



TRABAJO TEORICO EXPERIMENTAL

Comparación de las emisiones en motores que utilizan combustible e0 y e10 en régimen transitorio

Emission comparisson of engines using e0 and e10 fuel during transient driving cycle

Hernán Darío Hernández Arévalo¹
Guillermo Jiménez Chavarro¹

Daniel Mateo Aguirre¹
Juan Miguel Mantilla G²

¹ Ingeniero Mecánico, Investigador, Universidad Nacional de Colombia.

² Ingeniería Mecánica, Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia
Email: jmmantillag@unal.edu.co

[Licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional.](#)



Recibido: junio del 2017

Aprobado: octubre del 2017

RESUMEN/ABSTRACT

Este artículo tiene como propósito presentar la implementación de un ciclo de prueba transitorio para motores de combustión interna, particularmente el ciclo de conducción modo 10 japonés sobre un banco de pruebas en un laboratorio. Este ciclo transitorio se realizó con el fin de comparar las emisiones máscas de CO y CO₂ para gasolina corriente E0 y gasohol E10 en condiciones similares a las de operación real de un vehículo, siendo utilizados un motor con alimentación por carburador y un motor con alimentación por inyección. Adicionalmente, se reporta el consumo de combustible de cada motor durante el ciclo utilizando gasolina E0 y E10. En este trabajo se utilizaron dos metodologías diferentes para medición de emisiones contaminantes, con el fin de contrastar y validar los resultados obtenidos. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Motores de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Palabras clave: *Ciclo de conducción transitorio, Biogasolina, Emisiones, CO, CO₂.*

This article has the objective to present the implementation of a transient cycle test for internal combustion engines, particularly the Japanese urban driving cycle 10-Mode on a test bench in a laboratory. This transient cycle was realized in order to compare the mass emissions of CO and CO₂ for current E0 fuel and E10 gasohol in similar conditions to the real operation of a vehicle, being used an engine whit carburetor and an engine whit injection fuel. Additionally, fuel consumption of each engine during the driving cycle is reported using gasoline E0 and E10. In this project two different measurement methodologies were used to measure the pollutant emissions, in order to compare and validate the results obtained. The tests were realized in the Engines Laboratory of the Universidad Nacional de Colombia.

Key words: *Transient driving cycle, Biogas, Emissions, CO, CO₂.*

INTRODUCCION

Desde comienzos de la segunda mitad del siglo XX, la utilización de aditivos y mezclas de diferentes combustibles, con el fin de mejorar la eficiencia y desempeño de los motores de combustión interna, se convirtió en un área importante en la

investigación.

Esto se debe a la actual necesidad de buscar combustibles alternativos que puedan ser obtenidos de fuentes renovables, mejorando el desempeño y reduciendo tanto las emisiones de contaminantes como de gases efecto invernadero. Una de las soluciones más utilizadas hasta la fecha ha sido la selección del etanol como aditivo para la gasolina, debido a sus propiedades como oxigenado y por la posibilidad de su obtención a partir de fuentes naturales o desechos [1].

Desde la etapa de desarrollo del motor de combustión ha existido la discusión sobre la concepción del etanol como un combustible opcional. Sin embargo, sólo hasta 1970, la utilización del etanol como aditivo a la gasolina comenzó a tomar fuerza, comenzando en Brasil, seguido de USA y Canadá [1]. En 1992 con la ley de Políticas energéticas (*Energy Policy Act*), se definen las mezclas de gasolina y etanol (E10) y (E85), (mezclas con contenidos de 10% v/v y 85% v/v etanol) como combustibles alternativos, reduciendo además impuestos para los usuarios que compraran vehículos capaces de utilizar este tipo de combustibles. En Colombia se promulgó la ley 693 de 2001, en la cual se estableció que las ciudades con más de 500 mil habitantes, como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, deberían utilizar una mezcla de 92% v/v de gasolina y 8% v/v de etanol.

Como resultado del creciente interés por el etanol como aditivo para combustibles, se han realizado diferentes estudios, donde se evalúan las características de motores con la utilización de estos combustibles. Al-Hasan (2002) y Koç (2009) estudiaron diferentes mezclas de gasolina, reportando que la utilización de etanol incrementa el torque, la potencia de frenado y disminuye el consumo específico de combustible, junto con las emisiones de CO y HC [2]-[3]. Mencionando también el potencial de mejorar las relaciones de compresión del motor debido a sus excelentes propiedades anti-*knock*. La reducción de las emisiones de CO se debe a las características de flamabilidad y oxigenación del etanol; presentando adicionalmente una mejora en la potencia de salida, eficiencia y economía del combustible [4]. Sin embargo, debido a las constantes modificaciones en la tecnología, composición de los combustibles y condiciones de operación, se requiere de una constante evaluación del impacto en el rendimiento y las emisiones de este tipo de combustibles. Como por ejemplo, Suarez-Bertoa y Zerdini (2015) evalúan las emisiones de un vehículo Euro 5ª con 9 diferentes mezclas de gasolina y etanol bajo el ciclo de prueba WLTC (*World harmonized Light-duty vehicle Test Cycle*) [5], reportando una reducción en las emisiones de NO_x y un incremento en las emisiones de CO, CH₄ y carbonilos en las mezclas con altos contenidos de etanol, mientras que Clairotte (2013) y Lodice (2016) estudiaron los efectos en las emisiones de las bajas temperaturas durante el encendido en frío utilizando diferentes mezclas de gasolina y etanol para motores de últimas generaciones, reportando un incremento de las emisiones de carbonilos y acetaldehídos a bajas temperaturas[6-7]. En varias ocasiones, los resultados reportados por la literatura, frente a los efectos del etanol sobre los parámetros de operación y emisión de contaminantes, suelen presentar algunas contrariedades. Por esta razón, en [8], se realiza un análisis multivariable de desempeño y emisiones en dos tipos diferentes de motores, utilizando diferentes mezclas de gasolina y etanol, reportando que los efectos en el torque, duración de la combustión y emisión de contaminantes son altamente dependientes de variables como la velocidad del cigüeñal, avance en el tiempo de encendido, relación de equivalencia, relación de compresión, carga aplicada, entre otros.

