

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR A GASOLINA UTILIZANDO BIOETANOL A PARTIR DE DESPOJOS DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DE IMBABURA - ECUADOR

Xavier Rodríguez Arias

*Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra - Ecuador
dxrodriguez@utn.edu.ec*

Resumen

En la actualidad una de las principales fuentes de contaminación ambiental son los motores de combustión interna que trabajan con combustible derivado del petróleo y que son utilizados especialmente en la industria automotriz. El uso indiscriminado de dichos combustibles en los automotores han contribuido con gases de efecto invernadero y otros contaminantes, por lo tanto, la dependencia a estos carburantes debe reducirse debido al hecho de que es un recurso no renovable que tiende a agotarse y por el impacto negativo que provocan en el medio ambiente. El presente trabajo de grado se encuentra orientado a un tipo de investigación teórico-práctico, ya que se encuentra centrado en la investigación y búsqueda de nuevas fuentes alternas de energía como es el bioetanol a partir de despojos de maíz, con lo cual se busca reemplazar el uso de combustibles derivados del petróleo y en consecuencia disminuir la contaminación. En la investigación se realizó un estudio de los distintos parámetros del motor, ensayos relacionados con el porcentaje de las emisiones de gases contaminantes, el consumo de combustible, el desempeño mecánico tomando en cuenta el torque y la potencia, utilizando gasolina súper de 92 octanos y una mezcla de gasolina/etanol E10, donde se evidenció que usando biocombustible en un porcentaje de 10% el consumo de combustible a ralentí disminuye 10,29% y en carretera aumenta el rendimiento del consumo en un porcentaje de 27,34%; las emisiones de gases contaminantes disminuyen, con una reducción de 66,17% en los valores de monóxido de carbono (CO) y 77,80% de hidrocarburos no combustionados (HC); la potencia del motor aumenta en un 18% y el torque de la misma manera tiende a un incremento de 15%. Con el presente estudio se demuestra, desde un punto de vista técnico ambiental, que la aplicación del bioetanol a partir de despojos de maíz en un porcentaje de 10% es una alternativa viable de sustitución a la gasolina convencional, mejorando el desempeño del automóvil en distintos parámetros y contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental en la ciudad y en el país.

Palabras clave: bioetanol, contaminación, desempeño, estudio, medio ambiente.

Abstract

At present time, one of the main sources of environmental pollution are internal combustion engines that work with fuel derived from petroleum and that are used especially in the automotive industry. The indiscriminate use of such fuels in motor vehicles has contributed with greenhouse gases and other pollutants, therefore the dependence on these fuels should be reduced due to the fact that it is a non-renewable resource that tends to run out and due to the negative impact that provoke in the environment. The present work of degree is oriented to a type of theoretical-practical research, since it is focused on the research and search of new alternative sources of energy such as bioethanol from corn offal, which seeks to replace the use of petroleum derived fuels and consequently decrease pollution. In the investigation a study of the different parameters of the motor was made, essays related to the percentage of the emissions of polluting gases, the fuel consumption, the mechanical performance taking into account the torque and the power, using super gasoline of 92 octanes and a mixture of gasoline/ethanol E10, where it was evidenced that using biofuel in a percentage of 10% the fuel consumption at idle decreases by 10,29% and on the highway increases the consumption performance in a percentage of 27,34%; emissions of polluting gases decrease, with a reduction of 66,17% in the values of carbon monoxide (CO) and 77,80% of unburned hydrocarbons (HC); the power of the engine increases by 18% and the torque in the same way tends to an increase of 15%. The present study demonstrates, from a technical environmental point of view, that the application of bioethanol from corn offal in a percentage of 10% is a viable substitution alternative to conventional gasoline, improving the performance of the car in different parameters and contributing to the reduction of environmental pollution in the city and in the country.

Keywords: bioethanol, pollution, performance, study, environment.

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador al igual que en otros países del mundo está creciendo la necesidad de utilizar energías renovables por la

situación medio ambiental en la que se encuentra el planeta. Debido a la riqueza agrícola existente en el país se ha comenzado a interesarse en el aprovechamiento de la Biomasa Residual Agrícola (BRA) para obtener energía renovable (INER, 2013).

La biomasa residual es considerada una fuente de energía limpia que tiene el potencial de reducir considerablemente los gases de efecto invernadero y que puede ayudar como estrategia directa de reciclaje biológico de desechos agrícolas (Randall, Gary, & Zhuang, 2010), presentando un gran potencial en el país, ya que la biomasa es considerada como un residuo sin utilidad derivada de la producción agrícola y con su aprovechamiento se puede reducir el uso de combustibles a base de petróleo a nivel nacional.

Los países que comenzaron con las investigaciones de conversiones de biomasa en etanol son: Estados Unidos, India y Brasil. La biomasa lignocelulosa más utilizada en la actualidad para desarrollar biocombustibles es el bagazo de caña de azúcar, residuo de las empresas azucareras, seguido de los despojos de la industria del procesamiento del maíz (Verde, García, Álvarez, & Mesa, 2012). El maíz suave es el segundo cultivo agrícola de mayor producción en la provincia de Imbabura (INEC, 2016), por lo tanto, la biomasa resulta de fácil acceso y además de una inversión rentable en la elaboración de los combustibles alternativos.

