se reemplazó el micro filtro de cada uno de los inyectores.

Figura 31. Cambio de microfiltros.



Fuente: Autores

**3.2.2.3** *Limpieza de los inyectores.* Se realizó una limpieza de inyectores por ultrasonido, para evitar la obstaculización en los agujeros de los inyectores.

Figura 32. Limpieza de los inyectores



Fuente: Autores

**3.2.2.4** *Medición de compresión.* Con la ayuda de un manómetro, se identificó que el motor tiene 145 PSI de compresión, comprobando que está dentro del rango de buen estado.

Figura 33. Medición de compresión



Fuente: Autores

**3.2.2.5** *Presión de bomba de combustible.* Se realizó la prueba de presión de la bomba de combustible con la ayuda de un manómetro, la cual se encuentra en un excelente funcionamiento, dando una presión de 3,5 bar de presión.

**3.2.2.6** *Revisión de los componentes electrónicos.* Se hizo una observación completa de los componentes electrónicos del vehículo con la ayuda del scanner, los datos obtenidos se encontraron dentro de los rangos establecidos por el fabricante.

Figura 34. Monitoreo de los sistemas electrónicos



Fuente: Autores

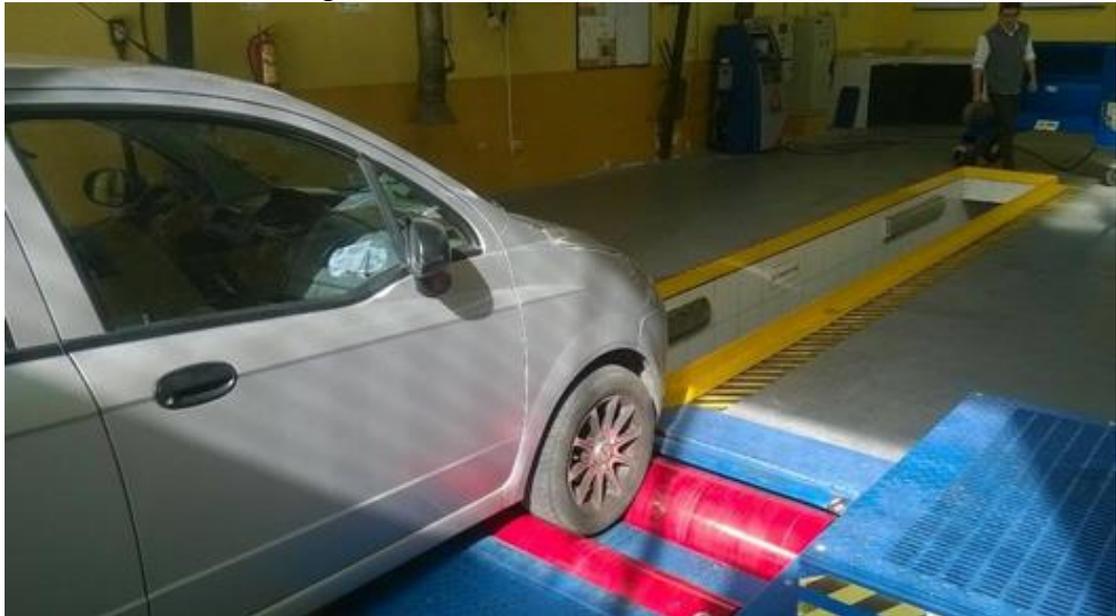
**3.2.2.7** *Revisión de neumáticos.* Se realizó un chequeo de los neumáticos, verificando que su presión esté en las 30 PSI.

**3.2.3** *Equipos, materiales e instrumentos para pruebas de Torque, Potencia y Análisis de Gases.* Los equipos que se utilizaron las pruebas son certificados por el CCICEV (centro de transferencia tecnológica para la capacitación e investigación en control de emisiones vehiculares).

**3.2.3.1** *Dinamómetro.* Es el término que se designa al banco de pruebas que se utiliza para conocer el estado del motor, optimización de rendimiento, fuerza y velocidad. Las ruedas del vehículo transmite el movimiento del motor hacia los rodillos del dinamómetro que actúa como freno simulando la resistencia que el vehículo recibe en condiciones de manejo habitual. La computadora recibe los datos del dinamómetro y mediante su software los presenta en pantalla a cada número de revoluciones en las que está el motor.

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) posee en sus instalaciones un dinamómetro certificado, por tal razón al vehículo de pruebas fue trasladado al lugar indicado para realizar las pruebas de torque y potencia efectivo. El centro posee el dinamómetro de chasis LPS 3 000 de fabricación Alemana, es capaz de determinar curvas características de Torque y Potencia Efectivo, parámetros fundamentales en la consideración del estado de un motor respecto a la velocidad en RPM.

Figura 35. Dinamómetro de rodillos



Fuente: Autores

**3.2.3.2** *Analizador de gases.* Equipo que absorbe una muestra de volumen de los gases directamente del tubo de escape a través de una sonda. Su funcionamiento se basa en el principio de absorción de luz infrarroja, las diferentes partículas que componen los gases de escape, evitan que la luz emitida pueda alcanzar al receptor opuesto al emisor. Los sensores determinan la cantidad de luz que el receptor recibe y envían señales al procesador, este determina la cantidad de tres gases en el escape (CO, CO<sub>2</sub>, HC) el cuarto gas es medido por un sensor independiente (oxígeno).

De igual manera el centro de investigaciones CCICEV cuenta con un analizador de gases certificado para motores de encendido provocado, el equipo MGT5 de construcción alemana que detecta cuatro gases contaminantes de escape: CO, CO<sub>2</sub>, HC, O<sub>2</sub>, equipo que es de alta confiabilidad en los datos.

Figura 36. Equipo analizador de gases



Fuente: Autores

- **Vehículo de pruebas:** El vehículo utilizado para las pruebas es un Chevrolet Spark con sus especificaciones ya mencionadas anteriormente en la tabla (8). Este vehículo es un modelo comercial en el País con características de inyección electrónica indirecta multipunto secuencial.
- **Scanner:** Es una herramienta de exploración y verificación de los componentes del sistema OBDII, se enlaza directamente con la red de comunicación del vehículo a través del DLC universal de OBDII. Los scanner automotrices tienen funciones completas capaces de mostrar datos como: funcionamiento del motor, frenos ABS, caja automática, direcciones electrónicas, etc.

Figura 37. Scanner Automotriz FCAR



Fuente: [http://mco-s2-p.mlstatic.com/escaner-automotriz-fcar-multimarcas-cn-f3-w-835001-MCO20252846326\\_022015-O.jpg](http://mco-s2-p.mlstatic.com/escaner-automotriz-fcar-multimarcas-cn-f3-w-835001-MCO20252846326_022015-O.jpg)

- **Osciloscopio:** Es un equipo en el que se puede visualizar las señales provenientes de los sensores y de la computadora. Permite ver gráficamente las señales analógicas y digitales.

Figura 38. Osciloscopio



Fuente: Autores

- **Multímetro:** es un instrumento portátil para medir magnitudes eléctricas como corriente, tensiones, resistencia, continuidad.

Figura 39. Multímetro Automotriz



Fuente: <http://diagnosticaautomotriz.com/wp-content/uploads/2009/04/multimetro-automotriz-digital-es-480a.jpg>

### 3.2.4 Pruebas dinamométricas de Torque y Potencia.

Figura 40. Pruebas dinamométricas



Fuente: Autores

#### **Procedimiento**

Este procedimiento se lo realizo para los tres tipos de combustibles, basada en la NTE INEN 0961.

- Realizar la preparación del vehículo.
- Subir el automóvil al dinamómetro colocando las ruedas motrices sobre los rodillos del dinamómetro.
- Sujetar el vehículo con los elementos de seguridad (fajas) para que permanezca inmóvil.
- Encender el motor y acelerar hasta que llegue a la temperatura normal de funcionamiento.
- Definir los parámetros de funcionamiento en el software del dinamómetro para el vehículo de prueba, como se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 9. Parámetros establecidos en el dinamómetro

<b>Parámetros</b>	<b>Selección</b>
Tipo de vehículo	vehículo ligero
Motor	Otto
Sobre Alimentación	Sin sobrealimentación
Caja de velocidades	Manual
Deslizamiento	Sin deslizamiento
Accionamiento	Tracción delantera
Rango de potencia	130 HP
Corrección de potencia	SAE
Factores adicionales	Ninguno
Valores limites	V. Max (mph) 124 V. Max (rpm) 6400 T. Max (°F) 203
Masa rotativa	60 g

Fuente: CCICEV

- Se coloca el ventilador de aire al frente del vehículo para ayudar al control de temperatura.
- Las normas de seguridad indican que las personas deben estar alejadas de la zona de prueba, seguir la señalética impuesta por el establecimiento, y usar el equipo de protección personal.
- La transmisión se coloca en una marcha directa hacia las ruedas,
- Se parte de un régimen bajo de revoluciones y se acelera a fondo hasta un número máximo de revoluciones.
- El rodillo de inercia recibe directamente la potencia de las ruedas motrices y el software capta los datos y muestra en la pantalla de computadora en forma de gráficas y tablas.
- Por cada uno de los combustibles se realizó varias pruebas de las cuales se toman los tres datos más aproximados y cercanos entre ellos, alcanzando un resultado del Torque y Potencia para realizar su comparativa.