En Colombia, el parque automotor de vehículos presenta una distribución de edades muy variada. Según las estadísticas del Ministerio de Transporte del 2015 se registró que el 43% de los vehículos tienen edades mayores a 13 años, mientras que el 25% de los vehículos son modelos entre el 2002 y 2009, y el 32% de los vehículos son modelos entre 2010 y 2015. Esta situación presenta un escenario interesante para analizar desde el punto de vista de los variados tipos de motores y su relación con el combustible que se utiliza. Es por ello que en este trabajo se analiza el efecto de la utilización de 10% de etanol en la gasolina en dos motores con diferente sistema de alimentación, observando cómo afecta en la curva de potencia máxima y emisiones de CO, CO₂ y O₂ durante un ciclo dinámico característico. Como metodología principal de análisis, se utilizaron dos tipos diferentes de obtención de datos: por medición directa y por medio de extracción de muestra en bolsa tedlar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este estudio se realizaron tres tipos de pruebas, descritas a continuación:

- Prueba de potencia bajo la norma NTC 1930.
- Prueba de caracterización del freno

El objetivo de esta prueba es obtener un caudal y una graduación fija del volante de carga del freno hidráulico, que produzca un rango de potencia que esté dentro del intervalo de revoluciones que maneja el ciclo. Para el ciclo calculado del motor 1 las rpm oscilan entre 600 rpm –1260rpm, que corresponde a una potencia entre 2.1 kW y 9.07 kW. Para el motor 2 entre 600 rpm 1380 rpm que corresponden a una potencia entre 2.1 kW y 6.45 kW. Los ciclos en términos de potencia se muestran en las figuras 6 y 14.

- Prueba de ciclos transitorio

En esta práctica se busca obtener las emisiones contaminantes en el ciclo de calle elegido. Se hicieron dos tipos de prueba. La primera toma las medidas por medio del equipo analizador de gases (*SUN Gas Analyzer 1400* resolución $\pm 0.2\%$ v/v). La sonda de este equipo se ubica en el tubo de escape y se graban los datos que arroja a medida que se realiza el ciclo de trabajo. Posteriormente se ajustan los datos del tiempo de ciclo de acuerdo con el retraso de medición que tiene el equipo analizador. La segunda forma consiste en depositar los gases de escape en las bolsas de Tedlar, utilizando una bomba de vacío y el sistema de extracción mostrados en la Fig. 1.

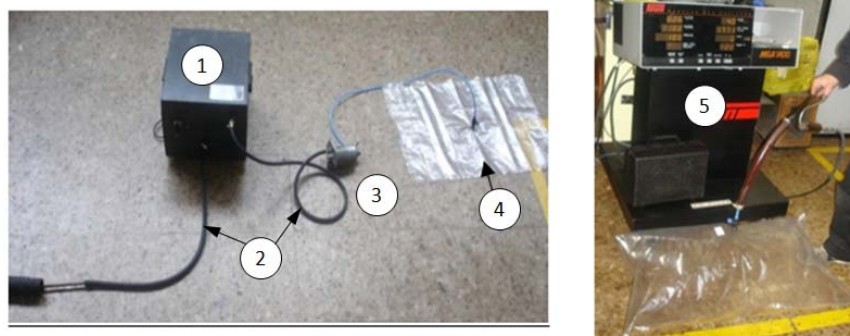


Fig. 1. Sistema de extracción de gases.

El sistema de extracción de gases tiene los siguientes componentes:

1. Bomba de vacío
2. Mangueras
3. Filtro de humedad
4. Bolsa Tedlar.
5. Equipo para el análisis de gases

La recolección de los gases se hace desde el ducto de escape, en donde se introduce el tubo de cobre que está sujeto a una manguera de alta temperatura que es punto de entrada a la bomba de vacío. A la salida de la bomba hay una manguera de alta temperatura, que conecta con la trampa de humedad compuesta por gel de sílice depositada en un recipiente. La salida es graduable para controlar el flujo que entra a la bolsa a través de una manguera de uso neumático. Una vez la bolsa está llena, se conecta el analizador de gases para realizar la toma de las medidas. El tiempo de estabilización del analizador es de aproximadamente 2 minutos para la toma de la medida inicial, después de alrededor de 7 minutos se procede a la segunda toma de medidas que es aproximadamente la mitad del contenido de gas que había inicialmente en la bolsa. La diferencia entre la toma de las medidas debe ser mínima, ya que un cambio grande podría indicar que hay filtraciones de aire en la sonda. Para evitar esto, la sonda del equipo SUN es recubierta con una manguera que ayuda a que el equipo sólo succione el contenido de la bolsa. A la izquierda de la Fig. 1, se puede observar la disposición de los elementos para la toma de estas medidas.