En la actualidad la contaminación que se produce en nuestro medio y en todo el mundo al utilizar combustibles derivados del petróleo como fuentes de producción energética representa una gran problemática en cuanto al uso indefinido de los mismos, si bien es cierto, los combustibles fósiles ofrecen un gran rendimiento calorífico y energético, por otro lado, al ser utilizados producen gases tóxicos responsables de la contaminación del aire.

Solo en el cantón Ibarra el 96.6% de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), el 99,3% de monóxido de carbono (CO), el 97.3% de dióxido de carbono (CO₂) y el 58.7% de compuestos orgánicos volátiles (COV) se atribuyen al tráfico vehicular (MAE, 2014). La producción de este tipo de gases y su efecto en el medio ambiente han opacado el uso de combustibles fósiles, sin mencionar su alto costo de producción y el hecho de que la materia prima de los mismos no es un recurso renovable. En el país se tiene la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías renovables y amigables con el planeta, ya que las reservas petroleras tienen sus días contados.

Debido a la contaminación ambiental emitida por el parque automotriz, que en su gran mayoría se origina por el uso de combustibles derivados del petróleo, se ha visto en la necesidad de investigar la aplicación práctica de combustibles alternativos en comparación con los combustibles tradicionales determinando así sus ventajas y desventajas que proporcionan. Así también se promueve y concientiza a la sociedad en el estudio, implementación y beneficios del uso de combustibles alternos, como lo es específicamente el bioetanol, para buscar nuevas alternativas energéticas que contribuyan a mitigar en

parte la contaminación ambiental, contribuyendo además con el objetivo número 7 del Plan Nacional del Buen Vivir y de igual manera aportando al cambio de la matriz productiva del país.

El presente proyecto se enfoca en el análisis de funcionamiento de un motor Chevrolet Corsa 1 600 cc utilizando bioetanol a partir de despojos de maíz en comparación a la utilización del combustible tradicional a base de petróleo, como es la gasolina súper de 92 octanos. Con el desarrollo de este trabajo se busca fomentar la investigación y utilización de fuentes de energía renovables en cuanto refiere a combustibles alternativos, así como también se espera identificar las ventajas en el desempeño mecánico del motor al utilizar una mezcla de gasolina/etanol E10.

Posteriormente, se desarrolla el análisis comparativo de los resultados conseguidos para determinar si el uso del bioetanol a base de despojos de maíz afecta positivamente en el desempeño del motor y en las emisiones contaminantes con respecto al uso del combustible tradicional como la gasolina súper.

II. RESULTADOS

A. Identificación del motor

Para desarrollar las pruebas establecidas en la investigación se dispone de un automóvil marca Chevrolet tipo Corsa Wind 1 600 cc, cuyo motor posee las siguientes características técnicas:

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DEL MOTOR CORSA WIND 1.6CC

Especificaciones técnicas	
Motor	
Marca	Chevrolet Corsa Wind
Disposición	Delantero transversal
Número de cilindros	4
Válvulas por cilindro	2
Diámetro de cilindros	79 mm
Carrera	81.5 mm
Cilindrada	1598 cm ³
Relación de compresión	9,4:1
Torque	13 kgf/m (127.4 N.m) a 2800 rpm
Potencia	92 HP (67.6 KW) a 5600 rpm
Especificaciones generales	
Distribución	SOHC
Tipo de encendido	DIS
Orden de encendido	1-3-4-2
Inyección	Multipunto
Combustible	Gasolina
Consumo urbano	12.7 km/l
Velocidad máxima	177 km/h
Aceleración	0-100 km/h – 12s

Todos los valores de las especificaciones técnica y generales determinados en la tabla 1 son dados por el fabricante del vehículo, cuyos datos y cantidades son conocidas y han sido definidos a nivel del mar donde la presión atmosférica es de 1 atmósfera (14.7 psi) y a temperatura normal de funcionamiento del motor (92°C - 94°C).

Los combustibles que se utilizan para el desarrollo del análisis del desempeño mecánico del motor son diferentes en varios aspectos, empezando por el refinamiento (gasolina) y los procesos de fabricación (bioetanol). Por este motivo, como recomendación en experimentaciones de larga duración se debe realizar un cambio en las líneas de alimentación que son de un material poco resistente por conductos de material que posea mayor resistencia ya que el grado de corrosión que posee el bioetanol puede perjudicar dichos elementos del motor.

B. Preparación y caracterización de la mezcla gasolina/etanol E10

Para realizar las pruebas con combustible alternativo se utiliza la mezcla E10, que consiste en la preparación de una mezcla con el 90% de combustible tradicional, en este caso gasolina súper y el 10% de etanol respectivamente.



Figura 1. Gasolina Súper / Etanol.