Tabla 10. Comparativa de la potencia de los combustibles

n [rpm]	Potencia [Hp]		
	Extra	Ecopaís	E10
2200	20,5	20,9	22,6
2300	21,2	21,9	24,3
2400	22,7	23,3	25,6
2500	24,0	24,6	26,5
2600	25,1	25,7	27,4
2700	26,2	26,7	28,1
2800	27,0	27,5	28,5
2900	27,6	27,9	29,0
3000	28,1	28,4	29,9
3100	28,7	29,0	30,9
3200	29,5	29,8	31,8
3300	30,4	30,7	32,9
3400	31,3	31,6	34,3
3500	32,4	32,7	35,8
3600	33,6	34,0	37,4
3700	34,9	35,4	39,0
3800	36,4	36,8	40,6
3900	37,9	38,2	42,0
4000	39,1	39,7	43,3
4100	40,3	41,0	45,0
4200	41,7	42,3	46,9
4300	43,2	43,9	48,4
4400	44,7	45,4	49,4
4500	45,9	46,5	50,1
4600	46,9	47,5	51,0
4700	47,7	48,2	52,0
4800	48,5	48,9	52,8
4900	49,2	49,6	53,5
5000	50,1	50,3	54,5
5100	50,8	51,1	56,2
5200	51,4	51,9	58,3
5300	52,3	52,8	59,6
5400	52,8	53,5	60,2
5500	54,5	54,2	60,7
5600	56,2	54,9	60,4
5700	57,0	55,2	-
5800	57,0	55,1	-
5900	56,7	54,6	-
6000	56,0	53,9	-

Fuente: Autores

Tabla 11. Comparativa de torque de los combustibles.

n [rpm]	M [N.m]		
	Extra	Ecopaís	E10
2200	65,9	67,4	73,1
2300	65,4	67,4	75,1
2400	66,9	68,7	75,6
2500	68,0	69,6	75,4
2600	68,7	70,1	75,0
2700	69,0	70,3	74,0
2800	69,2	69,7	72,2
2900	67,5	68,2	71,0
3000	66,5	67,0	70,9
3100	65,7	66,4	70,8
3200	65,2	66,0	70,7
3300	65,3	65,9	70,9
3400	65,3	65,8	71,7
3500	65,6	66,2	72,7
3600	66,2	67,0	73,8
3700	66,8	67,8	74,9
3800	67,9	68,6	76,0
3900	68,8	69,5	76,5
4000	69,3	70,3	76,9
4100	69,7	70,9	77,9
4200	70,3	71,4	79,3
4300	71,3	72,4	80,0
4400	72,0	73,1	79,8
4500	72,3	73,4	79,1
4600	72,2	73,2	78,9
4700	72,0	72,7	78,6
4800	71,6	72,2	78,1
4900	71,3	71,8	77,6
5000	70,8	71,4	77,5
5100	70,5	71,1	78,4
5200	69,9	70,7	79,7
5300	69,9	70,7	79,9
5400	69,7	70,3	79,2
5500	70,2	69,9	78,3
5600	71,1	69,5	76,5
5700	70,9	68,7	-
5800	69,7	67,3	-
5900	68,2	65,7	-

Fuente: Autores

**3.2.5 Prueba de análisis de gases.** El analizador de gases es certificado por el centro CCICEV, donde se realizaron las pruebas para cada uno de los combustibles Extra, Ecopaís, E10.

Figura 41. Conexión del equipo al sistema de escape



Fuente: Autores

### **Procedimiento.**

Se realizó la prueba de análisis de gases según la NTE INEN 2203.

- Encender el vehículo por un periodo hasta que alcance la temperatura adecuada y se estabilice.
- Mantener la zona en la que se realiza la prueba, limpia para evitar que se altere la lectura de la muestra.
- Revisar que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones y sin salidas adicionales a las contempladas en el diseño original.
- El vehículo debe estar con su transmisión en neutro (transmisión manual) o en parqueo (transmisión automática).
- Con el motor apagado y en posición horizontal revisar el nivel de aceite recomendado por el fabricante.

- Encender el vehículo y mantenerlo en la temperatura con la que se encuentra en sistema de lazo cerrado.
- Para realizar la medición se conecta el tacómetro del equipo al sistema de encendido del motor y verificar condiciones de marcha en ralentí.
- Con el motor en ralentí y temperatura normal de operación se introduce la zona de pruebas en la salida del escape del vehículo.
- Esperar la respuesta del equipo de medición, esto tarda unos minutos según el fabricante del equipo.
- Se toma las lectura de datos en estad de ralentí y a 2 500 rpm.

Tabla 12. Análisis de gases combustible Extra

<b>Extra</b>						
<b>Parámetros</b>	<b>Primera medición</b>		<b>Segunda medición</b>		<b>Tercera medición</b>	
	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>
CO [%v]	0,26	0,01	0,39	0,02	0,1	0,03
CO <sub>2</sub> [%v]	12,9	12,9	12,7	12,9	13	13
CO corr [%v]	0,3	0,01	0,45	0,02	0,11	0,03
HC [PPM]	32	29	31	11	10	11
O <sub>2</sub> [%v] EXTRA	0,1	0,17	0,08	0,08	0,07	0,08
Λ	0,887	1,007	0,989	1,003	1	1,002
RPM	780	2510	790	2560	810	2550
T ACEITE [°C]	95	94	94	94	94	94

Fuente: CCICEV

Tabla 13. Análisis de gases combustible Ecopaís

<b>Ecopaís</b>						
<b>Parámetros</b>	<b>Primera medición</b>		<b>Segunda medición</b>		<b>Tercera medición</b>	
	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>	<b>Ralentí</b>	<b>RPM altas</b>
CO [%v]	3,42	0,05	1,01	0,1	1,49	0,03
CO <sub>2</sub> [%v]	10,8	12,9	12,8	12,8	12	12,8
CO corr [%v]	3,61	0,06	1,1	0,12	1,66	0,04
HC [PPM]	226	79	111	0,12	137	38
O <sub>2</sub> [%v]	0,1	0,13	0,16	0,38	0,06	0,08
Λ	0,887	1,001	0,971	1,013	0,948	1,001
RPM	790	2500	790	2520	790	2500
T ACEITE [°C]	92	91	91	89	91	91

Fuente: CCICEV

Tabla 14. Análisis de gases combustible E10

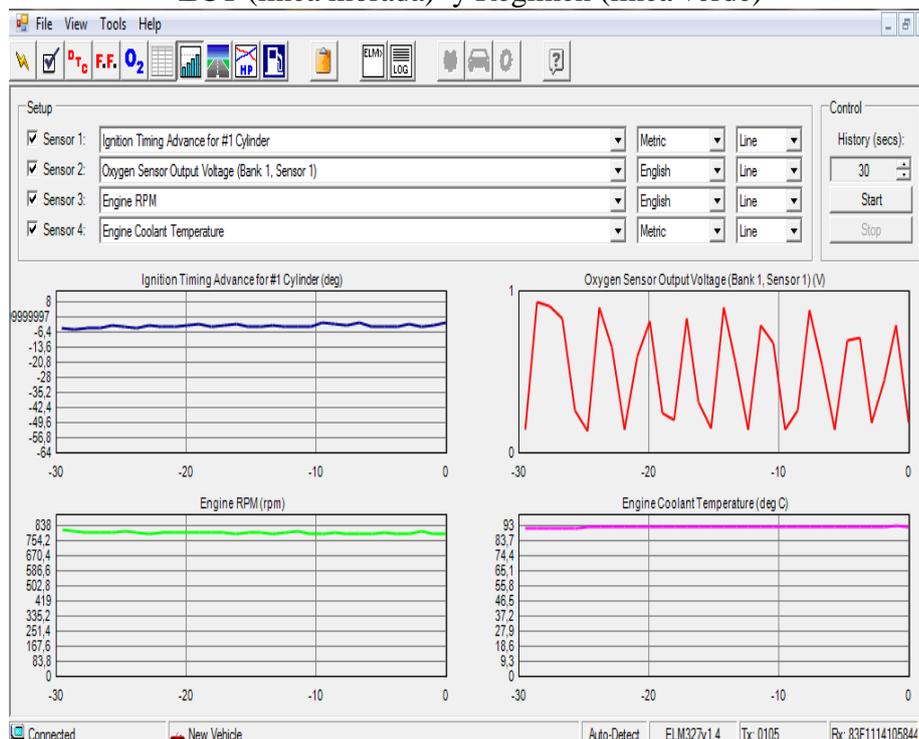
E10						
Parámetros	Primera prueba		Segunda prueba		Tercera prueba	
	Ralentí	RPM altas	Ralentí	RPM altas	Ralentí	RPM altas
CO [%v]	2,82	0,08	2,31	0,18	2,95	0,07
CO <sub>2</sub> [%v]	13	14,1	13,2	14,3	12,6	14,3
CO corr [%v]	2,82	0,08	2,31	0,19	2,95	0,07
HC [PPM] E10	190	68	186	84	155	45
O <sub>2</sub> [%v] E10	0	0,08	0	0	0	0
Λ	0,912	0,998	0,926	0,991	0,908	0,995
RPM	790	2550	800	2600	800	2540
T ACEITE [°C]	90	90	90	90	90	90

Fuente: CCICEV

**3.2.6** *Comportamiento de la Gestión electrónica del vehículo con cada uno de los combustibles.* Se monitorea las señales de los sensores y actuadores electrónicos del vehículo con cada uno de los combustibles Extra, Ecopaís y E10, para verificar si los sensores actúan dentro del rango predeterminado por la ECU.

**3.2.6.1** *Monitoreo del combustible Extra con el scanner.* El motor se encuentra en estado de KOER (*Key On Engine Run*).

