

DETERMINACIÓN DE TORQUE Y POTENCIA DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA UTILIZANDO MEZCLAS PARCIALES DE BIODIÉSEL

Guillermo Gorky Reyes-Campaña¹, José Andrés Castillo-Reyes²,
Alex Xavier Escalante-Quezada³

¹ Magíster en Sistemas Automotrices. Profesor de tiempo completo, Coordinador de Investigación.

Correo electrónico: gureyesca@internacional.edu.ec

² Magíster en Gerencia y Liderazgo Educacional. Director de Carrera

³ Ingeniero Automotriz. Investigador

Facultad Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador

Recibido: 15 de noviembre del 2015

Aprobado: 10 de abril del 2016

Cómo citar este artículo: G. G. Reyes-Campaña, J. A. Castillo-Reyes, A. J. Escalante-Quezada, "Determinación de torque y potencia de un motor de combustión interna utilizando diferentes mezclas parciales de biodiesel", *Ingeniería Solidaria*, vol. 12, no. 20, pp. 23-31, oct. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v19i20.1413>

Resumen. *Introducción:* este artículo es producto de la investigación "Determinación de torque y potencia de un motor de combustión interna utilizando diferentes mezclas parciales de biodiésel a 2800 m s. n. m. según la norma SAE J1349 y la INEN RTE 017", realizada por el grupo de investigación de la Facultad de Ingeniería automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador (Quito), en el periodo comprendido entre el 1 de mayo del 2014 y el 13 de julio del 2015. La investigación determinó el comportamiento del biodiésel en la altura, específicamente a 2800 m s. n. m., con mezclas parciales de biodiésel, junto con el diésel colombiano y ecuatoriano. *Metodología:* se describe el análisis matemático comparativo de las muestras de biocombustibles en porcentajes B5, B10 y B30, proporcionado por la empresa Lafabril, tomando en cuenta factores ambientales propios del lugar donde se realizan las pruebas. *Resultados:* los datos obtenidos en el laboratorio fueron comprobados cuantitativamente con las mezclas parciales de biodiésel, y de esta manera se obtuvieron curvaturas de torque y potencia al igual que la emisión de material particulado. *Conclusiones:* con las características de los combustibles locales y sus respectivas mezclas parciales de biocombustible, se obtuvo una disminución de material particulado y valores eficientes de torque y potencia con el biocombustible B30, siendo este último el más estable y regular, ya que no tuvo picos en los datos obtenidos.

Palabras clave: biodiésel, contaminación, desempeño, desarrollo sustentable, normas.



ASSESSMENT OF TORQUE AND POWER IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE USING PARTIAL MIXTURES OF BIODIESEL

Abstract. *Introduction:* This article is the result of the research “Assessment of torque and power in an internal combustion engine using partial mixtures of biodiesel at 2,800 masl (meters above sea level), according to the norm SAE J1349 and INEN RTE 017”, conducted by the research group of the Faculty of Motor Vehicle Engineering of the International University of Ecuador (Quito), from May 1, 2014 to July 13, 2015. The research concluded biodiesel’s behavior at certain heights, specifically at 2,800 masl, using partial mixtures of biodiesel with Colombian and Ecuadorian nationally produced biodiesel. *Methodology:* The comparative mathematical analysis is described of biofuel samples in percentages of B5, B10 and B30, furnished by the company Lafabril, while taking into account environmental factors native of the country where the tests were being conducted. *Results:* The data produced in the lab was quantitatively substantiated with partial mixtures of biodiesel, and in such a way were obtained the curvatures of torque and power, as well as the emission of particulate matter. *Discussion:* Using the characteristics of local fuel and their respective partial mixtures of biofuel, a decrease of particulate matter and efficient values of torque and power in biofuel B30 were obtained, being this last one the most stable and regular, since it didn’t produce spikes in the obtained information.

Keywords: biodiesel, pollution, performance, sustainable development, standards.

