

Artículo Original

Análisis comparativo del funcionamiento de un motor Fiat Uno 1100cc utilizando gasolina extra y bioetanol

Comparative analysis of the operation of a Fiat Uno 1100cc engine using Extra fuel and Ecopaís®

Rodrigo Cárdenas - Jefferson Alba - Edwin Chamba

Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi,
Latacunga, Ecuador

Corporación Eléctrica del Ecuador (CE-
LEC) EP, Quito, Ecuador

andres.cardenasyanez1989@gmail.com
twingt.link1996@gmail.com
echamba.monar1989@gmail.com

RESUMEN

La contaminación por gases que generan los automotores, incide directamente al medio ambiente, razón del desarrollo de combustibles alternativos a los combustibles comunes, provenientes del petróleo. En la actualidad los vehículos a carburador no se los puede remplazar en su totalidad en los países subdesarrollados y son las principales causas de la contaminación. A partir de un análisis comparativo de la incidencia del combustible Ecopaís® frente a la gasolina Extra, en el rendimiento del motor de un vehículo FIAT UNO 1100 CC a carburador, se obtuvo resultados que muestran la variación en el comportamiento del mismo, aumentando con Ecopaís®, el torque del motor hasta 6,58% y disminuyendo la potencia 4,21%, además tienen una gran diferencia en la emisión de gases contaminantes al medio ambiente con una reducción de 1,21% de CO y 160 ppm de HC. Por otro lado, en relación a la economía que genera la utilización de este biocombustible, el consumo puede variar por condiciones de carretera, tráfico, y medios ambientales llegando así a obtener un resultado de 0,1% de variación.

Palabras Claves

Bioetanol, Contaminación, Emisiones, Gasolina, Motor

ABSTRAC

Pollution by gases generated by automobiles has a direct impact on the environment, which is the reason for the development of alternative fuels to common fuels, derived from oil. Currently carburetor vehicles cannot be fully replaced in underdeveloped countries and are the main causes of pollution. From a comparative analysis of the incidence of Ecopaís® fuel versus Extra gasoline, in the engine performance of a FIAT UNO 1100 CC carburetor vehicle, results were obtained that show the variation in its behavior, increasing with Ecopaís®. The engine torque up to 6.58% and decreasing the power 4.21%, they also have a great difference in the emission of polluting gases to the environment with a reduction of 1.21% of CO and 160 ppm of HC. On the other hand, in relation to the economy generated by the use of this biofuel, consumption may vary due to road conditions, traffic, and environmental media, thus obtaining a result of 0.1% variation.

Keywords

Bioethanol, Emissions, Engine, Gas, Pollution

I. Introducción

A final del siglo XX la disminución del precio del petróleo redujo las posibilidades de elaboración del bioetanol. A partir del año 2000 se retomó interés por el bioetanol como combustible alternativo para el abastecimiento y consumo en el transporte de los países desarrollados. Actualmente las energías renovables constituyen alrededor del 19% de la energía mundial. La mayor parte está representada por la biomasa tradicional y sólo el 0,8% de la energía total proviene de los biocombustibles [1], [2], [3].

En la actualidad los biocombustibles podrán ser fuentes de combustibles alternativos, se estima que la demanda de biocombustibles para el transporte se incrementará para el año 2030 en un 55% respecto al consumo en 2004 [4], varios países han optado por la elaboración de biocombustibles, como: Ecuador, México, Paraguay, Perú, Bolivia y Uruguay [5].

El biocombustible que se prepara en Ecuador se llama gasolina Ecopais®, el proyecto piloto, desarrollado en Guayaquil, tuvo inicio en el 2010 mediante la obtención del bioetanol, mezcla de 95% gasolina extra y 5% de etanol anhidro, producido a partir de la caña de azúcar [6], es inyectado directamente en los tanques de los camiones transportadores en el momento del despacho. Actualmente en el país no existe una normalización que rija al biocombustible [7], se comercializa en las provincias de la Costa, Zamora Chinchipe, Loja, Azuay, Cañar, y Morona Santiago.

El impacto ambiental de bioetanol es un tanto controvertido. Mientras que la combustión de etanol da como resultado una menor emisión de CO₂ en comparación con la gasolina derivada del petróleo, el bioetanol para ser producido implica el consumo de energía. Hay estudios en curso para determinar el retorno de la energía del bioetanol. Además, al igual que otros biocombustibles de primera generación, pueden tener un impacto en el precio de los productos alimenticios y la deforestación, [7], [8].

