



ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la
obtención del título de Ingeniero en Automotriz.

AUTORES:

Guillermo David Herdoiza Guzmán
Klever Sebastián Perugachi Vega

TUTOR:

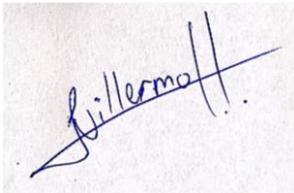
Ing. Juan Fernando Iñiguez Izquierdo

Análisis de las ventajas del uso del etanol en
motores de combustión interna

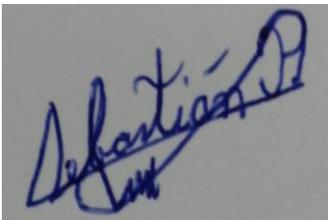
CERTIFICACIÓN

Nosotros, **Guillermo David Herdoiza Guzman y Klever Sebastián Perugachi Vega**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Guillermo David Herdoiza Guzman



Klever Sebastián Perugachi Vera

Yo, **Juan Fernando Iñiguez Izquierdo**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

JUAN
FERNANDO
INIGUEZ
IZQUIERDO

Firmado digitalmente por
JUAN FERNANDO
INIGUEZ IZQUIERDO
Fecha: 2023.02.28

15:13:09 -05'0

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón este trabajo de titulación a mis padres los cuales han sido los pilares fundamentales de mi vida en todo aspecto, han sido un gran ejemplo de superación, humildad y sacrificio otorgándome así todas las herramientas para poder formarme como un profesional con valores, también quisiera dedicar este trabajo a mi mascota Tom la cual me acompañó todo el tiempo de mi carrera, así como en momentos buenos, malos y difíciles, que desde el cielo sé que en cada momento me está cuidando. También quiero dedicar este trabajo a mis hermanos porque han sido los guías en mi vida estudiantil y ejemplos a seguir de seres humanos con valores. Y por último a mi abuelita Dora que desde el cielo me ha estado apoyando todo este tiempo.

Agradecimiento

En primer lugar quisiera agradecer a Dios ya que él ha sido quien me ha cuidado todo este tiempo y me ha dado la fuerza para no darme por vencido en ningún instante, en segundo lugar quisiera agradecer a la Universidad Internacional del Ecuador en específico a la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz por todos los conocimientos impartidos durante todo este tiempo y a cada uno de los profesores quienes a más de educarnos con conocimientos nos han enseñado valores para formar buenos profesionales. Y por último quisiera agradecer al Ingeniero Juan Fernando Iñiguez quien ha sido nuestro tutor en el trabajo de titulación por todo el apoyo, guías y conocimientos que nos ha brindado.

Contenido

RESUMEN	vii
Introducción	viii
Marco Teórico	ix
Materiales y Métodos	ix
Resultados y Discusión	xiii
Conclusiones	xvii
Referencias	xviii

Análisis de las ventajas del uso del etanol en motores de combustión interna.

Ing. Juan Iñiguez I. Msc¹, Guillermo Herdoiza G², Klever Perugachi V³

¹ *Docente-Coordinador Escuela de ingeniería automotriz - UIDE, jiiniguez@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

² *Estudiante Escuela de ingeniería automotriz-UIDE, guherdoizagu@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

³ *Estudiante Escuela de ingeniería automotriz-UIDE, klperugachiv@uide.edu.ec, Quito - Ecuador*

RESUMEN

El presente estudio analiza las ventajas del uso de la mezcla de etanol-combustible en motores de combustión interna. El etanol es considerado como un biocombustible, el que se lo puede obtener de la biomasa el cual es un recurso natural renovable. Para la realización de las pruebas se utilizó un vehículo Spark GT 1.2 La mezcla se la realiza mediante porcentajes de E5 a E15 con gasolina super y extra. Para la obtención de datos se realizó pruebas con la ayuda de un dinamómetro para determinar la potencia que entrega y un analizador de gases para obtener el porcentaje de gases de escape que produce el vehículo, el estudio obtuvo como resultados que el porcentaje de mezcla E10 es la mejor mezcla ya que aumenta torque, potencia y disminuye las emisiones de gases contaminantes.

Palabras clave: etanol, torque, potencia, mezcla, dinamómetro.

ABSTRACT

This study analyzes the advantages of using the ethanol-fuel mixture in internal combustion engines. Ethanol is considered a biofuel, which can be obtained from biomass, which is a renewable natural resource. To carry out the tests, a Spark GT 1.2 vehicle was used. The mixture is made through percentages of E5 to E15 with premium and regular gasoline. To obtain data, tests were carried out with the help of a dynamometer to determine the power it delivers and a gas analyzer to obtain the percentage of exhaust gases produced by the vehicle, the study obtained as results that the percentage of mixture E10 is the best mix as it increases torque, power and decreases polluting gas emissions.

Keywords: ethanol, torque, power, mixture, dynamometer

Introducción

El etanol es considerado como un biocombustible, el cual se lo obtiene de la biomasa el cual es un recurso natural renovable. Este combustible apareció en el año 2000 tomando fuerza en Europa producido a través de la remolacha, Estados Unidos a través del maíz y Brasil a través de la caña. El etanol a diferencia de la gasolina que se obtiene del petróleo tiene un mayor octanaje (113), químicamente este cuenta con oxígeno, el cual ayuda a mejorar la combustión. Por ende, se lo puede considerar como un aporte para disminuir la contaminación que los vehículos generan y dañan al planeta.

En la actualidad del país los combustibles han ido incrementando su valor lo cual ha provocado un cambio en los usuarios que colocaban gasolina super a colocar gasolina extra en sus vehículos ya que esta posee un valor menor considerable, el uso del etanol en el combustible reduciría el precio de este como lo es la gasolina eco país. El objetivo de este estudio fue determinar las emisiones de gases contaminantes, potencia y torque que tiene el uso de etanol mediante la norma NTE INEN 935:2010 de los combustibles, en las siguientes composiciones de etanol: E5 (5%), E10 (10%) y E15 (15%).

En el presente estudio se realizaron pruebas de medición de potencia, torque mediante la norma DIN 70020 y emisiones de gases contaminantes mediante la norma NTE INEN 2204 inicialmente sin el uso de etanol y con el uso de etanol con mezcla de E5, E10 y E15, se estableció una comparación entre potencia, torque y las emisiones de gases contaminantes dependiendo del porcentaje de mezcla usado y se determinaron los pros y contras de las mezclas E5, E10 y E15 de etanol en los vehículos de combustión interna. Los resultados mostraron que la mezcla E10 obtuvo mejores valores de torque, potencia y emisiones de gases contaminantes. A partir de los análisis realizados la mezcla E10 es la mezcla óptima para ser utilizada ya que con esta mezcla no existe la necesidad de modificar partes del vehículo para su funcionamiento con etanol, obteniendo así una reducción en emisiones de gases contaminantes y un aumento en potencia y torque.

Marco Teórico

Combustible: “Un combustible es aquel material que al ser quemado libera una energía que puede servir como insumo para distintos procesos como el funcionamiento de maquinaria, la generación de luz eléctrica o la movilización de un medio de transporte como el auto o el barco” (Westreicher, 2020)

Octanaje: El octanaje hace referencia a los octanos que tiene un combustible, es una escala en la que se mide la capacidad antidetonante de los diferentes combustibles, dependiendo del vehículo y su motor podremos obtener mejores resultados con el combustible que se utilice, pero en caso de utilizar un combustible con un octanaje bajo al que necesita este motor, se pueden provocar una explosión prematura dentro del cilindro, lo que provocara un mayor desgaste de los componentes dentro del motor (*¿Qué es el octanaje?*, 2020).

Etanol: El etanol es un alcohol que se produce naturalmente a partir de ingredientes orgánicos. Este tipo, que no es derivado del petróleo, es menos contaminante que los combustibles convencionales. (CanalMotor Corporation, 2020)

Potencia: Es la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.

Torque: Es la fuerza que debe ser aplicada a un eje que gira sobre sí mismo a una determinada velocidad.

Emisiones de gases generadas por el tubo de escape: Estas emisiones son generadas por la quema de la mezcla aire combustible que se da en el motor del vehículo, lo que se obtiene es gases contaminantes como: monóxido de carbono, hidrocarburos, óxido de nitrógeno, que su cantidad dependerá del consumo del motor de combustión interna y de su calidad de combustible. Los cuales llegan a la atmosfera provocando diversos problemas tanto para el planeta y para el ser humano. (INECC, 2018)

Materiales y Métodos

Según estudios realizados que comparan el rendimiento de los vehículos que utilizan como combustible una mezcla de etanol y gasolina, es una mejora en mezclas del 5% y del 10%, a su vez se ha podido evidenciar una disminución en gases de escape, en vehículos que no cuentan con un control sobre la relación de aire y combustible que ingresa a la cámara de combustión, si se evidencia mejora, pero al sr tan ligera esta, no es fácil de que el ser humano la perciba (Álvarez et al, 2008).

Dejando a un lado la potencia y los gases que genera el uso de la mezcla con etanol, se ha podido encontrar que el etanol al ser un recurso renovable, es menos costo de producir a comparación del petróleo, en países que adopta el desarrollo del etanol, se ha visto mejoras en la reactivación económica y productiva, ya que disminuye la importación de hidrocarburos y aumenta por ejemplo la producción en el sector agrícola, ambiental, energético, debido a todos los diferentes procesos que se puede obtener tras la fabricación del etanol.

Para la presente investigación nos basaremos en la Norma Técnica ecuatoriana “NTE INEN 935:2010”. Dicha norma contiene los requisitos que necesita cumplir el combustible o gasolina que será utilizada por motores de ciclo Otto, su alcance esta dado para combustibles que son comercializados dentro del país, sin importar si son obtenidos por producción nacional o que sean

importados (INNEC, 2010). Cabe recalcar que dentro del territorio nacional se comercializa en un 50% de las estaciones de servicio el combustible conocido como “ECOPAIS”, el cual es un combustible que contiene 5% de etanol lo que en otros países se conoce como E5, este valor depende de la cantidad de mezcla que se da como puede ser un E10 el cual contiene 10% de etanol.

Tabla 1

Características fisicoquímicas del etanol:

Características	Valor
Punto de Ebullición (°C)	78.5
Punto de Inflamación (°C)	12
Temperatura de Autoignición (°C)	400
Densidad Relativa (g/cm³)	0.79
Poder Calorífico inferior (KJ/kg)	26.810
Poder Calorífico superior (KJ/kg)	29.670

Fuente: (Gobierno de España et al, 2018)

El etanol es un líquido incoloro que posee un olor característico, es un líquido peligroso ya que su vapor puede mezclarse fácilmente con el aire lo que provoca una fácil mezcla explosiva, químicamente es peligroso ya que puede tener una reacción violenta con oxidantes fuertes, por ejemplo: ácido nítrico, nitrato de plata, etc. Lo que genera incendios y explosiones.

Tabla 2

Características fisicoquímicas gasolina “Ecopaís”:

Características	Valor
Poder Calorífico inferior (KJ/kg)	44916.195
Poder Calorífico superior (KJ/kg)	45583.695
Densidad	0.749

Fuente: (Quimbata, A., et al, 2017, p. 27-64).

El combustible “Ecopaís” que se distribuye en el territorio ecuatoriano desde 2010 como un plan piloto en la región costa durante dos años y posterior a estos dos años se implementó en más regiones del país, contiene una mezcla de hasta 10% de etanol E10, cuenta con un octanaje de 87, los valores mostrados en la tabla son una referencia obtenida, ya que dependiendo de la estación de servicios que lo distribuyan, los valores tienden a variar.

Según el estudio “Utilización de Etanol en un Motor a Gasolina” desarrollado por Álvarez et al (2008), mencionan que, tras la realización de las pruebas con uso de etanol y combustible en un motor de combustión interna, obtuvieron un mejor rendimiento con la mezcla de 10% de etanol, sus pruebas estuvieron enfocadas en mezclas de 5%, 10%, 15%, 20% y con 0% de mezcla, estas fueron realizadas a 2500 rpm y 3500 rpm en un banco de pruebas. En su estudio también se realiza una prueba de emisiones de gases lo cual arroja como resultados que con el uso de E10 la combustión se realiza de forma más eficiente porque disminuyen los valores obtenidos en la medición de gases que se generan y que con uso de gasolina sin etanol se obtienen los valores más altos de CO respecto a emisiones, esto lo justifican porque el combustible con etanol resulta ser más oxigenado lo que ayuda a la combustión. En su estudio mencionan que según una medición de octanaje con combustible brasileño y mezclas con etanol se obtiene un incremento aproximado de 1.8 puntos en el octanaje. (Álvarez, Sáenz, & Torres, 2007)

En el estudio de Álvarez et al (2007) “Análisis de torque, potencia, consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferentes concentraciones de gasolina/etanol en un banco de pruebas motor corsa 1.6LT. de la C.I.A”, mencionan que al analizar los gases emitidos por un motor 1.6 bajo la norma NTE INEN 2204:2002 que rige en Ecuador, se mantienen dentro de los valores permitidos por dicha norma, se pudo observar que en la mezcla de 20% de etanol los valores obtenidos tienden a aumentar y sobrepasar a los valores permitidos, lo que permite descartar el uso de este porcentaje de mezcla, las pruebas fueron realizadas mediante un dispositivo de recolección de gases de escape, dichas pruebas fueron desarrolladas a 950 rpm a 2500 rpm y a 3500 rpm. (Cabezas & Moyano, 2016)

En la tesis de grado de Masson (2012) sobre “Determinación de la eficiencia de mezcla de ochenta octanos con etanol anhidrido para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chispa”, mencionan que el mejor porcentaje de mezcla de etanol-gasolina es una mezcla de 10%, dicha mezcla aumento el octanaje del combustible a 84 octanos y pese a que si se aumenta el porcentaje de mezcla el valor del octanaje también aumenta, se pudo encontrar que el combustible E10 cuenta con las mejores características para el uso en motores de combustión interna lo que se traduce a un mejor funcionamiento del motor, porque se pudo evidenciar que al aumentar el porcentaje de etanol la mezcla tiende a separarse, lo que provocaría que se tenga que modificar el motor para que este puede funcionar correctamente con la mezcla. Las pruebas de las diferentes mezclas se las realizo mediante una máquina de ensayo de detonación llamada octanómetro bajo las normas INEN y ASTM. (Masson, 2012)

Se utilizará un vehículo Chevrolet Spark GT 1.2L (2014) perteneciente al segmento A, este vehículo será sometido a pruebas experimentales de la mezcla etanol-combustible y también se usarán equipos como: dinamómetro y analizador de gases para la obtención de los resultados.

Para la realización de las pruebas de potencia y torque nos regiremos en la norma DIN 70020 la cual permite medir potencia y torque de un motor en un dinamómetro con todos sus accesorios.

Para la realización de las pruebas estáticas en ralentí y 2500 rpm de emisiones de gases contaminantes nos regiremos en la norma NTE INEN 2204 la cual establece los límites permitidos de emisiones de gases contaminantes mediante pruebas estáticas.

Tabla 3*Descripción de materiales para las pruebas*

Materiales	Descripción
Vehículo	Spark GT 1.2L (2014)
Etanol	Para la mezcla en 5-10-15 (%)
Combustible	Gasolina super y extra
Dinamómetro	Marcelo Redín Automotriz
Analizador de gases de escape	Marcelo Redín Automotriz

Fuente: Autores

Se realizarán pruebas con algunas mezclas de etanol para la obtención de resultados.

Tabla 4*Descripción de los combustibles a utilizar*

Etanol	Combustible
5%-E5	Super y extra
10%-E10	Super y extra
15%-E15	Super y extra

Fuente: Autores

En la siguiente tabla se expresan los valores y características del motor del vehículo que son entregadas por el fabricante a través de la ficha técnica.

Tabla 5*Ficha técnica del vehículo.*

Datos ficha técnica "Spark GT 2015"	
Motor	1,2 DOHC
	4 en línea montaje
Número de cilindros	transversal
Número de válvulas	16 válvulas
Potencia	81 HP 6200rpm
Torque	11.1 Kg.m 4800rpm

Fuente: Autores

Resultados y Discusión

Prueba de potencia y torque

En las siguientes tablas podremos observar los valores obtenidos de la potencia y torque máximo obtenidos en dinamómetro, con gasolina extra, super y las mezclas con etanol de E5-E10-E15 respectivamente.

Tabla 6*Potencia máxima con extra y etanol*

Potencia Máxima 5200rpm (HP)	
Porcentaje	Gasolina Extra
0%	80.3
5%	81.8
10%	84.1
15%	83.9

*Fuente: Autores.***Tabla 7***Torque máximo con extra y etanol*

Torque máx. a 3400rpm (N.m)	
Porcentaje	Gasolina Extra
0%	99.04
5%	101.98
10%	105.91
15%	105.91

Fuente: Autores.

Tabla 8*Potencia máxima con super y etanol*

Potencia Máxima 5600rpm (HP)	
Porcentaje	Gasolina Super
0%	80.5
5%	83
10%	82.5
15%	82.9

*Fuente: Autores***Tabla 9***Torque máximo super y etanol*

Torque máx. a 3800rpm (N.m)	
Porcentaje	Gasolina Super
0%	91.20
5%	96.10
10%	97.08
15%	97.08

*Fuente: Autores***Pruebas de gases de escape**

En las siguientes tablas se observarán los valores de los gases contaminantes emitidos por los diferentes tipos de mezclas de etanol y combustible, para la medición de gases se los realizó de dos formas, la primera a ralentí y la segunda medición a 2500 rpm.

Tabla 10.
Emisiones de gases contaminantes en ralentí

Prueba de emisiones de gases contaminantes (RALENTI)						
Combustible	Medición de gases					
	HC	O2	CO	CO2	Lambda	Nox
Extra	488	4,45	0,38	11,1	1,203	17,7
5%	0	5,08	0	11,5	1,302	19,1
10%	0	23	0	10	1,33	96
15%	0	7	0	1	1,34	7
Super	463	4,37	2,34	9,9	1,133	16,6
5%	311	6,28	0,13	8,7	1,449	21,3
10%	32	4,48	0	11,8	1,257	18,4
15%	32	4,48	0,06	11,5	1,26	18,5

Fuente: Autores

Tabla 11.
Emisiones de gases contaminantes a 2500rpm

Prueba de emisiones de gases de escape (2500 rpm)						
Combustible	Medición					
	HC	O2	CO	CO2	Lambda	Nox
Extra	473	4,31	0,3	12	1,19	17,5
5%	0	4,45	0	11	1,26	18,6
10%	0	5	0	11	1,264	18
15%	0	7	0	11	1,296	18,1
Super	419	2,65	0,7	10,7	1,107	16,2
5%	246	1,5	0,05	11,7	1,071	15,7
10%	47	2,88	0,08	12,4	1,152	16,9
15%	35	1,18	0,02	13,5	1,057	15,5

Fuente: Autores

Análisis de resultados.

Para el presente análisis de resultados de potencia se tomó como referencia la potencia inicial que entrego el vehículo al utilizar el combustible que se distribuye en el país, como segundo valor a comparar se tomó en cuenta la potencia máxima obtenida, dichos datos se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 12.*Potencia mínima y máxima de la mezcla de etanol con extra y super*

Potencia (HP)		
	Extra	Super
Mínima	80,3	80,5
Máxima	84,1	83
Diferencia	3,8	2,5

Fuente: Autores.

Se puede observar hay una notable diferencia entre los dos combustibles y sus mezclas ya que al nosotros realizar una mezcla de 10% con gasolina extra, podemos aumentar 3.8 Hp de potencia obteniendo una potencia máxima de 84.1 Hp. De igual forma se puede observar que al realizar una mezcla de 5% con gasolina super, podremos obtener un aumento máximo de 2.5 Hp de potencia que nos entrega una potencia máxima de 83 Hp.

Tabla 13.*Torque mínimo y máximo de la mezcla de etanol con gasolina extra y super.*

Torque (N.m)		
	Extra	Super
Mínima	99.04	91.20
Máxima	105.91	97.08
Diferencia	6.87	6.08

Fuente: Autores

Como podemos observar en la tabla existe una diferencia notable entre los combustibles extra y super en el torque, obteniendo así que la gasolina extra con mezcla de etanol al 10% tiene mayor torque que la gasolina super con mezcla al 10% de etanol.

Analizando los resultados obtenidos mediante la medición de gases de escape que se genera, se puede observar que los hidrocarburos en la mezcla de etanol y gasolina extra a ralentí llegan a bajar a 0 al igual que el CO, lo cual nos ayuda a comprobar que el etanol ayuda a que el vehículo genere menos contaminación. Estas pruebas también se las realizo a 2500 rpm las cuales tras el análisis de valores obtenidos se observa que de igual forma los hidrocarburos llegan a disminuir a 0 en la mezcla de etanol y combustible extra.

En las pruebas de mezcla de E10 tanto con gasolina extra y super se observa un notorio aumento de torque y potencia, incluyendo una disminución de emisiones de gases contaminantes, así como el estudio “Utilización de Etanol en un Motor a Gasolina” desarrollado por Alvares y otros mencionan que con la mezcla E10 se nota una gran disminución de gases contaminantes, siendo el más notorio el CO, en la tesis de grado de Masson Ricaurte sobre “Determinación de la eficiencia de mezcla de ochenta octanos con etanol anhidrido para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chisma”, se pudo encontrar que el combustible E10 cuenta con las mejores características para el uso en motores de combustión interna lo que se traduce a un mejor funcionamiento del motor.

Conclusiones

- Según el análisis de los valores obtenidos tanto en potencia como en emisión de gases de escape se pudo determinar que el uso de etanol requiere un análisis previo debido a las características del motor ya que para aprovechar el máximo potencial del motor no todos los porcentajes de mezcla van a servir ya que al nosotros realizar una mezcla superior a E10 la potencia empieza a decaer, esto debido a que el motor del vehículo cuenta con una baja compresión por ejemplo el combustible al tener una menor capacidad de resistencia al comprimirse, se puede generar que este detone antes de tiempo.
- Se pudo determinar que el mejor porcentaje de mezcla para un vehículo con las características de este es de una mezcla de E10 ya que con esta cantidad de mezcla se logró obtener el máximo de caballos y torque posibles. De igual forma que se logró una disminución en algunos valores de gases de escape que se generan como HC, CO y CO₂
- Con el presente estudio se pudo demostrar que el uso de etanol en diferentes porcentajes puede llegar a mejorar el rendimiento del vehículo tras un aumento de potencia lo que se traduce como una ventaja de su uso. Al igual que en la emisión de gases de escape que puede llegar a generar el vehículo se observó por ejemplo que la emisión de hidrocarburos disminuyó hasta obtener un valor de cero.