DETERMINAÇÃO DE TORQUE E POTÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA UTILIZANDO MISTURAS PARCIAIS DE BIODIESEL

Sinopse. *Introdução:* este artigo é produto da investigação “Determinação de torque e potência de um motor de combustão interna utilizando diferentes misturas parciais de biodiesel a 2.800 msnm segundo a norma SAE J1349 e a INEN RTE 017”, realizada pelo grupo de investigação da Faculdade de Engenharia Automotiva da Universidade Internacional do Equador (Quito), no período entre 1º de maio de 2014 e 13 de julho de 2015. A investigação determinou o comportamento do biodiesel na altura, especificamente a 2.800 msnm, com misturas parciais de biodiesel, junto com diesel colombiano e equatoriano. *Metodologia:* descreve-se a análise matemática comparativa das amostras de biocombustíveis em percentagens B5, B10 e B30, provido pela empresa Lafabril, levando em conta fatores ambientais próprios do local onde os testes são realizados. *Resultados:* os dados obtidos no laboratório foram comprovados quantitativamente com as misturas parciais de biodiesel, e dessa forma foi que se obtiveram curvaturas de torque e potência igual do que a emissão de material particulado. *Conclusões:* com as características dos combustíveis locais e suas respectivas misturas parciais de biocombustível, obteve-se uma diminuição de material particulado e valores eficientes de torque e potência com o biocombustível B30, sendo este último o mais estável e regular, porque não teve picos nos dados obtidos.

Palavras chave: biodiesel, poluição, desempenho, desenvolvimento sustentável, normas.



1. Introducción: la contaminación y el parque automotor

La mayor y más importante problemática ha sido el inminente crecimiento progresivo del parque automotor que a su vez ha generado la búsqueda de soluciones que sean amigables con el medio ambiente y a un bajo costo. Por esta razón, en los biocombustibles se ve reflejada una solución energética viable que no genera mayor contaminación, y que por ende no afecta aún más al cambio climático dado por las emisiones de fuentes móviles por combustibles fósiles [1].

En cuanto a Sudamérica, se tomó como referencia Ecuador, específicamente en Quito a 2800 m s. n. m., ya que existe un laboratorio normado que valida las pruebas. El incremento del parque automotor genera niveles de contaminación ambiental, lo que según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), desde 2000 hasta 2014 se han comercializado 1 625 156 vehículos, como se observa en la figura 1 [2].

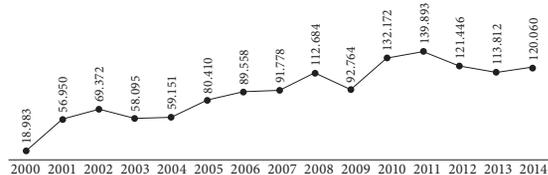


Figura 1. Ventas de vehículo por año (2000-2014)

Fuente: [2]

Según fuente de la AEADE, en el 2014 se comercializaron aproximadamente 21 000 unidades con motor diésel, lo que denota una considerable participación de un 20 % a nivel nacional [2], que sigue en aumento por sus favorables prestaciones y el menor costo del combustible.

Chevrolet domina el segmento de camionetas con su modelo D-Max con aproximadamente unas 10 000 unidades comercializadas, seguida por Mazda con su modelo BT-50, con cerca de 6500 unidades, y seguida por Toyota con su modelo Hilux con 2500 unidades comercializadas.

Este proyecto analizó el biodiésel como biocombustible alternativo para vehículos de combustión interna, encendido por compresión en la topografía y a 2800 m s. n. m.

Un biocombustible es un combustible de origen biológico hecho de manera renovable a partir de desechos orgánicos o denominados biomasa [3],

siendo el biodiésel un tipo de biocombustible que se obtiene a partir de grasas animales y vegetales que, sometido a procesos industriales, es utilizado como sustituto parcial o total del diésel [4].