El avance de la tecnología ha beneficiado al área automotriz permitiendo la construcción de vehículos de alta gama y de bajo consumo de combustible en los países desarrollados, pero los países subdesarrollados cuentan con vehículos de diferente funcionamiento como es el caso del carburador, estos vehículos al tener esta característica contaminan y consumen combustible [9]. El desarrollo del presente trabajo busca determinar el funcionamiento que tendrá el motor de un vehículo a carburador debido a que no se lo puede sustituir en su totalidad, analizando el aporte que puede brindar el utilizar bioetanol y así comparar los principales puntos que caracterizan el buen funcionamiento de un motor los cuales son potencia, torque, consumo de combustible y emisión de gases.

En el presente trabajo, se analiza el funcionamiento de un motor del vehículo FIAT UNO 1100CC, con bioetanol utilizando el dinamómetro y la máquina de emisión de gases para conocer el rendimiento que proporciona el biocombustible en los motores

de combustión interna, comparando el funcionamiento que tiene el motor con el combustible derivado del petróleo.

Etanol como combustible vehicular

Se trata de un alcohol producido a través de la fermentación de los azúcares o del almidón extraído de la biomasa de ciertos cultivos y de los desechos agrícolas o forestales. El etanol mezclado en diversas proporciones con la gasolina puede ser utilizado como combustible en automoción [10]. El producto final de este proceso, etanol puro, tiene una diversidad de propiedades que lo hacen apto para uso en motores, como mejorar el índice sustancial de octanos, debido a que el etanol puro puede alcanzar valores de hasta ciento cuarenta (140) octanos. El punto de ebullición del etanol es 78°C, mientras que las naftas tienen un rango que llega hasta 200°C.

El bioetanol es un combustible alternativo que se obtiene a partir de la fermentación alcohólica de azúcares, cultivos y materiales con alto contenido de sacarosa, como la caña de azúcar, la remolacha azucarera, el sorgo dulce, la melaza, madera, residuos agrícolas y forestales, entre otros, [11]. Su importancia es que se puede utilizar como biocombustible al 100%, o bien mezclado en cantidades variadas al 5%, 10% y 20% de etanol con gasolina. Su uso se ha ampliado, especialmente para sustituir el consumo de combustibles derivados del petróleo, debido a que uno de los problemas en la industria automotriz es mejorar los motores de combustión interna para conseguir que los vehículos de gasolina y diésel, aumenten su rendimiento, pero a la vez disminuyendo las emisiones contaminantes y el consumo de combustible.

Usualmente el bioetanol recibe una denominación basada en la letra E, seguida por un número que indica el porcentaje de etanol en la solución; por ejemplo, E100 etanol puro; E25 etanol al 25%, E10 etanol al 10% y E5 etanol al 5%, límite mínimo, [12].

El bioetanol por sí solo no es una solución, sin embargo pasa a ser contribuyente importante en la disminución del consumo de gasolinas, en investigaciones prospectivas efectuadas [13], se plantean escenarios a mediano plazo (proyección al 2030), de mejora de la gasolina Ecopais® de una composición de 5% de bioetanol a 10% de la mezcla, aumento de la producción de biocombustible (gasolina Ecopais® - mejorada 10%) para incrementar la oferta del 20% a nivel nacional a un 60% (en referencia al año base 2014) y a largo plazo (proyección al 2040), aumento de la producción de biocombustible (gasolina Ecopais® - mejorada 10%) para mejorar la oferta del 60% a nivel nacional a un 90% (en referencia al año base 2014).

Los vehículos expulsan diferentes gases al medio ambiente los cuales son; CO (monóxido de carbono), HC (hidrocarburos), CO₂ (dióxido de carbono), O₂ (oxígeno), [14], [15], cada uno de estos gases tiene que ser analizados debido a que perjudican al medio ambiente.

El monóxido de carbono (CO) es el gas tóxico más común,

es incoloro e inodoro. Se produce en todas las combustiones incompletas puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre además contribuye a la formación de gases de efecto invernadero. Los hidrocarburos (HC), son los restos sin quemar del combustible que salen por el escape. Se producen por mezclas pobres en oxígeno o mezclas ricas, es nocivo, cancerígeno e irritante.

El dióxido de carbono (CO₂), se produce por la quema de los combustibles que contienen carbono, el nitrógeno (N), es un gas, incoloro e inodoro, se trata de un componente esencial del aire, compuesto por 78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros gases [16], y alimenta el proceso de la combustión juntamente con el aire de admisión.

El oxígeno O₂ es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total.