Antes de llevar a cabo las diferentes pruebas se realiza la mezcla física con los volúmenes de gasolina y etanol ya determinados. En este caso utilizamos 8000 mililitros de mezcla gasolina/etanol E10 para el desarrollo de los ensayos ya establecidos en el trabajo. Los valores en porcentajes se detallan en la tabla 2:

TABLA 2. PORCENTAJES DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS MEZCLA E10

Combustible	Porcentaje	Volumen
Gasolina Súper	90%	7200 ml
Etanol	10%	800 ml
Bioetanol E10	100%	8000 ml

1. Caracterización de la mezcla gasolina/etanol E10

La comparación entre el bioetanol E10 y la gasolina se lleva a cabo relacionándolos con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935 para gasolina súper. En la tabla 3 se puede evidenciar que los valores obtenidos en el análisis de caracterización del bioetanol E10 cumplen con la normativa en sus principales propiedades.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE VALORES GASOLINA SÚPER Y BIOETANOL E10.

Requisitos	Unidad	Gasolina Súper		Bioetanol E10
		Valor Mín.	Valor Máx.	Valor obtenido
Número de octano (RON)	-	92	--	96.3
Presión de vapor Reid	kPa	--	60	58.6
Corrosión lámina de cobre	-	--	1	1
Contenido de azufre	%	--	0,065	0,020
Contenido de gomas	mg/100ml	--	4	0,2

El valor de la presión de vapor de la mezcla es de 58,6 kPa, el valor del ensayo de corrosión a la lámina de cobre es de 1 y el contenido de gomas es de 0,2 mg/100mL, estos datos son aceptables ya que se encuentran en el rango que establece la norma para su cumplimiento. Además, se destaca el bajo contenido de azufre en la mezcla gasolina/etanol E10 favorable para el medio ambiente, razón por la cual resalta el uso de los biocombustibles para la reducción de las emisiones contaminantes de la industria automotriz. El valor de azufre obtenido es de 0,020%, cumpliendo así con la normativa anteriormente expuesta y estableciendo una disminución de 0,045% o partes por millón en relación al valor registrado por la gasolina súper.

El Número de Octano de una gasolina es una de sus especificaciones primarias, ya que refleja qué tan propenso es un combustible a causar problemas de "golpeteo" o "cascabeleo" del motor, la causa de este problema es una auto ignición prematura de la mezcla aire-combustible, lo cual afecta el avance del frente de flama dentro del cilindro del motor. El Etanol tiene un calor latente de vaporización mayor al de la gasolina, lo cual contribuye a que también tenga un número de octano relativamente elevado, por tanto, desde hace tiempo se ha reconocido que la adición de Etanol a las gasolinas tiende a mejorar el número de octano de toda la mezcla, lo cual también se traduce en mejoras en el rendimiento de combustible del motor (Castillo, Mendoza, & Caballero, 2011).

C. Análisis de resultados de ensayos de consumo de combustible

1. Consumo a 900 rpm (Ralenti)

Se evidencia en la figura 2 una variación en el consumo de combustible al usar bioetanol E10 a bajas revoluciones con respecto a la línea base de la gasolina súper. Donde se consume 960 mililitros utilizando gasolina como carburante en un tiempo determinado de 30 minutos, a diferencia de los 610 mililitros consumidos por el motor trabajando con la mezcla gasolina/etanol E10.

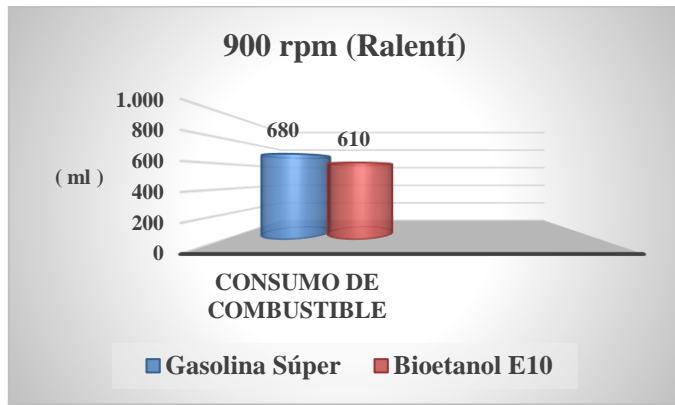


Figura 2. Consumo gasolina súper y bioetanol E10 a ralentí.

Por consiguiente, el ahorro porcentual en el consumo incorporando 10% de biocombustible es de 10,29%, cabe mencionar que dicho consumo de combustible se consigue en un régimen de giro de 900 rpm.