Un estudio en Colombia de Narváez, Sierra y Montenegro [1] determinó el comportamiento de gases contaminantes y opacidad usando un modelo de predicción matemático por medio de un programa informático, para determinar la relación entre los datos experimentales y reales medidos en un motor estacionario con biodiésel de higuera con porcentajes de cargas variables y a una altura de 2600 m s. n. m. Así, establecieron que sí existieron diferencias, aunque en porcentajes difirieron, en solo un 3 % de opacidad.

En Ecuador, La Fabril S. A. es el único productor de biodiésel a partir de aceite de palma, aunque no se expenda localmente por políticas estatales. Este biocombustible cumple varias normas americanas y europeas con certificaciones ambientales y de calidad, y es exportado a varios países como Perú, Estados Unidos, Italia, Holanda [5], por nombrar algunos compradores.

Según un estudio en Cuba, donde se analizan nuevas materias primas como levaduras y microorganismos como nueva fuente, los aceites de palma, soya, girasol, canola, entre otros, y los aceites de frituras son reaprovechados para obtener biocombustibles. Este es el método más utilizado para la transesterificación como proceso industrial en el cual se reacciona al aceite con un compuesto químico para luego separar el biodiésel de otros compuestos como la glicerina [6].

El biodiésel posee características químicas adecuadas que mejora sus aplicaciones en comparación con el diésel, aspecto que lo hace más seguro en términos de manejo y transporte; además, contiene un alto número de cetano [7], genera un menor índice de contaminación y tiene una mejor lubricación [8]. Su obtención a partir de materias primas renovables causa una gran desventaja, ya que compite directamente con cultivos destinados para la industria alimenticia.

2. Metodología

Previo a la ejecución de las pruebas, se obtuvieron muestras de combustibles que se utilizaron para los ensayos, con sus respectivos porcentajes de biocombustibles. De la misma manera, se detalla

el tipo de vehículo por utilizar para los ensayos y la respectiva normativa que se debe seguir, con el fin de obtener los resultados cuantitativos según las condiciones de altitud y geografía locales.

2.1 Combustible

Los combustibles fósiles por utilizar fueron comparados entre un ecuatoriano y un colombiano, ya que por su geografía poseen alturas similares, y tienen las características propias de cada combustible que se utilizará en función de sus respectivas normativas locales [9] (tabla 1).

El biocombustible utilizado para el presente estudio es el obtenido gracias al apoyo de la empresa La Fabril S. A. que cumple altos estándares internacionales, normas ambientales y de calidad, cuyas características se observan en la tabla 2.

Tabla 1. Características de los combustibles diésel ecuatoriano y colombiano

Requisitos	Mínimo	Máximo
	Ecuador	Colombia
Azufre	500ppm	50 ppm
Punto de inflamación	51°C	50°C
Agua y sedimento	0,05 %	0,05 %
Viscosidad cinemática	2,5-6cst*	1,9-5cst**
Índice de cetano	45	45
Temperatura de destilación 90 %	360°C	360°C

*viscosidad cinemática a 37,8°C

**viscosidad cinemática a 40°C

Fuente: [9]

Tabla 2. Características del biodiésel de palma

Requisitos	Valores
Cenizas	<0,005 % (en peso)
Agua y sedimentos	562 ppm
Punto de inflamación	125°C
Punto de nube	14°C
Viscosidad a 40°C	4,608 cst
Índice de cetano	62,3
Destilación	350°C

Fuente: [10]

El siguiente paso para la realización de las pruebas fue obtener las mezclas parciales de biodiésel B5, B10 y B30, siendo la letra B el biodiésel y el número, el porcentaje de mezcla, para lo cual se utilizó una probeta graduada para el tanque alterno de pruebas en el biodiésel.

2.2 Vehículo de pruebas

El vehículo de pruebas es una camioneta cuyo modelo es uno de los más comercializados en Ecuador, de marca Chevrolet modelo D-Max, cuya elección se realizó por la influencia de la marca y la representación que tiene en el país, siendo el segmento de camionetas más comercializado a nivel local.