Relación estequiométrica y relación lambda

El Factor Lambda (λ), es la relación de los gases de escape, mide la proporción de la mezcla aire-combustible que entra en los cilindros [17], la combustión requiere que el aire y el combustible se hallen mezclados en una proporción determinada, esta proporción entre el aire y el combustible es lo que se llama relación estequiométrica. En un motor de gasolina la relación ideal es de 14:1, es decir son necesarios 14 gramos de aire por cada gramo de combustible para realizar una combustión perfecta [18]. En la práctica esta proporción varía ligeramente, pudiendo alcanzar valores de 11 a 16, que serían los límites de funcionamiento. Con 11 gramos de aire por gramo de gasolina la mezcla que se obtiene es excesivamente rica en gasolina mientras que, con una relación de 16, el motor no arrancaría por escasez de gasolina. En automoción se habla de factor lambda o relación lambda, cuando quiere definirse la relación entre la cantidad de aire necesaria para producir una combustión completa, en relación estequiométrica y la cantidad de aire real que aspira el motor.

El dosado (F), es la relación combustible-aire empleada en el proceso de combustión se distinguen tres tipos:

Dosado absoluto (F), es la relación combustible-aire que está alimentando el motor en cada momento, siendo un parámetro que puede variar en el tiempo.

$$F = \frac{m_f}{m_a}$$

Donde:

F = valor del dosado [adimensional]

m_f = masa de combustibles admitida [kg]

m_a = masa del aire admitida [kg]

Dosado estequiométrico (F_e), es la relación estequiométrica combustible-aire que genera la reacción perfecta, es decir,

cuyos únicos productos de la combustión son CO₂ y H₂O. Es un parámetro fijo que toma un valor para motores de gasolina y otra para diésel.

$$F_e = \frac{m_f}{m_a}$$

Dosado relativo (λ), es la relación entre el dosado absoluto y el estequiométrico, este dosado informa acerca del tipo de mezcla que está utilizando el motor.

$$F_R = \frac{F}{F_e}$$

Pueden darse tres casos:

> 1, existiendo un exceso de aire, siendo la mezcla pobre.

= 1, siendo la mezcla estequiométrica.

< 1, existiendo escases de aire; siendo la mezcla rica.

Normas y parámetros de emisiones

La revisión vehicular del distrito metropolitano de Quito se realiza en función a la norma NTE INEN 2 204:2002 [19], esta norma establece los límites de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente (Tabla I).

Tabla I. Límites Máximos de Emisiones Permitidos para Motores de Gasolina (prueba estática)

Modelos año	% CO		ppm HC	
	0 -1500	1500 -3000	0 -1500	1500 -3000
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

II. Método

Equipos de pruebas y diagnóstico automatizado

Los equipos utilizados permiten hacer pruebas en motores, a fin de verificar su estado de funcionamiento, ayudando a detectar fallos en los vehículos, además de poder realizar pruebas con diferentes modificaciones que se ejecutan en los motores. Los instrumentos y equipos utilizados son, banco dinámico, analizador de gases, manómetro.

Analizador de los gases de escape

El analizador de gases mide los valores de emisiones de gases, este puede establecer la eficacia en el proceso de

combustión del motor, no interpreta las emisiones solo las mide. La interpretación es realizada por el operario, los valores que el analizador suministra, pueden diagnosticar y verificar si los niveles de emisión están muy altos o muy bajos, los gases monitoreados son: el HC medido en ppm, el CO₂, O₂ y CO medidos en % de volumen, en algunos analizadores se relaciona la mezcla estequiométrica con la función Lambda =1, [20].

En esta investigación se utiliza el modelo MAHA MGT 5, (Figura 1), tiene módulos interface con diversas posibilidades de conexión al PC para la medición de los gases, con capacidad de introducción de módulos de función multigrabación de las RPM, unidad de comunicaciones E-OBD, medición de gases de escape de motores a gasolina y diésel, medición de CO, HC, CO₂, O₂, NOx, LAMBDA y ciclo por minuto, también realiza la medición de vehículos con Gas GLP.



Figura 1. Analizador de gases

Banco de pruebas para motores de combustión

El banco dinamométrico (Figura 2) permite efectuar las pruebas principales para obtener el par motor, la potencia desarrollada, consumo de combustible y la relación estequiométrica [21].