2. Consumo en carretera

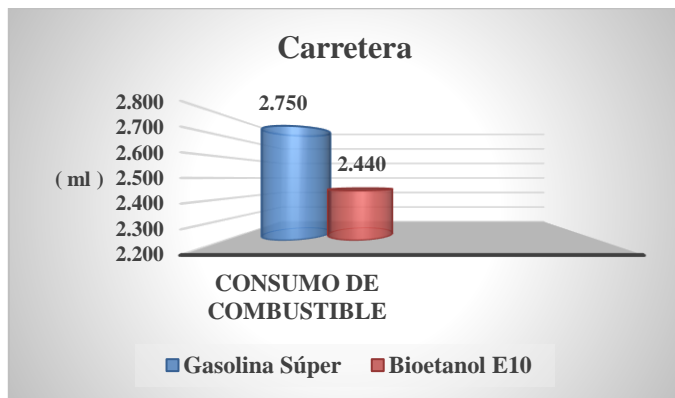


Figura 3. Consumo gasolina súper y bioetanol E10 en carretera.

El consumo en el recorrido de la ruta utilizando gasolina súper es de 2750 mililitros, a diferencia de los 2440 mililitros consumidos utilizando la mezcla E10 al recorrer la misma ruta como se detalla en la figura 3. Se obtiene una diferencia de 310 mililitros equivalentes a un ahorro porcentual de 11,3% utilizando la mezcla E10 como combustible.

La disminución del consumo de combustible básicamente se debe al aumento del octanaje existente en el bioetanol E10 con lo cual se obtiene una mejor combustión de la mezcla aire-combustible aumentando la relación de compresión de motor y utilizando una menor cantidad de combustible.

Los procesos de combustión mejoran con el uso de bioetanol E10, este es causado principalmente por la mayor cantidad de oxígeno disponible en la mezcla aire y combustible. Además el bioetanol genera más energía térmica dentro del cilindro durante la combustión (García, Cendales, & Eslava, 2016).

Los valores obtenidos traducidos a kilómetros recorridos por litro de combustible se detallan en la tabla 4:

TABLA 4. RENDIMIENTO CONSUMO EN CARRETERA.

	Gasolina Súper	Bioetanol E10	Diferencia de rendimiento
Rendimiento	8,56 km/litro	11,78 km/litro	27,34%

Con el uso de la mezcla E10 se obtiene un aumento significativo de rendimiento en cuanto a consumo de combustible se refiere, con un aumento de distancia recorrida de 3,22 km con la misma cantidad de combustible.

D. Análisis comparativo de emisiones contaminantes

1. Monóxido de Carbono (CO)

Una mezcla rica causa la variación de la proporción de monóxido de carbono, la insuficiente cantidad de oxígeno para poder formar CO₂ origina la aparición de concentraciones elevadas de CO altamente nocivas y contaminantes. Para evitar una producción elevada de CO es necesario disminuir la cantidad de combustible para que las emisiones de CO regresen a valores que se encuentren dentro de la norma, hasta 3,5 ppm a ralentí y hasta 4,5 ppm a revoluciones altas.

Cuando existe un exceso de CO da lugar a depósitos de carbonilla en la cámara de combustión del motor recubriendo a la cabeza del pistón, la culata, las válvulas y los electrodos de las bujías de encendido. Como consecuencia del exceso de este gas se producen los llamados puntos calientes que dan lugar a detonaciones e irregularidades al acelerar el automotor.

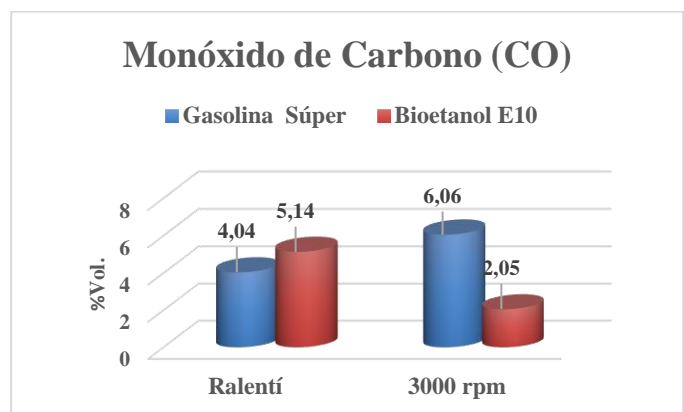


Figura 4. Análisis de monóxido de carbono.

Los resultados del ensayo realizado a ralentí muestran un valor de 4,04% de volumen de monóxido de carbono producido en la combustión de gasolina al 100% y un porcentaje de volumen de 5,14% al utilizar bioetanol E10. Se evidencia un aumento del 1,1% de volumen de CO al utilizar biocombustible.

En un régimen de giro de 3000 rpm y utilizando solo gasolina como combustible, el porcentaje de volumen es de 6,06%, a diferencia de solo 2,05% de volumen de gases que se emiten al carburar bioetanol E10. La diferencia en cantidad es de 4,01%, por consiguiente, el porcentaje de producción de gases

de monóxido de carbono emitidos al medio ambiente se ha reducido en un 66,17% al combustionar bioetanol E10. Con esta disminución se cumple con la normativa ya que se encuentra dentro de los rangos establecidos.