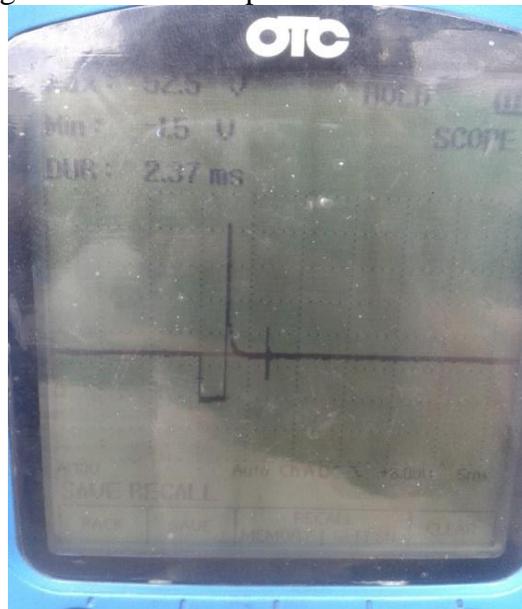
Figura 42. Adelanto de la chispa (línea azul), sensor de Oxígeno (línea roja), sensor ECT (línea morada) y Régimen (línea verde)



Fuente: Autores

**3.2.6.2** *Monitoreo del combustible Extra con el osciloscopio.* Muestra los picos máximos del pulso de inyección.

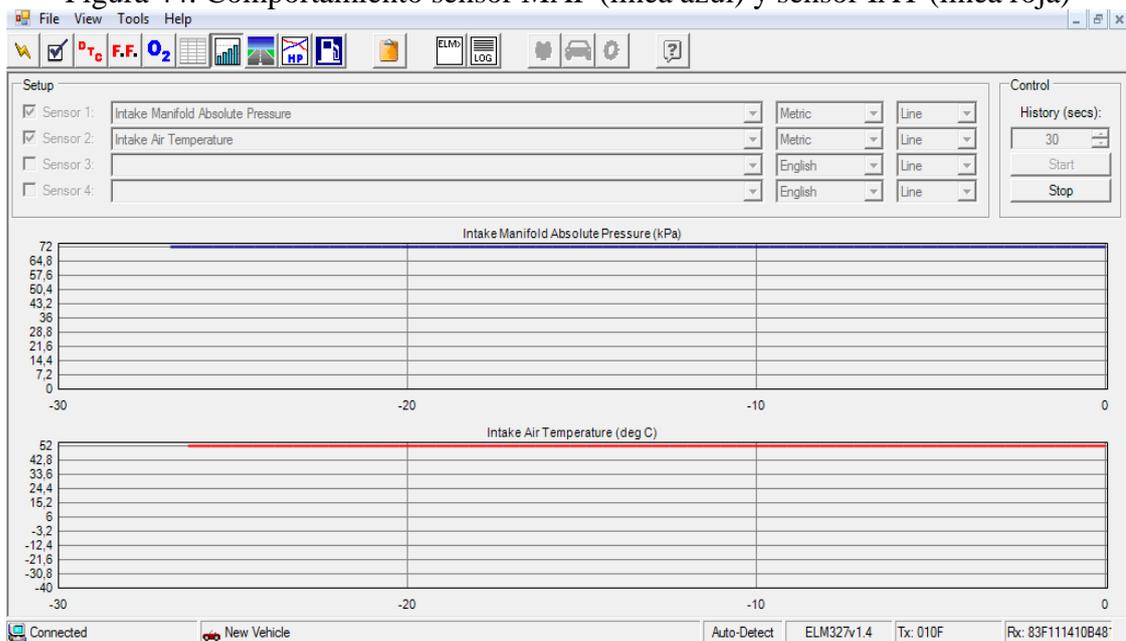
Figura 43. Ancho de pulso combustible Extra



Fuente: Autores

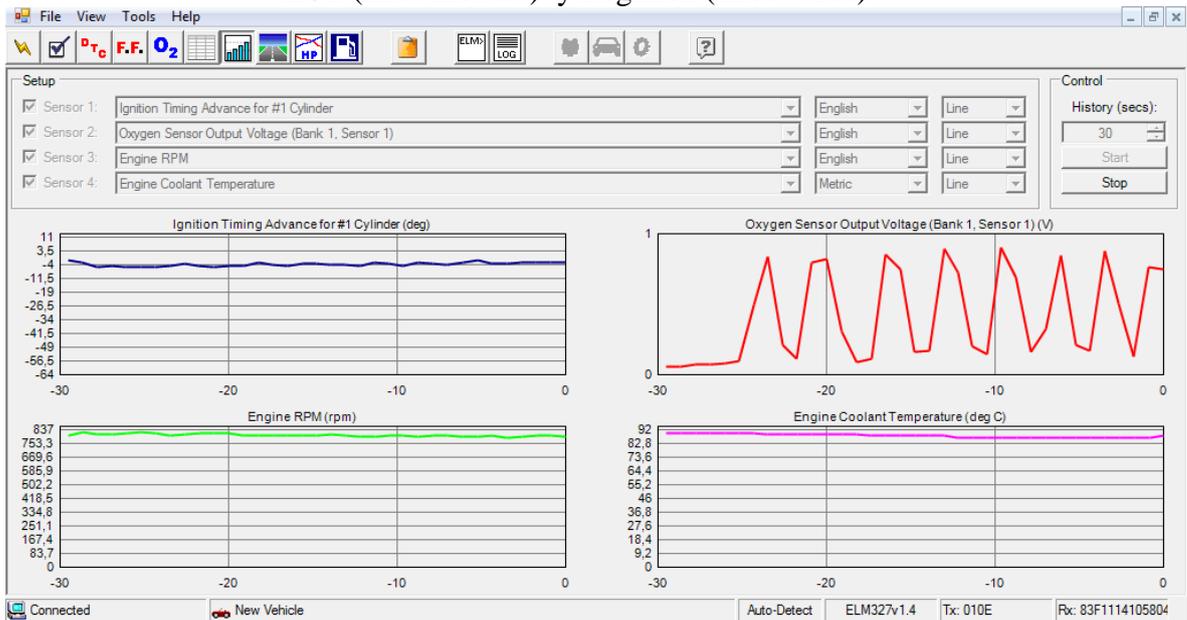
**3.2.6.3** *Monitoreo del combustible Ecopaís con el scanner.* Comportamiento de los sensores MAP y IAT. Los datos de la Figura 43 son en condiciones KOEO (Key On Engine Off), y los datos de la Figura 44 son en condiciones KOER.

Figura 44. Comportamiento sensor MAP (línea azul) y sensor IAT (línea roja)



Fuente: Autores

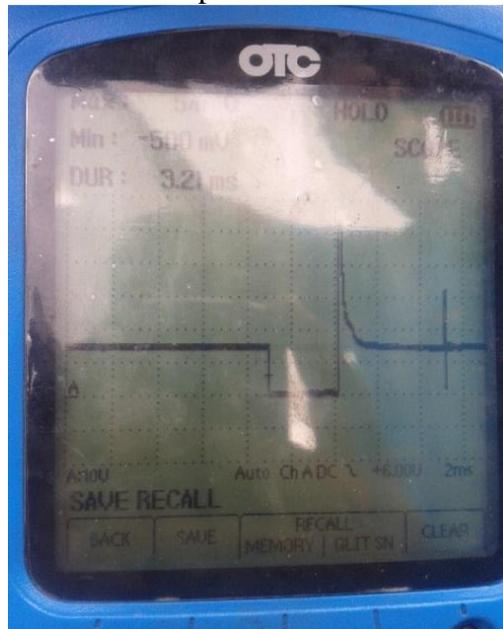
Figura 45. Adelanto de la chispa (línea azul), sensor de Oxígeno (línea roja), sensor ECT (línea morada) y Régimen (línea verde)



Fuente: Autores

**3.2.6.4** *Monitoreo del combustible Ecopaís con el osciloscopio.* El ancho de pulso con el combustible Ecopaís aumenta, este ancho de pulso se debe al Etanol.

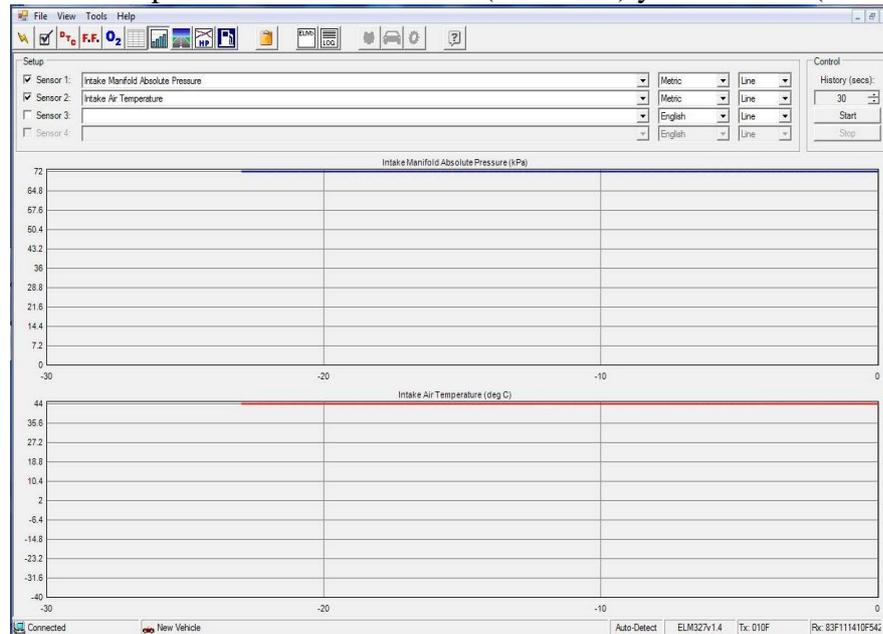
Figura 46. Ancho de pulso con combustible Ecopaís



Fuentes: Autores

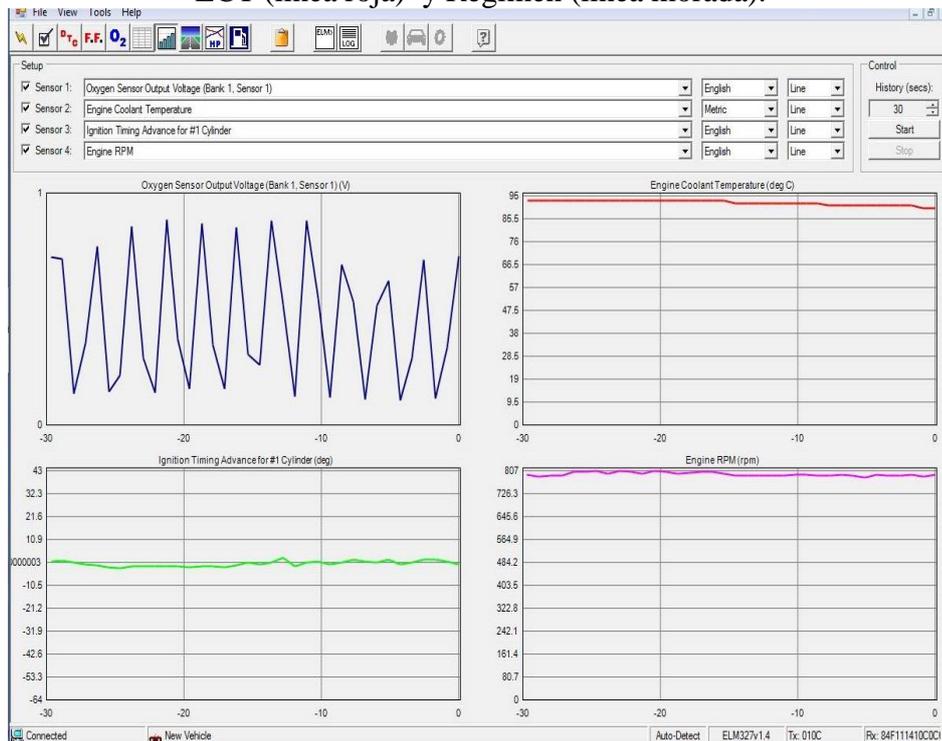
**3.2.6.5** *Monitoreo con el combustible E10 con el scanner.* El comportamiento de los sensores y actuadores, se puede observar en la figura 41 está en condiciones KOEO, y la Figura 38 en condiciones KOER.