Se utiliza un dinamómetro de rodillos para automóviles, DYNO-mite Dynamometer, el cual produce resultados de torque en lbf.ft, en este caso el máximo que otorga el dinamómetro es de 50 lbf.ft, potencia en HP, la potencia máxima que otorga el dinamómetro es de 50 HP, con un número máximo de revoluciones por minuto de 8000 rpm



Figura 2. Banco Dinamométrico para Vehículos

Consumo de combustible modo de obtención

El consumo de combustible total [C_t], depende de factores tales como, tipo de motor, carrocería, forma de conducir y las condiciones ambientales; se expresa en km/1.

Su estimación se consigue relacionando el desplazamiento efectuado en el vehículo, contra el volumen consumido de

combustible .

$$C_t = \frac{\text{kilometros}}{\text{litros}}$$

Para efectuar la prueba de consumo se usan aparatos que consisten en probetas graduadas, conectadas directamente al circuito de alimentación y que se pueden introducir y sacar del circuito a voluntad; con dicho sistema se mide exactamente el combustible necesario, para recorrer un determinado trayecto de longitud conocida a velocidad constante. El conductor puede evaluar el consumo medio del motor, dividiendo los kilómetros recorridos desde la última vez que el depósito de gasolina estaba lleno.



Figura 3. Medidor de Combustible

Vehículo de prueba

Fiat UNO-S 1100CC, mostrado en la Figura 4.



Figura 4. Fiat UNO-S 1 100CC

Ficha técnica FIAT UNO-S 1100CC
Se muestra en la Tabla II, [22].

Tabla II. Información general del vehículo

Descripción	Característica
Marca	Fiat
Modelo	UNO
Generación	UNO (146A)
Modificación (motor)	1.1 (57 Hp)
Año de la puesta en producción	1989 años
Año finalización producción	1992 años
Tipo de carrocería	Hatchback
Número de plazas	5
Número de puertas	3/5

En la Tabla III de [22], se indican las características del motor, sujeto de estudio.

Tabla III. Características Motor Fiat [22].

Descripción	
Potencia máxima	57 CV @ 6 500 rpm
Par máximo	87 Nm @ 5 000 rpm
Posición del motor	Frontal, transversalmente
Cilindro - real-	1108 cm ³
Números de cilindros	4
Distribución de los cilindros	En línea
Diámetro del cilindro	70 mm
Recorrido del cilindro	72 mm
Ratio de compresión	9,6
Num. válvulas por cilindro	2
Sistema de combustibles	Carburador

En la Tabla IV, se tiene el rendimiento típico del motor [22]

Tabla IV. Rendimiento motor Fiat [22].

Descripción	
Combustible urbano	8.6 l/100 km/h
Combustible extraurbano	4.8 l/100 km/h
Combustible	Gasolina
Aceleración 0-100 km/h	16 s
Velocidad máxima	150 km/h

Características del funcionamiento del vehículo

Para tener un funcionamiento óptimo del vehículo, el motor debe estar en perfectas condiciones, verificable por las condiciones de compresión y temperatura. Estas variables son representativas dado que, si la compresión del motor falla afecta a la fuerza y la velocidad del vehículo y por ende daría datos erróneos al realizar las pruebas de funcionamiento y rendimiento del motor. Para evitar estos posibles fallos se realiza un mantenimiento previo del vehículo, así como también la calibración de elementos como; carburador y las válvulas de admisión y escape.

Con el vehículo a punto, se procede a las mediciones de torque y potencia, de compresión, al análisis de gases y consumo de combustible en prueba de ruta.

III. Análisis de resultados

a. Datos comparativos de torque y potencia

En la Tabla V, se indican las características normadas de la gasolina extra, que debe tener como sustituto la Ecopaís® [23], [24], [25]

Tabla V. Gasolina extra vs Etanol

Características	Gasolina extra
Apariencia	azul
Densidad	0,669 - 0.77 kg/l

Punto de fusión	-150°C
Punto de ebullición	40-150°C
Temperatura inflamación	-40°C
Numero de octanos	87

b. Compresión en los cilindros

Se mide en frío y en caliente, la compresión de los cilindros (Figuras 5 y 6), los resultados se muestran en la Tabla VI.



Figura 5. Compresión de los Cilindros en Frio



Figura 6. Compresión de los Cilindros en Caliente

Tabla VI. Medición de compresión

Datos	Gasolina extra [PSI]	Gasolina Ecopaís® [PSI]
Frio	125	125
Caliente	135	135

Como se observa en la Tabla VI, la compresión no depende del tipo de combustible que se utilice.

c. Torque y Potencia

Se consigue, con la prueba dinamométrica, aplicada para la gasolina extra, Tabla VII y Figura 7.