La formación de CO está directamente ligada a la eficiencia de la combustión, es decir, a mayor cantidad de carbono procedente del combustible la mezcla se quema completamente. Se produce esta disminución porque el etanol posee un átomo de oxígeno y al mezclarlo con el combustible proporciona una mayor cantidad de oxígeno en el proceso de combustión, aumentando la velocidad de la llama y teniendo como resultado la reducción de este gas contaminante (Mantilla, Galeano, & Muñoz, 2016).

2. Dióxido de carbono CO₂

El ensayo a ralentí arroja resultados muy semejantes al utilizar gasolina y bioetanol, existe una pequeña diferencia de 0,2% de volumen de CO₂ emitidos al trabajar a bajas revoluciones. Utilizando gasolina se produce CO₂ en un volumen de 8,5% y combustionando el biocombustible se genera un volumen de 8,3%.

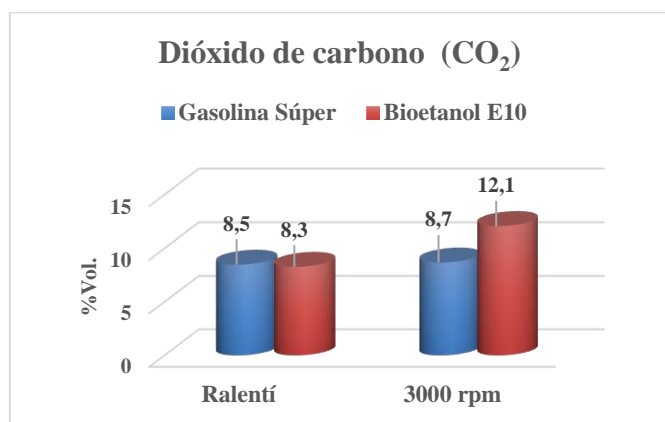


Figura 5. Dióxido de carbono CO₂.

El aumento del porcentaje de este gas representa una mejoría en la combustión del motor, como se observa en la figura 5 se obtiene un aumento considerable al utilizar bioetanol E10 con respecto a combustionar gasolina. Se aumentó 3,4 % del volumen de la producción de CO₂ que conlleva a un incremento de 28,10%.

Pese a que los resultados no superan el 14% de volumen que corresponden a una producción de CO₂ ideal (14% Vol. – 16 % Vol.), se nota el aumento importante con la mezcla gasolina/etanol E10, acercándose al valor ideal de dióxido de carbono resultando una combustión mucho más íntegra y eficiente a un régimen de 3000 rpm.

3. Hidrocarburos (HC)

Básicamente son partículas de combustible que no se combustionaron y salen a través del sistema de escape del

vehículo, dichas partículas de carburante que no terminaron de quemarse en la cámara de combustión del motor forman otros compuestos que son tóxicos para los seres vivos y son producto del exceso de gasolina en la mezcla. Por lo tanto, el poco volumen de oxígeno impide que la gasolina se queme totalmente, dando como resultado una combustión parcial y proporcionando emisiones de hidrocarburos. Se los representa en partículas por millón (ppm).

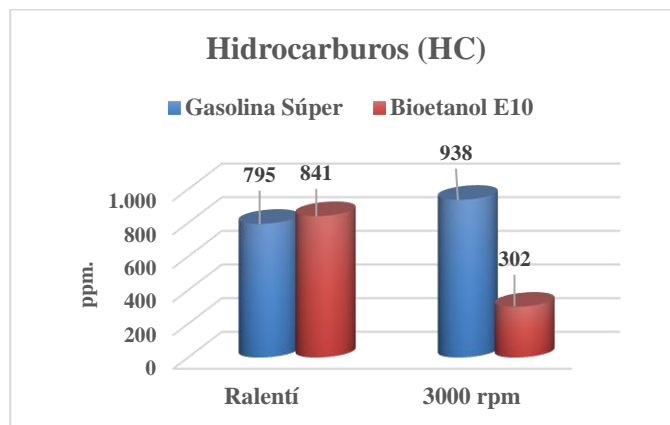


Figura 6. Análisis de hidrocarburos.

La prueba realizada en un régimen de 900 rpm utilizando gasolina súper como combustible, emite un valor de 795 ppm y al utilizar bioetanol E10 arroja 841 ppm de hidrocarburos no combustionados. En la figura 6 a simple vista se puede evidenciar un aumento de 46 ppm al utilizar bioetanol E10 cuando el motor se encuentra a ralentí.

En cuanto a partículas de combustible no quemadas en el ensayo con el motor a 3000 rpm han disminuido notablemente al utilizar bioetanol E10. Su valor se redujo de 938 ppm a 302 ppm con una reducción porcentual de 67,80%, siendo un valor aprobado por la normativa. Se corrobora que el biocombustible es aprovechado de mejor manera a un mayor régimen de giro.

En la mezcla E10 existe una disminución de este gas contaminante con respecto a las emisiones arrojadas utilizando gasolina, esto se da porque existe una mayor cantidad de oxígeno que proporciona el etanol y por ende mejora la combustión de la mezcla aire y combustible.