CICLOS

El tráfico vehicular es una de las principales causas de contaminación en las ciudades [9]. El incremento en los vehículos de transporte resulta en serios problemas de movilidad que consisten en frecuentes paradas o intensa conducción (aceleración y desaceleración continuas). Las emisiones producidas por los vehículos son afectadas por patrones de conducción, las cuales dependen significativamente de las condiciones del tráfico. Los ciclos han sido desarrollados para entregar un perfil de velocidad contra tiempo, que es representativo de las zonas urbanas. Son usados para asimilar modos de conducción sobre un banco de dinamómetro de chasis para la evaluación del consumo de combustible y las emisiones **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

El ciclo de trabajo seleccionado para la prueba fue el modo 10 japonés, que simula condiciones de manejo urbanas. Un segmento de este ciclo recorre una distancia de 0.664 km a una velocidad promedio de 17.7 km/h con una duración de 135 s. La máxima velocidad es de 40 km/h.

Tradicionalmente este tipo de pruebas se realiza en un banco de rodillos. Sin embargo, para este caso los motores analizados serán montados en el banco de pruebas con freno hidráulico del laboratorio de. Por ésta razón, se debe hacer una conversión del ciclo original, que tiene un perfil velocidad-tiempo, a un perfil velocidad de giro (rpm)-tiempo, el cual se obtuvo haciendo una relación entre la caja de cambios, diferencial y ruedas, con la velocidad que tiene el perfil original. Los motores sobre los que

se realizan las pruebas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Referencias motores utilizados en las pruebas.

	MOTOR 1	MOTOR 2
DIAMETRO DEL CILINDRO	92 mm	54,4mm
CARRERA	93,8 mm	80 mm
VOLUMEN BARRIDO	2494 cm ³	747 cm ³
SISTEMA DE ALIMENTACION	Inyección multipunto	Carburador
POTENCIA MAXIMA	76.5 kW a 3000 rpm	19.9 kW a 4500 rpm

RESULTADOS Y ANÁLISIS

MOTOR 1

Potencia

Las pruebas de potencia bajo NTC 1930 para el motor 1 mostraron que, en este equipo con sistema de alimentación por inyección de combustible, la potencia máxima se incrementa 2.9% cuando se emplea combustible E10. Los valores de torque máximo y el consumo específico de combustible, a potencia máxima, aumentan para E10 1.2% y 3.3% respectivamente. Las curvas de potencia, torque y consumo específico de combustible obtenidas en todo el rango de operación del motor muestran en la Fig. 2, 3 y Fig. 4 respectivamente.

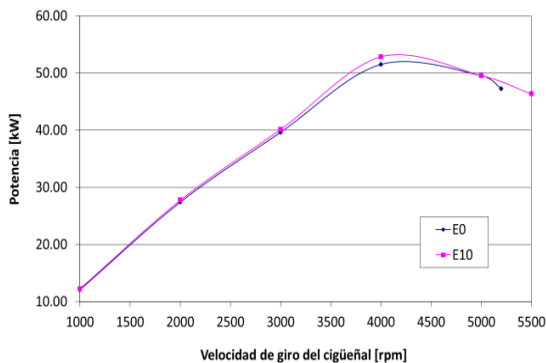


Fig. 2. Curvas de Potencia máxima para gasolina E0 Y E10 (Motor 1).

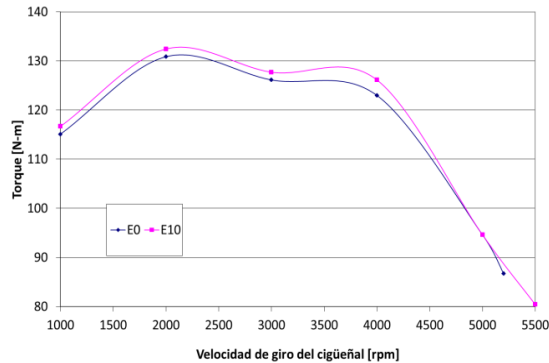


Fig. 3. Curvas de Torque máximo para gasolina E0 Y E10 (Motor 1).

Ciclo Transitorio

Teniendo en cuenta las características técnicas de este motor, se convirtió el ciclo 10-Mode de velocidad – tiempo a un ciclo rpm – tiempo (Fig. 6 iz.), aplicando una carga de 14 kW a 2500 rpm en el freno hidráulico (Heenan-Froude referencia B47-912, capacidad 112 kW). Se obtiene una trayectoria de carga bajo la línea de potencia máxima mostrada en la Fig. 5 y el ciclo de potencia tiempo mostrado en la Fig. 6.

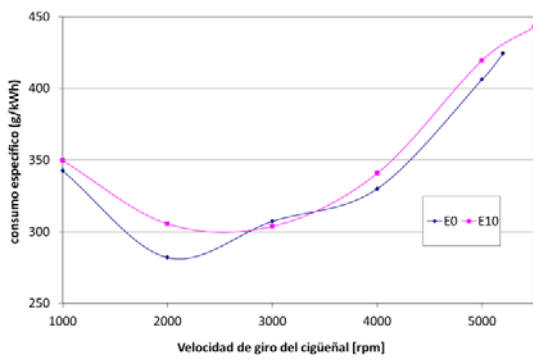


Fig. 4. Consumo específico de Combustible.

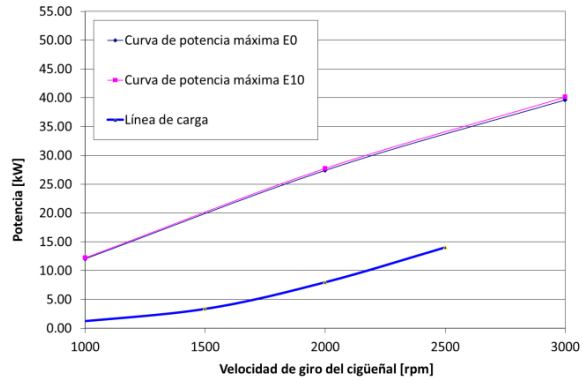


Fig. 5. Curva de carga.