Referencias

- Álvarez, J., Sáenz, C., & Torres, L. (12 de Noviembre de 2007). *Utilización de etanol en un motor a gasolina*. Obtenido de file:///C:/Users/BRYAN/Downloads/33068001082150.pdf
- Alvarez, S., Evelson, P., & Boveris, A. (15 de Noviembre de 2008). *Repositorio UBA*. Obtenido de Repositorio UBA:
http://repositorioubasib.uba.ar/gsd/collect/encruce/index/assoc/HWA_280.dir/280.PDF
- Anónimo. (24 de Enero de 2022). *Gasolineras MX*. Obtenido de Gasolineras MX:
<https://gasolinerasmx.mx/blog/que-es-el-octanaje/>
- Cabezas, W., & Moyano, M. (2016). *Análisis de torque, potencias consumo de combustible y emisiones contaminantes a diferentes concentraciones de gasolina/etanol en un banco de pruebas motor corsa 1.6 LT. de la C.I.A.* Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5637/1/65T00190.pdf#page=85&zoom=100,129,514>
- CanalMotor Corporation. (20 de Julio de 2020). *Mapfre*. Obtenido de Mapfre:
<https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/etanol-combustible/>
- INECC. (25 de Agosto de 2018). *INECC*. Obtenido de INECC:
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>
- Martinez, G. (05 de Octubre de 2010). *Repositorio UTC*. Obtenido de Repositorio UTC:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1155/1/T-UTC-0813.pdf>
- Masson, M. (2012). *Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhidro para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendido por chispa*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2311/1/65T00063.pdf>
- Normalización, I. E. (28 de Enero de 2010). *INEN*. Obtenido de INEN:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/935.pdf>
- Sanchez, J. (16 de Abril de 2021). *Economipedia*. Obtenido de Automovil, Economipedia:
<https://economipedia.com/definiciones/automovil.html>
- Westreicher, G. (08 de Agosto de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Combustible Economipedia:
<https://economipedia.com/definiciones/combustible.html>

Anexos

Datos del Ensayo

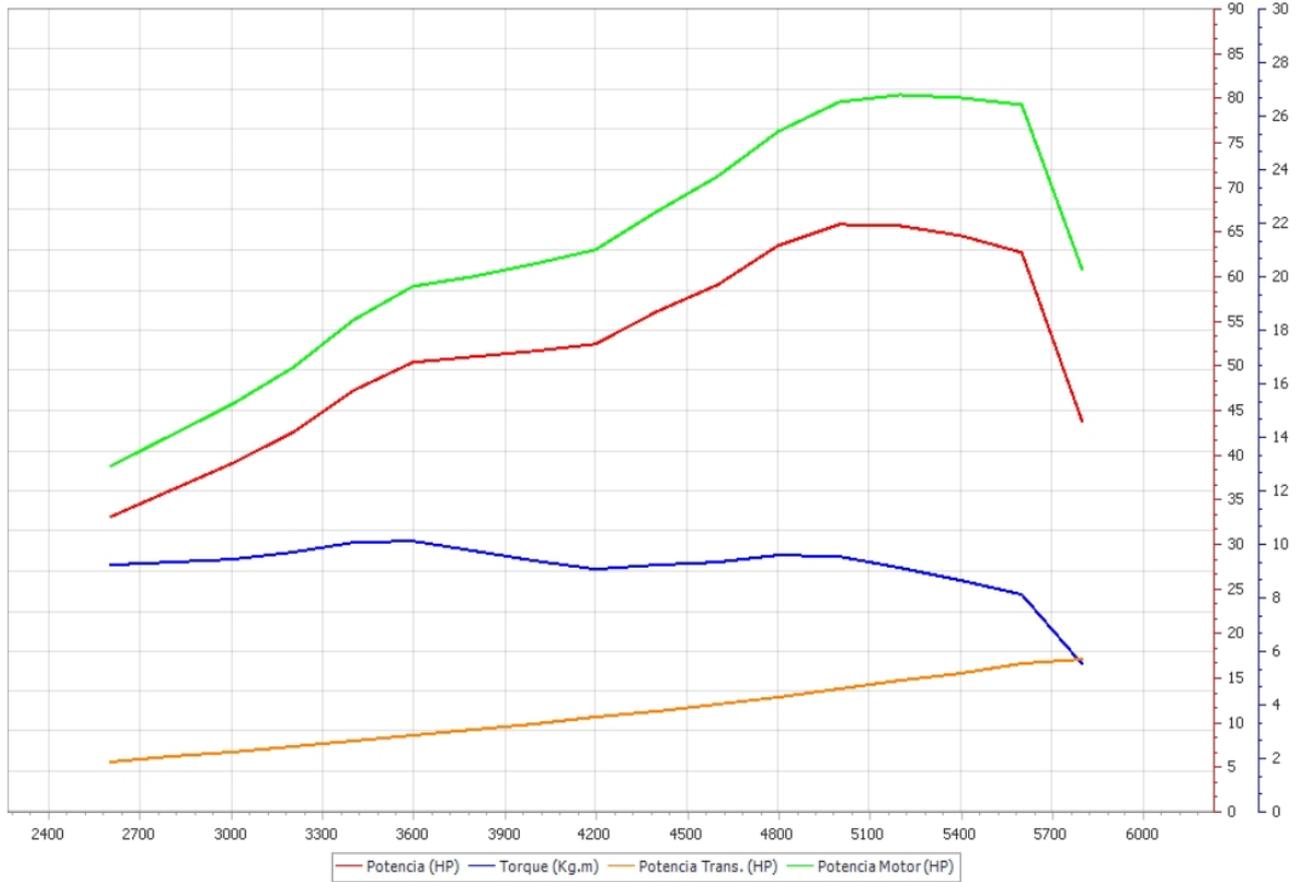


Fecha	12/07/2022 11:03:47		
Nombre	SPARK EXTRA0002690		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5000	66	65
Torque	3400,0	10,1	8,6
Potencia Trans.	5800,0	17,1	15,5
Potencia Motor	5200,0	80,3	80,0

Fecha 12/07/2022 11:03:47
Cliente
Motor

SPARK EXTRA0002690



Fecha 12/07/2022 11:03:47

Tabla de Valores

Cliente

Motor



Ensayo		Variable			
SPARK EXTRA0002690					
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	
2600	33	38,6	5,6	9,2	
2800	36	42,2	6,1	9,3	
3000	39	45,7	6,6	9,4	
3200	42	49,7	7,2	9,7	
3400	47	55,1	7,8	10,1	
3600	50	58,8	8,5	10,1	
3800	51	60,1	9,1	9,7	
4000	52	61,4	9,8	9,4	
4200	52	63,0	10,5	9,0	
4400	56	67,2	11,2	9,2	
4600	59	71,1	12,0	9,3	
4800	63	76,3	12,8	9,6	
5000	66	79,5	13,7	9,5	
5200	66	80,3	14,6	9,1	
5400	65	80,0	15,5	8,6	
5600	63	79,3	16,6	8,1	
5800	44	60,6	17,1	5,5	
Promedio	57	73,3	16,4	7,4	

Datos del Ensayo

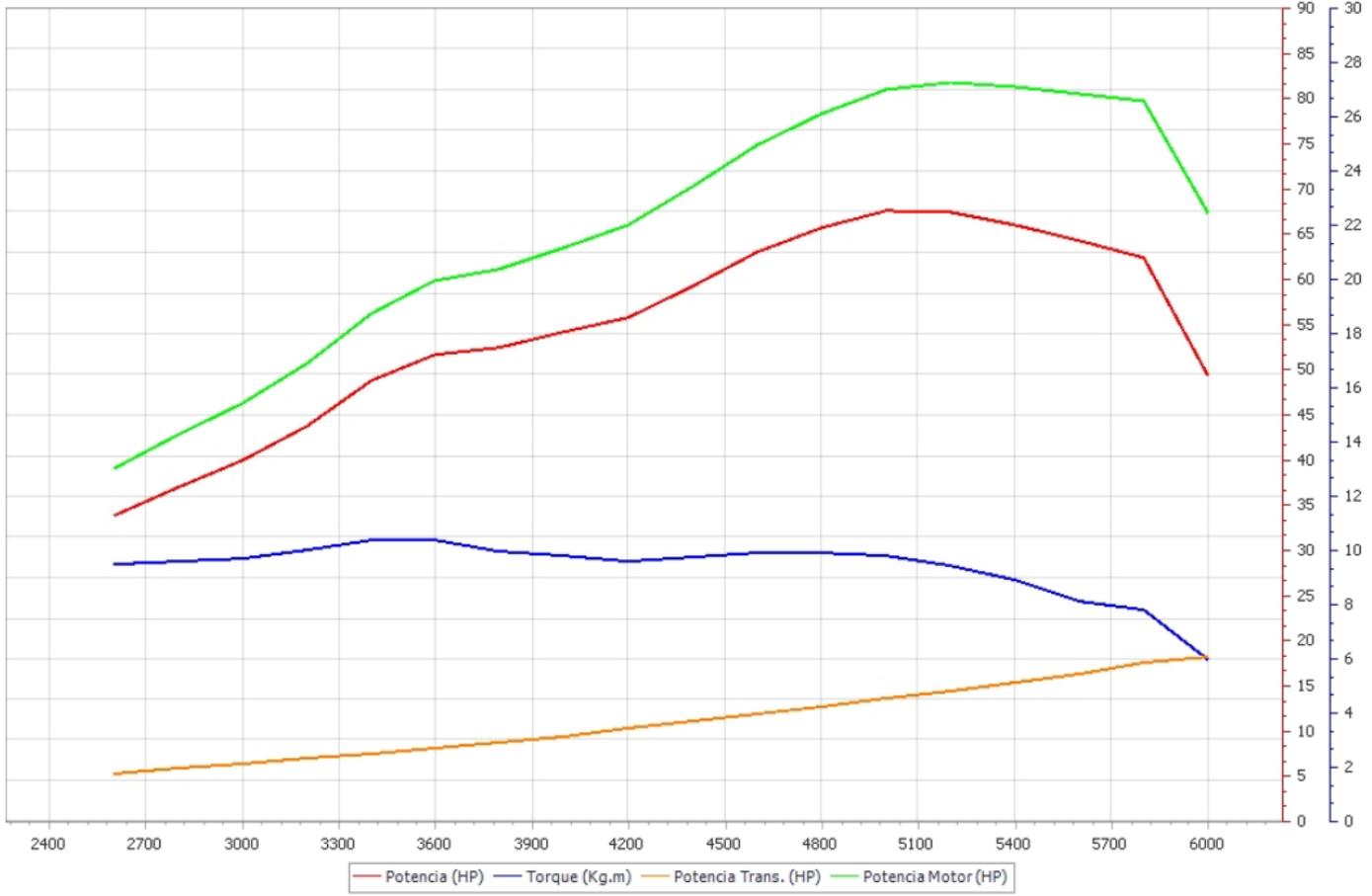


Fecha	12/07/2022 11:22:28		
Nombre	SPARK EXTRA CON ETANOL0002692		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5000	68	66
Torque	3400,0	10,4	8,9
Potencia Trans.	6000,0	18,1	15,3
Potencia Motor	5200,0	81,8	81,4

Fecha 12/07/2022 11:22:28
Cliente
Motor

SPARK EXTRA CON ETANOL0002692



Fecha 12/07/2022 11:22:28
 Cliente
 Motor

Tabla de Valores



Ensayo	Variable			
SPARK EXTRA CON ETANOL0002692				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	34	39,0	5,2	9,5
2800	37	42,7	5,8	9,6
3000	40	46,3	6,4	9,7
3200	44	50,7	6,9	10,0
3400	49	56,3	7,5	10,4
3600	52	59,8	8,1	10,4
3800	52	61,1	8,7	10,0
4000	54	63,5	9,3	9,8
4200	56	66,0	10,3	9,6
4400	59	70,3	11,1	9,7
4600	63	74,9	11,9	9,9
4800	66	78,4	12,7	9,9
5000	68	81,0	13,5	9,8
5200	67	81,8	14,4	9,4
5400	66	81,4	15,3	8,9
5600	64	80,6	16,3	8,1
5800	62	79,8	17,4	7,8
6000	49	67,3	18,1	6,0
Promedio	60	77,3	16,8	7,7

Datos del Ensayo

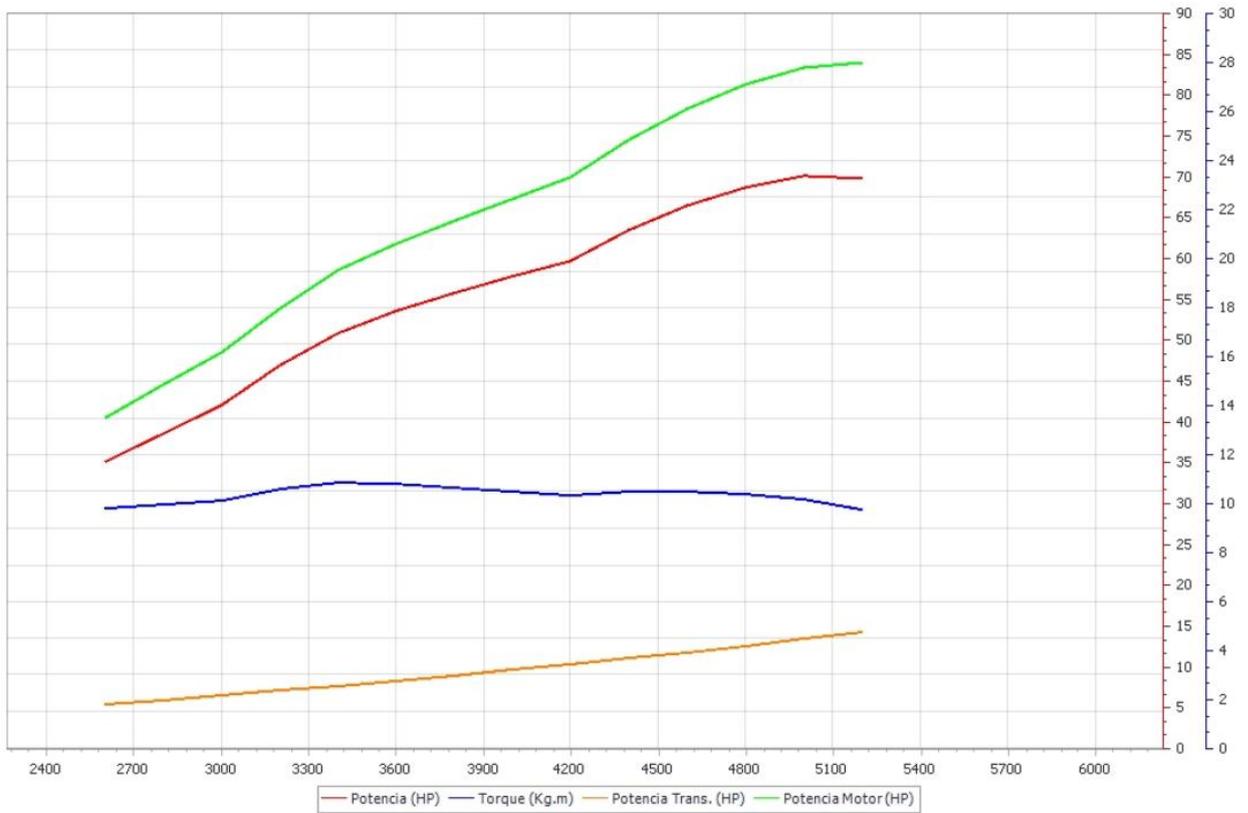


Fecha	12/07/2022 11:31:21		
Nombre	SPARK EXTRA CON ETANOL E100002693		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5000	70	30
Torque	3400,0	10,8	4,0
Potencia Trans.	5400,0	14,8	14,8
Potencia Motor	5200,0	84,1	44,8

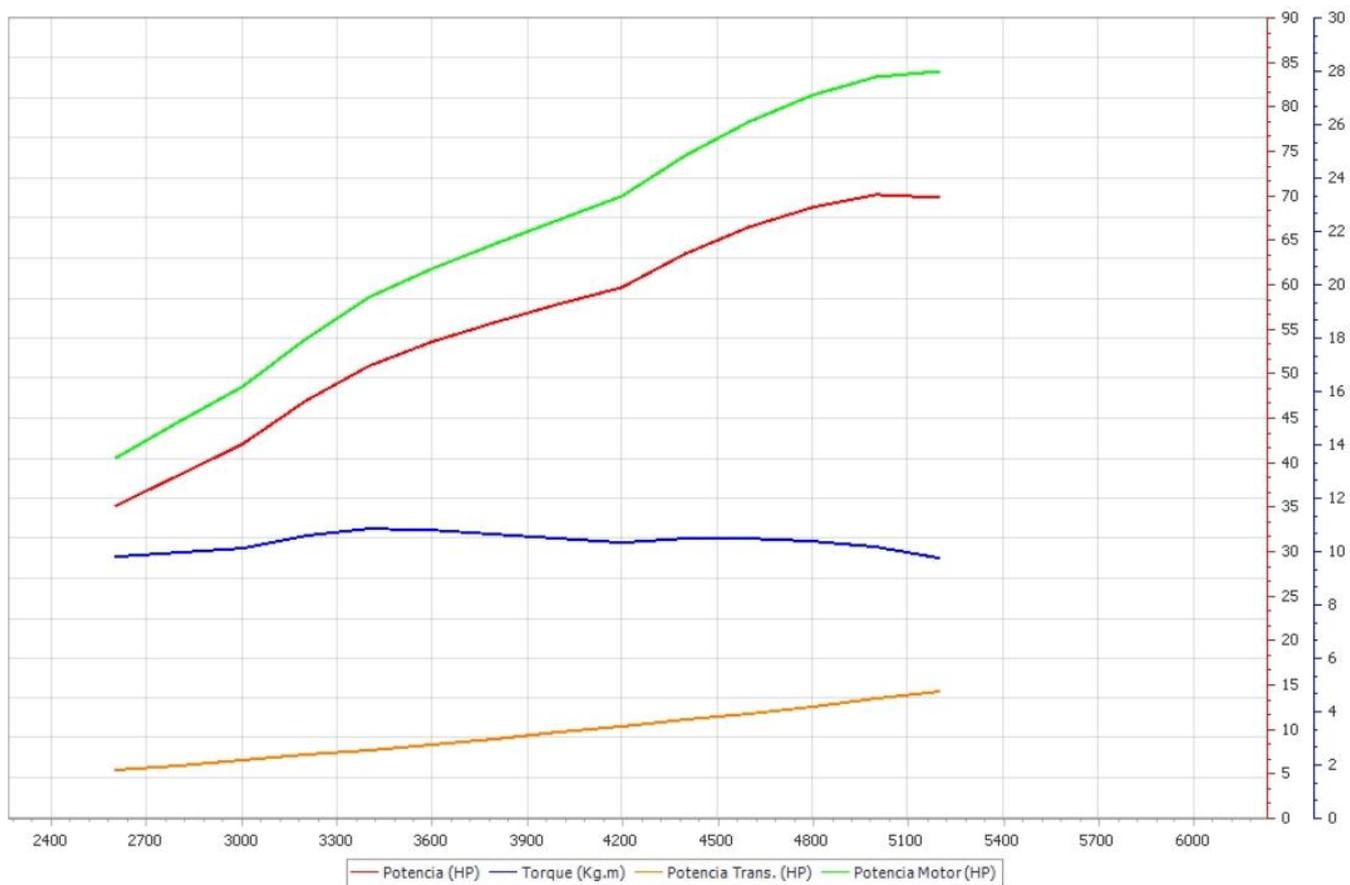
Fecha 12/07/2022 11:31:21
Cliente
Motor

SPARK EXTRA CON ETANOL E100002693



Fecha 12/07/2022 11:31:21
Cliente
Motor

SPARK EXTRA CON ETANOL E100002693



Fecha 12/07/2022 11:31:21
 Cliente
 Motor

Tabla de Valores



Ensayo		Variable		
SPARK EXTRA CON ETANOL E100002693				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	35	40,4	5,4	9,8
2800	39	44,5	5,9	10,0
3000	42	48,5	6,5	10,1
3200	47	53,9	7,1	10,6
3400	51	58,5	7,7	10,8
3600	54	61,8	8,3	10,8
3800	56	64,6	8,9	10,6
4000	58	67,3	9,6	10,5
4200	60	70,0	10,3	10,3
4400	63	74,5	11,0	10,5
4600	67	78,2	11,7	10,5
4800	69	81,3	12,5	10,4
5000	70	83,4	13,4	10,2
5200	70	84,1	14,3	9,7
5400	30	44,8	14,8	4,0
Promedio	30	44,8	14,8	4,0

Datos del Ensayo

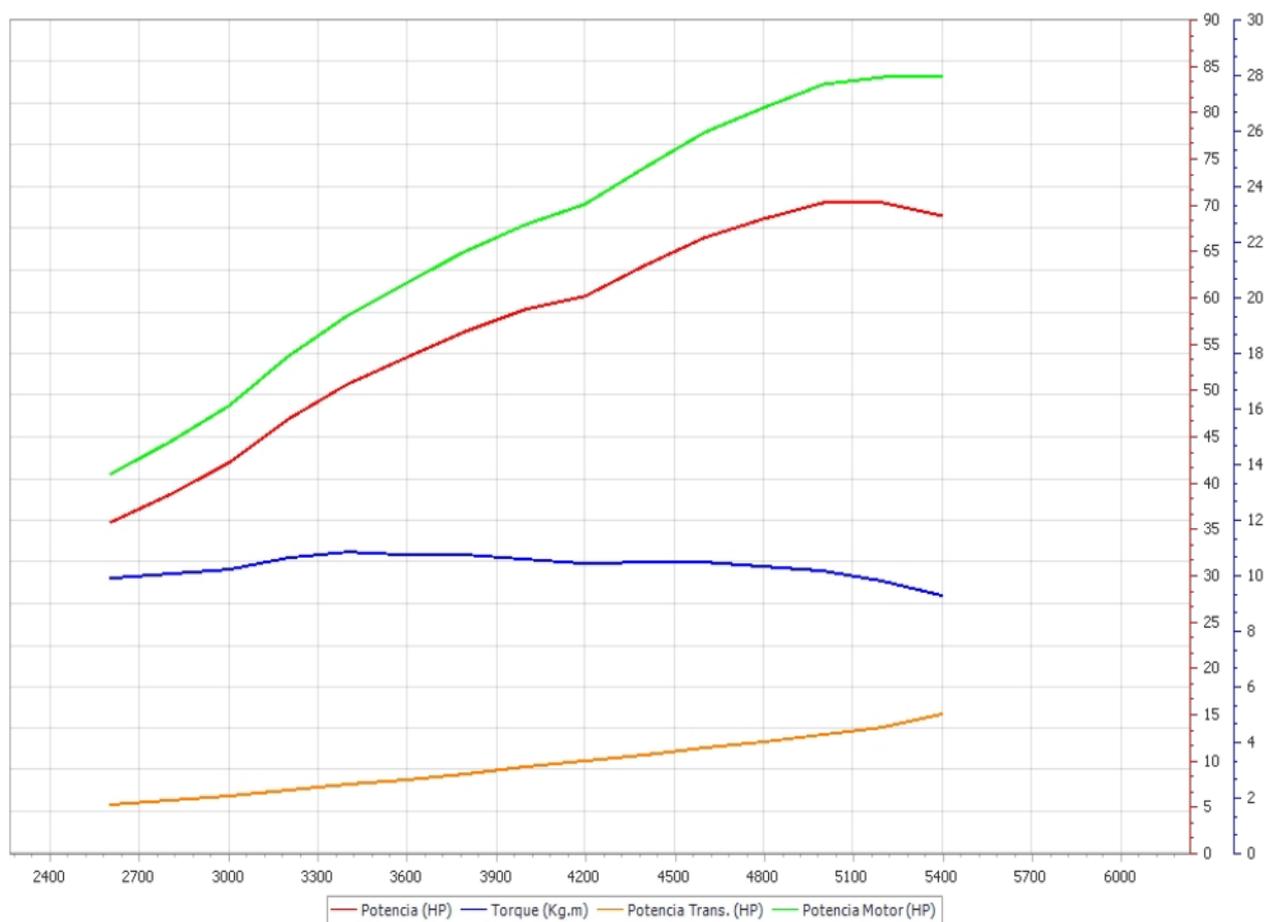


Fecha	12/07/2022 11:42:55		
Nombre	SPARK EXTRA CON ETANOL E150002694		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5000	70	69
Torque	3400,0	10,8	9,3
Potencia Trans.	5600,0	15,5	15,0
Potencia Motor	5400,0	83,9	83,9

Fecha 12/07/2022 11:42:55
Cliente
Motor

SPARK EXTRA CON ETANOL E150002694



Fecha 12/07/2022 11:42:55

Tabla de Valores

Cliente

Motor



	Ensayo	Variable			
SPARK EXTRA CON ETANOL E150002694					
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)	
2600	36	40,8	5,2	9,9	
2800	39	44,3	5,7	10,1	
3000	42	48,3	6,2	10,2	
3200	47	53,6	6,8	10,6	
3400	51	58,1	7,4	10,8	
3600	54	61,5	8,0	10,8	
3800	56	65,0	8,6	10,7	
4000	59	67,9	9,2	10,6	
4200	60	70,0	9,9	10,4	
4400	63	74,1	10,6	10,5	
4600	67	77,9	11,3	10,5	
4800	69	80,6	12,1	10,3	
5000	70	83,0	12,8	10,1	
5200	70	83,8	13,6	9,8	
5400	69	83,9	15,0	9,3	
5600	31	46,6	15,5	4,0	
Promedio	50	65,2	15,2	6,6	

Datos del Ensayo

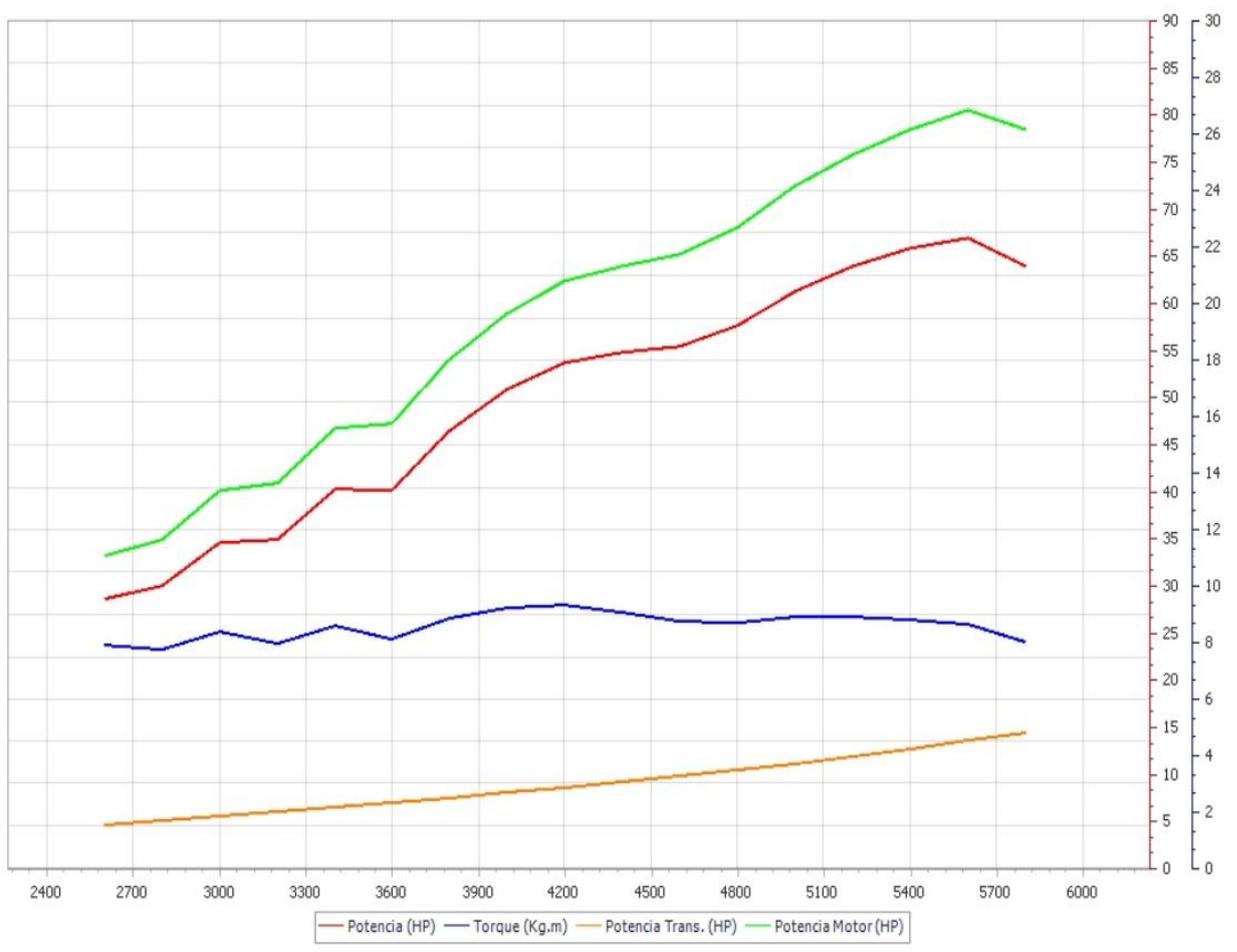


Fecha	12/07/2022 15:05:53		
Nombre	SPARK SUPER0002696		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5600	67	66
Torque	4200,0	9,3	8,8
Potencia Trans.	5800,0	14,4	12,6
Potencia Motor	5600,0	80,5	78,5