4. Oxígeno (O₂)

La presencia de oxígeno en las emisiones muestra una combustión imperfecta, indicando que no existe una quema total del combustible, creando monóxido de carbono y partículas de hidrocarburos. La cantidad ideal de oxígeno en la combustión debería ser cero, es decir, mientras exista menos volumen de oxígeno en la combustión esta será más completa.

En el ensayo a ralentí y con el motor trabajando solo con gasolina súper el valor de volumen de oxígeno es de 5,87% y usando combustible alternativo el resultado de volumen de oxígeno es de 5,75% como se muestra en la figura 7. No existe considerable variación en los datos a bajas revoluciones.

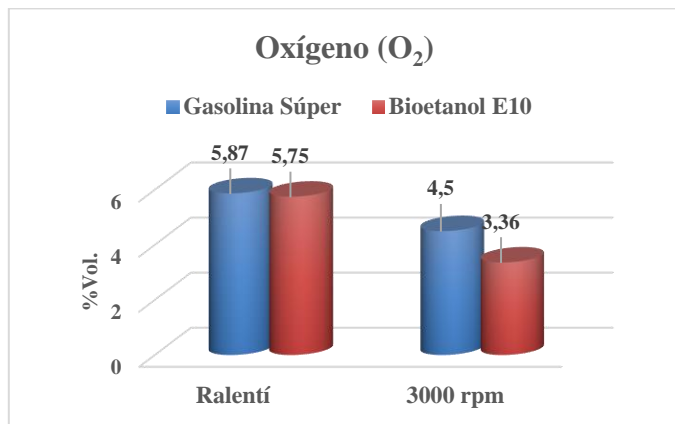


Figura 7. Oxigeno (O₂).

Cuando el motor trabaja a un mayor régimen la cantidad de oxígeno disminuye, con gasolina súper se logra un valor de 4,5% Vol. de oxígeno y con bioetanol E10 se obtiene un resultado de 3,26% Vol. de oxígeno. Evidenciando una mayor disminución de este gas al combustionar la mezcla gasolina/etanol E10, con una diferencia de volumen de 1.24% y con un valor porcentual de incremento de 27,56%.

5. Factor lambda

Por medio del procesamiento del equipo de testeo de gases se obtienen los valores de factor lambda λ , que determina la proporción existente entre la gasolina y el aire aspirado por el motor. Cuando la dosificación es adecuada el valor de λ es igual a 1, si el valor es mayor a 1 la mezcla es pobre (menos gasolina) mientras que si el valor es menor a 1 es una mezcla rica (más gasolina).

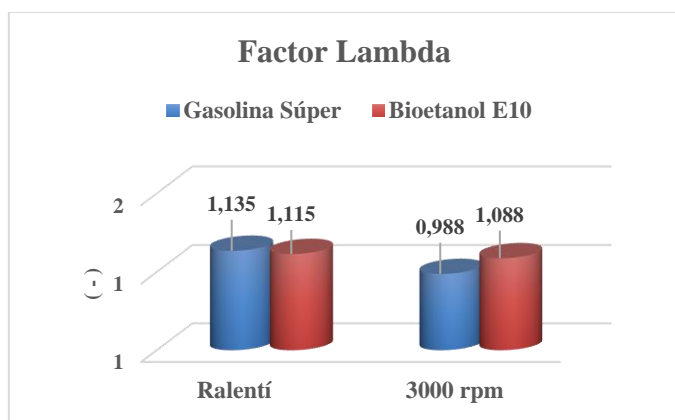


Figura 8. Factor lambda.

Se observa en la figura 8 que los valores de lambda a revoluciones bajas son mayores a 1 y similares respecto a los combustibles utilizados, teniendo así una mezcla pobre. El valor del factor lambda usando gasolina es de 1,135 y utilizando bioetanol E10 el valor λ es de 1,115. Los valores del factor lambda a altas revoluciones se encuentran en un rango óptimo de trabajo ya que los valores obtenidos son muy cercanos a 1, que es el valor ideal, cuyo objetivo es obtener el máximo rendimiento del motor con mínimas emisiones contaminantes.

E. Análisis de torque

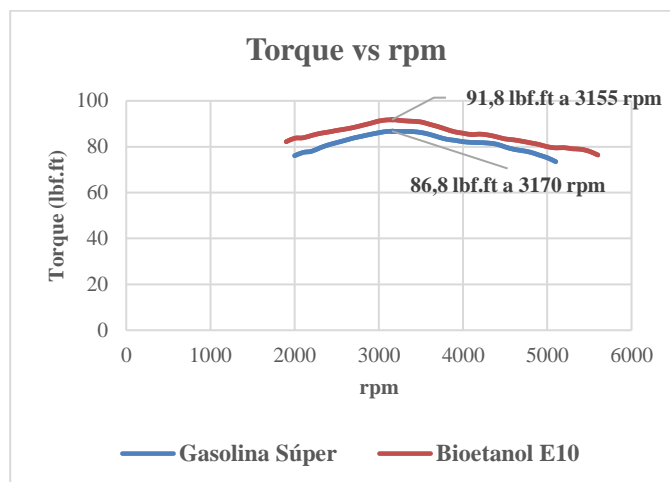


Figura 9. Torque con gasolina súper y bioetanol E10.