Así pues, se toman en cuenta los parámetros de seguridad y el mantenimiento preventivo del vehículo en todos sus sistemas de alimentación de combustible y de seguridad, tanto activa como pasiva, para garantizar el óptimo desempeño en las pruebas dinámicas y estáticas en el laboratorio.

2.3 Normativa

En la fase experimental se utilizaron dos normas: la primera es local, del Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN 017:2008), cuyo propósito es el control de emisiones contaminantes de fuentes móviles, sean importados o de fabricación nacional por categorías y sus respectivos límites de emisiones [11]. La segunda norma para la ejecución de las pruebas es la americana SAE J1349, que determina el desempeño en un motor a plena carga con valores de torque y potencia en un dinamómetro, como se observa en la tabla 3, tomando los valores atmosféricos referenciales en el momento de ejecutar los ensayos [12].

Tabla 3. Condiciones atmosféricas

	Condición estándar	Rango de límite
Presión (absoluta) de entrada de aire	100 Kpa	--
Presión (absoluta) de aire seco	99 Kpa	90/105 Kpa
Temperatura de entrada de aire	25°C	15 - 35 °C

Fuente: [12]

Se eligió la norma SAE J1349, ya que considera el funcionamiento del vehículo con todos sus dispositivos como bomba de agua, bomba de aceite, alternador, electro ventilador. Por su parte, la norma alemana DIN 70020 no considera a los dispositivos antes mencionados, y mide la potencia neta solamente en el motor.

2.4 Protocolo de pruebas

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de pruebas del Centro de Capacitación e Investigación en Control de Emisiones (CCICEV), que cuenta con equipos normados y se dedica a temas de investigaciones referentes a la contaminación y emisiones vehiculares, además de homologaciones y certificación de carrocerías. El CCICEV está ubicado en el centro norte de Quito a 2800 m s. n. m. Si bien este proyecto está dirigido a comprobar el uso de biodiésel y medir su rendimiento en un motor a través de torque y potencia, también se realizaron pruebas de opacidad para entender que el cambio de combustible afecta la contaminación.

2.5 Sistema auxiliar de combustible

Para el ingreso del nuevo combustible con los porcentajes descritos, se adaptó un sistema en paralelo

de alimentación. En la figura 2 se aprecia el tanque y su ubicación en el vehículo etiquetando cada salida, entrada y retorno del combustible.

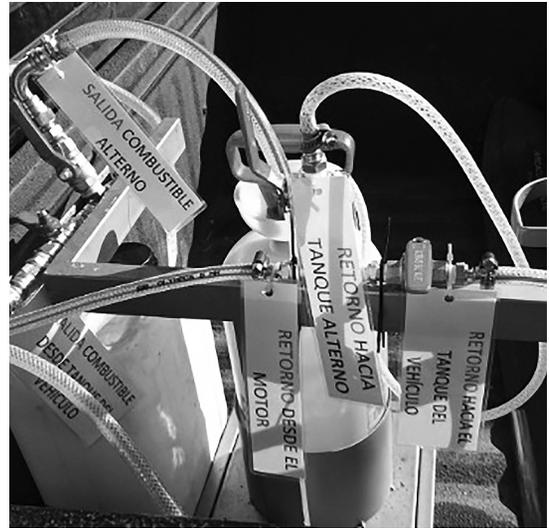


Figura 2. Válvulas y tanque alternativo del sistema adicional de combustible

Fuente: elaboración propia

En la figura 3 se indica el diagrama hidráulico del sistema de combustible alternativo y del vehículo que se diseñó para los ensayos.