Fecha 12/07/2022 15:05:53
Cliente
Motor

SPARK SUPER0002696



Fecha 12/07/2022 15:05:53

Tabla de Valores

Cliente

Motor



Ensayo	Variable			
SPARK SUPER0002696				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	29	33,2	4,6	7,9
2800	30	35,0	5,0	7,7
3000	35	40,0	5,5	8,4
3200	35	40,9	6,0	7,9
3400	40	46,7	6,5	8,6
3600	40	47,1	7,0	8,1
3800	46	54,0	7,5	8,8
4000	51	58,9	8,0	9,2
4200	54	62,3	8,6	9,3
4400	55	63,9	9,2	9,0
4600	55	65,2	9,8	8,8
4800	58	68,1	10,4	8,7
5000	61	72,4	11,1	8,9
5200	64	75,8	11,9	8,9
5400	66	78,5	12,6	8,8
5600	67	80,5	13,5	8,6
5800	64	78,4	14,4	8,0
6000	29	29,1	0,0	3,5
Promedio	56	66,6	10,1	7,2

Datos del Ensayo

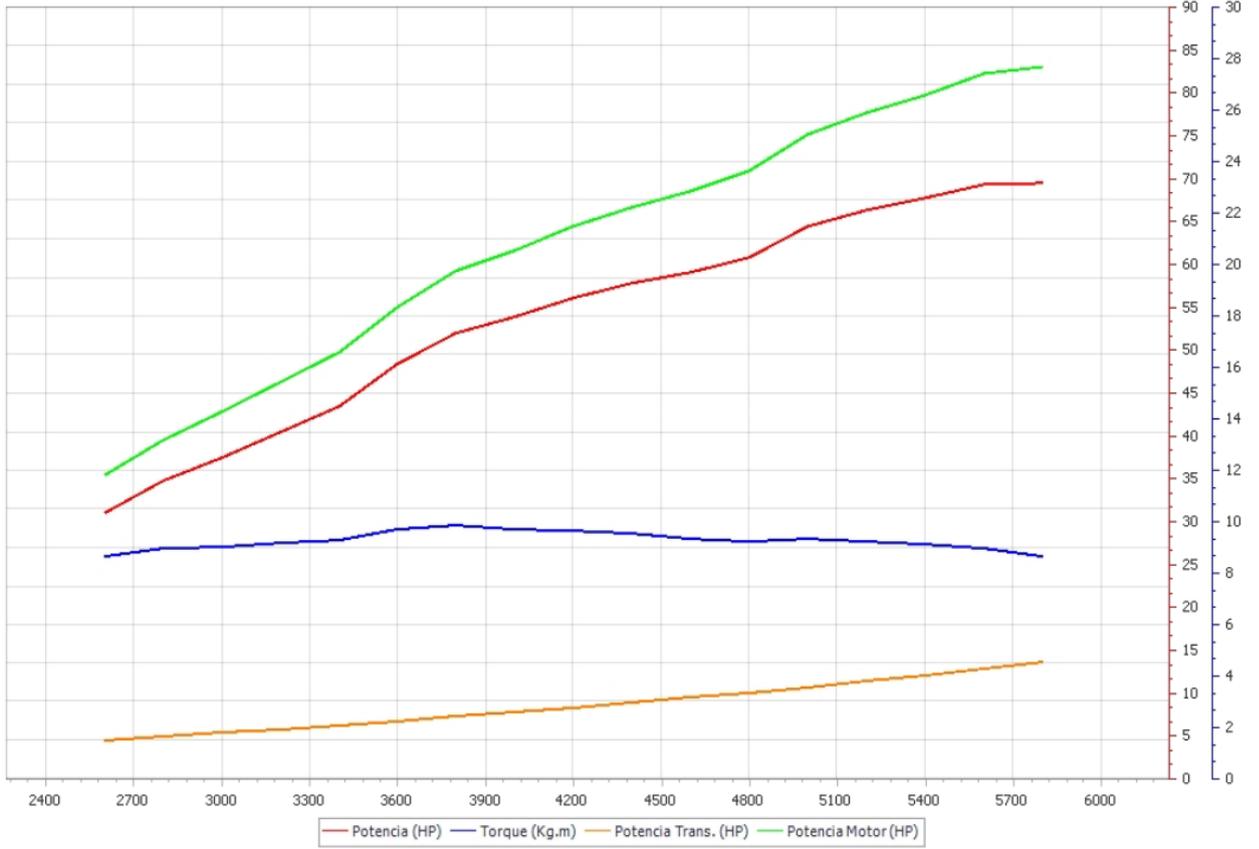


Fecha	12/07/2022 15:12:35		
Nombre	SPARK SUPER E50002697		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5600	69	68
Torque	3800,0	9,8	9,1
Potencia Trans.	5800,0	13,6	12,1
Potencia Motor	5800,0	83,0	79,8

Fecha 12/07/2022 15:12:35
Cliente
Motor

SPARK SUPER E50002697



Fecha 12/07/2022 15:12:35

Tabla de Valores

Cliente

Motor



	Ensayo	Variable		
SPARK SUPER E50002697				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	31	35,3	4,4	8,6
2800	35	39,5	4,9	8,9
3000	37	42,8	5,3	9,0
3200	40	46,2	5,8	9,1
3400	43	49,7	6,2	9,3
3600	48	54,9	6,7	9,7
3800	52	59,2	7,2	9,8
4000	54	61,6	7,7	9,7
4200	56	64,4	8,3	9,6
4400	58	66,7	8,8	9,5
4600	59	68,5	9,4	9,3
4800	61	70,9	10,0	9,2
5000	64	75,1	10,7	9,3
5200	66	77,6	11,4	9,2
5400	68	79,8	12,1	9,1
5600	69	82,2	12,8	9,0
5800	69	83,0	13,6	8,7
6000	26	26,3	0,0	3,2
Promedio	58	67,8	9,6	7,5

Datos del Ensayo

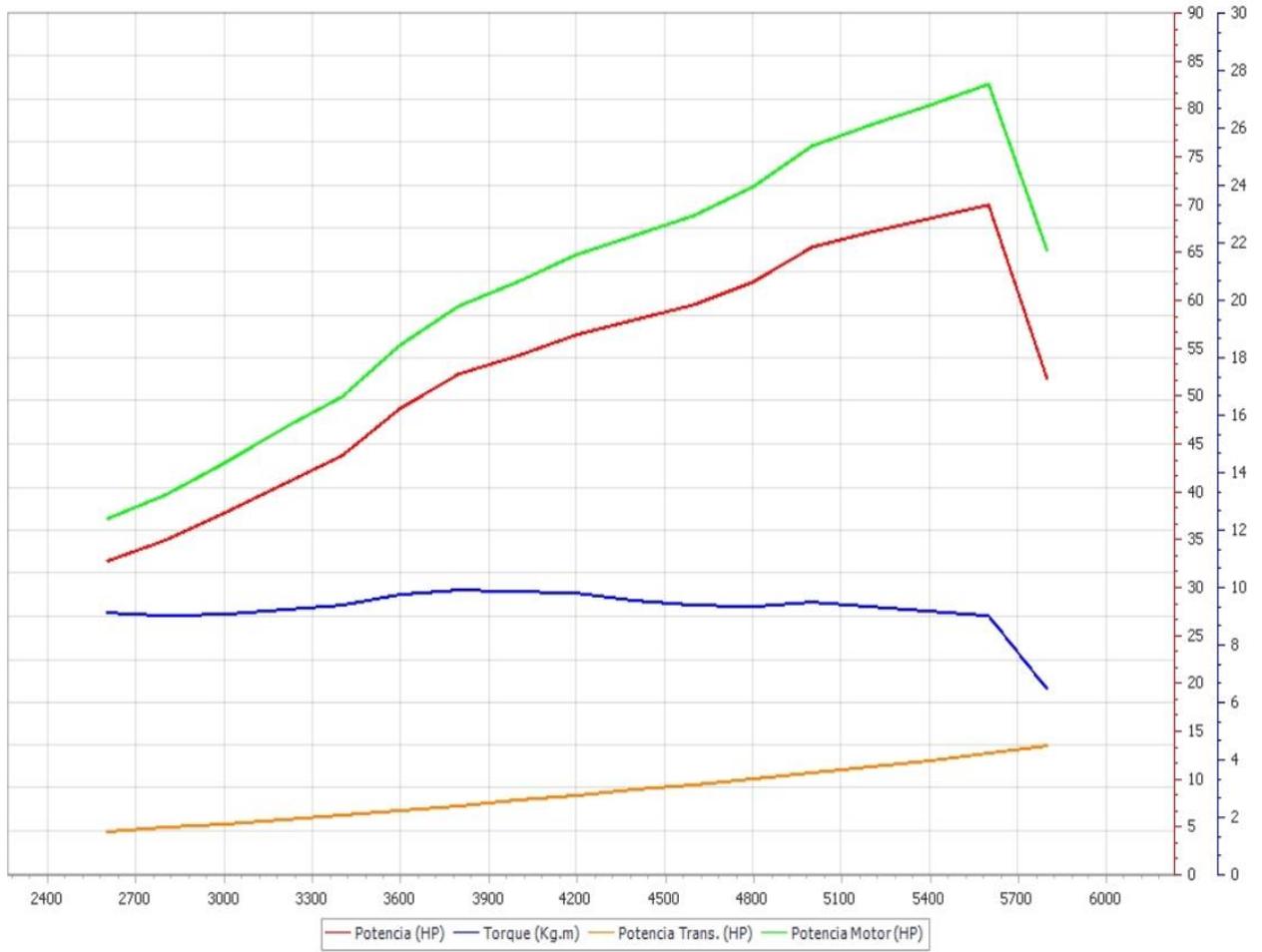


Fecha	12/07/2022 15:20:37		
Nombre	SPARK SUPER E100002698		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5600	70	69
Torque	3800,0	9,9	9,2
Potencia Trans.	5800,0	13,4	11,9
Potencia Motor	5600,0	82,5	80,4

Fecha 12/07/2022 15:20:37
Cliente
Motor

SPARK SUPER E100002698



Fecha 12/07/2022 15:20:37

Tabla de Valores

Cliente

Motor



Ensayo	Variable			
SPARK SUPER E100002698				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	33	37,2	4,4	9,1
2800	35	39,7	4,8	9,0
3000	38	43,0	5,3	9,1
3200	41	46,5	5,7	9,2
3400	44	49,9	6,2	9,3
3600	49	55,3	6,7	9,7
3800	52	59,4	7,2	9,9
4000	54	61,8	7,7	9,8
4200	56	64,7	8,2	9,8
4400	58	66,7	8,8	9,5
4600	59	68,8	9,3	9,4
4800	62	71,8	9,9	9,3
5000	65	76,0	10,5	9,5
5200	67	78,3	11,2	9,3
5400	69	80,4	11,9	9,2
5600	70	82,5	12,6	9,0
5800	52	65,1	13,4	6,4
6000	25	25,4	0,0	3,1
Promedio	54	63,4	9,5	6,9

Datos del Ensayo

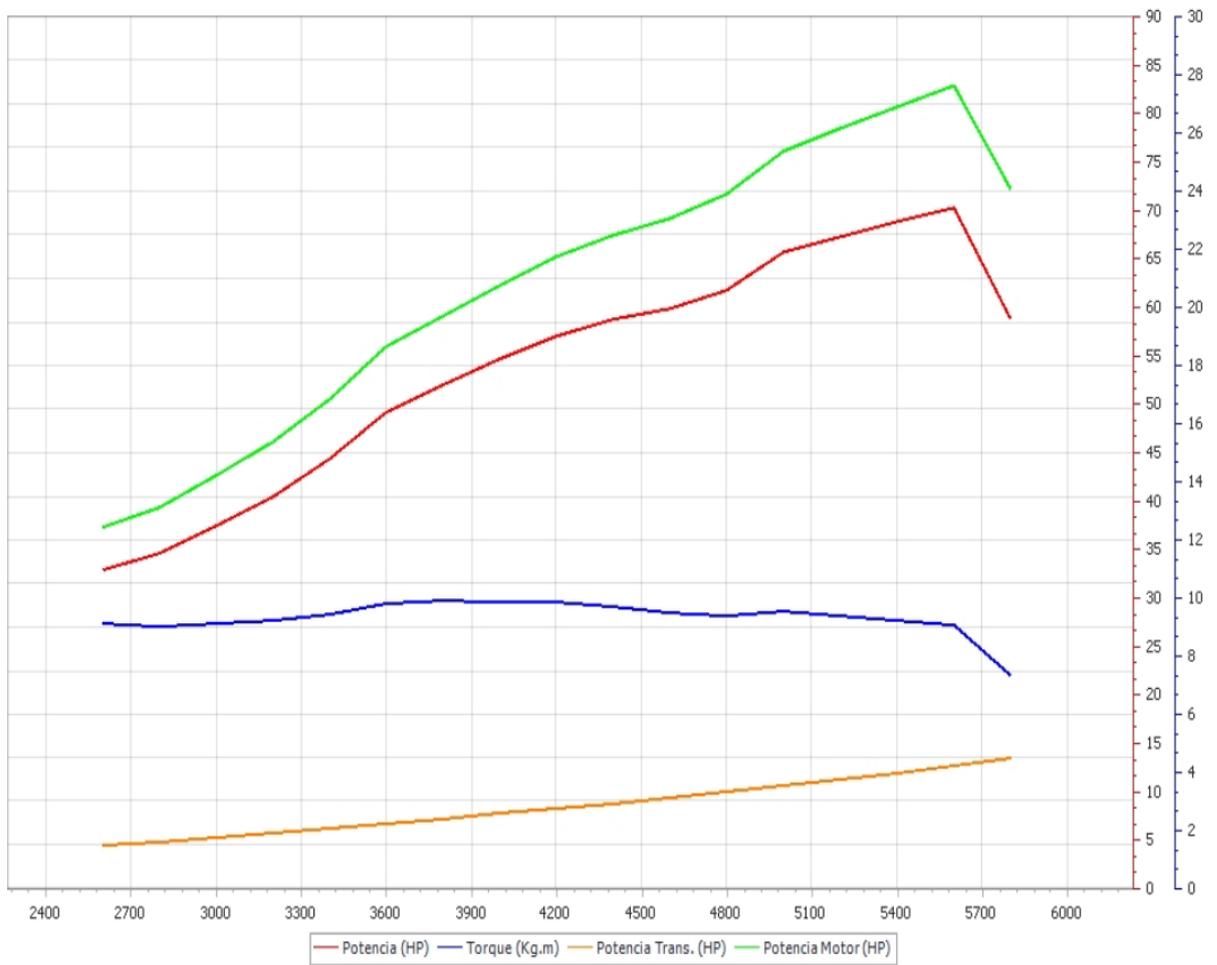


Fecha	12/07/2022 15:28:21		
Nombre	SPARK SUPER E150002699		
Orden			
Cliente		Localidad	
Dirección		Teléfono	
Responsable			
Motor		Modelo	Número
Tapa		Válvulas	
Resortes		Block	
Pistones		Aros	
Cigüeñal		Bielas	
Leva		Bomba de Aceite	
Cojinetes		Sist. Combustible	
Bomba Combustible		Sist. Encendido	
Observaciones			

Var.	RPM	Max.	Prom
Potencia	5600	70	69
Torque	3800,0	9,9	9,2
Potencia Trans.	5800,0	13,4	11,9
Potencia Motor	5600,0	82,9	80,7

Fecha 12/07/2022 15:28:21
Cliente
Motor

SPARK SUPER E150002699



Fecha 12/07/2022 15:28:21

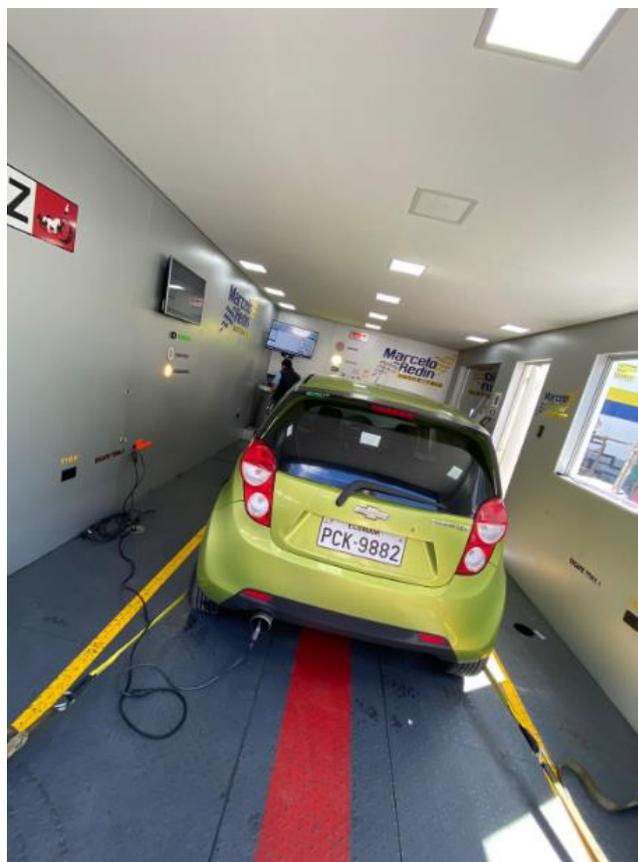
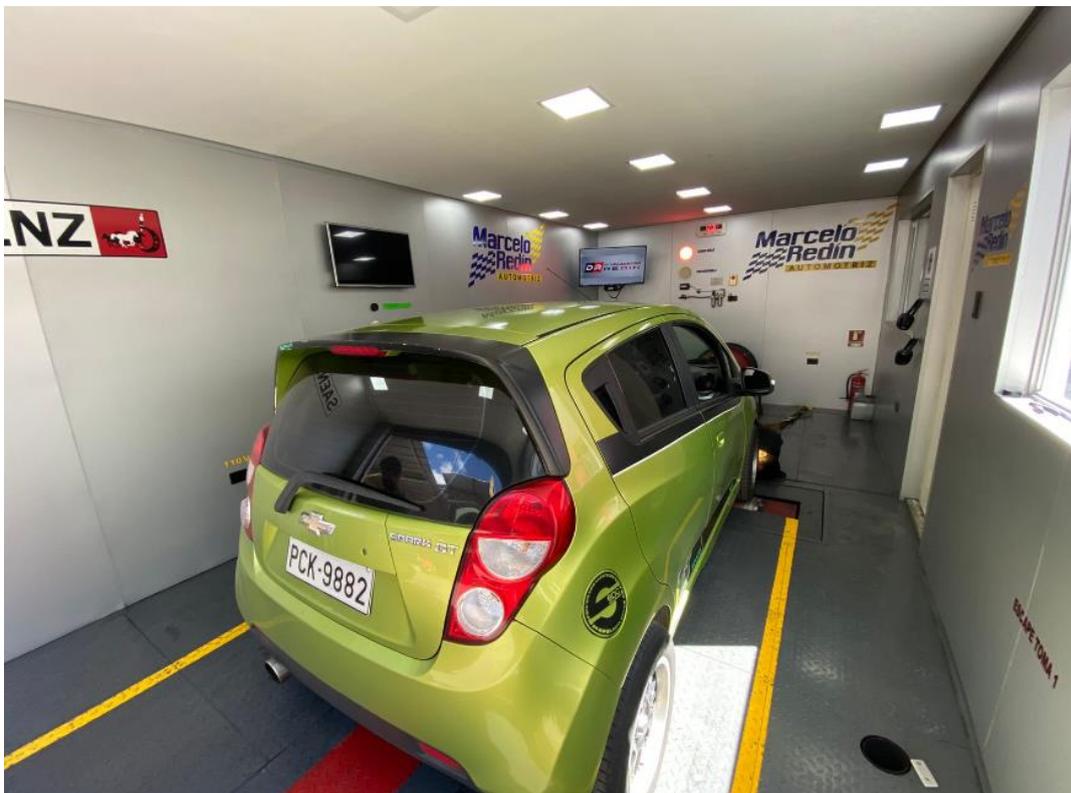
Tabla de Valores

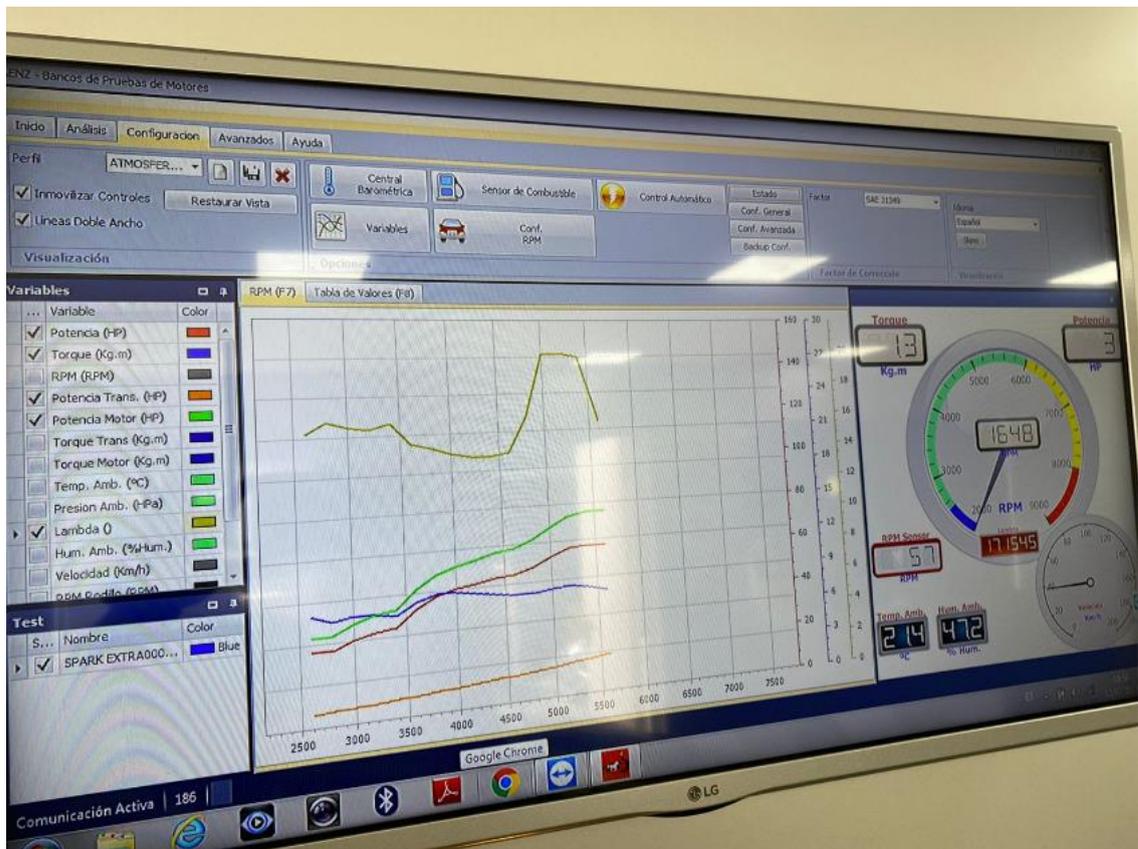
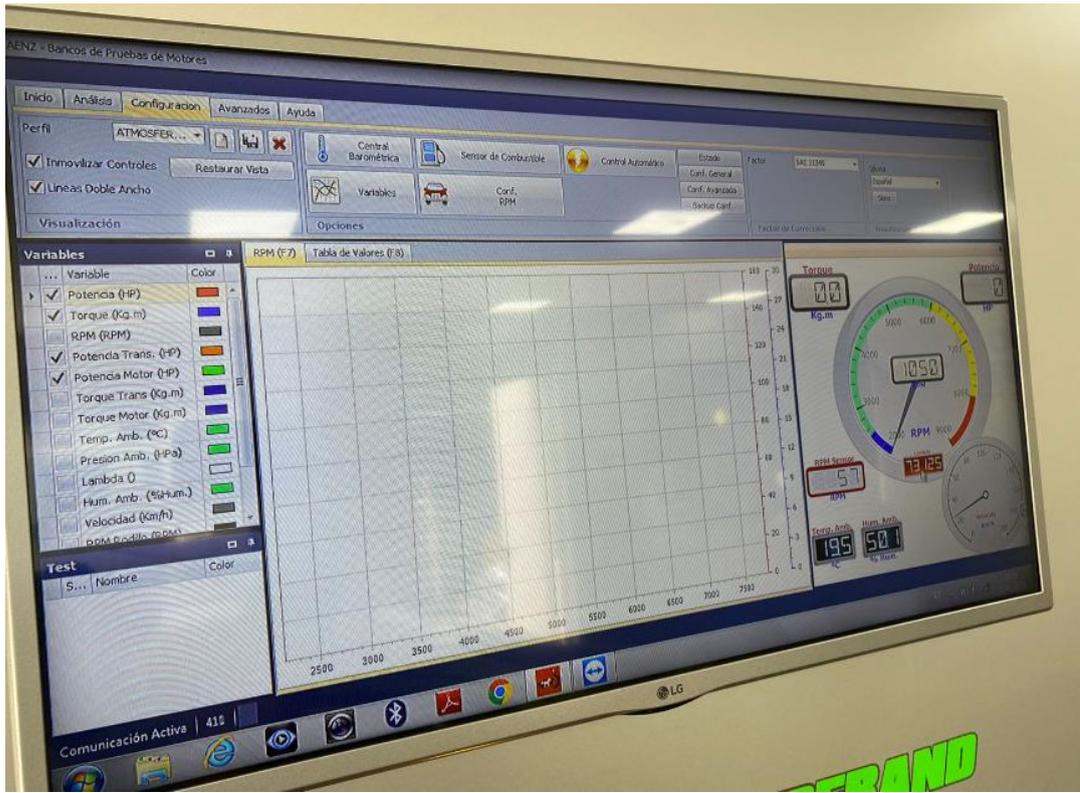
Cliente

