

ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS EN EL DINAMÓMETRO DE CHASIS.

ANALYSIS OF THE METHODS OF MEASUREMENT OF FUEL CONSUMPTION OF VEHICLES IN THE CHASSIS DYNAMOMETER.

Álvarez Gustavo¹, Baquero Andrés², Coello Mateo³, Cordero Moreno Daniel⁴, López Andrés⁵, Rockwood Robert⁶, Torres Francisco⁷

¹Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica automotriz, Centro de investigación y desarrollo automotriz "Ergon" Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca - Ecuador

e-mail: ¹galvarezc@uazuay.edu.ec, ²obaquero@uazuay.edu.ec, ³mfcoello@uazuay.edu.ec, ⁴dacorderom@uazuay.edu.ec, ⁵alopezh@uazuay.edu.ec, ⁶rockzuay.edu.ec,

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, VII Edición 2018, No. 2 (14)

RESUMEN

En el presente artículo se analizan los métodos para estimar el consumo de combustible de los vehículos automóviles en pruebas de conducción simuladas en el banco dinamométrico de chasis, con el fin de estandarizar la prueba, con ello los vehículos evaluados experimentarán las mismas condiciones de operación. Así factores como la topografía de la ruta, el estilo de conducción, y las condiciones del tráfico no influirán sobre los resultados; esto hace que estos métodos puedan ser utilizados para la comparación objetiva del consumo de combustible entre vehículos de características similares, identificándose su rendimiento y eficiencia.

El presente estudio analiza las técnicas y los equipos que se utilizan en este tipo de pruebas considerando las recomendaciones de las normas SAE J1263, y SAE 2263, así también las prácticas recomendadas por la agencia de protección del medio ambiente estadounidense EPA; así en primer lugar se analizan ciclos de conducción estandarizados y su importancia en este tipo de pruebas, luego se describen los métodos más relevantes para la obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera, las cuales son imprescindibles para simular en el dinamómetro de chasis la carga que enfrenta un vehículo al desplazarse, finalmente se describen y analizan los métodos de medición de consumo de combustible que se emplean hoy en día en este tipo de pruebas.

Palabras clave:

Consumo de combustible, medición de fuerzas de

carretera, prueba de desaceleración libre, ciclos de conducción, coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera.

ABSTRACT

This article analyzes the methods for estimating the fuel consumption of motor vehicles in simulated driving tests on the chassis dynamometer in order to standardize the test, so that the evaluated vehicles will experience the same operating conditions. Thus factors such as the topography of the route, driving style, and traffic conditions will not influence the results; this makes these methods to be used for the objective comparison of the fuel consumption between vehicles of similar characteristics, identifying their performance and efficiency.

The present study analyzes the techniques and equipment used in this type of test considering the recommendations of SAE J1263, and SAE 2263, as well as the practices recommended by the US Environmental Protection Agency EPA; so firstly we analyze standardized driving cycles and their importance in this type of tests, then describes the most relevant methods to obtain the coefficients of adjustment of road forces, which are essential to simulate in the chassis dynamometer the load faced by a vehicle when moving, finally it is described and analyze the methods of measurement of fuel consumption that are used today in this type of tests.

Keywords:

Fuel consumption, road load measurement, coast down test, driving cycle, road load coefficients.



INTRODUCCIÓN

Actualmente en nuestro país carece de una base de datos con el consumo de combustible de los vehículos de mayor circulación, si bien algunos fabricantes proveen de esta información, no se sabe con certeza si estos datos se ajustan a las condiciones en las que los vehículos operan en nuestro medio; a saber, ciudades en la sierra entre 2000 y 3000msnm, topografía de las vías con altas pendientes, condiciones de tráfico y movilidad, combustible con octanaje menor con respecto a países industrializados, entre otros.