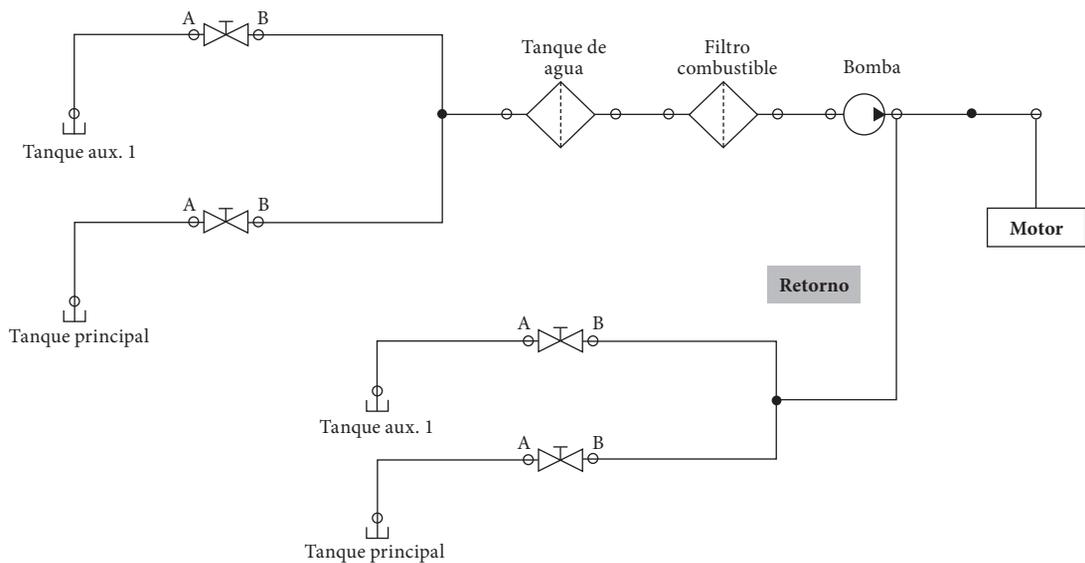


Figura 3. Diagrama hidráulico

Fuente: elaboración propia

3. Resultados

Un estudio previo en Guatemala, llevado a cabo en una camioneta Nissan Frontier, en el cual se utilizó biodiésel puro y se comparó con otro vehículo similar con diésel, determinó las correlaciones entre gases emitidos que denotaron una reducción de un 70 % aproximadamente en monóxido de carbono (CO), además de una reducción de potencia de cerca de un 11 % en comparación con el vehículo diésel [13]. Lo que el presente estudio utilizó fueron mezclas establecidas en proporciones B5, B10 y B30 de biodiésel para las pruebas de laboratorio.

Los resultados de las pruebas con las mezclas de biodiésel en porcentajes B5, B10 y B30 fueron comprobados y testeados con los combustibles ecuatoriano y colombiano.

De las figuras 4, 7 y 8 se tomó una medida de los tres ensayos y se obtuvo un dato por cada combustible, mientras que para los ensayos de opacidad estática se elaboró una tabla con las tres mediciones respectivas y su promedio, y el mismo procedimiento se realizó para la tabla 6 cuyos valores son de opacidad dinámica o Lug Down.

En la figura 4 se muestran las gráficas obtenidas en el banco de pruebas, comenzando con la curva de color azul denominada potencia a las ruedas, que es la medida en el vehículo que le sigue a la formación de la curva verde, la cual se genera al desacelerar el vehículo y es denominada potencia de arrastre. Por su parte, la curva de color rojo es la potencia normal, que es el resultado del producto de la potencia a las ruedas multiplicado por un factor de corrección dado en función de la norma por medio de los datos del ambiente.

Los valores del ambiente que se obtuvieron en el momento del ensayo determinan el factor de corrección para conseguir la potencia normal, como lo establece la norma SAE J1349 [14].

La tabla 4 recopila los datos del combustible ecuatoriano por cada ensayo de torque y potencia (ver figura 10) y los respectivos valores medios determinados de RPM, potencia en HP (caballos de potencia) y par motor en Nm (Newton por metro).

La tabla 5 muestra los resultados de la prueba de opacidad estática según la norma local NTE INEN 2202, que establece el método de determinación de opacidad por el método de aceleración libre [16], además de recopilar las rpm alcanzadas por cada ensayo, y así mismo el porcentaje de desviación y de opacidad.