Motor

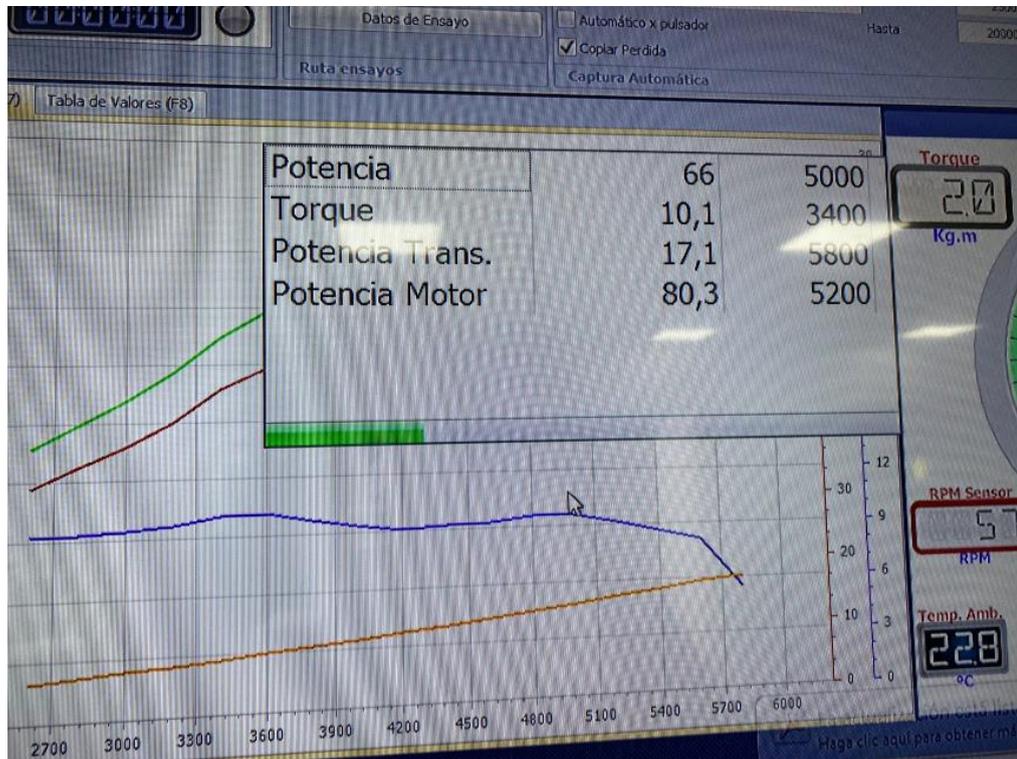


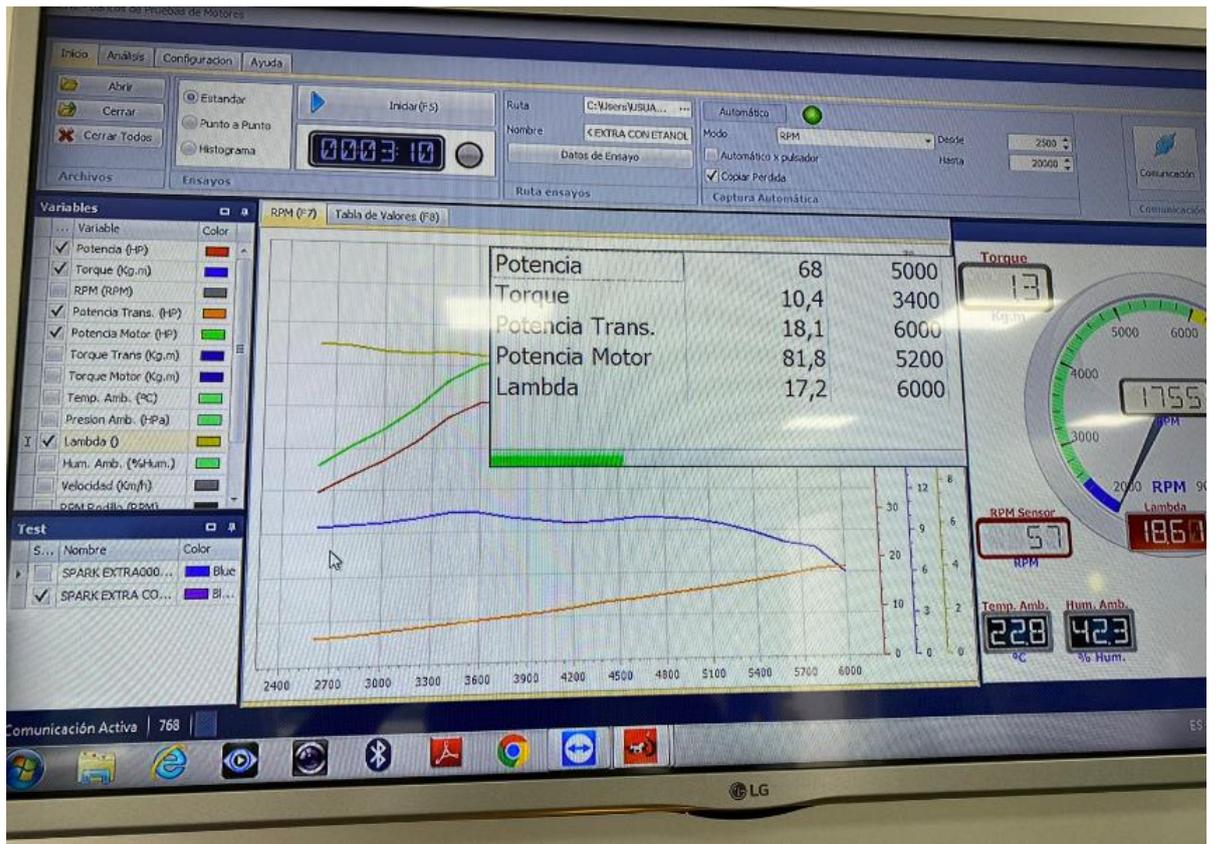
Ensayo	Variable			
SPARK SUPER E150002699				
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Kg.m)
2600	33	37,2	4,4	9,1
2800	35	39,4	4,8	9,0
3000	37	42,7	5,2	9,1
3200	40	46,1	5,7	9,2
3400	44	50,6	6,2	9,4
3600	49	55,8	6,7	9,8
3800	52	59,1	7,2	9,9
4000	55	62,2	7,7	9,9
4200	57	65,3	8,2	9,8
4400	59	67,5	8,7	9,7
4600	60	69,1	9,3	9,4
4800	62	71,6	9,9	9,3
5000	66	76,1	10,5	9,5
5200	67	78,5	11,2	9,4
5400	69	80,7	11,9	9,2
5600	70	82,9	12,7	9,0
5800	59	72,2	13,4	7,3
6000	27	26,6	0,0	3,2
Promedio	56	65,6	9,5	7,2





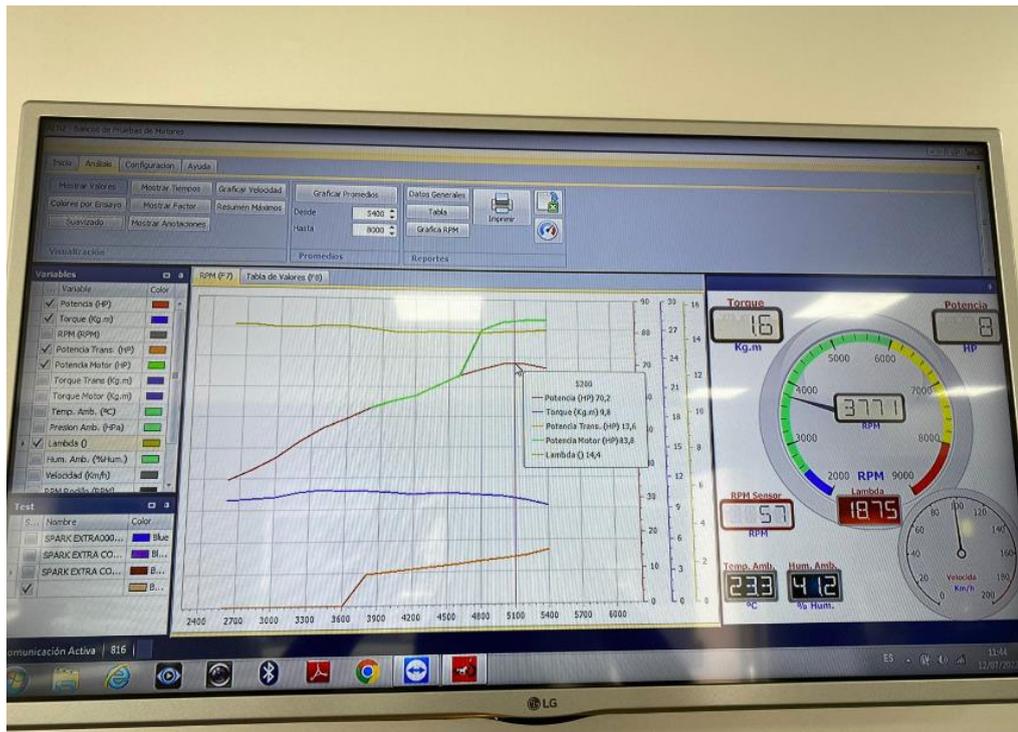
















El etanol como combustible El etanol es un combustible que ofrece ventajas en virtud de sus características físicas y químicas, que pueden ser resumidas como un líquido de baja densidad y alta fluidez con alto calor de combustión, pero sobre todo considerando las materias primas de origen y su sustentabilidad, los costos de producción y transporte y los bajos efectos negativos en el ambiente. La principal fuente para la obtención de alcohol es la biomasa, específicamente aquella que lleva a una importante producción de glucosa, la molécula precursora del alcohol en el proceso de fermentación (descrito por Pasteur en 1857). Se entiende por biomasa fermentable a toda materia agrícola constituida por microorganismos y plantas. Las principales características que debe tener una biomasa para ser utilizada como fuente de energía son: + Explotabilidad y mejor aprovechamiento de los recursos actuales de biomasa existentes. + Posibilidad del cultivo agrícola de plantas con ese propósito. Al elegir el cultivo, factores a tener en cuenta son la captura con máxima eficacia de la luz del sol y la asimilación del CO₂ de la atmósfera. + Posibilidad de utilización de los productos secundarios de la producción de etanol por la biomasa. Actualmente, se utilizan tres tipos de materias primas para la producción de etanol en gran escala: + Con alto contenido de sacarosa, como caña de azúcar, remolacha o sorgo dulce. La fermentación es llevada a cabo principalmente por levaduras, produciendo etanol y CO₂, en un proceso que ocurre en unas 48 horas. Típicamente una tonelada de caña de azúcar limpia contiene unos 135 kg de sacarosa que producen unos 85 litros de etanol. + Con alto contenido de almidón, como maíz, papa. El almidón se hidroliza durante el proceso de producción para producir glucosa que fermenta a etanol por las levaduras. Desde un punto de vista teórico, una tonelada de maíz puede producir 380 litros de etanol pero la media de la producción industrial es de 324 litros. + Con alto contenido de celulosa, como los residuos agrícolas y la madera. La producción de cereales genera una gran cantidad de residuos agrícolas, principalmente tallos y hojas. Una cantidad substancial de estos residuos, que son poco aprovechados, se puede utilizar como materia prima para la producción de etanol sin afectar el equilibrio ecológico. La producción de etanol a partir de estos residuos agrícolas (como tallos de trigo) requiere un proceso para liberar las moléculas de glucosa constitutivas de la celulosa y de las hemicelulosas, que constituyen 30-50 % y 20-35 % del material de la planta, respectivamente. Plantas industriales de producción de alcohol celulósico instaladas en Canadá intentan producir alcohol combustible a aproximadamente 0.30 dólares/litro para fines de 2008. Las principales ventajas que tiene el etanol como combustible son de índole variada: + Es un recurso renovable, ya que proviene de la biomasa. Disminuye en forma importante por sustitución parcial o total las cantidades utilizadas de nafta. Esto lleva a una reducción en el uso y la importación de hidrocarburos y favorece el uso de recursos naturales renovables nacionales. Puede contrarrestar y reducir el impacto de los problemas recurrentes de precios y reservas de hidrocarburos en períodos de crisis energéticas. + Puede promover una reactivación económica y productiva. Establece una agrocadena donde se integran eslabones públicos y privados, como la secuencia de los sectores agrícola, industrial, energético, social, económico y ambiental. Esta actividad, primariamente agrícola e industrial, generaría nuevas fuentes de trabajo directas e indirectas, fomentando el empleo rural, la regionalización industrial y el desarrollo de regiones con potencial agroindustrial. + Posee un alto grado de solubilidad y miscibilidad con la nafta. El etanol es líquido y adecuado para su uso en automotores, tiene un importante número de octanos y no deteriora la calidad de las naftas para su uso en los motores de combustión. + Se argumenta que su utilización como combustible contribuye a reducir la polución y contaminación atmosférica, especialmente en los centros urbanos, por la menor producción de partículas carbonosas. Disminuye ligeramente la emisión del CO₂ con efecto

invernadero, con respecto a la nafta, y disminuye la emisión de monóxido de carbono, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno. De esta manera, contribuye al mejoramiento de la salud y calidad de vida de la población.

El etanol se perfila como un combustible alternativo válido a la nafta. La eficacia de la industria del etanol dependerá en gran medida de leyes y normas nacionales que promocionen su uso con énfasis en la calidad del aire y seguridad de energía, además de existir incentivos de impuestos que aminoren el costo. Es importante mencionar que un obstáculo para el desarrollo de esta industria es la incompatibilidad con la infraestructura existente. La experiencia en Brasil ha demostrado que los precios comparados con los combustibles convencionales y la confiabilidad en el abastecimiento tienen un papel definitorio para la aceptación por parte de los consumidores y para el desarrollo del mercado. La producción de etanol a partir de caña de azúcar en nuestro país se perfila como una fuerte actividad industrial. La Argentina presenta condiciones comparativas, provenientes de la producción agropecuaria y de la generación de materias primas, para un óptimo desarrollo de estos emprendimientos.

El etanol, uno de los biocombustibles más importantes, es un recurso renovable, ya que proviene de la biomasa. Disminuye en gran forma las cantidades utilizadas de nafta. Esto lleva a una reducción en el uso y la importación de hidrocarburos y favorece el uso de recursos naturales renovables nacionales, además de contribuir a disminuir la contaminación.

Entre los combustibles alternativos y sustentables, sobresalen el hidrógeno y los biocombustibles, ambos tipos en franco desarrollo. De acuerdo con tecnología disponible actualmente, la utilización del hidrógeno como combustible (ΔH de combustión = -142 Mjoulles/kg) requiere para ser económicamente factible el acoplamiento de energía solar o eólica para su producción. Por el contrario, los biocombustibles tienen actualmente costos de producción comparables con los del petróleo y sus derivados. Bajo la denominación de biocombustibles se entiende a un par de combustibles líquidos, el bioetanol y el biodiésel, que son producidos de materia prima vegetal o biomasa.

El etanol es un combustible que ofrece ventajas en virtud de sus características físicas y químicas, que pueden ser resumidas como un líquido de baja densidad y alta fluidez con alto calor de combustión, pero sobre todo considerando las materias primas de origen y su sustentabilidad, los costos de producción y transporte y los bajos efectos negativos en el ambiente.

La principal fuente para la obtención de alcohol es la biomasa, específicamente aquella que lleva a una importante producción de glucosa, la molécula precursora del alcohol en el proceso de fermentación (descrito por Pasteur en 1857). Se entiende por biomasa fermentable a toda materia agrícola constituida por microorganismos y plantas. Las principales características que debe tener una biomasa para ser utilizada como fuente de energía, son:

- + Explotabilidad y mejor aprovechamiento de los recursos actuales de biomasa existentes.
- + Posibilidad del cultivo agrícola de plantas con ese propósito. Al elegir el cultivo, factores a tener en cuenta son la captura con máxima eficacia de la luz del sol y la asimilación del CO₂ de la atmósfera.
- + Posibilidad de utilización de los productos secundarios de la producción de etanol por la biomasa.

Actualmente, se utilizan tres tipos de materias primas para la producción de etanol en gran escala:

- + Con alto contenido de sacarosa, como caña de azúcar, remolacha o sorgo dulce. La fermentación es llevada a cabo principalmente por levaduras, produciendo etanol y CO₂, en un proceso que ocurre en unas 48 horas. Típicamente una tonelada de caña de azúcar limpia contiene unos 135 kg de sacarosa que producen unos 85 litros de etanol.

+ Con alto contenido de almidón, como maíz, papa. El almidón se hidroliza durante el proceso de producción para producir glucosa que fermenta a etanol por las levaduras. Desde un punto de vista teórico, una tonelada de maíz pueden producir 380 litros de etanol pero la media de la producción industrial es de 324 litros.

+ Con alto contenido de celulosa, como los residuos agrícolas y la madera. La producción de cereales genera una gran cantidad de residuos agrícolas, principalmente tallos y hojas. Una cantidad substancial de estos residuos, que son poco aprovechados, se puede utilizar como materia prima para la producción de etanol sin afectar el equilibrio ecológico. La producción de etanol a partir de estos residuos agrícolas (como tallos de trigo) requiere un proceso para liberar las moléculas de glucosa constitutivas de la celulosa y de las hemicelulosas, que constituyen 30-50 % y 20-35 % del material de la planta, respectivamente. Plantas industriales de producción de alcohol celulósico instaladas en Canadá intentan producir alcohol combustible a aproximadamente 0.30 dólares/litro para fines de 2008.

Las principales ventajas que tiene el etanol como combustible son de índole variada:

Es un recurso renovable, ya que proviene de la biomasa. Disminuye en forma importante por sustitución parcial o total las cantidades utilizadas de nafta. Esto lleva a una reducción en el uso y la importación de hidrocarburos y favorece el uso de recursos naturales renovables nacionales. Puede contrarrestar y reducir el impacto de los problemas recurrentes de precios y reservas de hidrocarburos en períodos de crisis energéticas.

Puede promover una reactivación económica y productiva. Establece una agrocadena donde se integran eslabones públicos y privados, como la secuencia de los sectores agrícola, industrial, energético, social, económico y ambiental. Esta actividad, primariamente agrícola e industrial, generaría nuevas fuentes de trabajo directas e indirectas, fomentando el empleo rural, la regionalización industrial y el desarrollo de regiones con potencial agroindustrial.

Posee un alto grado de solubilidad y miscibilidad con la nafta. El etanol es líquido y adecuado para su uso en automotores, tiene un importante número de octanos y no deteriora la calidad de las naftas para su uso en los motores de combustión.

Se argumenta que su utilización como combustible contribuye a reducir la polución y contaminación atmosférica, especialmente en los centros urbanos, por la menor producción de partículas carbonosas. Disminuye ligeramente la emisión del CO₂ con efecto invernadero, con respecto a la nafta, y disminuye la emisión de monóxido de carbono, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno. De esta manera, contribuye al mejoramiento de la salud y calidad de vida de la población.

Evidentemente, existen limitaciones en el uso del etanol como fuente energética. Las más importantes son:

Su producción y precio estará directamente ligado al mercado nacional e internacional de la materia prima en cuestión. En nuestro país corresponde al del azúcar.

El etanol posee un 30% menos de densidad de energía que la nafta, lo que exige un consumo mayor de combustible. La nafta provee 42 Mjoulles/kg, mientras que el etanol solo 29 Mjoulles/kg. Energéticamente, un litro de nafta equivale a 1.5 litros de etanol. La adición de un 10% de etanol a la nafta reduce el calor de combustión solamente en un 3.8 %, lo que es prácticamente similar en cuanto a combustible consumido. Por otra parte, la alta volatilidad del etanol anhidro afecta la eficiencia de la mezcla y puede llevar a intermitencias en el suministro de combustible al motor y a pérdidas por evaporación. La evaporación aumenta con la temperatura ambiente. La elevada afinidad química que posee el etanol por el agua, en virtud de su estructura molecular, puede generar problemas en la correcta operación del motor.

Requerimientos de infraestructura especial para transporte y almacenaje. Se necesitan vehículos estructural y mecánicamente adaptados para operar con alcohol y con las mezclas dealconafta, lo que provee una operabilidad general inferior a la tradicional para las naftas. Además, el etanol puede provocar oxidación; es por eso que en Brasil se utilizan motores con algún reemplazo plástico.

La producción agrícola de la biomasa requiere cultivos de grandes extensiones de tierra, las que podrían ser utilizadas con otro fin, por ej. para alimentación.

Combustibles basados en bioetanol

El etanol ofrece diversas posibilidades de mezclas para la obtención de biocombustibles, los que se están utilizando con los siguientes nombres y propiedades:

E5: es una mezcla de 5% etanol y 95% de nafta. Esta es una mezcla habitual, es la máxima autorizada en la actualidad por la regulación europea y la regulada a utilizar en nuestro país a partir del año 2010. Para el caso de nuestro país, la regulación está especificada por el contenido de oxígeno elemento (2.7 %) que debe tener la mezcla y corresponde al uso de etanol al 7,8%. Sin embargo, es previsible una modificación de la normativa europea que aumentará el límite a 10 % (E10) ya que diferentes estudios revelan que los vehículos actuales toleran sin problemas mezclas de hasta el 10% en etanol y que los beneficios en cuanto a ahorro de hidrocarburos y para el ambiente son significativos.

E10: es una mezcla de 10% de etanol y 90% de nafta. Esta es la mezcla más utilizada en los Estados Unidos, ya que hasta esta proporción de mezcla los motores no necesitan ninguna modificación e incluso produce una elevación de un octano en la gasolina. Consecuentemente, mejora su resultado y se obtiene una reducción en la emisión de gases contaminantes.

E85: es una mezcla de 85 % de etanol y 15 % de nafta y requiere motores especiales. En los Estados Unidos, las marcas más conocidas ofrecen vehículos adaptados a estas mezclas. También se comercializan, en algunos países, vehículos con motores adaptados a una variedad de mezclas (motores Flex). En estos motores, sensores especiales pueden determinar la mezcla de carburantes y ajustar automáticamente la sincronización de ignición del motor y los coeficientes aire/combustible. Estos motores permiten la utilización de cualquier relación nafta/alcohol y hasta la utilización de nafta pura.

E95 y E100: mezclas de hasta 95 % y 100% de etanol se utilizan en motores especiales para esos usos. Su uso en Brasil es muy difundido.

Hoy en día se puede encontrar una mayor variedad de combustibles para automóviles, y en la actualidad en Ecuador se consume sin duda alguna la gasolina, y en segundo lugar el diésel, sin embargo se puede hacer funcionar el motor con combustibles alternativos los cuales generan menos emisiones. Estos combustibles no provienen de fuentes fósiles finitas y son sostenibles. Entre ellos se puede mencionar al etanol, la electricidad, el hidrógeno, el biodiesel, el metanol, y los combustibles gaseosos naturales, como el gas natural y el GLP.

El compuesto químico etanol, o alcohol etílico se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Al mezclarse con agua en cualquier proporción, se obtiene una mezcla azeotrópica. Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), una de las técnicas más utilizadas, y económicas en la obtención del etanol, es la descomposición o fermentación a través de microorganismos, logrando que la materia utilizada sea la adecuada para la obtención de este producto, aunque estudios han demostrado que la opción más lógica para la obtención del etanol es la caña de azúcar.

El etanol puede utilizarse como combustible para automóviles sin mezclar o mezclado con gasolina en cantidades variables para reducir el consumo de derivados del petróleo. El combustible resultante se conoce como gasohol (en algunos países, "alconafta"). Dos mezclas comunes son E10 y E85, que contienen etanol al 10% y al 85%, respectivamente. El etanol también se utiliza cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar, como reemplazo para el metil tert-butil éter (MTBE). Este último es responsable de una considerable contaminación del suelo y del agua subterránea.

Para la realización de las pruebas de torque y potencia se procedió a realizar dos tomas de datos a un número de revoluciones determinado, la primera prueba se desarrolló con un porcentaje de 100% de gasolina extra, la segunda prueba se desarrolló con la utilización de las mezclas etanol-gasolina en un porcentaje de 5%, 10% y una tercera prueba con un porcentaje de mezcla etanol-gasolina de 20%, estas mezclas fueron las más adecuadas luego de los estudios y pruebas realizadas en el banco de pruebas motor corsa 1,6 l de la C.I.A. Se arrancó el motor y comenzó la prueba, la cual se desarrolla en una marcha determinada, por lo general 3ra. o 4ta marcha. Se parte desde un número bajo de rpm y se acelera a fondo hasta el número de máximo de rpm deseado que para este análisis fue de 5500 rpm, allí se libera el acelerador y el motor retorna paulatinamente al régimen de inicio. El rodillo, de alta inercia y volumen, recibe la potencia de las ruedas motrices, y un sistema de captura de datos y un software especializado muestran en la pantalla de una computadora los resultados obtenidos en forma de gráficos y tablas.

Para la realización de la prueba de emisiones de gases contaminantes hubo la necesidad de trasladar el banco de pruebas motor corsa 1,6 l a la Unidad Educativa “Carlos Cisneros” donde poseen un analizador de gases automotriz debido a que el analizador de gases de la carrera de ingeniería automotriz se encuentra fuera de uso al estar desactualizado su software. Antes de proceder a realizar las pruebas de emisiones de gases contaminantes se necesitará conocer a profundidad el manejo y uso del equipo analizador de gases automotriz NGA 6000 para lo cual se recomienda tener a mano la guía de usuario para solucionar posibles problemas que se presenten a lo largo de la misma. Se deberá tener en cuenta que este equipo posee elementos sensibles para lo cual se necesitara tener mucha concentración y cuidado en su manipulación.

Se recomienda colocar el equipo en una superficie firme a prudente distancia del banco de pruebas o motor para evitar tropiezos o accidentes.

Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

Revisar que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

Tabla 14. Valores de emisiones contaminantes 100% gasolina

100% gasolina			
Emisiones	Régimen de giro [rpm]		
	950 rpm	2500 rpm	3500 rpm
% $V_{CO_{korr}}$	0,82	0,74	0,73
% V_{CO_2}	13,00	13,40	13,50
ppm NO_x	2800	3210	3150
ppm HC	370,00	115,00	80,00
% VO_2	1,30	1,40	0,98
Lambda	1,01	1,03	1,01

Fuente: Autores

Tabla 15. Valores de emisiones contaminantes mezcla 5% etanol-gasolina

5% Etanol-Gasolina			
Emisiones	Régimen de giro [rpm]		
	950 rpm	2500 rpm	3500 rpm
% <i>V COkorr</i>	0,85	0,75	0,74
% <i>V CO2</i>	13,00	13,60	13,70
ppm NOx	3000	3200	3100
ppm HC	372,00	120,00	75,00
% <i>VO2</i>	1,40	1,50	0,95
Lambda	1,00	1,05	1,00

Fuente: Autores

Tabla 16. Valores de emisiones contaminantes mezcla 10% etanol-gasolina

10% Etanol-Gasolina			
Emisiones	Régimen de giro [rpm]		
	950 rpm	2500 rpm	3500 rpm
% <i>V COkorr</i>	0,95	0,80	0,79
% <i>V CO2</i>	13,50	14,00	14,20
ppm NOx	3100	3225	3050
ppm HC	375,00	130,00	100,00
% <i>VO2</i>	1,45	1,60	1,20
Lambda	1,08	1,10	1,08

Fuente: Autores

Tabla 17. Valores de emisiones contaminantes mezcla 20% etanol-gasolina

20% Etanol-Gasolina			
Emisiones	Régimen de giro [rpm]		
	950 rpm	2500 rpm	3500 rpm
% <i>V COkorr</i>	1,20	0,90	0,88

% V CO ₂	14,15	14,60	14,30
ppm NO _x	3300	3450	3100
ppm HC	385,00	150,00	120,00
% VO ₂	1,50	1,65	1,30
Lambda	1,15	1,18	1,22

Fuente: Autores
Análisis de torque y potencia

Los datos obtenidos en la prueba de torque y potencia fueron los siguientes, con los cuales se procedió a su análisis:

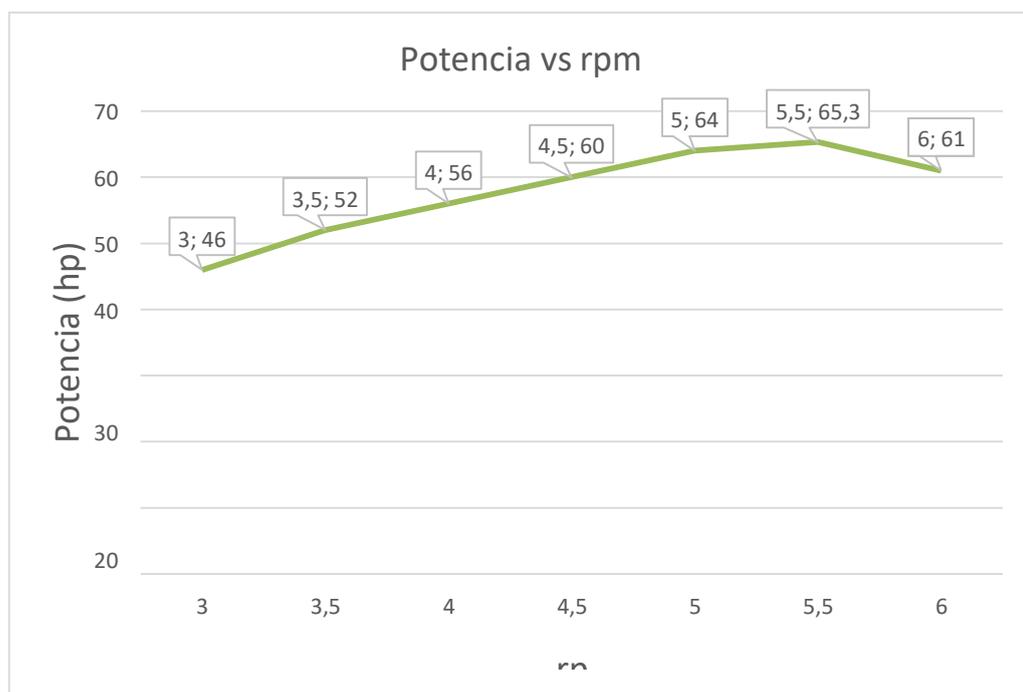
Análisis torque-potencia gasolina 100%. Según los datos obtenidos podemos observar el torque y la potencia máxima que desarrolla el vehículo en rangos normales de un motor estándar sin modificaciones.

Tabla 28. Resultados prueba de potencia 100% gasolina extra

Descripción	Potencia máxima [hp]	rpm
Prueba 1	64,0	5400
Prueba 2	66,6	5600
\bar{x}	65,3	5500

Fuente. Autores

Figura 75. Potencia máxima hp vs rpm 100% gasolina extra

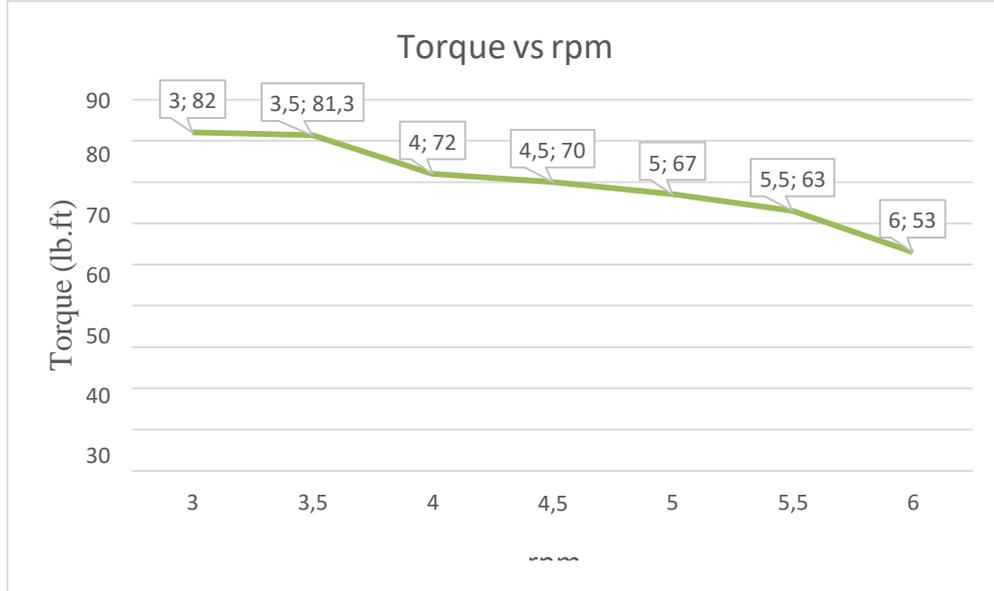


Fuente: Autores

Tabla 29. Resultados prueba de torque 100% gasolina extra

Descripción	Torque máximo [lb.ft]	rpm
Prueba 1	80,6	3300
Prueba 2	82,0	3100
\bar{x}	81,3	3200

Figura 76. Torque máximo (lb.ft) vs rpm 100% gasolina extra



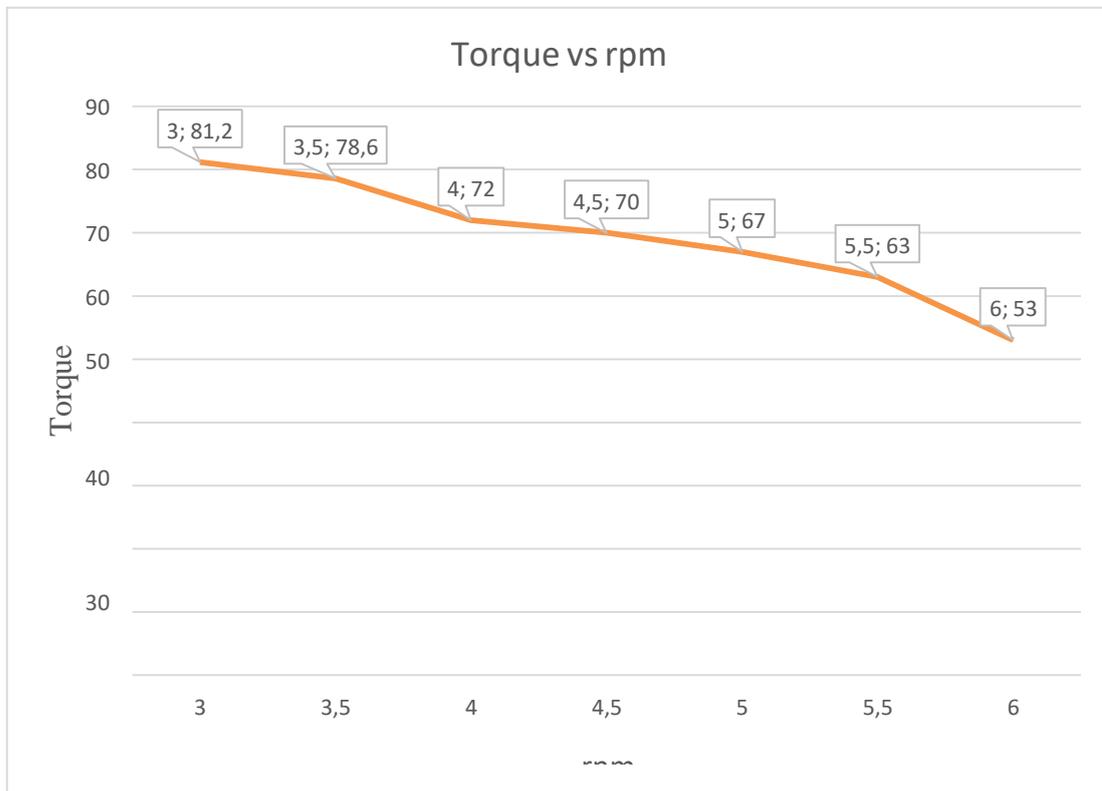
Fuente: Autores

Tabla 33. Resultados pruebas de torque mezcla etanol-gasolina 10%

Descripción	Torque máximo [lb.ft]	rpm
Prueba 1	78,6	3350
Prueba 2	81,2	3200
	79,9	3275

Fuente: Autores

Figura 80. Torque máximo (lb.ft) vs rpm mezcla etanol-gasolina 10%



Fuente: Autores

Análisis torque-potencia etanol-gasolina al 20%. Se puede apreciar en los resultados que la potencia disminuye en 1,7 hp en relación a la mezcla etanol-gasolina al 10%, y su torque permanece con una variación muy pequeña que no muestra consideración.

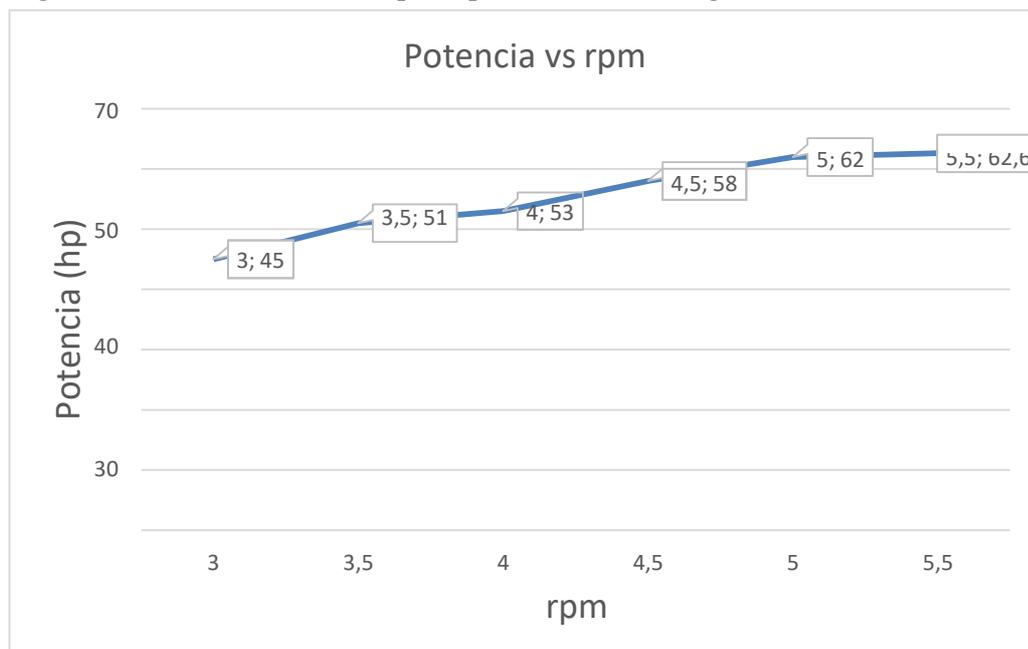
Tabla 34. Resultados pruebas de potencia mezcla etanol-gasolina 20%

Descripción	Potencia máxima [hp]	rpm
Prueba 1	62,5	5550
Prueba 2	62,6	5550

	62,55	5550
--	-------	------

Fuente: Autores

Figura 81. Potencia máxima hp vs rpm mezcla etanol-gasolina 20%



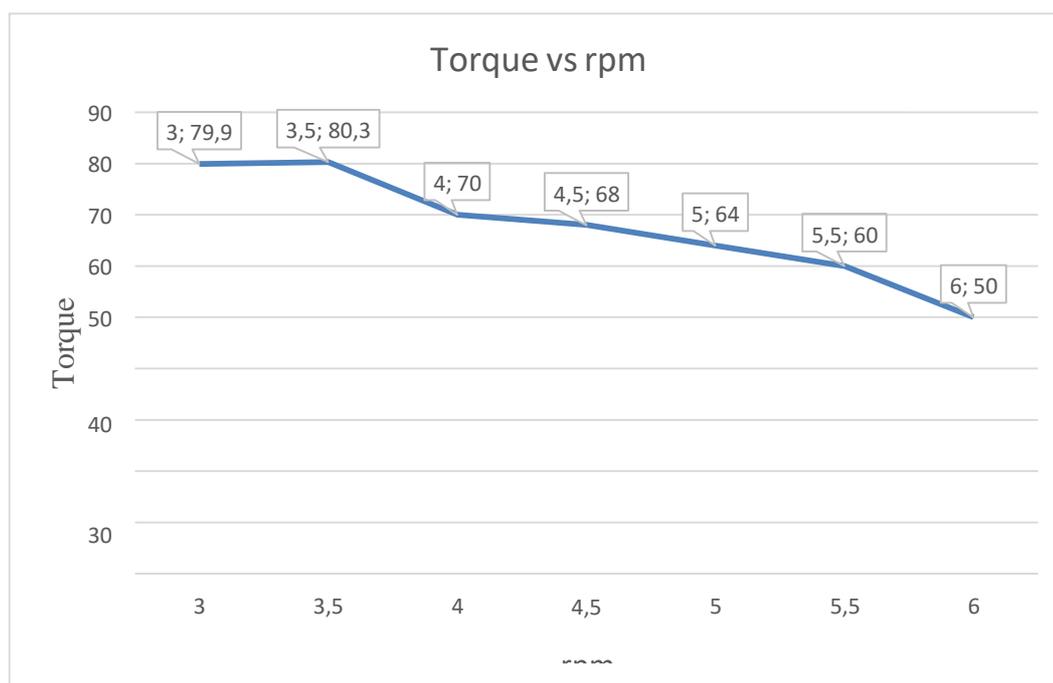
Fuente: Autores

Tabla 35. Resultados pruebas de torque mezcla etanol-gasolina 20%

Descripción	Torque máximo [lb.ft]	rpm
Prueba 1	80,3	3250
Prueba 2	79,9	3400
	80,1	3325

Fuente: Autores

Figura 82. Torque máximo (ft/lbs) vs rpm mezcla etanol-gasolina 20%



Análisis de emisiones contaminantes

Una vez que se concluyó el análisis de emisiones contaminantes en el motor corsa 1,6 l se obtuvieron los valores de las diferentes pruebas realizadas, gasolina extra al 100% y posteriormente con las mezclas etanol-gasolina al 5%, 10% y 20%, se obtuvo los valores impresos por el analizador de gases automotriz NGA 6000, con los cuales se procedió a realizar el análisis y comparación con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2204:2002 Gestión ambiental, aire, vehículos automotores, límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

Tabla 36. Valores comparativos de emisiones contaminantes a 950 RPM

950 RPM	Monóxido de carbono [Porcentaje en vol. de CO]	Hidrocarburos [ppm]	Dióxido de carbono [Porcentaje en vol. CO2]
NTE INEN 2204:2002	1,0	750	7 min-18 máx
100% gasolina	0,82	370	13
5%	0,85	372	13
10%	0,95	375	13,50
20%	1,20	385	14,50

Fuente: Autores

Se puede apreciar que los valores arrojados por el analizador de gases en las pruebas de 5% y 10% a 950 rpm se encuentran dentro de los rangos tolerables permitidos por la norma NTE INEN 2204:2002 en marcha mínima o ralentí (prueba estática), en la prueba realizada al 20% se aprecia que sobrepasa los rangos tolerables por consiguiente esta mezcla no cumple con los límites de emisiones contaminantes.

Con el combustible gasolina extra se obtiene una potencia máxima promedio de 65,3 hp a 5500 rpm y un torque máximo promedio de 81,3 lb.ft a 3200 rpm. Con etanol-gasolina al 5% se obtiene una potencia máxima promedio de 65,3 hp a 5500 rpm y un torque máximo promedio de 81,3 lb.ft a 3200 rpm. Con etanol-gasolina al 10% se obtiene una potencia máxima promedio de 63,45 hp a 5550 rpm y un torque máximo promedio de 79,9 lb.ft a 3275 rpm. Con etanol-gasolina al 20% se obtiene una potencia máxima promedio de 62,55 hp a 5550 rpm y un torque máximo promedio 80,1 lb.ft a 3325 rpm.

Con gasolina extra se obtiene un consumo promedio de 1530 ml/s a 950 rpm y de 3790 ml/s a 2500 rpm. Con combustible etanol-gasolina al 5% se obtiene un consumo de 1510 ml/s a 950 rpm. Con etanol-gasolina al 5% se obtiene un consumo de 3710 ml/s a 2500 rpm. Con etanol-gasolina al 10% se obtiene un consumo de 1422 ml/s a 950 rpm. Con etanol-gasolina al 10% se obtiene un

consumo de 3560 ml/s a 2500 rpm. Con etanol- gasolina al 20% se obtiene un consumo de 1280 ml/s a 950 rpm. Con etanol-gasolina al 20% se obtiene un consumo de 3233 ml/s a 2500 rpm.

Para aprovechar mejor las propiedades caloríficas del etanol es necesario reemplazar la ECU estándar por una ECU programable donde se pueda modificar el tiempo de ignición y la relación aire/combustible.

Los valores obtenidos en las pruebas de emisiones contaminantes están dentro de los parámetros establecidos según la norma NTE INEN 2204:2002, ya que los vehículos que funcionen con combustibles alternos estarán sujetos a los mismos límites máximos de emisiones de gases para vehículos a gasolina.

El etanol se comporta de manera estable al ser mezclado con gasolina, la mezcla aumenta su poder calorífico.

Combustibles

Los combustibles son sustancias susceptibles de ser quemadas o que tienden a quemarse.

Combustibles fósiles [2]. Se llaman combustibles fósiles a aquellas materias primas empleadas en combustión que se han formado a partir de las plantas y otros organismos vivos que existieron en tiempos remotos en la Tierra. El carbón en todas sus variedades, el petróleo y el gas natural son por distintas de presentarse estos productos.

El carbón, el lignito y la turba, por ejemplo, tienen su origen en los restos oceánicos de árboles y plantas de bosques que se hundieron en el agua de pantanos, se pudrieron como consecuencia de la acción del agua y las bacterias, se fueron cubriendo poco a poco de capas sucesivas de fangos que solidificaron y se convirtieron en rocas.

El petróleo, por su parte, procede probablemente de la composición bacteriana de restos animales y vegetales (principalmente plancton) en grasas, que existían en las proximidades de lagos y mares.

Al depositarse en el fondo de éstos, o al ser cubiertos por las aguas, lo fueron también por capas de sedimentos, descomponiéndose y dando origen a productos combustibles en estado líquido, como el petróleo o el gas natural. El carbón, el petróleo y el gas natural son compuestos orgánicos, formados fundamentalmente por hidrocarburos. A partir de ellos se obtienen otros combustibles derivados y subproductos que son luego empleados como materias primas en diversos procesos químicos orgánicos.

Carbón y sus derivados. Posiblemente el primer combustible fósil utilizado por el hombre fuera la turba, primera fase en la formación del carbón. Los yacimientos de turba se hallan en los pantanos, en zonas con unas determinadas condiciones climáticas y topográficas, ya que el suelo debe ser capaz de retener el agua en la superficie o cerca de ella, y la temperatura debe ser tal que no se produzca una evaporación y una putrefacción rápida (entre 5 y 9 °C). Por eso existen yacimientos de turba en zonas templadas del norte de Europa. Como consecuencia de la propia temperatura del interior de la Tierra y de la presión ejercida por las capas de arena y lodo acumuladas sobre la turba, primero se formó el lignito, sustancia blanda de color marrón, que es

considerada como carbón a medio formar. Posteriormente, éste se fue transformando en hulla o carbón bituminoso, que es el más abundante y utilizado en la actualidad, y finalmente la hulla se transformó en antracita, el carbón de formación más reciente. En función de las características de cada zona, evidentemente, existen yacimientos de los cuatro tipos de carbón.

Las distintas clases de carbón están formadas por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno, además de otros elementos, como por ejemplo el azufre. En las sucesivas etapas de formación de los distintos tipos de carbón, el contenido en carbono fue aumentando en detrimento de los otros componentes, desde el 50% inicial de la turba (el más antiguo) hasta casi el 95% que pueden tener algunos tipos de hulla. Cualquier compuesto que contenga más de un 95% de carbón puede considerarse carbono puro o grafito, y sólo arde a temperaturas muy elevadas, por lo que no tienen aplicación como combustible doméstico.

Como resultado de la destilación seca, o calentamiento en ausencia de aire; del carbón, surge un residuo, el coque que también tiene gran utilidad como combustible y como agente reductor. Además, se obtienen otros combustibles como el gas ciudad, el gas de alumbrado y el alquitrán de hulla: Este último contiene grandes cantidades de compuestos aromáticos, como el tolueno, xileno, naftaleno y otros, que se pueden separar por destilación fraccionada y se emplean como materias primas en la fabricación de explosivos o en la industria farmacéutica.

También es posible generar derivados del carbón mediante la hidrogenación, es decir, el tratamiento de la hulla en polvo con gas hidrógeno a altas temperaturas y presiones, hasta obtener un tipo de aceite que es de nuevo sometido a un proceso con hidrógeno, como consecuencia del cual se transforma en gasolina y gasoil, y produce, además, amoníaco y una gran cantidad de hidrocarburos ligeros.

Gas natural y sus derivados. El gas natural se halla en yacimientos aislados y, en ocasiones, junto al petróleo. Contiene volátiles de bajo peso molecular (hasta ocho átomos de carbono) y, en líneas generales tiene la siguiente composición: metano: 80%; etano: 13%; propano: 3%; butano: 1%; alcanos C5 a C8: 0,5%; nitrógeno: 2,5%; CO₂, H₂, He: el resto. De esa mezcla de gases se suelen separar, por licuación, los hidrocarburos de tres carbonos en adelante, que son envasados a presión y empleados como combustible, como el propano o el butano. La fracción gaseosa del metano y el

etano es distribuida a través de gasoductos y es lo que se conoce en la práctica como el gas natural, utilizado, por ejemplo, en las calefacciones.

El petróleo y sus derivados. El petróleo se encuentra en yacimientos dispersos por numerosos puntos de la corteza terrestre, trata de un líquido espeso; compuesto por una gran cantidad de hidrocarburos, la mayor parte de ellos alifáticos de cadena abierta, aunque en algunas son básicamente hidrocarburos cíclicos y aromáticos. En mucha ocasiones aparecen a grandes bolsas de gas natural que aún no se ha disuelto en el petróleo. Recién traído del yacimiento, el petróleo crudo no tiene aplicación comercial, por lo que es necesario someterlo a un proceso de destilación fraccionada en refinerías, para sepa en distintas partes en función de su punto de ebullición. De las diversas fracciones de petróleo, las que tienen aplicación como combustible son las siguientes:

Tabla 1. Fracciones del petróleo

Fracción	N. Carbonos	Aplicación
Gases	< 30	Combustible, Gasolina de Polimerización, Negro de Humo
Gasolina	40-200	Combustibles para motores y disolventes
Queroseno	175-300	Combustible, alumbrado
Gasoil	250-400	Combustible motores Diesel, gasolina por craqueo
Coque de petróleo	-	Combustible, reductor, fabricación de electrodos

Fuente: www.portalplanetasedna.com.ar/combustibles.htm

2.2.4.1 Gasolina. La gran demanda de gasolina para automoción determina su obtención, además de por fracción directa de la destilación del petróleo, por craqueo de otras fracciones más ligeras de éste, como el gasoil. El craqueo consiste básicamente en el rompimiento de las cadenas más largas de hidrocarburos; en este proceso se generan también grandes cantidades de hidrocarburos no saturados, que contribuyen a la mejora de la calidad de las gasolinas y, además, son materias primas en distintos procesos químicos. El craqueo se puede producir por métodos térmicos, sometiendo las fracciones superiores del petróleo a una temperatura de 400-450 °C y una presión elevada de 20 a 70 atmósferas durante un tiempo breve, o bien por métodos catalíticos,

empleando catalizadores específicos, como arcillas, para favorecer el rompimiento; se obtiene así gasolina de mejor calidad que por el método térmico.