Figura 47. Comportamiento sensor MAP (línea azul) y sensor IAT (línea roja)



Fuente: Autores

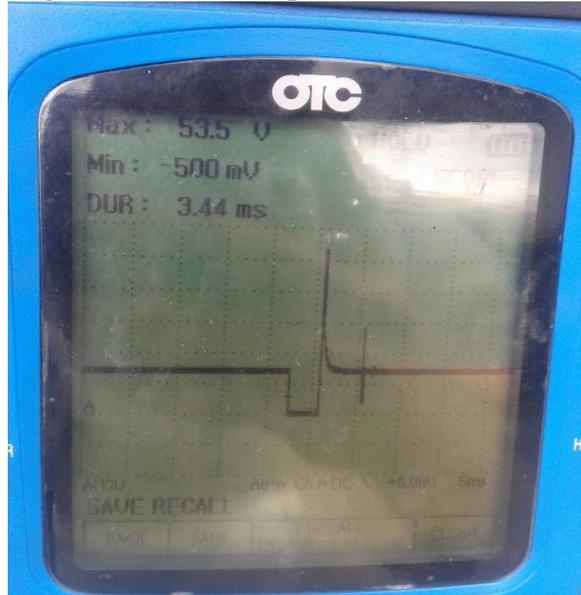
Figura 48. Adelanto de la chispa (línea roja), sensor de Oxígeno (línea azul), sensor ECT (línea roja) y Régimen (línea morada).



Fuente: Autores

**3.2.6.6** *Monitoreo del combustible E10 con el osciloscopio.* Con el combustible E10 aumenta la duración del ancho de pulso. Los anchos de pulso aumentan según el porcentaje de Etanol que se incremente a la mezcla.

Figura 49. Ancho de pulso combustible E10



Fuente: Autores

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TORQUE, POTENCIA Y EMISIONES DE ESCAPE EMPLEANDO GASOLINA EXTRA, E5 Y E10

#### 4.1 Análisis comparativo de Torque y Potencia

4.1.1 *Análisis de potencia.* Realizado los ensayos de potencia mediante la NTE INEN 0961 en el centro de transferencia CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, los datos obtenidos se adjuntas en la Tabla 15.

Tabla 15. Comparativa de la potencia de los combustibles

Combustible	RPM	Potencia máxima [HP]
Extra	5800	57,0
Ecopaís	5700	54,9
E10	5500	60,7

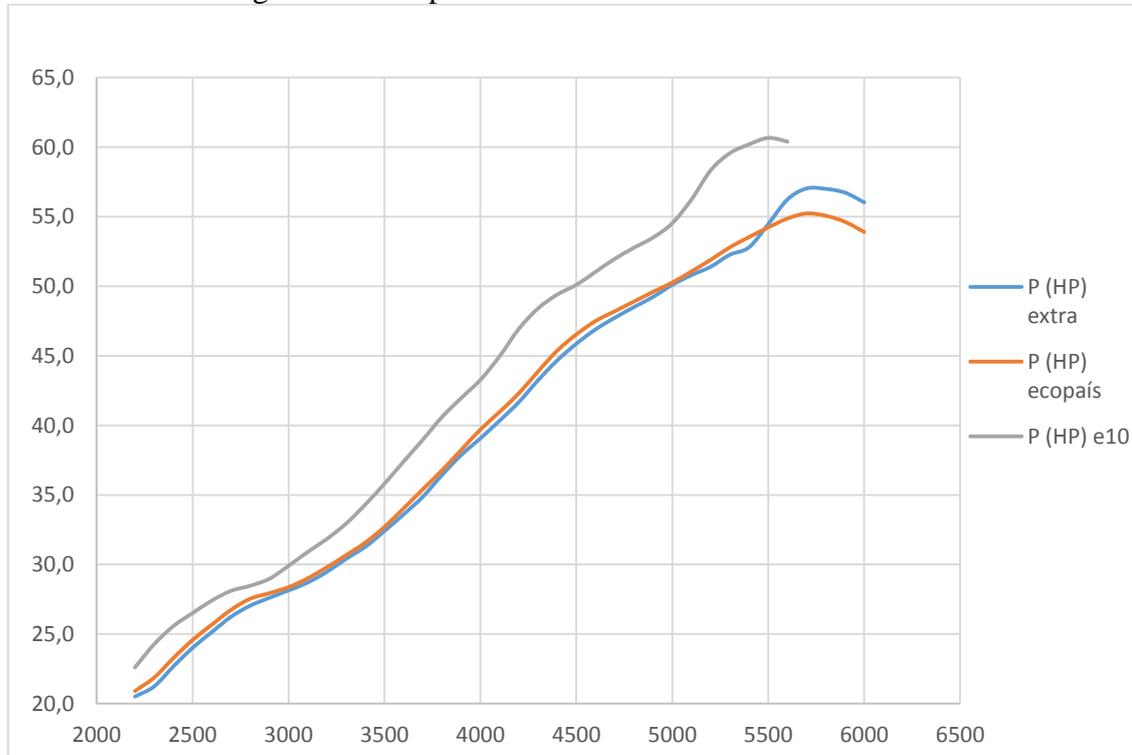
Fuente: Autores

El promedio de la potencia máxima, utilizando los tres diferentes combustibles da como resultado un decrecimiento de 2,1 HP de la gasolina Ecopaís frente al combustible Extra y un incremento de 3,7 HP del combustible E10 frente al mismo combustible de comparación. Por otro lado podemos indicar que empleando el combustible Ecopaís alcanza la potencia máxima a un número menor de régimen de revoluciones en este caso disminuye en 100 rpm, con respecto a la potencia máxima alcanzada por el combustible Extra, de igual manera empleando el combustible E10, alcanza la potencia máxima a un número menor disminuyendo 200 rpm con respecto al combustible base de comparación.

El comportamiento de la curva de potencia usando el combustible Ecopaís, sustenta el incremento gradual con respecto a la curva de potencia usando el combustible extra, pero cabe indicar que no supera su potencia máxima. Mientras observamos que la curva de potencia empleando el combustible E10 tiene un aumento de potencia con respecto de la curva de potencia del combustible extra. También muestra que las potencia máxima alcanzada por los combustibles Ecopaís y E10, a menores regímenes de giro,

acción que sucede porque a altas revoluciones el proceso de renovación de la carga no se da correctamente y con el poder calorífico inferior no llega a combustionares la mezcla de manera eficiente.

Figura 50. Comparativa de los diferentes combustibles



Fuente: Autores

#### 4.1.2 Análisis comparativo de torque.

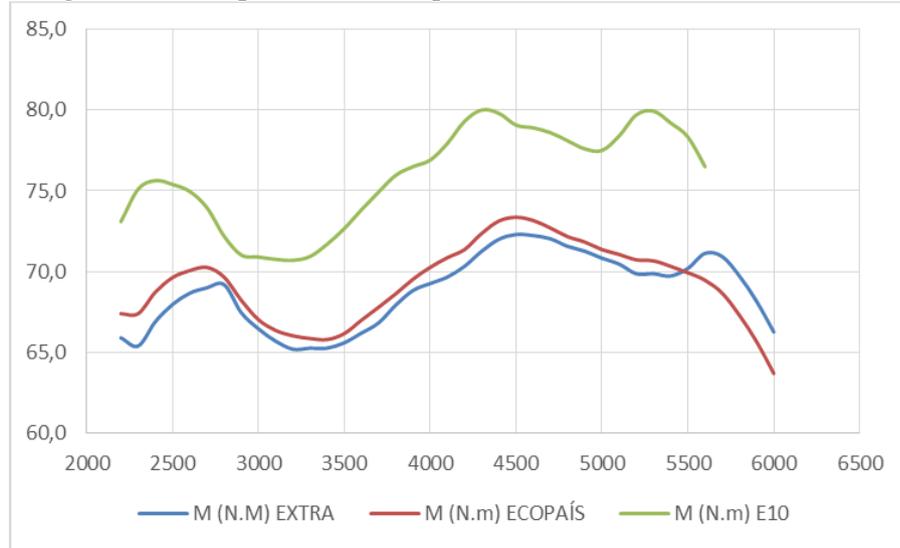
Tabla 16. Comparativa de torque de los combustibles

Combustible	RPM	Torque Máximo [N.m]
Extra	4500	72,3
Ecopaís	4500	73,4
E10	4300	80,0

Fuente: Autores

Observando los datos del comportamiento de los diferentes combustibles, podemos indicar un aumento usando combustibles Ecopaís y E10 un total de 1,1 N.m. y de 7,7 N.m respectivamente. De igual manera el torque máximo alcanzado por el combustible E10 disminuye a 200 rpm mientras que con el combustible ecopaís el régimen se mantiene alcanzando su torque máximo.

Figura 51. Comparativa de torque con los diferentes combustibles



Fuente: Autores

Observando el comportamiento de las curvas de torque de la Figura 51, podemos indicar un aumento significativo empleando los combustibles alternos, los picos que se muestran en cada gráfica nos indica que el par motor cambia con el régimen de giro, por la razón de que las explosiones no siempre son igual de fuertes, ya que el apagado de llama al aproximarse a la pared no puede progresar por el descenso de temperatura creándose una combustión insuficiente, lo que puede ocasionar la quema incompleta de hidrocarburos, a esto se le denomina efecto pared.

**4.1.3** *Consumo de combustible con Extra, Ecopaís y E10.* El proceso se describe en cada uno de los combustibles y los resultados se obtienen de la siguiente ecuación: (GUZMAN BECKMANN, 2013)

$$C = \frac{100 V}{D} \quad (4)$$

Dónde:

V= volumen consumidos (l.)