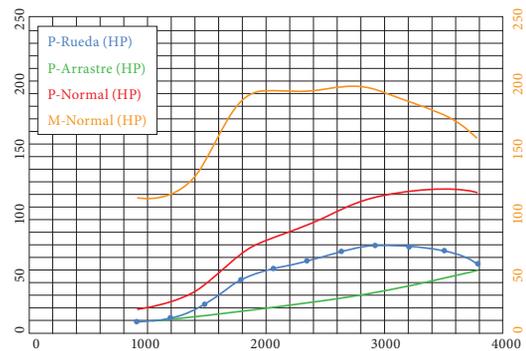


Figura 4. Ensayo con diésel ecuatoriano

Fuente: [15]

Tabla 4. Prueba de torque y potencia diésel ecuatoriano

	RPM	Potencia (HP)	Par Motor (Nm)
Ensayo 1	2710	114,98	264,79
Ensayo 2	2620	113,6	273,6
Ensayo 3	2695	111,4	265,74
Promedio	2675	113,33	268,04

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Prueba de opacidad estática del diésel ecuatoriano

	RPM	Desviación	Opacidad
Ensayo 1	2500	5 %	9 %
Ensayo 2	2500	1 %	8 %
Ensayo 3	2500	1 %	6 %

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Prueba de opacidad dinámica diésel ecuatoriano

Análisis de humo al 100 vel. máx.	RPM	Opacidad
$k(m^{-1}) = 0,24$	2627	9,81 %
Análisis de humo al 90 vel. máx.	RPM	Opacidad
$k(m^{-1}) = 0,21$	2368	8,63 %
Análisis de humo al 80 vel. máx.	RPM	Opacidad
$k(m^{-1}) = 0,20$	2105	8,24 %
Promedio	2366,67	8,89 %

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se observan los valores obtenidos en la prueba de opacidad dinámica o Lug Down, en función del 100 %, 90 % y 80 % de la potencia máxima, respectivamente, los rpm alcanzados y el porcentaje final de opacidad por cada ensayo y su promedio en cada variable.

3.1 Análisis de resultados

En la figura 5 se aprecian las potencias obtenidas por cada combustible en el banco de pruebas, el combustible ecuatoriano posee la mejor potencia, seguido por el diésel colombiano, mientras que en los biocombustibles el B10 posee el menor valor y el B5 fue el de mayor valor.

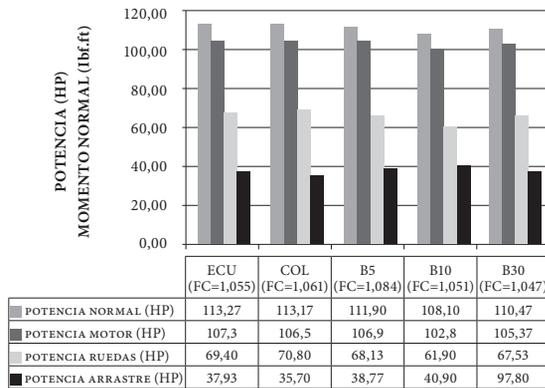


Figura 5. Gráfico de potencias
Fuente: elaboración propia

El factor de potencia que resulta en la potencia normal es dado por la norma SAE J1349, en función de los valores del ambiente, que puede variar según las condiciones geográficas como la temperatura, densidad del aire, presión atmosférica, humedad relativa, y determinar así el factor de corrección.

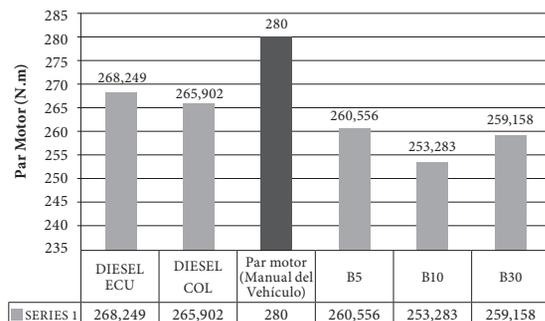


Figura 6. Gráfico de par motor vs. combustibles
Fuente: elaboración propia

En la figura 6 se aprecia que el par motor más alto está dado en el combustible ecuatoriano, mientras que el biodiésel B5 mostró el valor más alto seguido por el B30, y el B10 obtuvo el valor más bajo entre los biocombustibles. Estos valores están muy por debajo de lo que indica el manual del vehículo con 280 Nm, debido a que los ensayos en el vehículo están dados en condiciones ideales y de ahí radica el valor superior a los obtenidos en el banco de pruebas.