No todas las gasolinas provocan el mismo efecto de combustión en el motor de un vehículo, ya que depende del Índice de octano. Así, Comparando la detonación que experimenta una gasolina con la de una mezcla patrón formada por heptano normal (que es el alcano que más detona y al que se le asigna un índice de octano cero) y por 2, 2,4 trimetilpentano o iso- octano (que es el que menos detona y se le asigna un índice de octano 100), se puede establecer el grado de detonación de una gasolina. Se ha demostrado que los hidrocarburos de cadena lineal poseen un índice de octano más bajo que los no saturados y los de cadena ramificada, por lo que, para mejorar el rendimiento de una gasolina, se trata de elevar el índice de octano, sometiéndola a un nuevo proceso de craqueo, llamado reformado, que consigue transformar las cadenas lineales en ramificadas. Además, se agregan aditivos como ciertos compuestos de plomo, que hacen que la gasolina adquiera un índice de octano próximo a 100, e incluso superiores para el combustible empleado en los aviones.

Combustibles alternativos. Los combustibles alternativos son carburantes pensados para sustituir a los combustibles fósiles o derivados del petróleo. Petróleo que es cada vez más escaso y, por tanto, también más cara su obtención, a la vez que muy contaminante.

Los combustibles alternativos deben ser más económicos y ecológicos que los tradicionales y aunque aún no han alcanzado la potencia de los combustibles tradicionales, es una tecnología todavía en desarrollo y podrían alcanzar en un futuro cercano una mayor eficiencia e incluso superar a la de los derivados del petróleo.

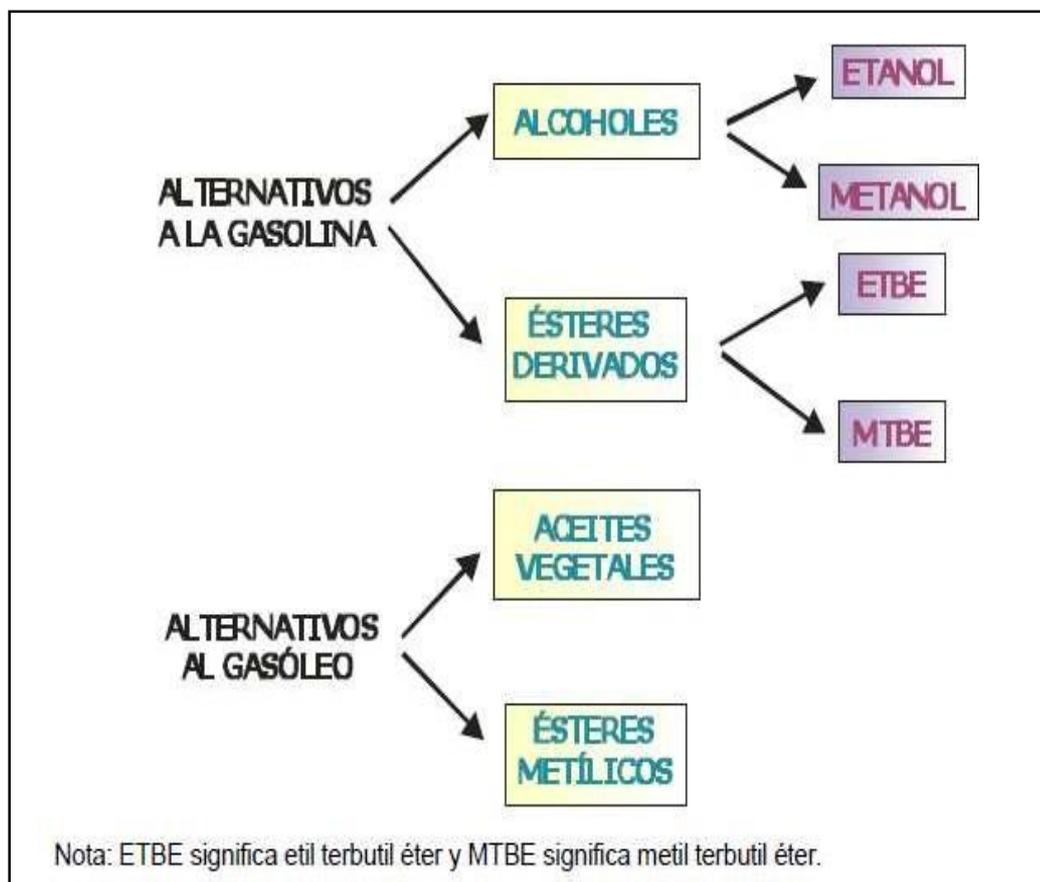
Biocarburantes [3]. Los biocarburantes, también denominados biocombustibles líquidos, son productos obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola. Estos cultivos que están destinados a la producción de biomasa con fines energéticos se pueden clasificar en tres tipos dependiendo del destino final de la biomasa:

Oleaginosos: se emplea en la producción de aceite para ser quemado directamente o para ser transformado en biodiesel, el cual será quemado para sustituir parcial o totalmente a la gasolina.

Alcoholígenos: se suelen utilizar para la producción de alcoholes con el fin de sustituir parcialmente a la gasolina o totalmente, así como para producir componentes antidetonantes sustitutivos del plomo como el ETBE. Lignocelulósicos: se utilizan con fines térmicos para la producción de biocombustibles sólidos.

Los biocarburantes se pueden distinguir según sean alternativos a la gasolina o al gasóleo, tal y como se esquematiza en la figura

Figura 2. Clasificación de los biocarburantes alternos.



Fuente: MARTIN, Francisca.

Biodiesel [4]. El biodiesel es un combustible producido a partir de aceites vegetales, grasas animales y sus esteres metílicos que se puede utilizar en cualquier motor diesel. Químicamente el biodiesel está formado por esteres de alquilo, de metilo y de etilo.

Según la ASTM (American Society for Testing and Materials) el biodiesel es “el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como

por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel". Los aceites probados y utilizados para biodiesel son básicamente aquellos que abundan en cada una de las zonas que desarrollan este biocarburante. Por ejemplo: en Estados Unidos el aceite de Soja es el que más se utiliza, en Europa el de colza y girasol, en los países de clima de tropical, se está investigando el de aceite de palma y el de coco.

Composición: Los aceites vegetales (oliva, girasol, colza, palma, etc.) están formados por moléculas de triglicéridos de ácidos grasos (entre 14 y 22 carbonos), mono y triglicéridos, en una pequeña proporción, y algunos elementos que se eliminan en el proceso de refinamiento. La composición del biodiesel puede variar en función de su procedencia, pero se acepta en promedio la siguiente: C 18,7 H 34,9 O2 . Esta mezcla de esteres, a pesar de no tener una composición química similar a la de los gasóleos (que son hidrocarburos saturados) por contener oxígeno, tiene unas propiedades físicas muy similares, lo que hizo pensar que podría utilizarse como sustituto de aquellos, como combustible e incluso como carburante en motores diesel.

Alcoholes. El metanol y el etanol son los principales alcoholes aplicables a motores de combustión interna. En algunos países se han experimentado y planteado otro tipo de alcoholes, como el isobutanol, el glicol, el n-butanol y el alcohol terbutílico, que su incidencia real ha sido poco significativa, además de ser de origen petroquímico. Parece ser que el dimetil éter, que es gaseoso, está siendo estudiado como posible carburante por algunos países.

Hay tres razones fundamentales para explicar el predominio de los alcoholes con uno o dos átomos de carbono:

La fabricación y la inflamabilidad son conocidas desde la antigüedad.

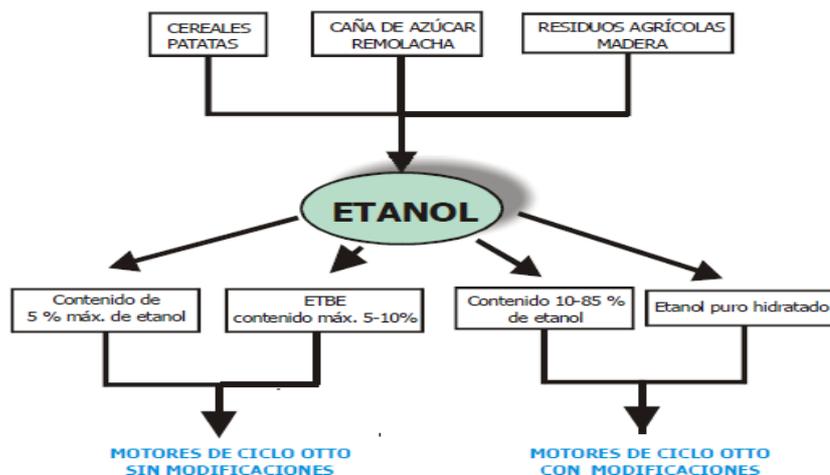
Son líquidos a la temperatura ambiente, su volatilidad es razonable y sus cualidades como combustibles son buenas.

Se pueden obtener fácilmente de la fermentación y/o destilación de productos orgánicos.

Debido a las excelentes características del etanol derivado de materia vegetal, conocido como bioetanol, se profundizará más en éste último.

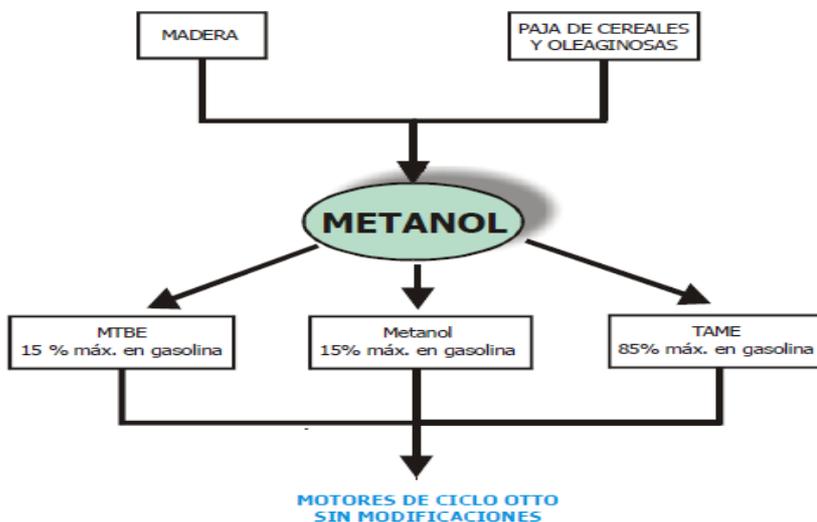
A modo visual, antes de empezar la descripción detallada de cada combustible, se muestra en las Figuras 3 y 4.

Figura 3. Procedencia y aplicación del etanol en motores MACI



Fuente: MARTIN, Francisca. Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales

Figura 4. Procedencia y aplicación del metanol en motores MACI



Fuente: MARTIN, Francisca. Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales

Los alcoholes contienen una cadena de hidrocarburo con un radical OH unido a un átomo de carbono. En cambio los ésteres son productos orgánicos derivados de los alcoholes, los cuales contienen un átomo de oxígeno en vez de un radical OH.

Los principales productos posibles clasificables como “oxigenados”, que son líquidos a temperatura ambiente son:

El metanol: $\text{CH}_3\text{-OH}$ y el etanol: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

Otros alcoholes simples

El alcohol terbutílico (TBA)

Los ésteres: etil terbutil éter (ETBE), metil terbutil éter (MTBE) o el metil teramil éter (TAME).

La mezcla de los diferentes alcoholes pueden obtenerse a partir de gas de síntesis, que se obtiene de reformado con vapor del gas natural, de una oxidación parcial de una mezcla de hidrocarburos o a partir de la gasificación de carbón o de madera.

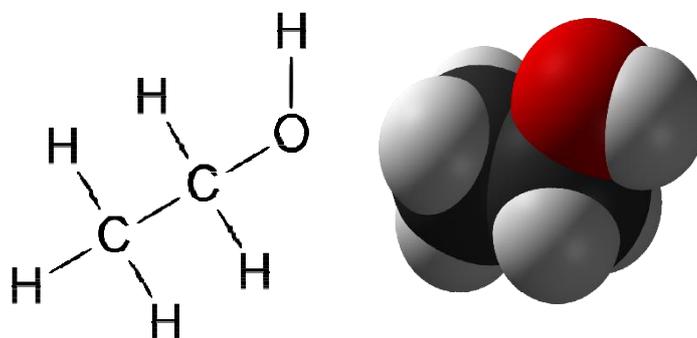
El metanol y el etanol son los únicos que pueden ser obtenidos a partir de la biomasa, los demás compuestos se obtienen de procesos petroquímicos a partir de destilación del petróleo o a partir de gas de síntesis de carbón o gas natural.

Etanol. El compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C.

Mezclable con agua en cualquier proporción; a la concentración de 95% en peso se forma una mezcla azeotrópica.

Su fórmula química es CH₃-CH₂-OH (C₂H₆O), principal producto de las bebidas alcohólicas como el vino (alrededor de un 13%), la cerveza (5%) o licores (hasta un 50%).

Figura 5. Formula estructural etanol.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))

El etanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina, y su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo.

Metanol. El metanol es utilizado como combustible, principalmente al juntarlo con la gasolina. Sin embargo, ha recibido menos atención que el etanol (combustible) porque tiene algunos inconvenientes. Su principal ventaja es que puede ser fabricado fácilmente a partir del metano (el principal componente del gas natural) así como por la pirólisis de muchos materiales orgánicos. El problema de la pirólisis es que solamente es económicamente factible a escala industrial, así que no es recomendable producir el metanol a partir de recursos renovables como la madera a pequeña escala (uso personal). En cualquier caso, el proceso alcanza temperaturas muy elevadas, con cierto riesgo de incendio; además, el metanol es altamente tóxico, así que se debe tener siempre especial cuidado de no ingerirlo, derramarlo sobre piel desnuda o inhalar los humos.

Propiedades de los alcoholes. El metanol es una molécula de pequeño tamaño, constituido por el 50% de su peso molecular de oxígeno y forma un grupo hidroxilo que, en comparación con los demás hidrocarburos, hace que sea una molécula fuertemente polar. Estos factores causan las importantes diferencias entre las propiedades del metanol comparándolo con los carburantes convencionales. El etanol es más parecido a un hidrocarburo, ya que tiene un enlace carbono-carbono.

La descripción de cada una de las propiedades nos ayuda a conocer su fórmula química, que ayuda a diferenciar a que tipo pertenece, su densidad para posteriores cálculos su temperatura de ebullición, la presión de vapor. Reíd para determinar de mejor manera su almacenamiento y transporte.

A continuación en la Tabla 2 Se muestran las características físicas y químicas más significativas del etanol y el metanol:

Características que nos permiten conocer detalladamente su comportamiento en ciertas condiciones que son indispensables para el manejo adecuado de estos alcoholes y además nos permiten comparar a cada uno de ellos.

Tabla 2. Propiedades físico-químicas del etanol y metanol

Propiedad	Unidad	Metanol	Etanol (anhidro)
Formula Química		CH ₄ O	C ₂ H ₆ O
Densidad (liquido a 15oC)	Kg/dm ³	0,796	0,794
Temperatura de ebullición	oC	64,7	78,3
Presión de vapor Reíd (37,8oC)	Kpa	32	16
Calor latente de Vaporización	KJ/Kg	1.100	854
Poder calorífico inferior másico	KJ/Kg	19.937	26.805
Poder calorífico inferior volumétrico	KJ/dm ³	15.870	21.285
Número de octanos Research	RON	120	120
Número de octanos motor	MON	87	87
Número de cetano	NC	0-(-3)	5
Número de metano	NM	70	70

Fuente: Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales.

Principales propiedades de los combustibles líquidos. Las principales propiedades de los combustibles líquidos y principalmente de la gasolina se centran en las cuatro que se describen a continuación:

Número de octano: es la principal propiedad ya que está altamente relacionada con el rendimiento del motor del vehículo. Es la medida de su calidad antidetonante, es decir habilidad para quemarse sin causar detonación. La gasolina tiene un número de octano entre 90 y 100 dependiendo del tipo de gasolina

Curva de destilación: esta propiedad se relaciona con la composición de la gasolina, su volatilidad y su presión de vapor. Por lo tanto se considera que a un 10% de destilación, con una temperatura de ebullición inferior a 70°C, se asegura la presencia de componentes volátiles para un

fácil arranque en frío. A un 50% de destilación, con una temperatura de ebullición inferior a 140°C, se asegura una volatilidad correcta y una máxima potencia durante la aceleración del motor. A un 90% y al punto final de destilación, con una temperatura de ebullición inferior a 190°C y 225°C respectivamente, se evitan tanto depósitos en el motor como dilución del aceite y se proporciona un buen rendimiento del combustible.

Volatilidad: la gasolina es muy volátil. Esta propiedad representa de forma indirecta el contenido de los componentes volátiles que brindan la seguridad, en este caso de la gasolina, en su transporte y almacenamiento. Esta propiedad de la gasolina se mide como la presión de vapor la cual tiene un valor de 0.7-0.85 mmHg.

Contenido de azufre. - Se relaciona con la cantidad de azufre presente en el producto. Si esta cantidad sobrepasa la norma establecida, la gasolina puede tener efectos corrosivos sobre las partes metálicas del motor y de los tubos de escape. También se relaciona con efectos nocivos sobre el ambiente, siendo un factor importante en la producción de lluvia ácida.

Además de ser un líquido fácilmente inflamable, incoloro, de una densidad relativa de 0.7 a 0.77 menor a la del agua, posee un gran poder antidetonante, medido por el índice de octano.

La gasolina se caracteriza por proporcionar al motor del vehículo un arranque fácil en frío, una potencia máxima durante la aceleración, la no dilución del aceite y un funcionamiento normal y silencioso bajo las condiciones de funcionamiento del motor. Esto es debido a sus buenas propiedades de octanaje y volatilidad.

Actualmente existen diversos tipos de gasolinas, en función del número de octanos, por lo tanto debe de usarse aquella que sea apropiada al motor del vehículo, en función de su relación de compresión, ya que cuanto mayor sea la relación de compresión del motor, mayor tiene que ser el octanaje de la gasolina. En el caso de utilizarse una gasolina de menor número de octanaje que el adecuado, se produce un fenómeno denominado detonación o pre-encendido (expansión muy brusca y descontrolada)

Mezclas etanol-gasolina

El combustible resultante de la mezcla de etanol y gasolina se conoce como gasohol oalconafta.

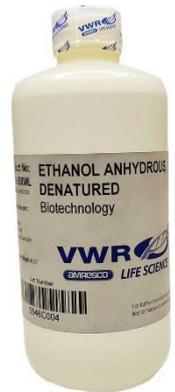
El etanol también se utiliza cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar, reemplazando al éter metil tert-butílico (MTBE). Este último es responsable de una considerable contaminación del suelo y del agua subterránea. También puede utilizarse como combustible en las celdas de combustible.

Para la producción de etanol en el mundo se utiliza mayormente como fuente biomasa. Este etanol es denominado por su origen bioetanol.

Mezclas gasolina etanol para la utilización en motores de cuatro tiempos encendidos por chispa. Gasohol oalconafta es la mezcla de gasolina y alcohol en distintas proporciones, para uso como combustible en motores de explosión diseñados para quemar derivados del petróleo.

La mezcla del gasohol puede ser realizada con alcohol etílico (etanol) o con alcohol metílico (metanol), aunque el etanol es el tipo de alcohol que ha sido más utilizado comercialmente. El metanol ha sido utilizado en forma más limitada debido a que es tóxico. El uso más común del término gasohol se refiere a la mezcla con el 10 por ciento de alcohol, pero también se utiliza en general para referirse a las mezclas con bajos contenidos de alcohol, usualmente inferiores al 25 % de alcohol. Las mezclas que contienen un alto porcentaje de alcohol requieren que el motor, el sistema de inyección y otros sistemas del vehículo sean adaptados a las propiedades químicas del alcohol, con mayor atención a sus propiedades corrosivas.

La proporción entre ambos combustibles se suele indicar con el porcentaje de etanol precedido por una E mayúscula. De esta manera, el gasohol E10 se compone de un 10 % de etanol y un 90 % de gasolina, y el E85 se obtiene mezclando el 85 % de etanol y el 15 % de gasolina. En 2011 más de veinte países alrededor del mundo utilizan gasohol E10 o mezclas de menor contenido de etanol. En 2010, casi el 10% de la gasolina vendida en Estados Unidos fue mezclada con etanol. Los vehículos de combustible flexible en Estados Unidos y Europa utilizan E85, mientras que los carros flex en Brasil usan E100 o etanol





Una nomenclatura similar se utiliza con el gasohol producido con metanol. El porcentaje de metanol es precedido por una M mayúscula. Así, M85 es un combustible compuesto de 85 % de metanol y un 15 % de gasolina. Los primeros vehículos de combustible flexible fabricados en Estados Unidos utilizaban M85. [5]

El E10 es una mezcla del 10 % de etanol y el 90 % de gasolina que puede usarse en los motores de la mayoría de los automóviles modernos sin producir daños en ellos, si bien no se conoce el efecto exacto sobre los motores más antiguos. Son parecidas las mezclas E5 y E7, con el 5 y el 7 % de etanol, respectivamente.

El E10 es ampliamente utilizado en el medio oeste de Estados Unidos y su uso es obligatorio en diez estados, incluyendo Florida, donde la medida entró en vigencia en 2010. El gasohol está disponible para la venta en otros estados como una opción, y es utilizada en varios estados en mezclas más bajas, incluyendo California, como oxigenante en sustitución del aditivo MTBE, el cual está siendo desfasado al haberse descubierto problemas de contaminación de los mantos de agua subterráneos. [6]

Producción y uso del etanol como combustible. En 2006 la producción mundial total de etanol en todos sus grados fue de 51,06 mil millones de litros (13,49 mil millones de galones internacionales). Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos y Brasil, que juntos producen el 70% del total de etanol, seguidos por China, India y Francia. [7] Incentivos del mercado han provocado el desarrollo de crecientes industrias en países como Tailandia, Filipinas, Guatemala, Colombia y República Dominicana. [8]

Agroenergía y los biocombustible en las Américas [9]. Ecuador cuenta con importantes recursos energéticos renovables y no renovables, entre los que destacan el petróleo, por ser la principal fuente de ingresos de divisas del país, y las energías solar, hidráulica y la bioenergía, por el potencial que presentan.

La demanda energética del Ecuador es suplida principalmente por hidrocarburos. Otras fuentes energéticas como la hidroenergía, la leña y los productos de caña, participan en la matriz energética en porcentajes muy inferiores.

La siguiente Tabla muestra la producción de etanol entre 2004 y 2006 para los quince mayores productores mundiales.

Tabla 3. Producción anual de etanol por país (2004-2006)

Producción anual de etanol por país (2004-2006)				
Quince mayores países productores (millones de galones internacionales, todos los grados de etanol)				
clasificación mundial	País	2006	2005	2004
1	Estados Unidos	4.855	4.264	4.535
2	Brasil	1.491	1.227	1.989
3	China	1.017	1.004	1.64
4	India	0.491	0.449	0.62
5	Francia	0.2	0.2	0.2
6	Alemania	0.2	0.2	0.2
7	Rusia	0.2	0.2	0.2
8	Canada	0.17	0.17	0.19
9	España	0.17	0.17	0.19
10	Sudafrica	0.17	0.17	0.19
11	Tailandia	0.17	0.17	0.19
12	Reino Unido	0.17	0.17	0.19
13	Ucrania	0.17	0.17	0.19
14	Polonia	0.17	0.17	0.19
15	Arabia Saudita	0.17	0.17	0.19
producción mundial total		10.02	9.03	10.10

		2	5	2	9
Total		13.489	12.15	10.77	

Fuente: Industry Statistics: Annual World Ethanol Production by Country

En la siguiente tabla se detalla las principales fuentes energéticas con las cuenta el Ecuador.

Tabla 4. Matriz energética de Ecuador

Matriz energética de Ecuador	
Fuente energética	Porcentaje
Petróleo	83%
Gas natural	4%
Hidroenergía	7%
Leña	3%
productos de caña	3%

Fuente: OLADE (citada por acción ecológica)

La producción de biocombustibles en Ecuador es mínima en relación con países como Brasil. 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 litros/día). La producción de palma aceitera (principal materia prima para la elaboración de biodiesel) tiene lugar en 11 de las 22 provincias del Ecuador. Al momento, se obtienen 350.000 toneladas de aceite de 207.000 hectáreas de palma, se consumen 200.000 toneladas de aceite y se exportan 150.000 toneladas de aceite excedente.

La existencia de una importante cantidad de tierras aptas para los cultivos energéticos es la principal fortaleza del Ecuador. Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, solo para el cultivo de caña de azúcar se dispone de 675.932 hectáreas potenciales.

Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina. 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 5000 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.

Ensayo destilación

El ensayo de destilación fue realizado con todas las muestras y su respectivo patrón para comparar los datos obtenidos, en este caso se realizó el ensayo de destilación tanto para el etanol anhidro como la gasolina con la cual se inició el estudio.

El ensayo de destilación esta normado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Norma. INEN NTE 0926:84 Productos de Petróleo: Ensayo de Destilación.

Objeto. Esta norma establece el método para la destilación de productos de petróleo, como gasolina, combustible para turbinas de aviación, kerosene, diesel, petróleo combustible y otros productos derivados con excepción de gasolina natural y gas licuado de petróleo.

Establecida la norma se procedió a la realización del ensayo el cual se detalla a continuación.

Materiales y Equipos. Equipos utilizados tenemos.

Matraz balón de destilación de 125ml.

Probeta graduada de 100ml.

Probeta graduada de 10ml.

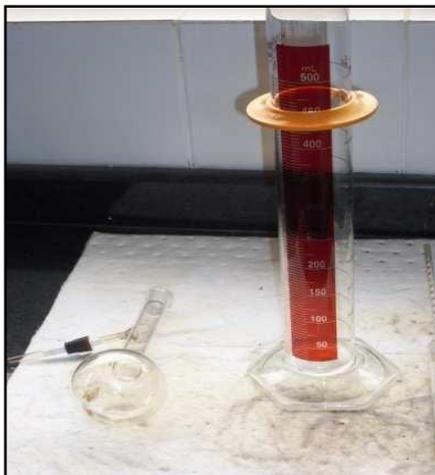
Termómetros adecuados para destilación de gasolina -2 a 300 0C.