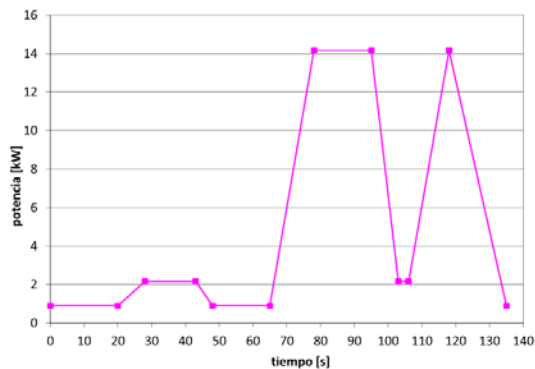
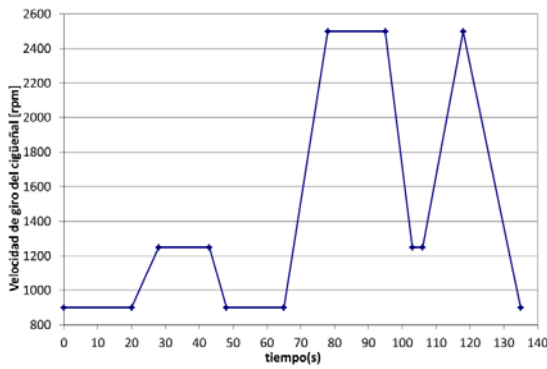


Fig. 6. Ciclo Modo 10 japonés de velocidad del motor (iz.) y potencia aplicada (der.) calculado para el motor 1.

Emisiones

Los datos adquiridos en tiempo real mostraron que el combustible E10 reduce la emisión, en fracción másica, de CO en 33.94%, incrementa la emisión de O₂ en 20.97%, y los valores de CO₂ presentan un cambio de -0.98%. Este comportamiento se muestra en la Fig. 7 y puede explicarse con el valor de la relación de equivalencia, la cual en promedio fue un 4% menor para E10 con respecto a E0. Esto plantea un escenario donde la mezcla es más pobre, en el cual la combustión mejora un poco con respecto a E0. La Fig. 8, presenta las emisiones másicas para cada tipo de prueba realizada. Se observa que las diferencias entre las dos técnicas utilizadas son pequeñas, y se encuentran alrededor de 9.13% para el CO, de 0.15% para el CO₂ y 0.8% para el O₂. Así mismo, se ve una tendencia similar para las emisiones de CO y O₂ de ambos combustibles, con cambios respecto a la gasolina E0 de -28.63% y 30.74%, respectivamente. Mientras que la emisión de CO₂ presenta un cambio de 7% mayor para el E10, causado principalmente por el incremento de 7.3% en el consumo de combustible (Fig. 9). Algo similar se observa en la emisión de CO y CO₂ en unidades de gramo por kilómetro (Fig. 10).

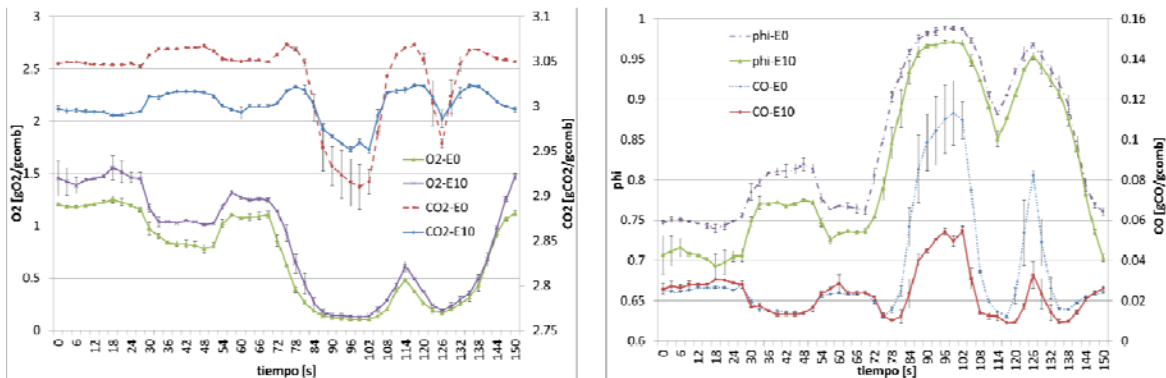


Fig. 7. Emisiones y relación de equivalencia para E0 y E10 - ciclo 10 mode.

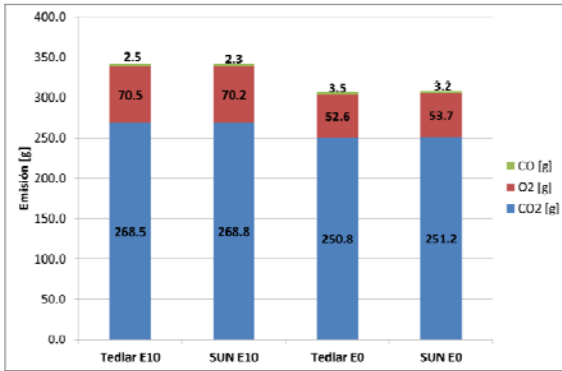


Fig. 8. Emisión másica para los dos tipos de mediciones.