D= distancia recorridos. (km.)

**4.1.3.1** *Combustible Extra.* Se llenó el tanque de combustible del vehículo de prueba con 35 litros de Extra y marcando 154 058 km del odómetro en la ciudad de Riobamba.

En un recorrido de 242 km a la ciudad de Quito, se retiró el combustible restante en un taller mecánico obteniendo 22 litros y marcando 154 300 km. En el trayecto se ha consumido 13 litros de combustible Extra.

Realizando los cálculos se obtiene:

$$\text{Consumo} = \frac{13 * 100}{242}$$

$$\text{Consumo} = 5,32 \text{ Litros.}$$

**4.1.3.2** *Combustible Ecopaís.* Se llenó el tanque de combustible con 35 litros de Extra y marcando 154 058 km del odómetro en la ciudad de Riobamba. En un recorrido de 246 km a la ciudad de Quito, se retiró el combustible restante en un taller mecánico obteniendo 18 litros. En el trayecto se ha consumido 17 litros de combustible Ecopais:

$$\text{Consumo} = \frac{17 * 100}{246}$$

$$\text{Consumo} = 6,91 \text{ Litros.}$$

**4.1.3.3** *Combustible E10.* Se llenó el tanque de combustible con 35 Litros de E10 y marcando 155 760 Km en la ciudad de Riobamba. Se retiró el combustible E10 en la ciudad de Quito en un taller mecánico el cual se obtuvo 16 Litros y marcando 156 005 Km. En un recorrido de 245 Km se ha consumido 19 Litros de combustible E10. Realizando los cálculos con la ecuación 4 se obtiene:

$$\text{Consumo} = \frac{19 * 100}{245}$$

$$\text{Consumo} = 7,755 \text{ Litros.}$$

**4.1.3.4** *Poder calorífico de los combustibles.* Para obtener el poder calorífico de las mezclas al 5% y 10% se utilizan los siguientes datos: el poder calorífico de la gasolina = 43 950 kJ/kg, poder calorífico del etanol = 20 790 kJ/kg. se utiliza la siguiente formula: (GUZMAN BECKMANN , 2013)

$$Pc = \%gasolina(Pc gasolina) + \%etanol(Pc etanol) \quad (5)$$

Utilizando la ecuación 7 obtenemos el poder calorífico del combustible Ecopaís.

$$Poder\ Calorífico\ Ecopaís = 0,95 \left( 43\,950 \frac{KJ}{Kg} \right) + 0,05 \left( 20\,790 \frac{KJ}{Kg} \right) = 42\,792 \frac{KJ}{Kg}$$

Utilizando la ecuación 7 obtenemos el poder calorífico del combustible E10.

$$Poder\ Calorífico\ E10 = 0,90 \left( 43\,950 \frac{KJ}{Kg} \right) + 0,10 \left( 20\,790 \frac{KJ}{Kg} \right) = 41\,634 \frac{KJ}{Kg}$$

Si el poder calorífico es de un nivel inferior al del combustible base (Extra) este tiene un mayor consumo, “Por ejemplo, si se ejecuta una combustión con un combustible con una cierta cantidad de alcohol, la llama de este tendrá poca fuerza, ya que la oxidación no se va a realizar como se desea, este elemento químico posee un bajo poder calorífico debido a que el alcohol contiene agua y este reduce el calor”. (PUENTE, 2011).

**4.1.4 Mejora de octanaje.** El octanaje es la capacidad antidetonante de la gasolina cuando se comprime dentro del cilindro del motor. Según el informe de ensayo de control de calidad sur del laboratorio de Pascuales tenemos un octanaje al nivel de mar de 85,3 octanos (RON).

Añadiendo Etanol al volumen de gasolina mejora el octanaje del combustible como podemos observar en la siguiente tabla.

Tabla 17. Efecto del bioetanol en el octanaje de la gasolina-base

Composición de la gasolina-base			Incremento de octanaje con							
			5% de bioetanol		10% de bioetanol		15% de bioetanol		20% de bioetanol	
Aromáticos	Oleofinicos	Saturados	MON	RON	MON	RON	MON	RON	MON	RON
50	15	35	0,1	0,7	0,3	1,4	0,5	2,2	0,6	2,9
25	25	50	0,4	1,0	0,9	2,1	1,3	3,1	1,8	4,1
15	12	73	1,8	2,3	3,5	4,4	5,1	6,6	6,6	8,6
11	7	82	2,4	2,8	4,6	5,5	6,8	8,1	8,8	10,6

Fuente: (MARIANTE CARVHALO, 2008)

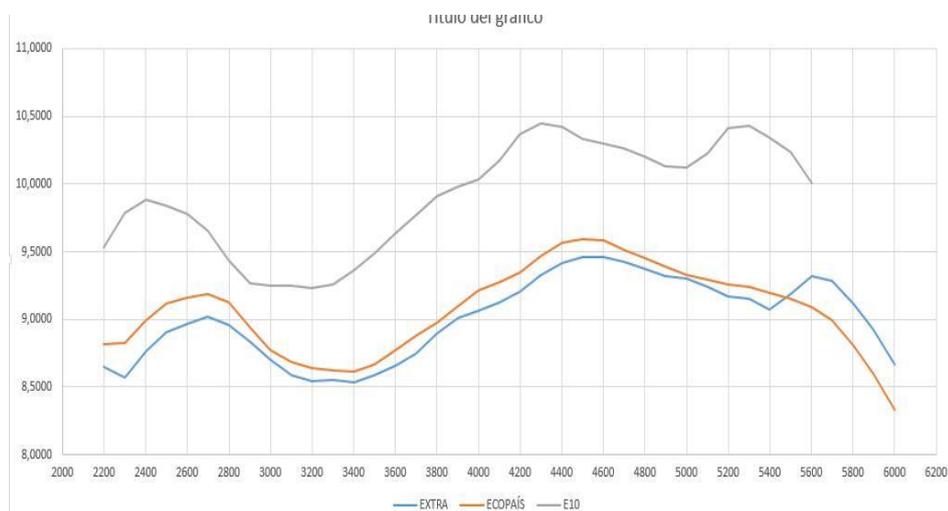
La gasolina que se comercializa en el País posee las propiedades: Aromáticos: 18.3 máx.; Oleofínicos: 14.9 máx. (PETROECUADOR, 2016)

Con los datos indicados en la tabla 17 el número de ROM agregando 5% de alcohol etílico, nos indica un aumento de 1,0 de octanaje al combustible y basándonos en el informe de octanaje de combustible extra en nuestro país es de 85,3 octanos. Por tal razón con el incremento nos resulta un combustible de 86,3 octanos, diferencia que permite un aumento de Potencia en todo régimen de motor.

Con el combustible E10 con 10% de etanol a la mezcla por volumen de combustible, tomamos las mismas consideraciones para el resultado de incremento de octanaje. Con los datos del combustible nos indica un aumento de 2,1 de octanaje al combustible adicionando a los 85,3 octanos tenemos un incremento a 87,4 octanos, diferencia que permite un mejor rendimiento del motor.

**4.1.5** *Presión media efectiva.* Otro factor que nos puede indicar un incremento de potencia es el aumento de presión media efectiva.

Figura 52. Presión Media Efectiva



Fuente: Autores

Como observamos en la figura las curvas tienden a caer pasado los 5 400 rpm razón por la cual indican una pérdida de potencia empleando los combustibles alternos a altas regímenes de giro, mientras con el combustible Extra pasa a recuperarse y luego decae pasadas las 5 700 rpm.

**4.1.6** *Factor de corrección de potencia por altura.* Como hemos estudiado la altura afecta rígidamente a la potencia por lo que se realiza factores de corrección tomado de la ecuación 1 tenemos que

$$\frac{N_i}{N_0} = \left(\frac{P}{p_0}\right)^a \left(\frac{T}{T_0}\right)^b \quad (6)$$

Dónde:

Ni= potencia a altura indicada

N0= potencia a 0 msnm 65 CV

P= presión altura indicada 73,5 kPa.

P0= presión a 0 msnm 101,3 kPa

T= temperatura indicada 20 °C

T0= temperatura a 25 °C

a= 1

b= -1

$$N_i = 65 \text{ cv} \left(\frac{73,5}{101,3}\right)^1 \left(\frac{20}{25}\right)^{-1}$$

$$N_i = 65 * 0,72 * 1,25$$

$$N_i = 58,5 \text{ cv}$$

Por el resultado podemos indicar que el resultado del factor de corrección es semejante al resultado de potencia arrojado por la prueba del dinamómetro.

**4.1.7** *Monitoreo del sistema electrónico.*

**4.1.7.1** *Monitoreo del combustible Extra con el scanner.* Al monitorear los sensores nos da los siguientes datos que se muestran en la captura de pantalla del scanner.

En la Figura 42 se observa que el adelanto de la chispa se encuentra dentro del rango de funcionamiento, esta onda puede oscilar ya que los cilindros funcionan individualmente para mantener el régimen de ralentí, este adelanta y retrasa los grados de la chispa, en

este caso tiene un retraso de -5,4 grados, el sensor de oxígeno está oscilando entre 0,4 y 0,8 voltios dando a conocer que funciona de manera correcta. Su régimen está en ralentí aproximadamente a 838 rpm y la temperatura del motor es 93 °C.

Los datos obtenidos a continuación son del scanner automotriz Fcar, mostrando los diferentes parámetros de funcionamiento del motor y de inyección electrónica.

En la Figura 53 podemos observar que con el combustible Extra el pulso de inyección promedio alterna entre los 1,7 y 2,0 milisegundos indicando que funciona dentro de los parámetros establecidos por la gestión electrónica.

El sensor MAP muestra el valor de diferencia de presión en el múltiple de admisión que es de 29 kpa. El sensor ECT nos muestra la temperatura del motor que se encuentra en estado de funcionamiento de lazo cerrado mientras que el sensor Baro nos muestra la presión ambiental que estamos trabajando y sensor de oxígeno que su valor siempre está ciclando, está en 894 mV. Indicando que su valor está en una mezcla rica.