En la figura 7 se observa un pico en el valor de opacidad del diésel ecuatoriano y el valor más bajo estuvo dado en el biodiésel B10; el B30 registró el valor más alto entre los biocombustibles, pero estos valores están por debajo de lo que indica la norma local de 50 % de opacidad para los vehículos a partir del 2000 y de 60 % para los vehículos de 1999 y años anteriores.

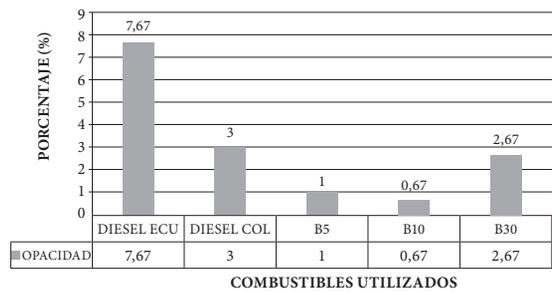


Figura 7. Gráfico de opacidad estática
Fuente: elaboración propia

La figura 8 muestra en términos de opacidad dinámica que el diésel ecuatoriano tuvo el valor más alto, mientras que el colombiano tuvo el más bajo de todos los combustibles; para los biocombustibles, el B30 obtuvo el menor valor. Lo anterior denota que estos valores siguen muy por debajo de lo que establece la norma local antes mencionada.

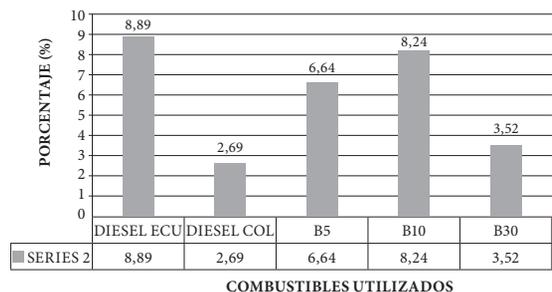


Figura 8. Gráfico de opacidad dinámica
Fuente: elaboración propia

4. Discusión y conclusiones

- En términos de opacidad estática y dinámica, todos los valores obtenidos en los ensayos estuvieron bajo la norma INEN 2207, encargada de limitar los valores máximos permisibles de opacidad para vehículos de combustión interna y encendido por compresión [17], cuyo valor máximo estuvo dado por el combustible ecuatoriano con 7,67 % y los valores más bajos se obtuvieron para el biodiésel B5 y B10 con 1 % y 0,67 %, respectivamente.
- La desventaja de potencia entre el combustible ecuatoriano y el colombiano se ve recompensada al bajar la opacidad considerablemente en ambos ensayos de opacidad estática y dinámica.
- Los valores de potencia y de par motor en el biocombustible B30 fueron los más estables y regulares de todos, ya que no tuvieron picos de valores que difieran entre ensayos realizados.
- Las concentraciones de azufre en partículas por millón (ppm) se vieron reflejadas en el bajo porcentaje de opacidad para el diésel colombiano, lo que denota una mejor calidad del combustible [18].
- Los vehículos diésel tienen una menor pérdida de potencia en la altura, ya que poseen sistemas turbo cargado que mejoran el llenado de aire en los cilindros [14], cuyo valor está en un 1 % por cada mil metros sobre el nivel del mar; aún con biodiésel su valor no disminuyó considerablemente.
- El consumo de biodiésel aumenta en los climas fríos debido a que sus partículas están cohesionadas, de tal forma que en el sistema de combustible debe ingresar más biocombustible para recompensar la pérdida de potencia [19].
- A mayor concentración de mezcla parcial de biodiésel, más se visualiza la disminución del característico humo negro de los vehículos diésel que en los ensayos disminuyó su opacidad satisfactoriamente.