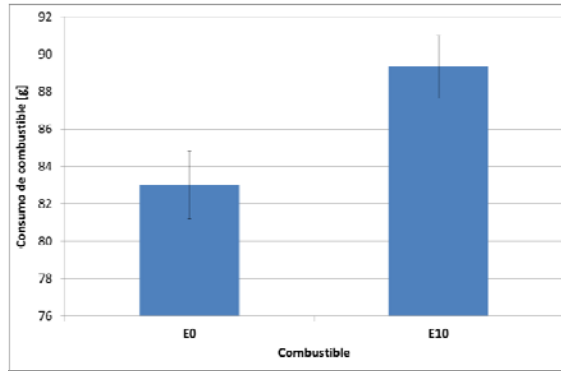


Fig. 9. Consumo de combustible para E0 y E10- Motor 1.

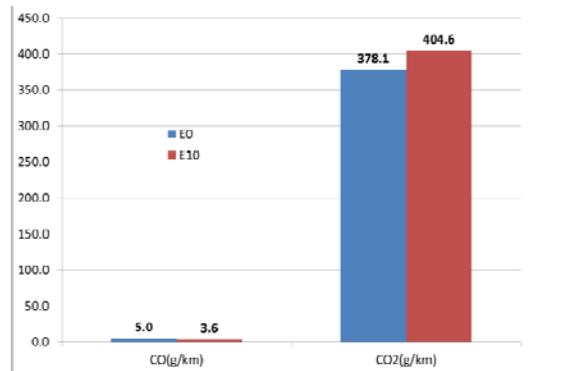


Fig. 10. Emisión de CO y CO2 en gramos por kilómetro.

MOTOR 2

Potencia

Las pruebas de potencia bajo NTC 1930 para el Motor 2 mostraron que, en este equipo, que posee un sistema de alimentación por carburador, la potencia máxima se disminuye en 3.5% cuando se emplea combustible E10. Sin embargo, como se muestra en la Fig. 11, los valores de potencia obtenidos para el combustible E10 son ligeramente mayores en los demás puntos. Los valores de torque máximo y el consumo específico de combustible a potencia máxima aumentan un 4,6% y 0,5% respectivamente. Las curvas de torque y consumo específico de combustible obtenidas en todo el rango de operación del motor se muestran en las figuras 12, 13, respectivamente. La realización de las pruebas de potencia bajo NTC 1930 para el motor 2 de carburador muestra que la curva de potencia empleando gasolina E10 toma valores superiores que la obtenida con gasolina E0 con excepción del punto de potencia máxima. Con la gasolina E10 se obtiene una curva de torque con el punto de potencia máxima a menores rpm y en la mayoría de su extensión toma valores superiores comparados con la curva para gasolina E0. El motor de la prueba tiene un menor consumo específico de combustible a bajas rpm empleando gasolina E10 y una mayor relación A/F.

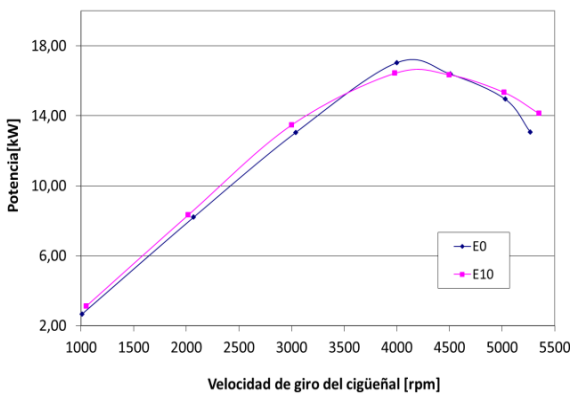


Fig. 11. Curvas de Potencia máxima para gasolina E0 Y E10 (Motor 2).

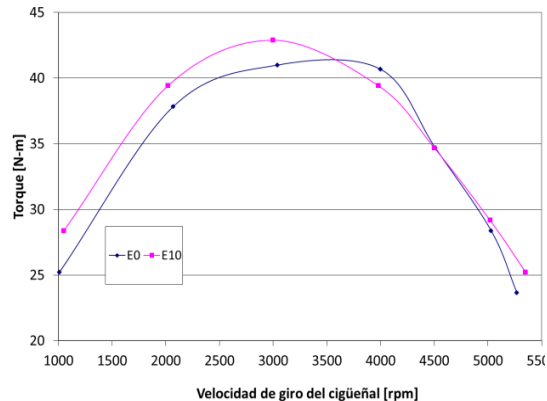


Fig. 12. Curvas de Torque máximo para gasolina E0 Y E10 (Motor 2).

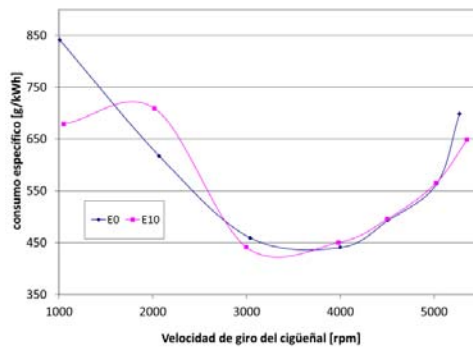


Fig. 13. Consumo específico de combustible para el motor 2 empleando combustible E0 y E10.