Figura 53. Monitoreo del ancho de pulso del inyector en ralentí, combustible Extra



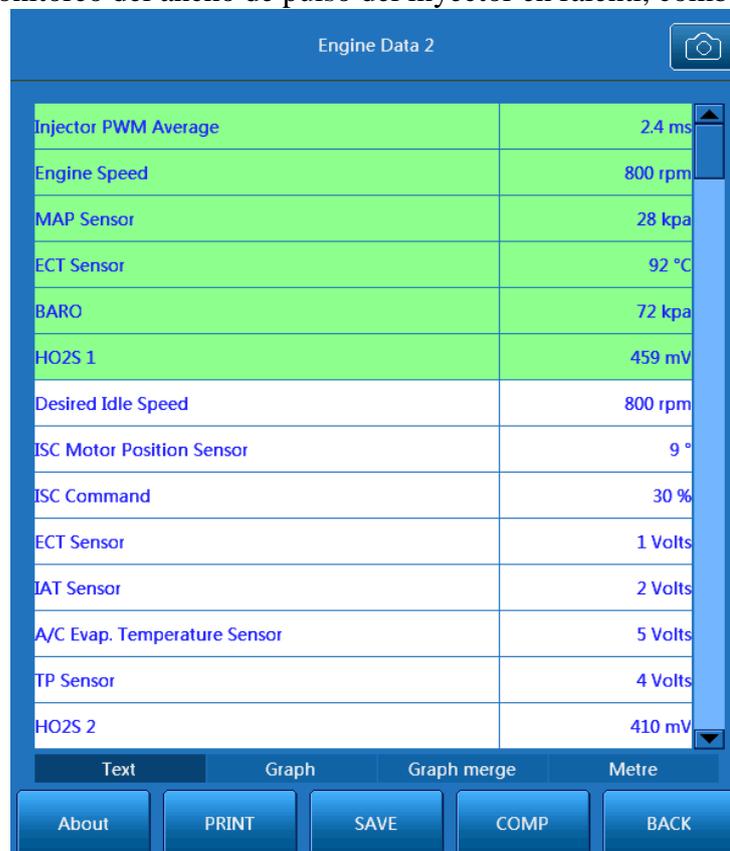
Fuente: Autores

**4.1.7.2 Monitoreo del combustible Extra con el osciloscopio.** La Figura 43 muestra la duración que es 2,37 ms, que es el ancho del pulso máximo de la inyección. Este ancho de pulso depende de la información del sensor MAP, régimen del motor y en particular del sensor de oxígeno, ya que puede este último puede dar información de mezcla pobre, señales de mezcla rica.

**4.1.7.3 Monitoreo del combustible Ecopaís con el scanner.** En la Figura 44 el sensor MAP indica la presión absoluta con la que trabaja el motor, en este caso son 28kPa. El sensor de temperatura de aire 52 °C, hay que tomar en cuenta que la temperatura del motor ocasiona que los componentes cercanos aumentan su temperatura.

En la Figura 54 muestra el funcionamiento con el combustible Ecopaís y observamos que el pulso de inyección promedio de los inyectores sube a los 2,4 milisegundos indicando un aumento en el ancho de pulso, por el combustible empleado. El sensor de oxígeno muestra su ciclo y en este caso está en mezcla rica, los demás parámetros indican el correcto funcionamiento del sistema electrónico.

Figura 54. Monitoreo del ancho de pulso del inyector en ralentí, combustible Ecopaís



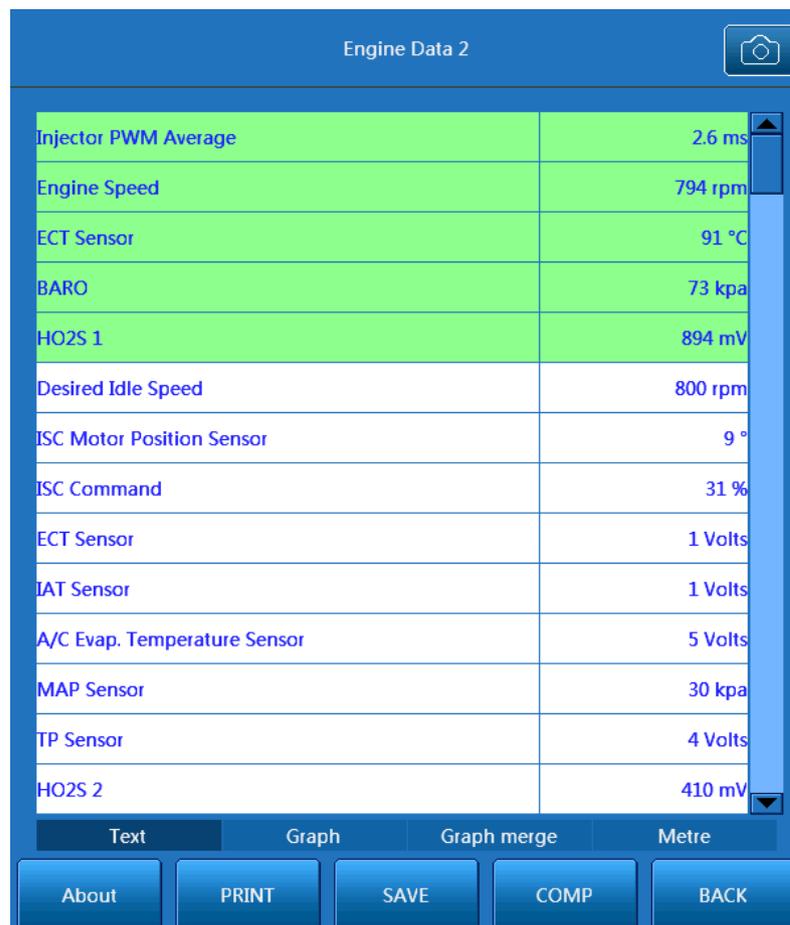
Fuente: Autores

**4.1.7.4 Monitoreo del combustible Ecopaís con el osciloscopio.** En la Figura 46 se monitorea el ancho de pulso con el combustible Ecopaís el cual nos tiene una duracion de 3,21 ms, este dato es mayor en relacion al combustible base (Extra).

**4.1.7.5 Monitoreo con el combustible E10.** La figura 47 permite visualizar que la presión es de 72 kPa ya que todas las pruebas se realizaron en el mismo lugar geográfico, la temperatura con la que trabaja es de 54 °C, como ya se ha mencionado este es por la temperatura del motor transmitiendo calor a los diferentes componentes.

En la Figura 55 muestra el funcionamiento con el combustible E10 y observamos que el pulso de inyección promedio de los inyectores sube a los 2,6 milisegundos indicando un aumento en el ancho de pulso, por el combustible que se está empleando. El sensor de oxígeno muestra su ciclo y en este caso esta mezcla pobre, los demás parámetros indican el correcto funcionamiento del sistema electrónico.

Figura 55. Monitoreo del ancho de pulso del inyector en ralentí, combustible E10

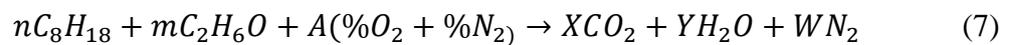


Fuente: Autores

**4.1.7.6** *Monitoreo del combustible E10 con el osciloscopio.* En la figura 48 da una duracion de 3,44 ms con el combustible E10 en comparacion con el combustible base (extra). Como se explico antes esto se debe al poder calorifico el cual disminuye cuando aumenta el porcentaje del etanol.

**4.1.8** *Estequiometria:*

De la ecuación general obtenemos la proporción ideal necesaria para la combustión química.



Dónde:

A= proporción de aire

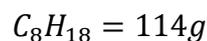
n= proporción de peso de Carbono en el combustible.

m= proporción de peso de Hidrogeno en el combustible.

X, Y, W = número moles de los productos.

Para obtener el peso molecular de cada uno de los elementos químicos en porcentaje, se parte del peso molecular total de la gasolina.

Gasolina Extra



Porcentaje de carbono

porcentaje de Hidrogeno

$$\begin{array}{l} 114g \rightarrow 100\% \\ 96g C \rightarrow X = 84,2\%C \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 114g \rightarrow 100\% \\ 18g H \rightarrow X = 15,7\%H \end{array}$$

Ahora se procede con el peso molecular del etanol

Etanol



Porcentaje de carbono

porcentaje de Hidrogeno

$$\begin{array}{l} 46g \rightarrow 100\% \\ 24g C \rightarrow X = 52,2\%C \end{array}$$

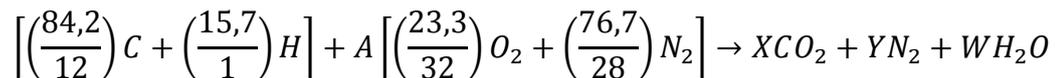
$$\begin{array}{l} 46g \rightarrow 100\% \\ 6g H \rightarrow X = 13\%H \end{array}$$

Porcentaje de Oxigeno

$$\begin{array}{l} 46g \rightarrow 100\% \\ 16g O \rightarrow X = 34,8\%O \end{array}$$

Con estos datos se realiza el análisis químico ideal para la estequiometria necesaria la combustión de cada uno de los combustibles.

Combustible Extra



Se remplaza las incógnitas

$$C = 7 \rightarrow X$$

$$X=7$$

$$H = 15,7 \rightarrow 2W; W = \frac{15,7}{2};$$

$$W=7,8$$

$$O = 2A(0,728) \rightarrow 2X + W; A = \frac{2(7) + 7,85}{2(0,728)} = \frac{21,85}{1,456};$$

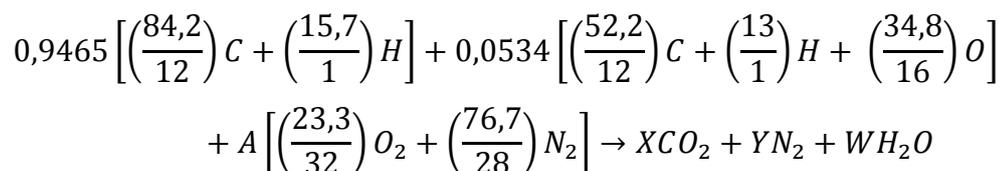
$$A=15$$

$$N = 2A(2,739) \rightarrow 2Y; Y = 15(2,739);$$

$$Y=41,08$$

La proporción ideal para combustionar la gasolina Extra es de A=15:1.