En la medición de torque del motor con gasolina se obtiene una curva con valores altos a revoluciones bajas, los valores suben progresivamente a medida que las revoluciones del motor aumentan. Cuando el motor alcanza las 3170 rpm llega al máximo torque de 86,8 lbf.ft donde los valores de par motor comienzan a descender.

En la figura 9 se evidencia fácilmente un aumento del torque con el uso del biocombustible, con el cual se logra un par motor máximo de 91,8 lbf.ft a un régimen de giro del motor parecido al punto máximo de la curva de torque con gasolina. El incremento del torque es de 5 lbf.ft de torque lo que implica un desarrollo de potencia en un 5,45%.

El aumento en la relación de compresión del motor mejora el desempeño del mismo, ya que permite un mayor ingreso de aire mejorando los parámetros de combustión y así obteniendo un aumento en el torque (García, Cendales, & Eslava, 2016).

F. Análisis de potencia

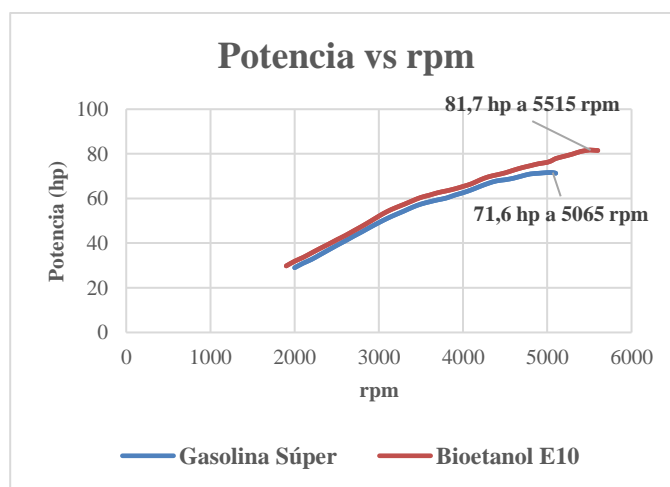


Figura 10. Potencia con gasolina súper y bioetanol E10.

En el caso de la potencia del motor, en la figura 10 se observa claramente un incremento de la misma al utilizar bioetanol E10. La tendencia indica un aumento progresivo desde bajas revoluciones sin pérdidas aparentes, con un pico máximo de potencia de 81,7 hp. Existe una diferencia de 10.1 hp en comparación a la potencia que desarrolla el motor empleando gasolina súper como combustible, cuyo torque máximo alcanzado es de 71,6 hp. De esta forma se tiene un aumento del 14.11% de la potencia en el motor del vehículo de prueba.

Un parámetro importante a considerar dentro de este análisis es la potencia original del automóvil, inicialmente de fábrica el automotor desarrolla 92 hp @ 5600 rpm. En el caso específico del vehículo que se utiliza en esta investigación, en el dinamómetro de chasis marco un valor de 71.6 hp @ 5065 rpm, cuyo resultado es de esperar debido al desgaste del motor y al paso del tiempo donde se deterioran los principales sistemas del automóvil dando lugar a la disminución del desempeño del mismo.

III. CONCLUSIONES

a. En el análisis de las propiedades de la mezcla gasolina/etanol E10, se puede recalcar el aumento del octanaje en un 4,67 % y que posee una evidente cantidad mínima de azufre en su composición. Con esto se muestra que mezcla gasolina/etanol E10 es bastante óptima ya que presenta un aumento del poder antidetonante en la combustión con respecto a la gasolina súper, por lo tanto, mejora la combustión del motor, genera una disminución en las emisiones y presenta mejores prestaciones en su desempeño.

b. El consumo promedio de combustible a ralentí con el uso de bioetanol E10 disminuye en un 10,29%, en cuanto al rendimiento en carretera se obtiene un incremento de 27,34%, con respecto a la utilización de gasolina súper como combustible. Se puede establecer que el aumento de octanaje en la mezcla determina la capacidad de consumo ya que se obtiene una mejor combustión aumentando la relación de compresión y con ello disminuyendo el consumo de combustible.

c. En el análisis de las variaciones en las concentraciones de gases contaminantes emitidos hacia el medio ambiente, se evidencia que existe una reducción al utilizar energías limpias como lo es el bioetanol, consiguiendo un valor promedio de 67,80% de reducción en la cantidad de hidrocarburos no combustionados (HC), así mismo se reduce el volumen de monóxido de carbono (CO) en un porcentaje de 66,17%, datos que fueron obtenidos a un régimen de 3000 rpm. Con la mezcla gasolina/etanol E10 se presenta una mejor combustión, lo que conduce a una reducción significativa en las emisiones.