Ciclo transitorio

Teniendo en cuenta las características técnicas de este motor, se convirtió el ciclo 10-Mode de velocidad-tiempo a velocidad de giro del cigüeñal. Para este caso se aplicaron dos cargas diferentes en el freno hidráulico, la primera, aplicando 4,5 kW a 2500 rpm y, la segunda, aplicando 8,3 kW a 2500 rpm. En la Fig. 14, se muestran los ciclos de potencia obtenidos, con respecto al ciclo calculado. Adicionalmente, las trayectorias de carga con respecto a la línea de potencia máxima se ilustran en la Fig. 15. El ciclo de baja carga se realizó mediante la aplicación de 2 vueltas en el volante de carga del freno, y el ciclo de mayor carga, graduando en 4 vueltas la posición del volante de carga, con el fin de compensar la incapacidad de este equipo de producir una carga significativa a bajas revoluciones.

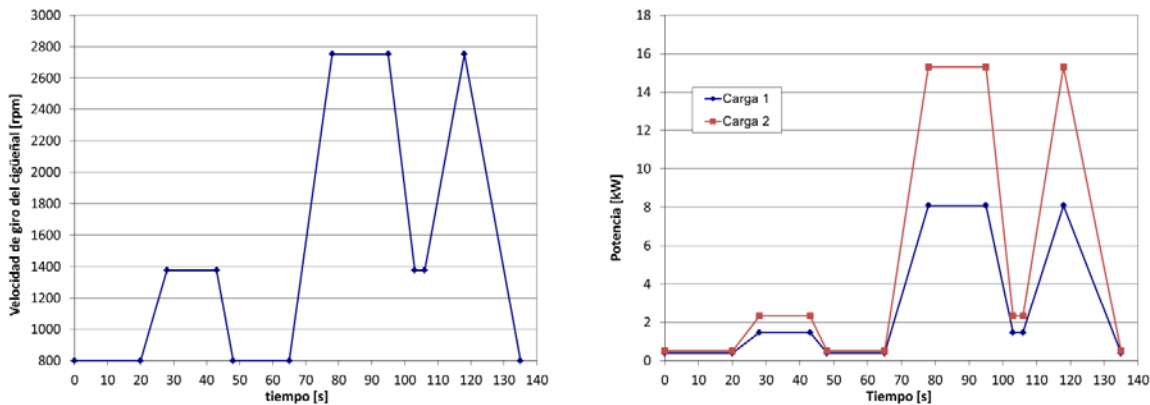


Fig. 14. Ciclo Modo 10 japonés de velocidad del motor (iz.) y potencia aplicada (der.) calculado para el motor 2.

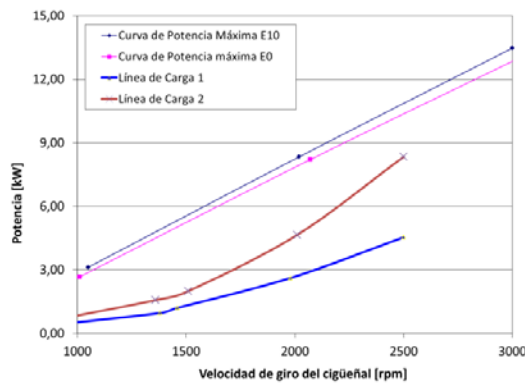


Fig. 15. Curvas de carga Motor 2.

Emisiones

Los datos adquiridos en tiempo real mostraron que el combustible E10 reduce la emisión, en fracción másica, de CO en 22% y 9% bajo carga baja y alta, respectivamente. La emisión de O₂ presenta un incremento del 88% en el ciclo aplicando una carga baja, sin embargo, bajo la aplicación de cargas altas la emisión de éste se reduce en un 3% al utilizar gasolina E10. A diferencia del motor 1, los valores de CO₂ presentan un aumento del 9% y el 6% bajo cargas bajas y altas, respectivamente. Este comportamiento se evidencia en las figuras 16 y 17. Para este motor la relación de equivalencia fue en promedio un 5% menor para el E10 con respecto al E0, mejorando la combustión y reflejándose en el aumento del contenido de CO₂. En la Fig. 17, se muestran las emisiones másicas de los diferentes componentes. Para este caso se presentan mayores desviaciones entre las técnicas aplicadas, en comparación con los resultados obtenidos para el Motor 1, con desviaciones promedio del 10% para el CO, 3% para el CO₂ y 15% para el O₂. Sin embargo, para este motor también se observa la misma tendencia de reducción de las emisiones de CO y O₂ con un cambio promedio de ambas cargas de 19% y 37%, respectivamente. Para la emisión de CO₂ se tiene un incremento promedio de 3% para el E10, reflejando un incremento del 2,6% en el consumo de combustible (Fig. 18).

Las pruebas de emisiones muestran que durante el ciclo transitorio de baja carga se logra una mayor reducción de CO empleando gasolina E10 en comparación con la gasolina E0. Con el ciclo de mayor carga las concentraciones de CO y O₂ toman valores similares para ambas clases de gasolina. Las emisiones instantáneas de CO para el ciclo de mayor carga tienen un comportamiento inestable a altas revoluciones en este motor. El consumo de combustible por kilómetro recorrido para el ciclo es superior utilizando gasolina E10 comparado con la gasolina E0, siendo la diferencia más notoria en el ciclo de baja carga (Fig. 19).