Tabla VII. Valores de torque y potencia gasolina extra

Descripción	Torque máx. Lbf.ft	Potencia máx. Hp	Relación estequiometria
Prueba 1	37,37	45,18	11,18
Prueba 2	39,39	42,95	11,07
Prueba 3	39,36	43,22	11,14



Figura 7. Prueba Dinamométrica con Gasolina Extra

El torque y potencia conseguida, se representa la Figura 8, donde la curva azul representa el torque máximo del motor, alcanzado con la gasolina extra, mientras que la curva roja representa a la potencia máxima alcanzada del motor, y la línea verde representa a la mezcla estequiométrica en relación a los 5750 rpm.

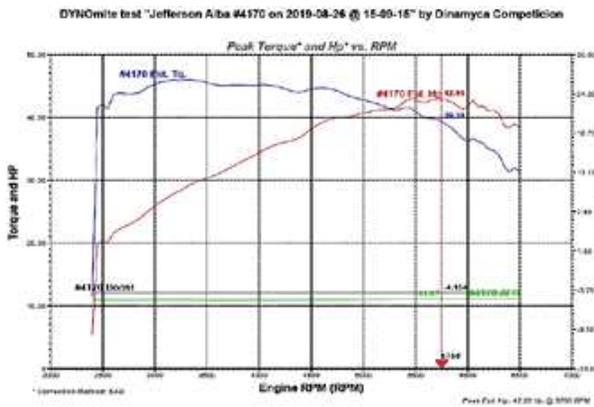


Figura 8. Torque y Potencia, Línea de Relación Estequiométrica del Rendimiento del Motor - Gasolina Extra

Para determinar lambda, se efectúan tres pruebas.

Valor lambda Prueba 1, potencia y torque máximo gasolina extra, el dosado relativo de muestra, sonda lambda.

$$F_R = \frac{11,8}{14,7} = 0,760$$

$F_R < 1$, existiendo un exceso de combustible, siendo la mezcla rica.

Valor lambda Prueba 2, potencia y torque máximo gasolina extra.

$$F_R = \frac{11,07}{14,7} = 0,753$$

$F_R < 1$, existiendo un exceso de combustible, siendo la mezcla rica.

Valor lambda Prueba 3 potencia y torque máximo gasolina

extra.

$$F_R = \frac{11,4}{14,7} = 0,757$$

$F_R < 1$, existiendo un exceso de combustible, siendo la mezcla rica.

d. Torque y potencia gasolina Ecopaís®

El resultado de las tres pruebas, utilizando gasolina Ecopaís®, se indica en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Torque y potencia gasolina Ecopaís®

Descripción	Torque máximo Lbf.ft	Potencia máxima Hp	Relación
Prueba 1	40,59	43,50	16,41
Prueba 2	44,79	40,86	16,57
Prueba 3	43,93	41,37	16,20

En la Figura 9, se tiene el torque y potencia, utilizando gasolina Ecopaís®, la curva azul constituye al torque máximo del motor, la curva roja simboliza a la potencia máxima del motor, y la línea verde representa a la mezcla estequiométrica.

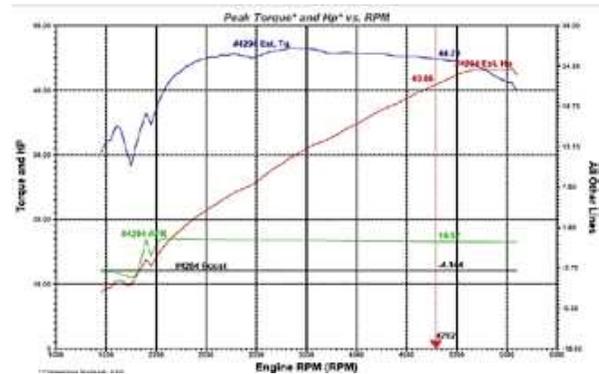


Figura 9. Curvas Estadísticas de Torque y Potencia, Línea de Relación Estequiométrica del Rendimiento del Motor - Gasolina Ecopaís®

Similarmente al caso de gasolina extra, se estima la mezcla estequiométrica, de las tres pruebas.

Valor lambda Prueba 1 potencia y torque máximo gasolina Ecopaís®.

El dosado relativo de muestra el valor para la sonda lambda.

$$F_R = \frac{16,41}{14,7} = 1,116$$

$F_R > 1$, existiendo un defecto de combustible; siendo la mezcla pobre.

Valor lambda Prueba 2 potencia y torque máximo gasolina Ecopais®.

$$F_R = \frac{16,57}{14,7} = 1,120$$

$F_R > 1$, existiendo un defecto de combustible; siendo la mezcla pobre.