d. El resultado del torque máximo alcanzado por el motor utilizando la mezcla gasolina/etanol E10 es de 91,8 lbf.ft, consiguiendo un aumento de 5 lbf.ft y de esta manera se incrementa 5,45 % el esfuerzo de torsión del motor con respecto al uso de la gasolina súper. El aumento en la relación de compresión del motor mejora el desempeño del mismo

mejorando los parámetros de combustión y así obteniendo un aumento en el torque.

e. Con el uso de la mezcla gasolina/etanol E10 se obtiene un valor de potencia máxima de 81.7 hp, donde existe un aumento de 10,1 hp equivalente a 14,11 %, cuyo porcentaje es muy relevante, ya que entrega un aumento de la potencia garantizada en comparación con algunos aditivos conocidos comúnmente en el mercado para el aumento de la potencia en los automotores que no garantizan su funcionalidad.

IV. METODOLOGÍA

A. Tipos de investigación.

El presente trabajo es una investigación tipo bibliográfica y tecnológica.

1. Investigación bibliográfica.

Para el desarrollo de la investigación se toma en cuenta toda la información obtenida a través de libros, revistas científicas, artículos de internet y catálogos, con el fin de poder direccionar y guiar manera correcta el tema y todos los objetivos citados.

2. Investigación tecnológica.

Para elaborar el proyecto, se ha visto necesario el uso de diferentes equipos: un analizador de gases, un dinamómetro de rodillos, un equipo cuentarrevoluciones y un computador, los cuales suponen la implementación de recursos tecnológicos, los mismos que necesitan un estudio, análisis de funcionamiento, protocolos a seguir y el correcto uso de los mismos, por estas razones el proyecto es de tipo tecnológico.

B. Métodos.

Para el desarrollo del proyecto se cuenta con métodos prácticos de: método analítico-sintético, método inductivo-deductivo y mediciones.

1. **Método analítico - sintético.** - Se aplica este método al procesar la información teórica que se obtiene a través de fuentes bibliográficas: internet, libros, manuales.

2. **Método inductivo – deductivo.** – Es empleado porque la investigación parte de un problema planteado el cual será comprobado a lo largo del desarrollo del proyecto.

3. **Mediciones.** – Obtención de datos en pruebas específicas.

C. Técnicas

Las técnicas que se utilizaron en el presente trabajo son:

1. **Consulta.**– Básicamente consultas bibliográficas para buscar información referente a la investigación.

2. **Análisis de datos.**- Obtención y análisis de los diferentes datos de los ensayos establecidos.

3. **Pruebas de funcionamiento.**- Se realiza ensayos determinados en la investigación para la obtención de datos.

REFERENCIAS

1. Abril, A., & Navarro, E. (2012). *Etanol a partir de biomasa lignocelulósica*. © Aleta Ediciones (2012).
2. Caballero Morales, M. A. (Enero de 2011). *Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos*. Obtenido de Repositorio Universidad de Chile.
3. Castells, X. (2012). Los residuos como combustibles. In X. E. Castells, *Tratamiento y valorización energética de residuos* (p. 72). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
4. Fernández, L., Montiel, J., Millán, A., & Badillo, J. (2012). Producción de biocombustibles a partir de microalgas. *Ra Ximhai*, 103.
5. INER, I. N. (2013). *www.iner.gob.ec*. Obtenido de *www.iner.gob.ec*: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/BIOMASA_DOSSIERS.pdf.
6. Lombana Coy, J., Vega Jurado, J., Britton Acevedo, E., & Herrera Velásquez, S. (2015). *Análisis del sector biodiésel en Colombia y su cadena de suministro*. Universidad del Norte.
7. MAE, M. d. (2014). *www.ambiente.gob.ec*. Recuperado el 2010, de *www.ambiente.gob.ec*: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>.
8. Mantilla, J., Galeano, C., & Muñoz, A. (2016). Mezclas gasolina-etanol en motores de combustión interna en Colombia. *MUTIS*, 46,47.
9. Núñez, D. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*, 147.
10. Pabón, D., Peña, D., & Estupiñan, H. (2012). Evaluación de la corrosión de un acero Aisi Sae 1020 en mezclas de gasolina-bioetanol del 5, 10, 15, 20 y 100% por medio de técnicas gravimétricas y electroquímicas. *Prospectiva*, 51.
11. Randall, G., Gary, S., & Zhuang, J. (2010). Towards Sustainable Cellulosic Bioenergy. *Journal of Resources and Ecology*, 117.
12. Rovira de Antonio, A., & Muñoz Domínguez, M. (2015). *Motores de combustión interna*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
13. Silva Vinasco, J. P. (2011). *BVSDE*. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>
14. Vargas, J., & Giraldo, J. (2015). Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol. *SciELO*.
15. Verde, M., García, A., Álvarez, G., & Mesa, M. (2012). Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica. *ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar)*, 14.
16. Yusaf, T., & Buttsworth, D. (2009). Theoretical and experimental investigation of SI engine performance and exhaust emissions using ethanol-gasoline blended fuels. *ICEE (International Conference on Energy and Environment)*, 195.