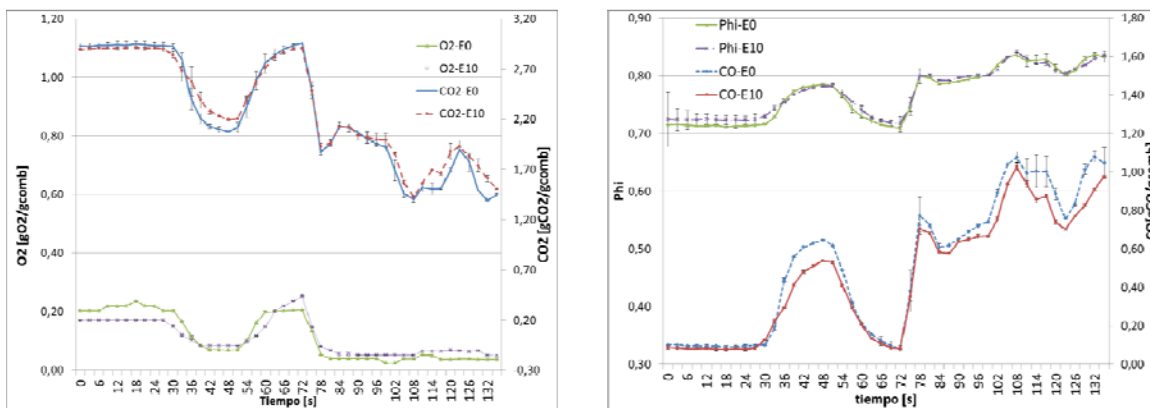


Fig. 16. Emisiones y relación de equivalencia para E0 y E10 y carga alta - ciclo 10 mode.

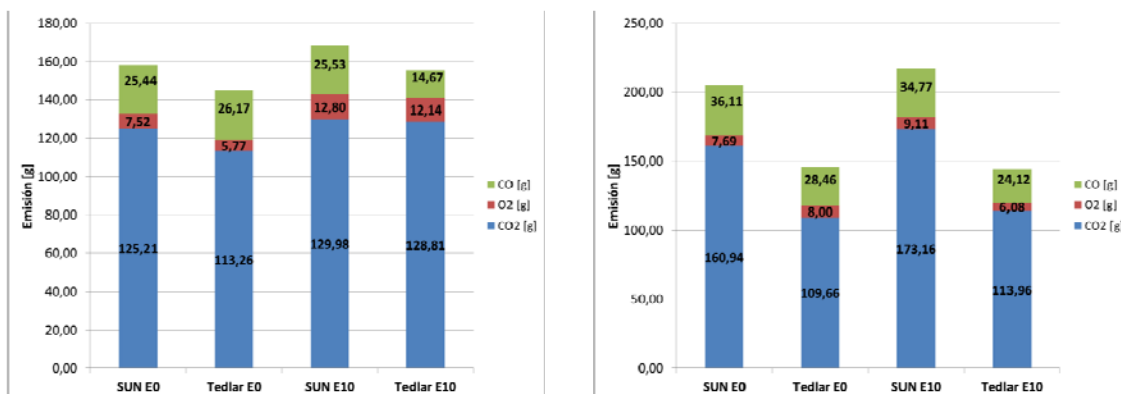


Fig. 17. Emisión másica para los dos tipos de mediciones carga baja (iz) y carga alta (der.)

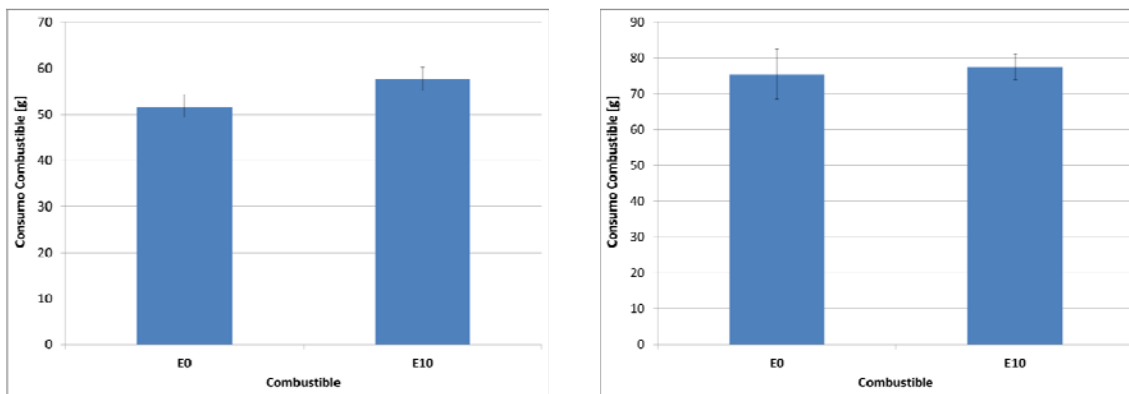


Fig. 18. Consumo de combustible para E0 y E10 Motor 2 carga baja (iz.) y carga alta (der.)

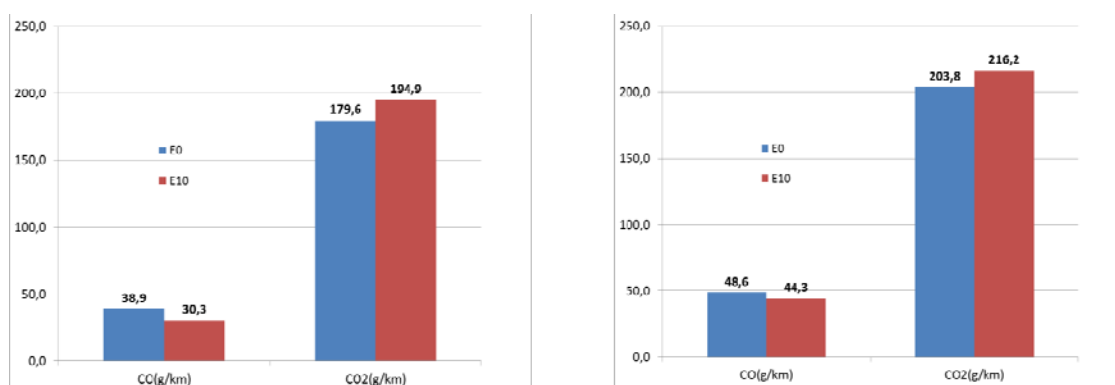


Fig. 19. Emisión de CO y CO₂ en gramos por kilómetro carga baja (iz.) y carga alta (der.)