Combustible Ecopaís.



Se reemplaza las incógnitas

$$C = 6.87 \rightarrow X \quad X=6,87$$

$$H = 15.55 \rightarrow 2W; W = \frac{15,55}{2} \quad W=7,77$$

$$O = 0,116 + 2A(0,728) \rightarrow 2X + W; A = \frac{2(6,87)+7,77-0,116}{2(0,728)} \quad A=14,85$$

$$N = 2A(2,739) \rightarrow 2Y; Y = 14,85(2,739) \quad Y=40,68$$

La proporción ideal para combustionar la gasolina Ecopaís es de A=14,85

Combustible E10

$$0.893 \left[ \left( \frac{84.2}{12} \right) C + \left( \frac{15.7}{1} \right) H \right] + 0.107 \left[ \left( \frac{52.2}{12} \right) C + \left( \frac{13}{1} \right) H + \left( \frac{34.8}{16} \right) O \right] \\ + A \left[ \left( \frac{23.3}{32} \right) O_2 + \left( \frac{76.7}{28} \right) N_2 \right] \rightarrow XCO_2 + YN_2 + WH_2O$$

Se reemplaza las incógnitas

$$C = 6,75 \rightarrow X \quad X=6,75$$

$$H = 15,41 \rightarrow 2W; W = \frac{15,41}{2} \quad W=7,70$$

$$O = 0,233 + 2A(0,728) \rightarrow 2X + W; A = \frac{2(6,75)+7,70-0,233}{2(0,728)} \quad A=14,40$$

$$N = 2A(2,739) \rightarrow 2Y; Y = 14,40(2,739) \quad Y=39,44$$

La proporción ideal para combustionar la gasolina Ecopaís es de A=14,40

Los resultados la relación estequiométrica ideal con cada uno de los combustibles muestran que el oxígeno necesario para la combustión disminuye al introducir un porcentaje de etanol. A este tipo de combustibles se les denomina gasolinas oxigenadas puesto que el etanol contiene una molécula de oxígeno en su composición.

Este resultado muestra el cambio de la proporción de aire para la combustión, mientras este número varíe para cada uno de los combustibles la computadora deberá hacer correcciones para mantener la estequiometria y evitar el aumento de gases contaminantes puesto que estará trabajando en una mezcla rica.

## 4.2 Análisis comparativo de gases de combustión.

Realizado las pruebas de gases de combustión siguiendo el procedimiento de la norma INEN 2203, en el centro de transferencia CCICEV, los resultados muestran el siguiente comportamiento en promedio.

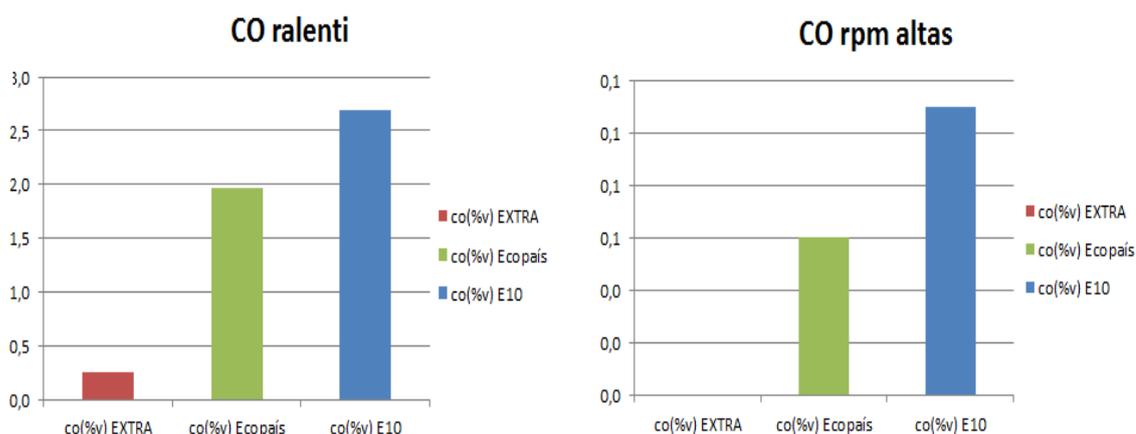
### 4.2.1 Monóxido de carbono (CO).

Tabla 18. Resultado de monóxido de carbono

Parámetros [% v]	Ralentí	Parámetros [% v]	RPM altas
EXTRA	0,3	EXTRA	0,0
ECOPAÍS	2,0	ECOPAÍS	0,1
E10	2,7	E10	0,1

Fuente: Autores.

Figura 56. Monóxido de carbono



Fuente: Autores

En el vehículo de prueba en estado de ralentí, el gas monóxido de carbono usando el combustible ecopaís incrementa un 1,7% por volumen, en comparación del combustible extra. Empleando el combustible E10 de igual manera incrementa 2,4%. Por lo que estos combustibles aumenta la contaminación en la altura. Dentro de la NTE INEN no son aceptables estos valores.

En el régimen de motor según indica la NTE INEN 2203 es de 2 500 rpm, y se toma datos de este gas los cuales son equivalentes, indicando que se encuentran dentro de la NTE INEN 2204.

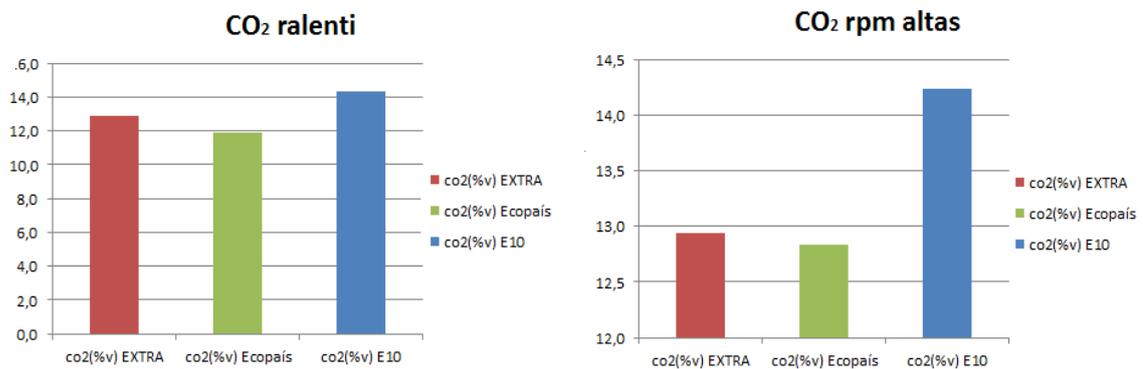
#### 4.2.2 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Tabla 19. Resultados de dióxido de carbono

Parámetros [% v]	Ralentí	Parámetros [% v]	RPM altas
EXTRA	12,9	EXTRA	12,9
ECOPAÍS	11,9	ECOPAÍS	12,8
E10	14,3	E10	14,2

Fuente: Autores

Grafica 1. Dióxido de carbono



Fuente: Autores

El dióxido de carbono es un gas no tóxico pero de igual manera contaminante, observamos que en estado de ralentí su valor usando combustible ecopaís, baja su producción 1 % por volumen y con el combustible E10 aumenta su producción a 1.4%. En altas revoluciones elevadas observamos que usando el combustible E10 aumenta su producción 1.3% por volumen.

Este gas es indicativo de cómo se está dando la combustión dentro del cilindro, mientras más valor obtenga mejor será la combustión.

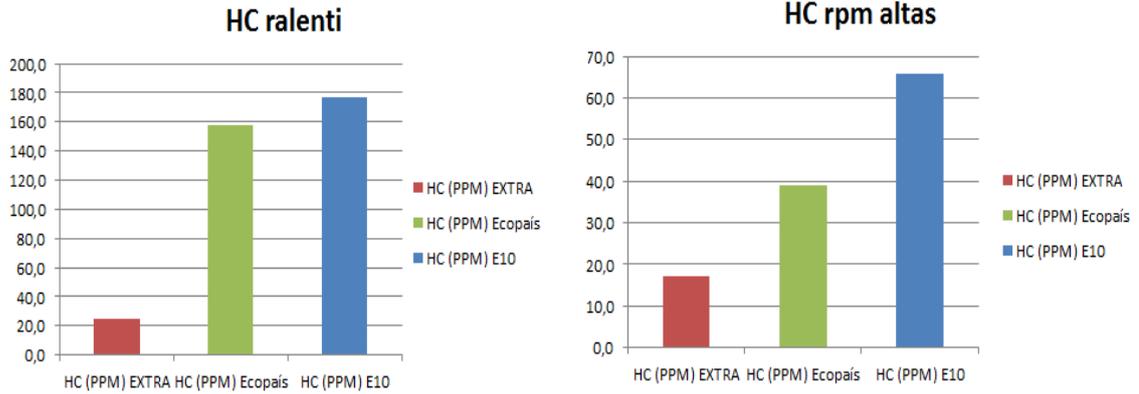
#### 4.2.3 Hidrocarburos (HC)

Tabla 20. Resultados de hidrocarburos

Parámetros [PPM]	Ralentí	Parámetros [PPM]	RPM altas
EXTRA	24.3	EXTRA	17.0
ECOPAÍS	158.0	ECOPAÍS	39.0
E10	177.0	E10	65.7

Fuente: Autores

Grafica 2. Hidrocarburos



Fuente: Autores

El valor de contaminación de los hidrocarburos usando combustibles alternos, muestran un aumento significativo en comparación con el combustible base de muestra, aunque basándonos en la NTE INEN 2204 los valores expuestos está bajo la referencia.

Por excelencia este gas es producto de una mal combustión dentro de la cámara, también es gas muy toxico y dañino para la salud y aumenta la contaminación ambiental.