Valor lambda prueba 3 potencia y torque máximo gasolina Ecopais®.

$$F_R = \frac{16,20}{14,7} = 1,102$$

$F_R > 1$, existiendo un defecto de combustible; siendo la mezcla pobre.

e. Gráficos comparativos torque y potencia

La comparación de ambos combustibles (Figura 10), indica que la gasolina Ecopais® aumenta el torque del motor hasta 6,58% pero la potencia disminuye 4,21%, las líneas más oscuras (azul, rojo, verde) representan el funcionamiento del vehículo con gasolina extra y las líneas claras (azul, rojo, verde) simbolizan el trabajo que realiza la gasolina Ecopais®, concluyendo que el mejoramiento de la mezcla estequiométrica 32,11% es decir menor emisiones de gases al medio ambiente, en comparación de la gasolina extra que indica una mezcla con exceso de gasolina extra o mayor emisión de gases. En la potencia y torque del motor se puede observar un mínimo aumento en ambos casos demostrando así que el etanol puede llegar también a ser un aditivo para la gasolina mejorando sus propiedades.

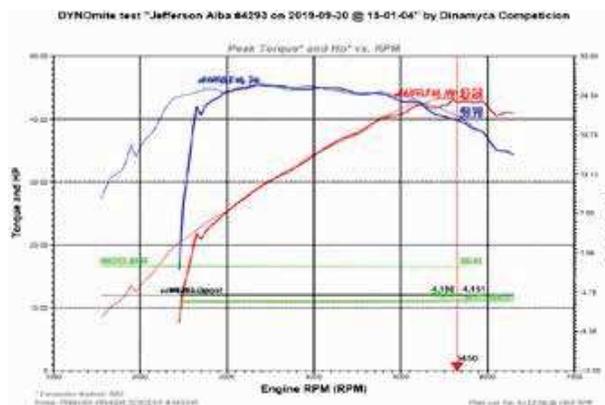


Figura 10. Comparación entre Curvas Estadísticas y Líneas del Rendimiento del Motor con Combustible Extra y Ecopais®

f. Parámetros fundamentales y métodos de obtención de análisis de gases

Condiciones de emisiones de gases

Para la investigación se analiza el vehículo de prueba que

pertenece y circula en la provincia de Pichincha, por lo cual se realizarán las pruebas de emisión de gases para aprobar la revisión técnica vehicular de la ciudad de Quito. La medición de gases se realiza a través de una sonda que envía información a la maquina analizadora de gases.

La emisión de gases se encuentra normado en [15], depende de los años del automóvil, para motores menores del año 2000 el porcentaje de CO deberá ser menor que el 3,5% y en hidrocarburos menor 600ppm, CO₂ entre 11% y 14,7%, Oxígeno menor que el 3%, la sonda lambda indica la mezcla de aire combustible, a través de esta sonda se verifica si la mezcla es rica o pobre, y los vehículos actuales con motores del año 2000 en adelante el porcentaje de CO debe ser menor que 1% y el HC menor 200 ppm.

Datos comparativos de emisiones de gases

La emisión de gases de los vehículos en el territorio nacional está basada en la normativa INEN 2204:2002, por ende los estudios (Figura 11), realizados (Tabla IX) demuestran que las emisiones de gases en ralentí cumplen con la normativa, pero en altas revoluciones los valores no cumplen con la normativa debido a que la mezcla está muy rica en combustible, por el cual es necesario la calibración del carburador en este caso se realiza a una calibración estándar en donde el vehículo cumple con la norma establecida ya que el valor de emisión se mantiene cuando el vehículo está en ralentí y altas revoluciones.

Tabla IX. Emisión de gases gasolina extra

Gases y Sonda	Emisiones de gases en ralentí	Emisiones de gases alta revolución	Emisión calibración estándar
CO	2,26%	9,54%	2,26%
HC	480ppm	434ppm	483ppm
O ₂	0,76%	0,41%	0,75%
LAMBDA	0,948	0,774	0,948
CO ₂	12,49%	8,45%	12,48%



Figura 11. Medición de Gases Vehículo Fiat Uno 1100 CC

En los resultados obtenidos con la gasolina Ecopais® (Tabla X), se observa que las emisiones de gases son diferentes debido a la presencia de etanol en la gasolina, pero al igual que la gasolina extra, las emisiones en ralentí cumplen la norma y en altas revoluciones no las cumple, por lo que nuevamente para el caso en estudio, se procede a calibrar el carburador, pero se realiza solo desde las agujas de entrada de aire y combustible, dando así paso a la calibración estándar para

cumplir la norma en altas y bajas revoluciones reduciendo la emisión de CO un 1,21 % y el HC 160 ppm.