Destilador ASTM. De eficiencia de 18 a 20 %.

100cm³ de muestra preparada de etanol-anhidro al 5% con gasolina de ochenta octanos.

Procedimiento. Con la muestra previamente refrigerada de etanol-anhidro al 5% y gasolina de ochenta octanos colocamos 100ml en la probeta graduada, observando que esté en 100ml.

Figura 10. Equipos para la destilación



Fuente: Autor

Con los 100ml. que están en la probeta con cuidado transferimos los 100ml. al matraz balón colocamos el termómetro en la parte superior de matraz balón. Para posteriormente colocarlo en el destilador ASTM.

Figura 11. Destilador ASTM con la muestra 5% etanol anhidro



Fuente: Autor

Ubicamos en la parte inferior derecha del destilado ASTM, debajo del conducto que transfiere el combustible una vez iniciado el proceso de destilación, previo a esto el destilador ASTM debe ser ajustado el control de temperatura.

Figura 12. Probeta graduada para el ensayo de destilación.



Fuente: Autor

Puesto a punto el destilador y todos los elementos que interviene en el proceso de la destilación, observamos con mucha atención el proceso, para determinar los datos del (PIE) que es la primera gota que cae en la probeta graduada y anotamos a la temperatura a la que esta ocurre, el termómetro se halla ubicado sobre el matraz balón que contiene la muestra, se tomaron los datos para este estudio cuando el producto de la destilación alcanzo los valores de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, PFE(punto final de ebullición) acompañado de la temperatura para estos valores.

Se determina el PFE cuando en el matraz balón se aprecia la presencia de vapores y se dará por terminado el ensayo, apagando el equipo.

Figura 13. Final del ensayo de destilación



Fuente: Autor.

Transcurrido al menos unos treinta minutos comenzamos a cuantificar el producto de la destilación que se encuentra en la probeta de 100ml. y los residuos que han quedado en el matraz balón los cuales los transferimos a la probeta de 10ml. con mucho cuidado para que no influya en la expresión de los resultados ya que serán cuantificados de una manera física.

Figura 14. Cuantificación física de los resultados.



Fuente: Autor.

Resultados del proceso de la destilación. El procedimiento de destilación se realizó para cada una de las muestras planteadas y los datos experimentales obtenidos se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 6. Datos obtenidos del proceso de destilación para las muestras planteadas

Muestra	M %	5%	10%	15%Et	20%
		Etanol- anhidro T[^o C]	Etanol- anhidro T[^o C]	anol - anhidro T [0C]	Etanol – anhidro T[^o C]
E	PI	36	35	34	34
	10	47	46	48	46
	20	51	52	53	53
	30	67	61	57	56
	40	83	78	75	72
	50	95	93	93	92

ml					
60	106	104	104	104	
ml					
70	114	111	115	114	
ml					
80	131	129	129	129	
ml					
90	150	148	149	148	
ml					
PF	189	185	184	179	
E					

Fuente: Autor.

También se realizó el proceso de destilación de las muestras patrones tanto de la gasolina pura utilizada para elaborar las mezclas como el etanol-anhidro puro para comparar las muestras planteadas.

Los datos obtenidos se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 7. Datos obtenidos de las muestra patrones

Muestra %	Etanol anhidro puro T 0 [C]	Gasolina pura T 0 [C]
PIE	68	29
10ml	68	55
20ml	68	66
30ml	68	76
40ml	68	86
50ml	68	98
60ml	68	108
70ml	68	120
80ml	68	134
90ml	68	152
PFE	69	183

Fuente: Autor.

Estos fueron los datos obtenidos durante todo el proceso pero es necesario realizar la corrección barométrica de la temperatura a través de la ecuación de Sídney Young para llevarlos a la presión barométrica normal.

Ecuación de Sídney Young.

$$c = 0,00012 * (760 - P) * (273 + t \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (8)$$

Dónde:

c = corrección que debe agregarse algebraicamente a la temperatura leída, en $^{\circ}\text{C}$.
P = presión barométrica en mm de Hg en el momento del ensayo t $^{\circ}\text{C}$ = temperatura leída en t $^{\circ}\text{C}$.

La presión barométrica en el Terminal de Productos Limpios Riobamba para efectuar los cálculos es de 519mm Hg.

Con la ecuación ya planteada y los datos obtenidos de las temperaturas experimentales, se realiza el cálculo respectivo y por medio del mismo se obtiene ya los datos definitivos para expresar los resultados de ensayo de destilación.

Resultado de la mezcla 5% de etanol-anhidro con 95% de gasolina de ochenta octanos.

Tabla 8. Ensayo destilación corregido para 5% de etanol-anhidro

Muestra	%	5% Etanol-anhidro T [0C]	Factor de corrección T [C]	5% Etanol anhidro corregido T [0C]
E	PI	36	8.9	44.9
	10	47	9.3	56.3
ml	20	51	9.4	60.4
ml	30	67	9.8	76.8
ml	40	83	10.3	93.3
ml	50	95	10.6	105.6
ml	60	106	11.0	117.0
ml	70	114	11.2	125.2
ml	80	131	11.7	142.7
ml	90	150	12.2	162.2
E	PF	189	13.4	202.4

Fuente: Autor.

Resultados.

En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 44.9 0C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 202.4 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml.

Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 202.4 0C, el porcentaje de residuo corresponde a hidrocarburos de alto peso molecular, trazas de agua y sedimentos que ya no se destilan que fue de 1.5ml, y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación, y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml.

Figura 15. Productos de la destilación



Fuente: Autor.

Resultado de la mezcla 10% de etanol-anhidro con 90% de gasolina de ochenta octanos.

Tabla 9. Ensayo destilación corregido para 10% de etanol-anhidro

Procedimiento	Muestra %	10% Etanol-anhidro T[0C]	Factor de corrección [C]	10% Etanol anhidro corregido T[0C]
	PIE	35	8.9	43.9
	10 ml	46	9.2	55.2
	20 ml	52	9.4	61.4
	30 ml	61	9.7	70.7
	40 ml	78	10.2	88.2
	50 ml	93	10.6	103.6
	60 ml	104	10.9	114.9
	70 ml	111	11.1	122.1
	80 ml	129	11.6	140.6
	90 ml	148	12.2	160.2
	PF	185	13.2	198.2

Fuente: Autor.

Resultados.

En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 43.9 0C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 198.2 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml.

Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 198.2 0C , el porcentaje de residuo corresponde a hidrocarburos de alto peso molecular, trazas de agua y sedimentos que ya no se destilan que fue de 1.5ml., y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml. Con los que se inició el ensayo

Resultado de la mezcla 15% de etanol-anhidro con 85% de gasolina de ochenta octanos.

Tabla 10. Ensayo destilación corregido para 15% de etanol-anhidro

Muestra	15% Etanol anhidro T [0C]	Factor de corrección [C]	15% Etanol anhidro corregido T[0C]
PIE	34	8.9	42.9
10m	48	9.3	57.3
20m	53	9.4	62.4
30m	57	9.5	66.5
40m	75	10.1	85.1
50m	93	10.6	103.6
60m	104	10.9	114.9
70m	115	11.2	126.2
80m	129	11.6	140.6
90m	149	12.2	161.2
PFE	184	13.2	197.2

Fuente: Autor.

Resultados.

En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 42.9 0C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 197.2 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml.

Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 197.2 0C el porcentaje de residuo corresponde a hidrocarburos de alto peso molecular, trazas de agua y sedimentos que ya no se destilan que fue de 1.5ml y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml con los que se inició el ensayo.

Resultado de la mezcla 20% de etanol-anhidro con 80% de gasolina de ochenta octanos.

Tabla 11. Ensayo destilación corregido para 20 % de etanol-anhidro

Muestra	20 % Etanol anhidro T [0C]	Factor de corrección [C]	20% Etanol anhidro corregido T[0C]
PI	34	8.9	42.9
10ml	46	9.2	55.2
20ml	53	9.4	62.4
30ml	56	9.5	65.5
40ml	72	10.0	82.0
50ml	92	10.6	102.6
60ml	104	10.9	114.9
70ml	114	11.2	125.2
80ml	129	11.6	140.6
90ml	148	12.2	160.2
PFE	179	13.1	192.1

Fuente: Autor.

Resultados.

En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 42.9 0C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 192.2 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml. Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 192.2 0C, el porcentaje de residuo corresponde a hidrocarburos de alto peso molecular, trazas de agua y sedimentos que ya no se destilan que fue de 1.5ml y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml con los que se inició el ensayo

Resultados de las muestra patrón de etanol-anhidro puro utilizado para el ensayo de destilación.

Tabla 12. Ensayo destilación corregido para etanol-anhidro puro

Muestra	Mue puro T [0C] %	Etanol anhidro T [0C]	Factor de corrección T [0C]	Etanol anhidro puro T [0C]
PIE		68	9.9	77.9
10ml		68	9.9	77.9
20ml		68	9.9	77.9
30ml		68	9.9	77.9
40ml		68	9.9	77.9
50ml		68	9.9	77.9
60ml		68	9.9	77.9
70ml		68	9.9	77.9
80ml		68	9.9	77.9
90ml		68	9.9	77.9
PFE		69	9.9	78.9

Fuente: Autor.

Resultados

En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 77.90C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 78.9 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml.

Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 78.9 0C, el porcentaje de residuo corresponde a las impurezas propias del etanol 1.5ml y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml con los que se inició el ensayo indicando que su destilación se mantuvo en forma lineal

Resultados de la muestra patrón de gasolina pura utilizado para el ensayo de destilación.

Tabla 13. Ensayo destilación corregido para gasolina pura

Muestra	Gasolina pura T[0C]	Factor de corrección T[0C]	Gasolina pura T[0C]
PIE	29	8.7	37.7
10ml	55	9.5	64.5
20ml	66	9.8	75.8
30ml	76	10.1	86.1
40ml	86	10.4	96.4
50ml	98	10.7	108.7
60ml	108	11.0	119.0
70ml	120	11.4	131.4
80ml	134	11.8	145.8
90ml	152	12.3	164.3
PFE	183	13.2	196.2

Fuente: Autor.

Resultados.

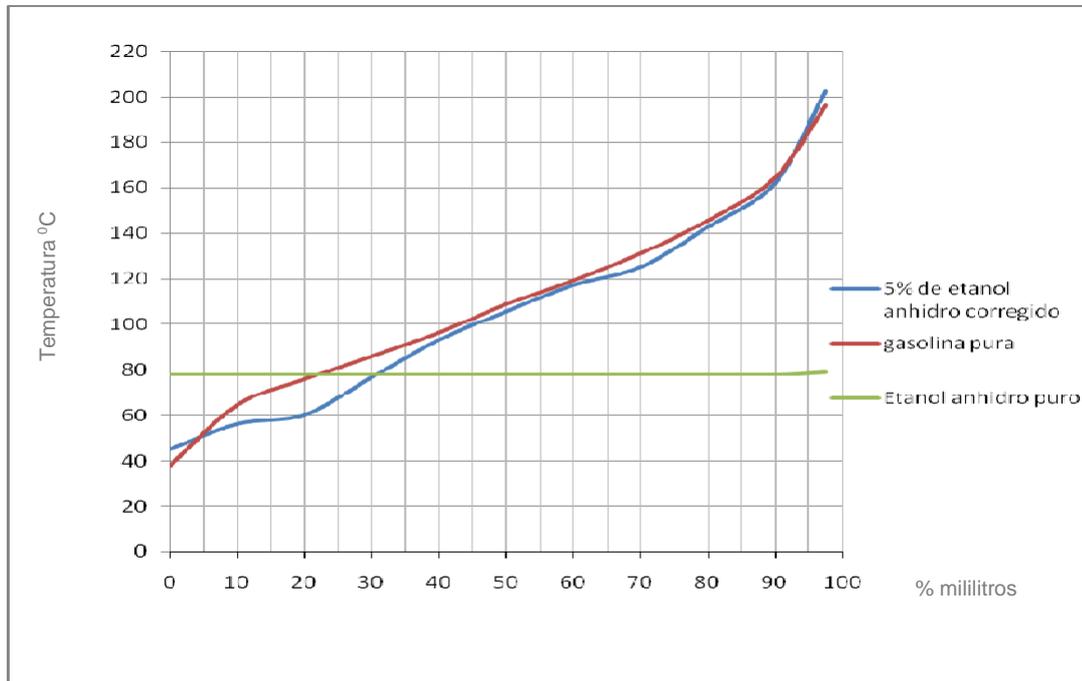
En el punto inicial de ebullición (PIE) corregido fue 37.7 0C En el punto final de ebullición (PFE) corregido fue 196.2 0C. Porcentaje total de recuperado fue 97.5ml.

Porcentaje de residuo fue 1.5 ml. Porcentaje de pérdidas. 1 ml.

El porcentaje total recuperado de una muestra de 100ml. Fue de 97.5 a una temperatura de 196.2 0C, el porcentaje de residuo corresponde a hidrocarburos de alto peso molecular, trazas de agua y sedimentos que ya no se destilan que fue de 1.5ml y el porcentaje de pérdidas corresponde a la evaporación y pérdidas por la manipulación de la muestra, dando como resultado de 100ml con los que se inició el ensayo.

Comparación de la mezcla al 5% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos con las muestras patrones.

Figura 16. Comparación de las mezclas patrón y 5 % etanol



Fuente: Autor.

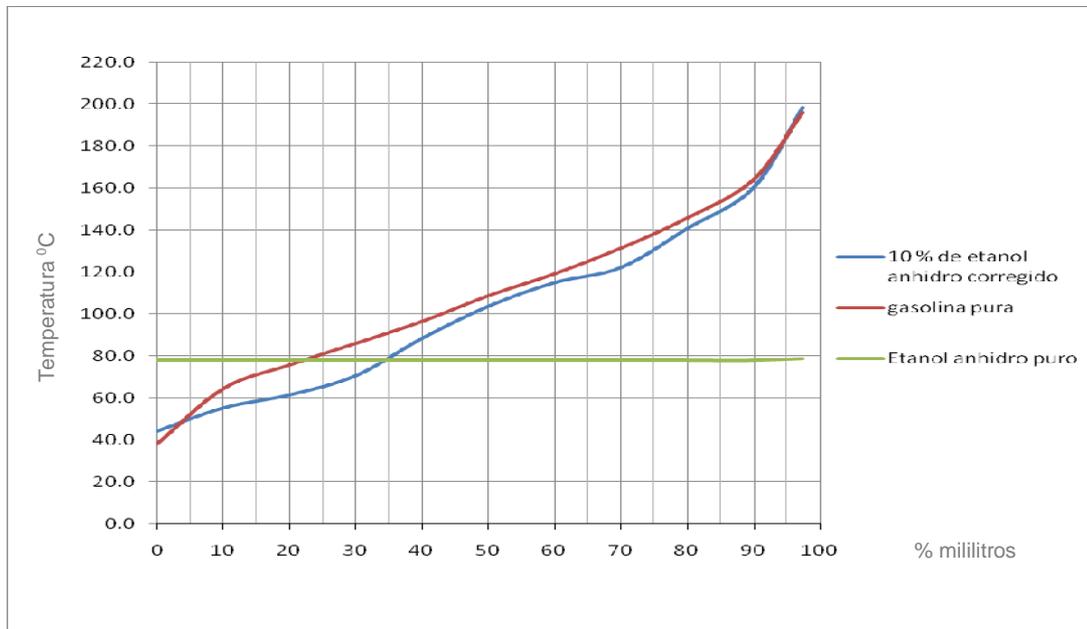
Tabla 14. Datos para la gráfica de 5% de etanol con las muestras patrón

Muestra	Mu %	5% Etanol anhidro corregido T [0C]	Gasolina pura T [0C]	Etanol anhidro puro T [0C]
PIE		44.9	37.7	77.9
10m		56.3	64.5	77.9
20m		60.4	75.8	77.9
30m		76.8	86.1	77.9
40m		93.3	96.4	77.9
50m		105.6	108.7	77.9
60m		117	119.0	77.9
70m		125.2	131.4	77.9
80m		142.7	145.8	77.9
90m		162.2	164.3	77.9
PFE		202.4	196.2	78.9

Fuente: Autor.

Comparación de la mezcla al 10% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos con las muestras patrones

Figura 17. Comparación de las mezclas patrón y 10% etanol



Fuente: Autor.

Tabla 15. Datos para la gráfica de 10% de etanol con las muestras patrón.

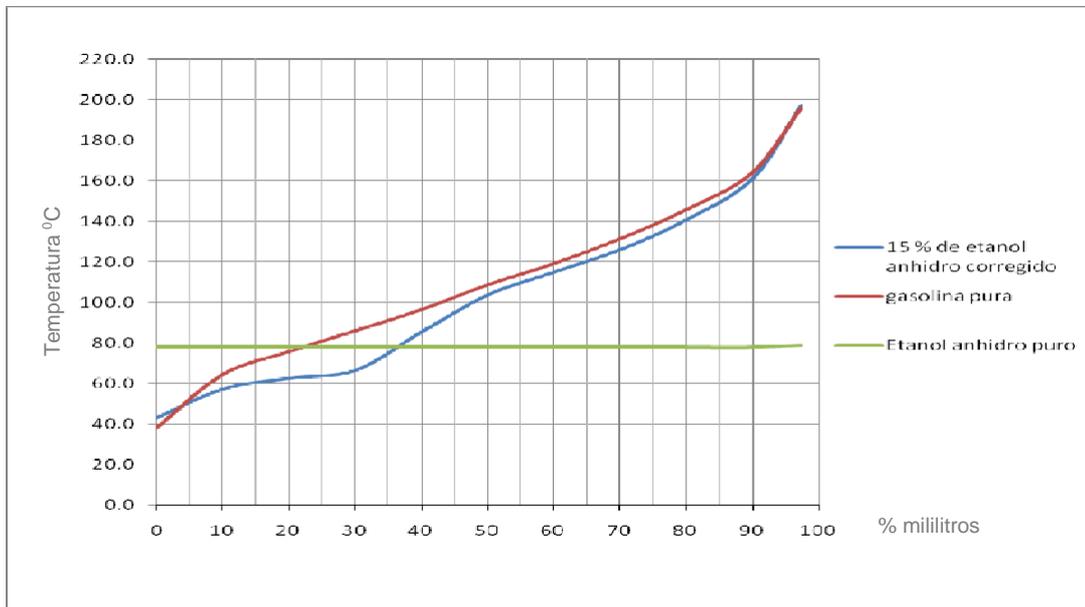
Muestra	Muestra patrón (%)	10% Etanol anhidro corregido T [°C]	Gasolina pura T [°C]	Etanol anhidro puro T [°C]
PIE		43.9	37.7	77.9
10m		55.2	64.5	77.9
20m		61.4	75.8	77.9
30m		70.7	86.1	77.9
40m		88.2	96.4	77.9
50m		103.6	108.7	77.9

60m	114.9	119.0	77.9
70m	122.1	131.4	77.9
80m	140.6	145.8	77.9
90m	160.2	164.3	77.9
PFE	198.2	196.2	78.9

Fuente: Autor.

Comparación de la mezcla al 15% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos con las muestras patrones.

Figura 18. Comparación de las mezclas patrón y 15% etanol



Fuente: Autor.

Tabla 16. Datos para la gráfica de 15% de etanol con las muestras patrón

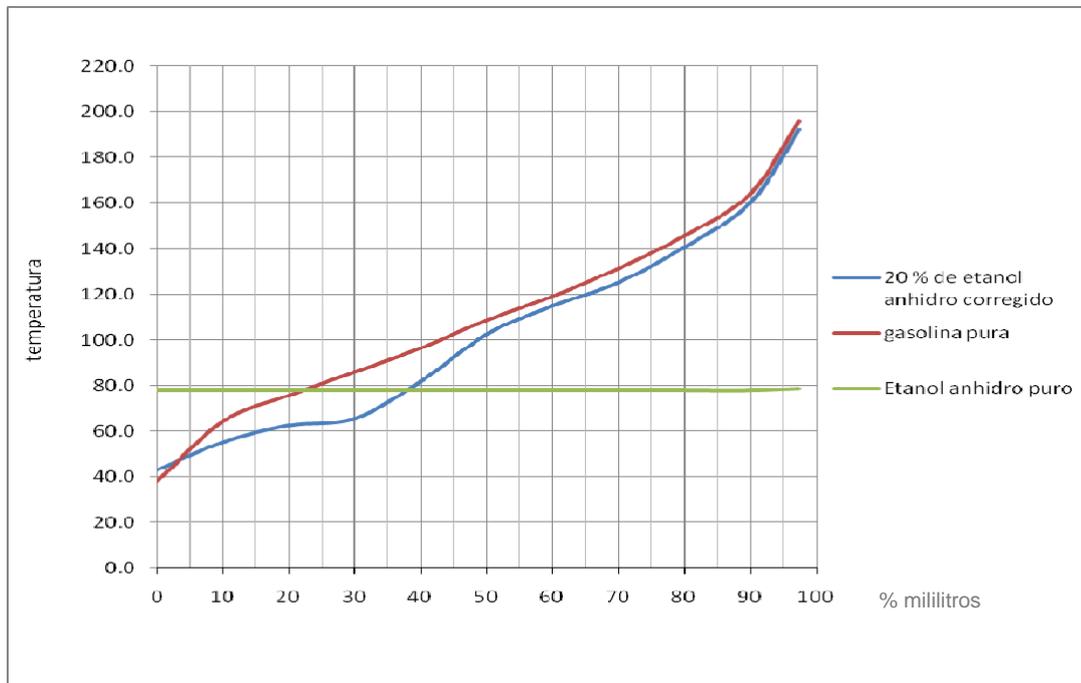
Muestra	Muestra patrón (%)	15% Etanol anhidro corregido T [0C]	Gasolina pura T [0C]	Etanol anhidro puro T [0C]
PIE		42.9	37.7	77.9
10m		57.3	64.5	77.9
20m		62.4	75.8	77.9
30m		66.5	86.1	77.9
40m		85.1	96.4	77.9
50m		103.6	108.7	77.9

l				
l	60m	114.9	119.0	77.9
l	70m	126.2	131.4	77.9
l	80m	140.6	145.8	77.9
l	90m	161.2	164.3	77.9
l	PFE	197.2	196.2	78.9

Fuente: Autor.

Comparación de la mezcla al 20% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos con las muestras patrones.

Figura 19. Comparación de las mezclas patrón y 20% etanol



Fuente: Autor.

Tabla 17. Datos para la gráfica de 20 % de etanol con las muestras patrón.

Muestra %	20% Etanol anhidro corregido T [0C]	Gasolina pura T [0C]	Etanol anhidro puro T [0C]
PIE	42.9	37.7	77.9
10ml	55.2	64.5	77.9
20ml	62.4	75.8	77.9
30ml	65.5	86.1	77.9
40ml	82.0	96.4	77.9
50ml	102.6	108.7	77.9
60ml	114.9	119.0	77.9
70ml	125.2	131.4	77.9
80ml	140.6	145.8	77.9
90ml	160.2	164.3	77.9
PFE	192.1	196.2	78.9

Fuente: Autor.

El ensayo de destilación corresponde a una de de las principales propiedades de la gasolina, ésta nos permite conocer la composición de la gasolina.

Mediante el informe que se realiza en el laboratorio de control de calidad del terminal de productos limpios se establece una relación que detalla temperaturas máximas para el % de destilación siendo éstos los que permitan detectar ciertas deficiencias en los combustibles. Para el estudio se consideró desde el PIE hasta PFE.

Resultados. Las mezclas planteadas se hallan dentro de estos límites como podemos apreciar los resultados.

Podemos apreciar una caída en tendencia en las mezclas E-20, E-15, al alcanzar el 30% de la destilación con relación de la gasolina pura dificultando un poco arranque en frío ya que este rango de datos se necesita mayor cantidad de compuestos volátiles, para que el encendido sea el adecuado, ubicándose en este tramo parte las propiedades propias del etanol, para los demás rangos de destilación se encuentra dentro de los límites aceptables.

Ensayo de corrosión a la lámina de cobre

Norma. ASTM D-130 o INEN NTE 0927:84 Productos de Petróleo: determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre.

Objeto. Esta norma establece el método para determinar la corrosión sobre la lamina de cobre, producida gasolina de aviación, combustibles para turbinas de aviación, gasolina para motores de combustión interna, gasolina natural, kerosene, diesel, aceites combustibles destilados, aceites lubricantes, solventes y otros productos derivados del petróleo, con excepción de ciertos productos, como aceites aislantes eléctricos y grasas.

Establecida la norma se procedió a la realización del ensayo el cual se detalla a continuación.

Equipos y materiales.

Equipo de baño María para corrosión.

Láminas de cobre.

Bomba de corrosión.

Papel filtro.

Tubo de ensayo.

Embudo

Lija 80.

Vaso de precipitación.

Disolvente.

Muestras de combustible

Procedimiento. Con la lámina de cobre y con la ayuda de una lija se procedió a dejar totalmente pulida para iniciar el ensayo.

Figura 20. Pulido lámina de cobre



Fuente: Autor.

Con la lámina ya lijada se procedió a limpiarla eficazmente dejándola libre de grasa y polvo con el disolvente, la muestra de 5% etanol-anhidro con gasolina se procedió a filtrarla para posteriormente utilizarla en el ensayo.

Figura 21. Filtrado mezclas



Fuente: Autor

Colocamos la lámina de cobre en el tubo de ensayo y colocamos la muestra de 5% de etanol-anhidro y tapamos con un corcho.

Figura 22. Muestra ensayo de corrosión lámina de cobre



Fuente: Autor

Colocamos la muestra en la bomba de corrosión y la llevamos al equipo de baño María de corrosión previamente ajustada a 500C durante 3 horas.

Finalizadas las 3 horas retiramos la muestra de la bomba de corrosión, retiramos la mezcla del tubo de ensayo, procedemos a lavarla y secarla y comparamos con los estándares de corrosión ASTM

Figura 23. Resultado ensayo corrosión lámina de cobre.