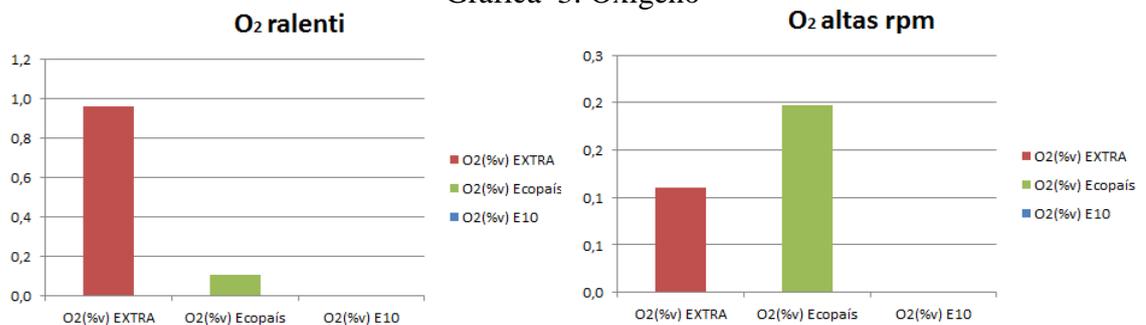
#### 4.2.4 Oxígeno (O<sub>2</sub>)

Tabla 21. Resultado del oxígeno

Parámetros [% v]	Ralenti	Parámetros [% v]	RPM altas
EXTRA	1.0	EXTRA	0.1
ECOPAÍS	0.1	ECOPAÍS	0.2
E10	0.0	E10	0.0

Fuente: Autores

Grafica 3. Oxígeno



Fuente: Autores

El oxígeno es una muestra de la combustión dentro de la cámara, el valor siempre va a estar oscilando. Es muy importante porque mediante el sensor de oxígeno la ECU puede tener la información del proceso de combustión. Los resultados nos muestran que utilizando los biocombustibles el oxígeno prácticamente desaparece o toma valores muy bajos, esto se por el enriquecimiento de la mezcla. Ya sea por mal corrección estequiometrica, pulso de inyección que se incrementa, o por el bajo poder calorífico.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se evidenció mediante el dinamómetro de rodillos en el centro de investigación CCICEV, que utilizando los combustibles Ecopaís y E10, mejora el Torque efectivo y Potencia efectiva.

La mejora del octanaje en los biocombustibles permite el incremento efectivo de Torque y Potencia del vehículo, mientras más cercano sea al propuesto por el fabricante, mejor será el rendimiento del motor.

La disminución del poder calorífico se da por el incremento del porcentaje de etanol, al realizar las mezclas con gasolina extra. Dando un mayor consumo de combustible.

La relación estequiometrica ideal baja con respecto a la gasolina extra, indicando que se necesita menor cantidad de moléculas de oxígeno para realizar la combustión con los biocombustibles, por lo que el sistema electrónico está programado para una mezcla estequiométrica con valor de combustible y oxígeno más alto, dando una mezcla rica al oxidarse los combustibles alternativos.

La altura es un factor principal para el incremento de los gases de contaminantes entre ellos el monóxido de carbono y los hidrocarburos por lo que el sistema electrónico realiza ajuste con ayuda del sensor de oxígeno y sensor MAP.

Al utilizar el combustible E10 presenta mejoras considerable en Torque y Potencia efectivos frente a los dos combustibles de prueba, Ecopaís y Extra.

El incremento de los gases contaminantes CO Y HC es el reflejo de la falta de oxígeno en la combustión de estos combustibles por lo que indica que estamos trabajando en una mezcla rica. Otro indicativo es que el oxígeno decae por debajo del obtenido por el combustible Extra.

En base a las investigaciones realizadas a una altura mayor de 2 500 msnm, podemos indicar que al aumentar el porcentaje de etanol al volumen de combustible Extra, obtendremos un aumento de gases contaminantes.

Para el vehículo Chevrolet Spark en el cual se realizaron las pruebas pertinentes, con los combustibles alternos, Ecopaís y E10, no tiene efectos positivos a la disminución de contaminación a una altura mayor a 2 500msnm, este resultado no se puede generalizar para todo el parque automotor que existe en el País.

## **5.2 Recomendaciones**

Revisar los elementos del sistema electrónico del vehículo, como sensores y actuadores ya que su mal funcionamiento puede alterar los datos del estudio.

Prepara el vehículo a sus ajuste base, para que los resultados no se alternen por el desgaste de componentes al ser utilizados con varios combustibles.

Ampliar una comparativa de los combustibles alternos entre tres regiones del país, costa sierra y oriente, evaluar el rendimiento del motor y emisión de gases.

Realizar el análisis de gases de los biocombustibles alternos para una flota con varias marcas y modelos de vehículos, y comprobar si los datos obtenidos varían con respecto a nuestra investigación.

Obtener datos de contaminación de combustibles alternos con mayor porcentaje de etanol por volumen de combustible E15, E20, E25, E30, funcionales para vehículos con características de fábrica, a la altura indicada.

Realizar pruebas experimentales certificadas del consumo de combustible ya que nuestras investigaciones se realizaron con la toma de datos en base al combustible empleado y al kilometraje tomado por el odómetro.

## BIBLIOGRAFÍA

**BOSCH.** bombas electricas de combustibles y prefiltros bosch. [En línea] [Citado el: 23 de 02 de 2016.]

<http://www.boschecuador.com/assets/tecnova/Bombas%20de%20gasolina%20y%20prefiltros.pdf>.

**CALLEJA GONZALES, David. 2011.** *MOTORES I*. Madrid España : Paraninfo, 2011. pág. 404. Vol. 1.

**CHALA PEREZ , Franklin Santiago y ÑACATO SALAZAR, Jaime Andres. 2008.** bibdigital.epn.ede.ec. [En línea] 05 de 2008. [Citado el: 04 de 02 de 2016.]

[http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/627/1/CD-1537\(2008-06-09-12-11-56\).pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/627/1/CD-1537(2008-06-09-12-11-56).pdf).

**CHEVROLET.** chevrolet.com. [En línea] [Citado el: 24 de 02 de 2016.]

[http://www.servicioautopartes.com/ficha\\_spark\\_servicio\\_autopartes.pdf](http://www.servicioautopartes.com/ficha_spark_servicio_autopartes.pdf).

**DENSO.** denso. [En línea] [Citado el: 04 de 02 de 2016.]

<http://densoautoparts.com/es/sensores-de-af-y-ox-geno/sensores-de-ox-geno..>

**E-AUTO.** e-auto. [En línea] [Citado el: 24 de 02 de 2016.] [http://www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=222..](http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=222..)

**ECUAVISA. 2014.** Ecuavisa "noticias". [En línea] 10 de 04 de 2014. [Citado el: 20 de 01 de 2016.] <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/actualidad/83013-gasolina-extra-sera-reemplazada-ecopais-2017-segun-presidente>.

**ELCOMERCIO. 2012.** EL COMERCIO. [En línea] 04 de 2012. [Citado el: 26 de 01 de 2016.] [http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/..](http://especiales.elcomercio.com/2012/04/gasolina/)

**ELUNIVERSO. 2010.** Diario el Universo. [En línea] 10 de 04 de 2010. [Citado el: 26 de 01 de 2016.] <http://www.eluniverso.com/2010/04/10/1/1504/alimento-motor.html..>

**GALLEGOS MURILLO, Mayra Alexandra. 2005.** repositorio.espe.edu.ec. [En línea] 07 de 2005. [Citado el: 04 de 03 de 2016.]

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4155/1/T-ESPEL-0186.pdf>.

**GUZMAN BECKMANN , Liliana. 2013.** dspace.uce.edu.ec. [En línea] 09 de 2013.

[Citado el: 03 de 03 de 2016.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>.

**INEN. 2000.** Instituto Ecuatoriano de Normalización. [En línea] 2000. [Citado el: 01 de 04 de 2016.] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2203.2000.pdf..>

—. Instituto Ecuatoriano de Normalización. [En línea] [Citado el: 03 de 04 de 2016.] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0926.1984.pdf..>

—. Instituto Ecuatoriano de Normalización. [En línea] [Citado el: 02 de 04 de 2016.] <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0961.1984.pdf..>

—. **2011.** Reglamento Técnico Ecuatoriano. [En línea] 2011. [Citado el: 02 de 04 de 2016.] [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte\\_028.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_028.pdf)..

**INTERNATIONAL. 2013.** astm. [En línea] 09 de 2013. [Citado el: 29 de 03 de 2016.] [http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO13/infocus\\_sps13.html](http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO13/infocus_sps13.html)..

**LAPUERTA, MAGUÍN. 2006.** *Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustion interna.* Real España; Medellín Colombia : Scientific Electronic Library online, 2006. Vol. 17.

**LEEN, Sarah.** Biocombustibles. *National Geografiphic.* [En línea] [Citado el: 20 de 08 de 2015.] <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/biofuel-profile>.

**MARIANTE CARVHALO, Junior Armando. 2008.** *Energía para el desarrollo sostenible.* Río de Janeiro : Senac Río, 2008. pág. 320. Vol. 1.

**MELO ESPINOSA, ELIEZER AHMED , y otros. 2012.** Scielo. [En línea] 05 de 2012. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012012000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012012000200002)..

**PAYRI , F y DESANTES, J. M. 2013.** *Motores de Combustión Interna.* Valencia España : Reverté, 2013. pág. 1002. Vol. 1.

**PETROECUADOR. 2016.** *Ensayo de Octanaje.* Pascuales : s.n., 2016.

**PETROLRIOS. 2015.** Petrolrios. [En línea] 18 de 03 de 2015. [Citado el: 19 de 01 de 2016.] <http://petrolrios.com.ec/gasolina-extra-con-etanol-denominada-ecopais/>.

**PTE.** Petroleum Total Equipament. [En línea] [Citado el: 18 de 03 de 2016.] [http://www.ptec.com.co/esp/aplicaciones/derivados-del-petroleo-y-biocombustibles/biocombustibles/destilador-manual\\_89](http://www.ptec.com.co/esp/aplicaciones/derivados-del-petroleo-y-biocombustibles/biocombustibles/destilador-manual_89)..

**PUENTE, Edwin. 2011.** Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador. [En línea] 2011.

**SEXIAS, Mario A. 2007.** Intituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. *ATLAS DE LA AGROENERGÍA Y LOS BIOCMBUSTIBLES EN LAS AMÉRICAS.* [En línea] 2007. [Citado el: 20 de 08 de 2015.]

**TÉCNICA.** Portal de información. [En línea] [Citado el: 04 de 04 de 2016.] <http://www.portaltecnico.metrodequito.gob.ec/tecmetro.php?c=1350>..