Tabla X. Emisiones de gases gasolina Ecopaís®

Gases y sonda	Emisión gases en ralentí	Emisión gases alta revolución	Emisión gases calibración estándar
CO	1,85 %	6,81 %	1,05 %
HC	671 ppm	732 ppm	322 ppm
O ₂	0,91 %	0,75 %	2,06 %
LAMBDA	0,960	0,816	1,057
CO ₂	12,56 %	9,84 %	12,41 %

Los vehículos más modernos cumplen normas de emisiones más estrictas a diferencia de los vehículos a carburados, debido a que contiene un sistema de inyección la calibración no es posible en este sistema si presenta alguna anomalía en las emisiones se debe dar mantenimiento del sistema de inyección y a la salida de los gases de escape.

Consumo de combustible

El consumo se realiza a través de la elaboración de una probeta que mide el combustible en litros, esta envía el combustible al carburador mediante una manguera utilizando a favor la fuerza de la gravedad, por último el consumo se basa en la distancia que recorra el vehículo de prueba, en la Tabla XI se indica el consumo en carretera, para ambos casos de gasolina extra y Ecopaís®.

Tabla XI. Comparación de consumo de combustible en carretera

Tipo Gasolina	Litros	Prueba 1 kilometraje	Prueba 2 kilometraje	Prueba 3 kilometraje
Extra	10	111 km	112 km	113 km
Ecopaís®	10	112 km	115 km	113 km

Para el consumo de combustible se debe se tomar en cuenta las condiciones ambientales, el tráfico y la carretera además el modelo del vehículo, debido a estas condiciones puede variar el resultado. Al realizar el recorrido de prueba la diferencia del consumo entre los dos combustibles es de 0,1%, aunque cabe recalcar que la gasolina Ecopaís® es conformada por un 95% de combustible derivado del petróleo y solo el 5% de etanol, por lo cual varía un poco el rendimiento del motor, por ende, la compra del combustible Ecopaís® no afecta la economía, además el costo por galón es igual que la gasolina extra.

Por último, se muestra que el recorrido (Figura 12) que realiza el vehículo, es casi similar al utilizar los dos combustibles, con mínima diferencia del 0,1%.



Figura12. Ruta de Prueba Consumo de Gasolina Extra

Prueba gasolina extra, Guayllabamba- Baeza
Recorrido 112 km (Figuras 13 y 14)
10 litros de gasolina extra.

$$C_i = \frac{112km}{10l} = 11,2 \frac{km}{l}$$

El consumo de gasolina extra en ruta de carretera prueba que, por cada 11,2 km consume 1 litro de gasolina extra.



Figura 13. Kilometraje Inicial Gasolina Extra



Figura 14. Kilometraje Final Gasolina Extra

Prueba gasolina Ecopais®, Guayllabamba- Baeza
 Recorrido 115 km (Figuras 15, 16 y 17)
 10 litros de gasolina Ecopais®.

$$C_i = \frac{115\text{km}}{10\text{l}} = 11,5 \frac{\text{km}}{\text{l}}$$

El consumo de gasolina Ecopais® en ruta de carretera indica que, 1 litro de gasolina Ecopais® permite un recorrido de 11,5 km.



Figura 15. Ruta de Prueba Consumo de Gasolina Ecopais®



Figura 16. Kilometraje Inicial Gasolina Ecopais®



Figura 17. Kilometraje Final Gasolina Ecopais®

IV. Conclusiones

El estudio realizado en el vehículo a carburador indica que el automóvil funciona de diferente manera con la mezcla de un 5% de etanol a la gasolina, sin tener que afectar el diseño del motor, esta disminuye la potencia en 4,21% y aumenta el torque del motor en 6,58%, disminuyendo las emisiones de gases principalmente el monóxido de carbono. Además, la mezcla de etanol con la gasolina eleva el octanaje, a comparación de la gasolina que es 100% derivada del petróleo esta indica niveles de contaminación más elevados y un déficit de funcionamiento en el automotor de prueba.

Con la mezcla de etanol se obtiene una reducción de 1,21% en los gases de CO y 160 ppm HC, una variación de de 0,8%, aumentando 1,31% para mejorar la mezcla estequiométrica. Por último, tiene una variación del consumo de combustible de 0,1% es decir que el vehículo consume 0,1% menos que la gasolina extra, por lo tanto, se demuestra la eficacia del biocombustible como combustible alternativo al reducir las emisiones de gases siendo esto su principal función.