CONCLUSIONES

- La implementación de los ciclos transitorios y toma de datos en tiempo real permiten comprender de mejor forma el comportamiento de las emisiones reales durante ciclos de velocidad variable.
- El gasto de combustible se incrementa en un ciclo de combustión urbano cuando se emplea el combustible E10.
- El promedio de los datos obtenidos mediante el analizador SUN en tiempo real corresponden de una manera muy acertada, a la muestra de gases recogidos en la bolsa tedlar, por lo tanto, las dos metodologías son válidas a la hora de hacer una comparación entre las concentraciones.
- Aunque la gasolina oxigenada tiene una menor concentración de carbón por unidad de masa que la gasolina E0, debido al menor poder calorífico y por tanto un mayor consumo de combustible; las emisiones de CO₂ en g/km se ven incrementadas al usar esta gasolina.
- El gasto de combustible entre el E10 y E0 es más notoria para el motor con carburador a baja carga, con un valor del 11% de diferencia, seguido por el sistema de inyección con un 8,07% de diferencia.
- El combustible E10 ayuda a disminuir las concentraciones CO y aumenta las de CO₂, tanto en sistemas de carburación e inyección.
- Al calcular el factor de emisión mediante la fórmula propuesta por la "Guía de Cambio Climático para la movilidad Urbana" del Ministerio de Transporte, se obtiene para el motor 1 una desviación promedio de 2% y -3% para la gasolina E0 y E10 respectivamente. Sin embargo, para el motor 2 las desviaciones promedio obtenidas fueron de 30% y 25% para la gasolina E0 Y E10, respectivamente. Debido a la inercia inherente en los sistemas de alimentación por carburación, se obtienen mayores desviaciones en los resultados y una mayor diferencia en el factor de emisión calculado.

- El combustible E10 produce una reducción importante en las emisiones de CO en gramos por kilómetro recorrido, y produce un ligero aumento en las emisiones de CO₂ en gramos por kilómetro recorrido, en comparación con combustible E0.

REFERENCIAS

- [1] Bisig C., Roth M, Müller L., Comtec P., “Hazard identification of exhausts from gasoline-ethanol fuel blends using a multi-cellular human lung model”, *Environmental Research* 2016, vol. 151, p. 789-796.[Consultado el: 10 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935116305990>. ISSN: 0013-9351.
- [2] Al-Hasan. M, “Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission”, *Energy Conversion and Management*, 2002, vol.44 p.1547-1561.[Consultado el: 20 de febrero de 2017], Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890402001668>. ISSN, 0196-8904
- [3] Koç M., Sekemen Y. y Topogül T. “The effects of ethanol-unleaded gasoline blends on engine exhaust emissions in a spark-ignition engine”, *Renewable Energy* 2009, vol. 34 p. 2101-2106.[Consultado en: 20 febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109000585>. ISSN: 0960-1481.
- [4] Hiseh W. D, Chen R.H y Wu T-L. “Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels”, *Atmospheric Environment* 2002, vol. 36, p.403-410. [Consultado en: 20 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231001005088>. ISSN: 1352-2310.
- [5] Suarez-Bertoa R., Zardini A., Keiken H. y Astorga C. “Impact of ethanol containing gasoline blends on emissions from a flex-fuel vehicle tested over the Worldwide Harmonized Light duty Test Cycle (WLTC)”, *Fuel* 2015, vol. 143, p. 173-182.Consultado en: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236114010710>. ISSN: 0016-2361.
- [6] Clairotte M., Adam T.W, Zardini A.A y Manfredi U. “Effects of low temperature on the cold start gaseous emissions from light duty vehicles fuelled by ethanol-blended gasoline”, *Applied Energy* 2013, vol.102, p. 44-54. [Consultado en: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912005806>. ISSN: 0306-2619.
- [7] Lodice P., Senatore A., Langella G. y Amoresano A., “Effect of ethanol-gasoline blends on CO and HC emissions in last generation SI engines within the cold-start transient: An experimental investigation”, *Applied Energy* 2016, vol. 179 p.182-190. [Consultado en: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916309321>. ISSN: 0306-2619.
- [8] Mantilla J.M, Garzón D.A, Galeano C.H.” Multivariate analysis of performance and emissions for internal combustion engines running with gasoline-ethanol blends”, *Ingeniería Energética* 2015, vol.36 p.232-242. [Consultado en: 20 abril 2017]. Disponible en: <http://www.revistascientificas.cujae.edu.cu/Revistas/Energetica/Vol-XXXVI/3-2015/rie02315.pdf>. ISSN: 1815 – 5901.
- [9] Toro M.V, Ramirez J.J, Quiceno R.A y Zuluaga C.A, “Cálculo de la emisión vehicular de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Medellín mediante factores de emisión CORINAIR”, *ACODAL* 2001, vol. 191 p.42-49. [Consultado en: 10 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/rep82/experien/vehiculos.pdf>.ISSN: 01200798.
- [10] Andre, M., and Pronello, C. (1996) “Speed and Acceleration Impact on Pollutant Emissions”. *SAE Internacional Technical Paper: 961113*, pp. 1-8, DOI: 10.4271/961113. Published 1996-05-01 disponible en: <http://papers.sae.org/961113/>