Fuente: Autor

4.2.1.3 Resultado corrosión lamina de cobre. Desarrollado el proceso anterior para las mezclas planteadas los resultados comparados con los estándares de corrosión ASTM son los siguientes.

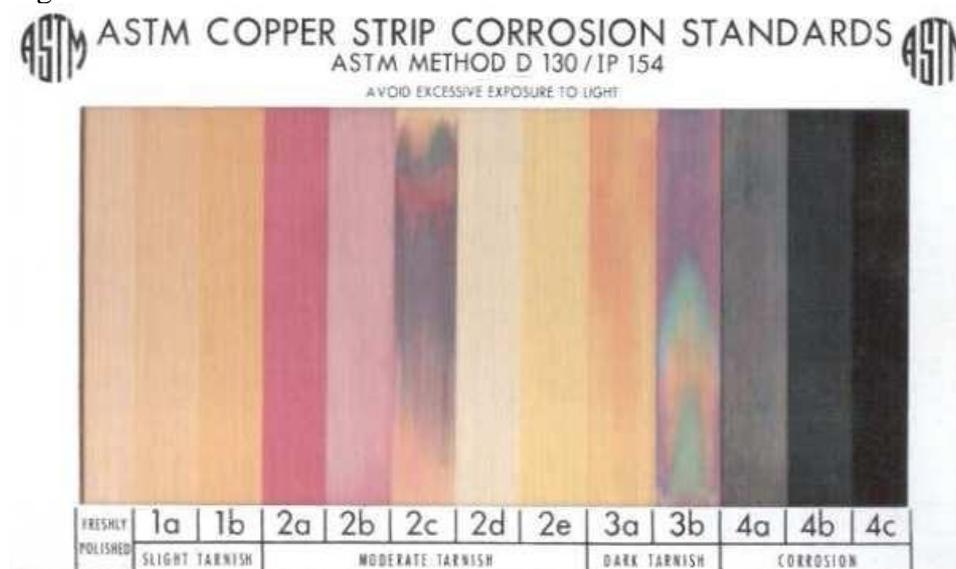
Tabla 18. Resultados corrosión lámina de cobre

ENSAYO	NORMA
Corrosión lamina de cobre Muestra 5%etanol-anhidro. Muestra 10% etanol-anhidro.	INEN-927
Muestra 15% etanol-anhidro.	1a
Muestra 20% etanol-anhidro.	1a
	1a
	1a

Fuente: Autor.

Se concluye el ensayo luego de comparar con los estándares de corrosión que existe una leve corrosión en todas las láminas, siendo esta corrosión aceptable para combustibles, ya que la norma indica que no debe ser mayor a 1a.

Figura 24. Estándares corrosión ASTM.



Fuente: Autor.

Presión de vapor Reíd.

Norma. ASTM D-323 o INEN NTE 0928:84 Productos de Petróleo: Determinación de la presión de vapor Reíd.

Objeto. Esta norma establece el método para determinar la presión de vapor absoluta de crudos volátiles y productos derivados volátiles no viscosos, excepto gas licuado de petróleo.

Establecida la norma se procedió a la realización del ensayo el cual se detalla a continuación.

Equipos y materiales.

Equipo de baño María para PVR. A 1000F.

Cámara de aire.

Cámara de la muestra.

Termómetro.

Muestras para el ensayo refrigeradas.

Procedimiento. Para iniciar este ensayo es necesario tener los equipos preparados para que la obtención de los datos sea lo más preciso.

Encendemos el equipo de baño María para PVR para que éste alcance la temperatura normada para el ensayo que es 37.80C

Figura 25. Equipo baño maría PVR



Fuente: Autor

Con el equipo ya listo procedemos a tomar la temperatura a la cual se encuentra la cámara de aire.

Figura 26. Temperatura cámara de aire



Fuente: Autor

Con los equipos listos procedemos a llenar la cámara de muestra totalmente con el combustible rápidamente lo acoplamos a la cámara de aire, invertimos la cámara de la muestra.

Figura 27. Equipo para determinar PVR



Fuente: Autor

Posteriormente trasladamos hacia el equipo de baño María para PVR, esperamos 5 minutos, extraemos del equipo de baño María, lo invertimos agitamos y nuevamente lo introducimos en el equipo de baño María realizamos este

procedimiento dos veces más hasta que la lectura en el manómetro ya no tenga variación anotamos los valores y damos por concluido el ensayo.

Figura 28. Lectura del PVR.



Fuente: Autor

A continuación se presenta los datos experimentales obtenidos para las diversas muestras.

Tabla 19. Datos experimentales del PVR

DATOS EXPERIMENTALES PRV				
Muestra	Temperatura ensayo	PVR inicial	PVR 2min después	PVR 2min después
5% Etanol.	16.0C			
	15.40C	6.3 psi	7.8 psi	7.9 psi
10% Etanol	18.20C			
	18.20C	6.2 psi	7.8 psi	7.8 psi
15% Etanol	17.20C			
	16.40C	6.4 psi	7.8 psi	7.8 psi
20% Etanol				
		6.4 psi	7.8 psi	7.8 psi
Etanol puro		2.3 psi	2.3 psi	2.3 psi
Gasolina		6.5 psi	7.8 psi	7.8 psi

Fuente: Autor

Calculo PVR a la temperatura de la cámara de aire.

$$\frac{P_c + P}{C} \quad (9)$$

$$\frac{C(P_a - P_t)(10 - 37.8)}{273 + t} = (P_{37.8} - P_t)$$

Donde:

P_c= Presión Vapor Reíd a 1000F (KPa).

P= Presión Vapor Reíd a la temperatura t (KPa). C= factor de corrección de la PVR (KPa).

P_a= presión Barométrica. 69.2 KPa 692 mb.

P_t= presión de vapor de agua a la temperatura de la cámara de aire. t= Temperatura de la cámara de aire al comenzar el ensayo.

P_{37.8}=presión de vapor de agua a 37,80C (6.56KPa)

Tabla 20. Presión de vapor de agua a temperaturas conocidas

T °C	PRESIÓN		T °C	PRESIÓN	
	P en mm de Hg	KPa		P en mm de Hg	KPa
10	9.2	1.23	23	21.0	2.80
15	12.8	1.71	24	22.4	2.99
16	13.6	1.81	25	23.8	3.17
17	14.5	1.93	26	25.2	3.36
18	15.5	2.07	27	26.7	3.56
19	16.5	2.20	28	28.3	3.77
20	17.5	2.33	29	30.0	4.00
21	18.6	2.48	30	31.8	4.24
22	19.8	2.64	40	55.3	7.37

Fuente: Laboratorio control de calidad PETROECUADOR-Riobamba

Resultados de la corrección de PVR a la temperatura de la cámara de aire de las muestras ensayadas.

Tabla 21. Resultados de PVR

Muestra.	PVR experimental	temp eratura	PVR. Corregido.	PVR. Corregido.
5% Etanol-anhidro	7.9 psi	16 0C	6.5 psi	44.6 Kpa.
10% Etanol-anhidro	7.8 psi	15.40 C	6.3 psi	43.7Kpa.
15% Etanol-anhidro	7.8 psi	18.20 C	6.5 psi	44.8 Kpa.
20% Etanol-anhidro Etanol puro Gasolina	2.3 psi	18.20 C	0.9 psi	44.8 Kpa.
	7.8 psi	17.20 C	6.4 psi	6.5 Kpa.
		16.40 C		44.1Kpa.

Fuente: Autor

Se puede concluir que el etanol en los porcentajes dosificados no influye en la PVR. Ya que el ensayo es determinado a 37.8 0C y el PIE del etanol esta sobre los 77.90C. Determinado en el ensayo de destilación. Podemos concluir que PVR, en este caso está determinada por las propiedades del combustible y no del etanol.

Si hay una mayor presión existe mayor tendencia a la evaporación y en este caso muchas pérdidas en el combustible.

A mayor concentración de etanol baja PVR. El proceso de arranque en frio de los motores de combustión interna encendido por chispa será deficiente.

Determinación de la gravedad API de las muestras etanol-anhidro con gasolina. La gravedad API de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que describe

cuán pesado o liviano es el petróleo comparándolo con el agua. Si los grados API son mayores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en ésta. La gravedad API es también usada para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo. Por ejemplo, si una fracción de petróleo flota en otra, significa que es más liviana, y por lo tanto su gravedad API es mayor. Matemáticamente la gravedad API no tiene unidades.

Con el concepto claro de la gravedad API se procedió a determinar los grados API de las muestras planteadas se detalla a continuación el proceso para cada una de las mismas.

Equipos y Materiales.

Probeta graduada de 500ml.

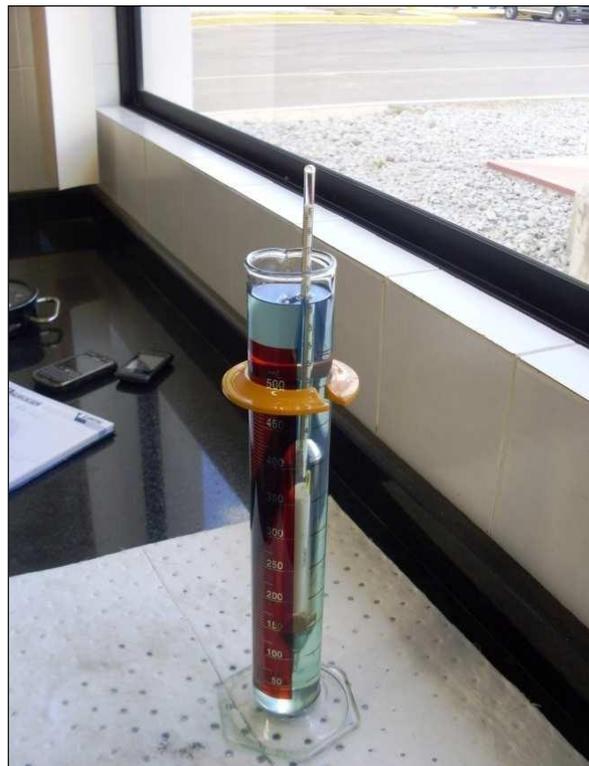
Termo hidrómetro 49-61 API0 temp. 20-1200F.

Termo hidrómetro 59-71 API0 temp. 20-1200F.

Muestras etanol gasolina.

Procedimiento. Se añade 500ml de las muestras elaboradas en la probeta graduada, con la ayuda de termo hidrómetro previamente seleccionado su escala se procedió a determinar los grados API para cada una de las muestras incluidas las muestras patrones para comparar sus datos.

Figura 29. Determinación Grados API



Fuente: Autor

Anotamos los grados que se aprecian en la escala y la temperatura del ensayo que nos da el termo hidrómetro para posteriormente añadir el factor de corrección, y expresar en condiciones normales que es Gravedad API a 600F de cada una de las muestras.

Figura 30. Apreciación grados API



Fuente: Autor

Determinación experimental de la gravedad API para las muestras etanol- anhidro con gasolina.

Tabla 22. Gravedad API experimental.

MUESTRAS	Grados API	Temperatura
Muestra 5% Etanol-anhidro	57.9	56 0F
Muestra 10% Etanol-anhidro	56.5	490F
Muestra 15% Etanol-anhidro	57.70API	540F
Muestra 20% Etanol-anhidro	56.8	460F
Muestra Etanol puro	42.3	620F

Muestra Gasolina.	58.7	560F
	0API	

Fuente: Autor

Corrección de la gravedad API para las muestras etanol-anhidro con gasolina. La gravedad API para posteriormente ser utilizada en determinación de la gravedad específica tiene que ser corregida y expresada 600F

Muestra 5% Etanol-anhidro

Dato inicial 57.9 API-560F. Donde:

$$Y_i = Y_1 + \left((Y_2 - Y_1) * \frac{X_i - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

Donde:

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 600 F (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A)

Tabla 23. Corrección de densidad API de la muestra 5% etanol-anhidro

Muestra 5% Etanol-Anhidro			API 60°F	
API T° Amb.				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	56	57.5	Y1	58.0
Xi	56	57.9	Yi	
X2	56	58.0	Y2	58.5

$$Y_i = 58.40$$

Resultado: 58,40 API – 600F

Muestra 10 % Etanol-anhidro

Dato inicial 56.5 API - 490F.

Donde:

$$Y_i = Y_1 + \left((Y_2 - Y_1) * \frac{X_i - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

Donde

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A)

Tabla 24. Corrección de densidad API de la muestra 10% etanol-anhidro

Muestra 10 % Etanol-Anhidro			API 60°F	
API T° Amb				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	49	56.0	Y1	57.4
Xi	49	56.5	Yi	
X2	49	57.0	Y2	58.4

$$Y_i = 57.90$$

Resultado: 57,90API – 600F

Muestra 15 % Etanol-anhidro

Dato inicial 57.7 API-540F. Donde:

$$Y_i = Y_1 + \left((Y_2 - Y_1) * \frac{X_i - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

Donde

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A)

Tabla 25. Corrección de densidad API de la muestra 15 % etanol-anhidro

Muestra 15 % Etanol-Anhidro			API 60°F	
API T° Amb				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	57	57.5	Y1	58.2
Xi	57	57.7	Yi	
X2	57	58.0	Y2	58.8

$$Y_i = 58.44$$

Resultado: 58.440API – 600F

Muestra 20 % Etanol-anhidro

Dato inicial 56.8 API-460F. Donde:

$$Y_i = Y_1 + \left((Y_2 - Y_1) * \frac{X_i - X_1}{X_2 - X_1} \right) \quad (14)$$

Donde:

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F (Anexo A)

Tabla 26. Corrección de densidad API de la muestra 20 % etanol-anhidro

Muestra 20 % Etanol-Anhidro			API 60°F	
API T° Amb				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	46	56.5	Y1	58.2
Xi	46	56.8	Yi	
X2	46	57.0	Y2	58.7

$$Y_i = 58.5$$

Resultado: 58.50API – 600F

Muestra Etanol-anhidro puro

Dato inicial 42.3API - 620F. Donde:

$$(15) \quad Y_i = Y_1 + \frac{(Y_2 - Y_1) * (X_i - X_1)}{X_2 - X_1}$$

Donde

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F. (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F. (Anexo A)

Tabla 27. Corrección de densidad API del etanol-anhidro

Muestra Etanol-Anhidro			API 60°F	
API T° Amb.				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	62	42	Y1	41.8
Xi	62	42.3	Yi	
X2	62	42.5	Y2	42.3

$$Y_i = 42.10$$

Resultado: 42.10 0API – 600F

Muestra gasolina Dato inicial 58.7API - 560F. Donde:

$$Y_i = Y_1 + \left((Y_2 - Y_1) * \frac{X_i - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

Donde:

Y1=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F. (Anexo A) Y2=por tabla Correcciones de densidad API a 60 0F. (Anexo A)

Tabla 28. CORRECCIÓN DE DENSIDAD API DE LA GASOLINA OCHENTA OCTANOS.

Muestra gasolina			API 60°F	
API T° Amb.				
X	T (°F)	API T	Y	API
X1	56	58.5	Y1	59.0
Xi	56	58.7	Yi	
X2	56	59	Y2	59.5

$$Y_i = 59.20$$

Resultado: 59.20 0API – 600F

Determinación de la gravedad específica de las mezclas etanol gasolina. Para calcular la gravedad específica es necesario los datos corregidos de la gravedad API para cada una de las muestras y remplazamos los datos en la siguiente fórmula.

$$(17) \quad GE = \frac{141.5}{131.5 + API \text{ a } 60^{\circ}F}$$

Tabla 29. Resultados gravedad API a 600F

MUESTRAS	GRAVEDAD API A 600F
Muestra 5% Etanol-anhidro	58.4
Muestra 10% Etanol-anhidro	57.9
Muestra 15% Etanol-anhidro	58.44
Muestra 20% Etanol-anhidro	58.5
Muestra Etanol puro	42.1
Muestra Gasolina.	59.2

Fuente: Autor

Remplazando los datos en la fórmula de GE tenemos los siguientes resultados.

Tabla 30. Resultados gravedad específica

MUESTRAS	Gravedad Especifica
Muestra 5% Etanol-anhidro	0.745
Muestra 10% Etanol-anhidro	0.747
Muestra 15% Etanol-anhidro	0.745
Muestra 20% Etanol-anhidro	0.745
Muestra Etanol puro	0.815
Muestra Gasolina.	0.742

Fuente: Autor

Resultados. Al determinar los grados API de una mezcla se puede conocer ya parte de las propiedades de los combustibles es decir a mayor cantidad de grados API menor densidad y mayor volatilidad. Esta relación se puede compara entre las muestras patrón establecidas.

Tabla 31. Relación grados API con gravedad específica

MUESTRAS	GRAVEDAD API A 60 F	GRAVEDAD ESPECIFICA
Muestra 5% Etanol-anhidro	58.4	0.745
Muestra 10% Etanol-anhidro	57.9	0.747
Muestra 15% Etanol-anhidro	58.44	0.745
Muestra 20% Etanol-anhidro	58.5	0.745
Muestra Etanol puro	42.1	0.815
Muestra Gasolina	59.2	0.742

Fuente: Autor

Determinación del índice de octano.

Norma. ASTM D2699-94 NTE INEN 2102:98. Derivados del petróleo. Gasolina. Determinación de las características antidetonantes método research (RON)

Alcance. El método de número de octano RON se correlaciona con el comportamiento antidetonante de las gasolinas utilizadas en motores de encendido por chispa a baja velocidad.

Para realizar el ensayo se debe utilizar un motor mono cilíndrico estándar que permita ajustar la relación de compresión del mismo, para producir una condición de intensidad antidetonante. Este método es utilizado por los fabricantes de motores, las refinerías de petróleo y en la actividad comercial en general, para medir la calidad fundamental de

las especificaciones que garanticen la apropiada capacidad antidetonante del combustible y de los requerimientos del motor.

Equipos y materiales.

Máquina de ensayo de detonación (octanómetro) motor de combustión interna encendido por chispa mono cilíndrico de relación de compresión variable provisto de todos los elementos para su funcionamiento.

500ml de la muestra patrón y las propuestas.

Procedimiento.

La gasolina extra esta normado con un mínimo de ochenta octanos es por eso que se partió como base para las mezclas propuestas.

Para este ensayo fue necesario 500ml. De cada una de las muestras planteadas de 5% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos, 10% de etanol- anhidro con gasolina de ochenta octanos 15% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos 20% de etanol-anhidro con gasolina de ochenta octanos.

Para el ensayo las muestras permanecieron en refrigeración a una temperatura entre 20C y 100C para posteriormente utilizarla en el equipo.

Se procedió a llenar uno de depósitos de combustible del equipo con la muestra planteada previamente refrigerada, procurando que el manejo de la misma sea el adecuado para evitar la pérdida de las propiedades de la muestra planteada.

Previamente al funcionamiento del equipo se realizaron los ajustes necesarios se, inspecciona los niveles de aceite y agua, giramos la válvula selectora de combustible para permitir el flujo de combustible hacia el carburador y arrancamos el equipo.

Con el equipo ya funcionando a una velocidad de motor igual a (600 ± 6) rpm. Método RON

Determinamos el funcionamiento del mismo en condiciones normales, posteriormente se ajusta la altura progresivamente del cilindro para llevarlo a un funcionamiento de máxima detonación.

posteriormente comparamos con la mezcla para un número de octano de la mezcla de combustible de referencia.

Resultados. Previamente a los resultados de índice de octanos es necesario describir ciertos conceptos que nos permitirán entender de mejor manera el índice de octanos y la incidencia de los mismos en el funcionamiento de los motores de combustión interna encendidos por chispa.

Octanaje: Se define como una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina, se puede definir también como la medida de resistencia a la auto ignición y a la detonación.

El resultado obtenido se compara con la escala de cero a cien (de octanaje 0 a octanaje 100)

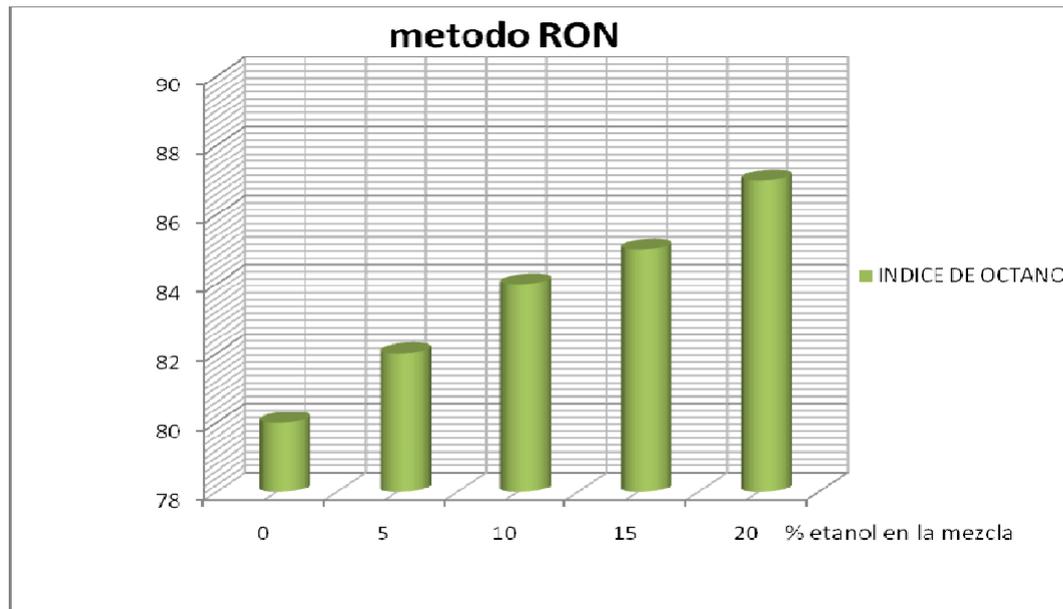
Octanaje cero se obtienen cuando el motor de prueba utilizada 100% de n-heptano, por otra parte octanaje cien cuando el motor de prueba utiliza el 100% de iso-octano (2, 2, 4 trimetilpentano) sin duda la combinación binaria de las mismas nos llevan a valores intermedios de la escala.

Tabla 32. Método RON índice de octanos

Mezcla	Método RON(600RPM) a 1200F	Nº Octanos
100% Iso-octano	Research octane number	100
80% Isooctano-20% n-heptano	Research octane number	80
5% de Etanol- anhidro	Research octane number	82
10% de Etanol-anhidro	Research octane number	84
15% de Etanol-anhidro	Research octane number	85
20% de Etanol-anhidro	Research octane number	87

Fuente: Autor

Figura 31. Resultados método RON



Fuente: Autor

El etanol-anhidro mezclado en proporción mejora el índice de octano de las gasolinas ya que el etanol es un compuesto que se añade para oxigenar los combustibles estándar reemplazando al éter metil tert-butílico (MTBE). Responsable de una considerable contaminación del suelo y del agua subterránea.

El incremento del octanaje al añadir etanol varía mucho con respecto a la composición de la gasolina base.

Es indispensable saber o conocer del fabricante la relación de compresión del motor que está dotado un vehículo para hacer la selección del combustible con índice de octano adecuado ya que la falta de octanaje en un motor puede ocasionar daños severos, hará que el pistón sufra un golpe brusco y reducirá el rendimiento del motor.

Uno de las principales desventajas del etanol es que es higroscópico y presenta una tendencia a la separación por fases.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se recopiló bibliografía relacionada a los combustibles y los motores de combustión interna encendido por chispa contribuyendo al desarrollo del trabajo.

Se preparó las mezclas propuestas las cuales fueron la base fundamental para el desarrollo de trabajo las mismas que fueron utilizadas para las diferentes pruebas

De las pruebas realizadas con las mezclas propuestas se logró determinar la estrecha relación que tienen cada una de ellas y se complementan para determinar la características propias de los combustibles, el ensayo de destilación permitió determinar el comportamiento y las propiedades que deben tener los combustibles para su funcionamiento óptimo es decir la suficiente cantidad de productos volátiles para el arranque en frío, volatilidad correcta para una máxima potencia durante la aceleración del motor y una temperatura de ebullición inferior a 190°C y 225°C para evitar depósitos en el motor.

Con el ensayo de Presión de vapor Reid se determinó el comportamiento del combustible, para su almacenamiento, transporte, y pérdidas por evaporación, la PVR no se vio afectada por la presencia de etanol anhidro ya que este por tener su punto inicial de ebullición a 78°C no afecta en el ensayo ya que la temperatura del mismo está en 37.80°C.

En el ensayo de corrosión a la lámina de cobre se comprobó que las muestras planteadas se encuentran dentro de la norma, los porcentajes añadidos de etanol para este estudio no produjeron corrosión, no se descarta que para porcentajes mayores a los planteados pueda producir corrosión ya que el etanol es higroscópico y puede atraer agua en forma de vapor y producir corrosión

Al determinar la gravedad API de un combustible se logró establecer una relación importante que a mayor grado API menor es la densidad y mayor es su volatilidad, esta relación permitirá predecir el comportamiento de un combustible en los posteriores ensayos que se efectúan para gasolinas.

La mezcla de etanol anhidro al 10% con gasolina extra, presentó como resultado en el ensayo de índice de octano un valor de 84, a pesar de que las mezclas en mayor porcentaje aumentan también el resultado del índice de octanos, se concluye que es esta la mezcla que mejores características presenta para ser utilizadas en los motores de combustión interna, ya que con las mezclas de mayor porcentaje se puede evidenciar ya una tendencia mayor a la separación por fases debido a la propiedad higroscópica del etanol, y para ser utilizadas se deberá realizar modificaciones significativas para el funcionamiento adecuado del motor

Se determinó que de acuerdo con lo analizado la mezcla que mayor eficiencia presenta es la de 10% cumpliendo con todas las propiedades necesarias para el funcionamiento promedio de los motores de combustión interna encendidos por chispa.

Se estableció y se comparó con las normas INEN y ASTM las mezclas propuestas y están dentro de las normas, ya que el principal aporte del etanol es mejorar las propiedades antidetonantes de los combustibles.