V. Referencias

- [1] F. Montilla, «Biocombustibles-Inversión Mundial en biocombustibles,» 14 mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.econlink.com.ar/biocombustibles-inversion-mundial-biocombustibles>.
- [2] IICA, Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles, San José: Imprenta IICA, 2007.
- [3] OCDE-FAO, Perspectivas Agrícolas, París: Éditions OCD, 2017, pp. 37-39
- [4] J. Gómez, «Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina,» Estudios gerenciales, vol. 32, n° 139, pp. 120-126, 20 abril 2016.
- [5] C. Alejos y E. Calvo, «Biocombustibles de primera generación,» Revista Peruana de Química e Ingeniería Química, vol. 18, n° 2, pp. 19-30, 20 octubre 2015.
- [6] A. Reyes, «Evaluación del proyecto de desarrollo de biocombustibles en el Ecuador: caso gasolina ecopais periodo 2010 – 2015,» UG-FCE, Guayaquil, 2016
- [7] W. Maurat y P. Galarza, «Evaluación del consumo específico de combustible y emisiones de gases de escape, con el uso del combustible Ecopais en un motor de combustión interna alternativo,» UdAzuaq, Cuenca, 2017
- [8] A. Ordoñez, «Qué es el bioetanol,» 29 octubre 2015. [En línea]. Available: <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/bioetanol-que-es-y-como-se-obtiene/>.
- [9] F. Serna, L. Barrera y H. Montiel, «Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles,» Journal of Technology Management & Innovation, vol. 6, n° 1, p. 15, 2011.
- [10] J. Chilinguina y C. Ruiz, «Análisis del potencial energético del metanol y etanol como aditivo orgánico de la gasolina extra, para su utilización en el motor de combustión ciclo Otto en proporciones del 5% 10% y 15%,» ESPE, Latacunga, 2016.
- [11] C. Castro-Martínez, L. Beltrán-Arredondo y J. Ortiz-Ojeda, «Producción de biodiesel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable a la crisis energética?,» Ra Ximhai, vol. 8, n° 3B, pp. 93-100, 2012.
- [12] C. De La Cerna, «Fabricando bioetanol,» Alianzas y tendencias, vol. 1, n° 4, pp. 10-11, 2016.
- [13] A. Barboza, «Estudio de pre-factibilidad del proyecto de mezclas de gasolinas con etanol a nivel nacional,» RECOPE, San José, 2014.
- [14] C. M. Barreiro H., «Estudio prospectivo del sector transporte de Ecuador y su incidencia en la matriz energética en el periodo 2017 - 2040,» EPN, Quito, 2018.
- [15] D. Pérez, «Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales,» Innova Research Journal, vol. 2, pp. 23-34, 2017.

-
- [16] NTE INEN 2204, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina, Quito: INEN, 2017.
- [17] Programa Nacional Cambio Climático, «Meteorología y climatología,» Energética, Cochabamba, 2006.
- [18] Bosch, Manual de la técnica del automóvil, 3ra. ed., Barcelona: Reverté, S.A., 1996.
- [19] D. Perancho, «Estudio del funcionamiento de motores alternativos de combustión interna mediante la utilización de combustibles alternativos,» UPC, Barcelona, 2017.
- [20] INER, «Evaluación energética y de fiabilidad mecánica de vehículo eléctrico; y pruebas de consumo y calidad de energía del cargador electrónico EVA040KS480/01 BYD,» Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Quito, 2015.
- [21] German, «Analizador de 4 y 5 gases(Dar Klik),» 23 enero 2012. [En línea]. Available: <https://german7644dotcom.wordpress.com/herramientas-para-taller/analizador-de-gases/>.
- [22] Á. D. Bermeo y J. L. Salazar, «Banco dinamométrico de chasis,» UPS, Quito, 2016.
- [23] AUTO-DATA.NET, «Ficha técnica Fiat UNO (146A) 1.1 (57 Hp),» 2019. [En línea]. Available: <https://www.auto-data.net/es/flat-uno-146a-1.1-57hp-7226>.
- [24] NTE INEN, Norma NTE INEN 935:2012 - Derivados del petróleo. Requisitos para la Gasolina. 8va. Rev, Quito: NTE INEN, 2012.
- [25] Acuerdo Ministerial Gob. Ecuador, COLORACION DE LOS COMBUSTIBLES, Quito: INEN, 1985.
- [26] N. INEN, Etanol Anhidro. Requisitos., 1ra ed., Quito: NTE, 2009.