Referencias

- [1] F. Narváez, F. Sierra y M. Montenegro, "Modelo basado en redes neuronales para predecir las emisiones en un motor diésel que opera con mezclas de Biodiesel de Higuerilla", *Informador Técnico*, no. 76, pp. 46-61, enero 2012.
- [2] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE. *Anuario 2014*. Quito, Ecuador: Gestión creativa, 2014, p. 24. [en línea]. Disponible en <http://tinyurl.com/h9nx8ug>.
- [3] P. N. Benjumea, J. R. Agudelo y L. A. Ríos, "Propiedades de flujo a baja temperatura del biodiésel de aceite de palma", *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, vol. 42, pp. 94-104, diciembre 2007.
- [4] M. Camps y F. M. Martín, *Los Biocombustibles*. Madrid, España: Mundiprensa, 2004. pp. 65-69.
- [5] NextFuel, "Biodiésel Argentina" [en línea]. Disponible en: <http://biodiesel.com.ar/historia-del-biodiesel>.
- [6] E. Pérez, M. Otero A. Delgado, "Producción de biodiésel a partir de organismos oleaginosos. Una fuente de energía renovable", *ICIDCA*, vol. 46, no. 1, pp. 22-32, 2012.
- [7] G. Knothe, *The Biodiesel Handbook*. Champaign, Illinois: AOCs Press, 2005. pp. 137-139.
- [8] P. Benjumea, J. Agudelo A. Agudelo, *Basic Properties of Palm Oil Biodiesel-Diesel Blends*. Antioquia, Colombia: Elsevier, 2007. pp. 2069-75.
- [9] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2012 Derivados del Petróleo. Diésel requisitos; séptima revisión*. Quito, Ecuador: INEN, 2012. [en línea]. Disponible en <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1489.2012.pdf>.
- [10] S. M. Rincón y D. M. Martínez, "Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria", *Revista Palmas*, vol. 30, n.º 2, pp. 11-24, 2009. [en línea]. Disponible en: publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432/1432
- [11] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), "Legal Office FAOLEX" [en línea]. Disponible en <http://faolex.fao.org/docs/texts/ecu83403.doc>
- [12] SAE International, *SAE J1349. Engine Power Test Code. Spark Ignition and Compression Ignition, Net Power Rating*. Warrendale, 2004.
- [13] G. Zambrano, C. Sosa y A. Hernández, "Emisión de gases en vehículo experimental diésel-biodiésel", *Revista Universidad del Valle*, no. 27, pp. 64-67, 2014.
- [14] W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines* (2da. ed.). Platteville, USA: Prentice Hall, 2003. p. 382.
- [15] Centro de Capacitación e Investigación en Control de Emisiones (CCICEV), Ladrón de Guevara y Toledo (Campus Rubén Orellana), Quito-Ecuador.
- [16] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), "Public Resource Org", dic., 2012 [en línea].

- Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n-te.2202.2000.pdf>
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), "Public Resource Org", 2011 [en línea]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.n-te.2207.2002.pdf>
- [18] T. D. Durbin, J. R. Collins, J. M. Norbeck y M. R. Smith, "Effects of Biodiesel, Biodiesel Blends, and a Synthetic Diesel on Emissions from Light Heavy Duty Diesel Vehicles", *Environmental Science & Technology*, vol. 34, no. 3, pp. 349-355, 2000. [en línea] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1021/es990543c>
- [19] W. Wang, D. Lyons, N. Clark, M. Gautam, M y P. Norton, "Emissions From Nine Heavy Trucks Fueled by Diesel and Biodiesel Blend Without Engine Modification", *Environmental Science & Technology*, vol. 34, no. 6, pp. 933-939, 2000 [en línea]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1021/es981329b>