Contar con una base de datos con el consumo de combustible y el rendimiento de los vehículos que circulan en las ciudades ecuatorianas permitirá identificar los modelos más eficientes, los propietarios así tendrán conocimiento de los costos de operación de su vehículo y la cantidad de emisiones contaminantes que su uso genera; por otro lado, los entes gubernamentales dispondrán de datos que facilitarían la implementación de estímulos o sanciones fiscales, estimación de costos de operación para vehículos de transporte público, o flotas vehiculares, etc. Algunos países de la región llevan a cabo interesantes programas a partir de la medición del consumo de combustible de los vehículos, como es el caso de Chile, en donde se implementó en el año 2013 un sistema de etiquetado para vehículos de menos de 2700kg, en el cual se muestra tanto el rendimiento del vehículo, como la cantidad de emisiones de CO₂ que este genera, los vehículos eléctricos muestran en cambio el rendimiento eléctrico, expresado en km/kWh; las pruebas se realizan en el laboratorio del Centro de Control y Certificación vehicular del Ministerio de transporte y telecomunicaciones [6]. Así también, en Brasil se implementó el programa de etiquetado de vehículos (PEEV) ;en el año 2008 comenzó a medirse mediante pruebas de laboratorio la autonomía de los vehículos de ciclo Otto vendidos en el mercado nacional, y se estudió el ciclo de conducción en ciudad y en carretera, así como la clase de combustible utilizado (gasolina, etanol o gas natural). El programa contó al inicio con cinco marcas (adheridas voluntariamente) y 54 modelos de vehículos. Cuando se publicó la sexta edición en el año 2014, se habían adherido al programa 36 marcas y 496 modelos y versiones, incluidos vehículos con motores Diesel, este incremento de participantes se logró gracias al impulso dado por el programa “Innovar-Auto”, un programa que el Gobierno Federal del Brasil instauró en el año 2012, y en virtud del cual, se establecen incentivos fiscales para incrementar la

eficiencia energética de los vehículos adheridos al programa. [7], las pruebas de consumo las realizan los propios fabricantes en sus laboratorios. Por otro lado, se sabe que países como México, Argentina, y Colombia actualmente desarrollan proyectos que buscan implementar un sistema de etiquetado similar.

Actualmente en nuestro país no se conocen planes para desarrollar programas de reducción de consumo de energía, o de emisiones contaminantes en el parque vehicular, no obstante es necesario; con el fin de promover el uso de vehículos eficientes y por ello amigables con el medio ambiente, además se debe considerar que el estado gasta importantes rubros en el subsidio a los combustibles, el ahorro podría promover planes de importación o ensamble de vehículos eficientes, con estímulos fiscales tanto para los compradores, como para los proveedores.

Por todo lo anterior expuesto, es indispensable contar con métodos de medición del consumo y rendimiento del combustible en los vehículos que circulan en nuestro país, con un método que permita la comparación objetiva de los resultados, que además tome en consideración las variables operacionales locales. El presente artículo presenta los métodos de estas características.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

En resumen, la medición del consumo de combustible en ensayos de laboratorio, requiere de:

- La definición de un ciclo de conducción
- Obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas para la prueba en el dinamómetro de chasis, según la norma SAE J2263 [10] (coeficientes a, b y c).
- Configuración del dinamómetro, e instrumentación del vehículo previo al desarrollo de las pruebas de consumo de combustible.

A continuación se presentan los criterios, y los métodos que permiten realizar la prueba de consumo de combustible.

2.1 Definición de un ciclo de conducción.

Al revisar la literatura, se encuentran muchos métodos y normas para realizar pruebas de medición del consumo de combustible, muchas de las cuales realizan pruebas en ruta; la desventaja de este método radica en que no se pueden replicar las condiciones de la prueba por factores, como el tráfico, y los diferentes estilos de

conducción que tienen los conductores. Con el fin de comparar objetivamente el desempeño entre diferentes vehículos, es necesario desarrollar pruebas de medición del consumo de combustible en un ambiente controlado, en donde se garantice la replicabilidad de las condiciones en las que se llevan a cabo las mediciones; para ello se requiere de un laboratorio de ensayos dinámicos para vehículos, el cual requiere de un dinamómetro de chasis (figura 1)

El dinamómetro de chasis permite por un lado la medición del torque y la potencia que desarrolla un vehículo, a través de la medición del par de rueda, y las revoluciones del motor (SAE J1349) [11]; por otro lado este dispositivo puede ser configurado para que simule las cargas que debe vencer un vehículo cuando se desplaza (resistencia a la pendiente, resistencia aerodinámica, resistencia a la rodadura y resistencia a la inercia de desplazamiento), la resistencia que genera el banco se manifiesta como una oposición al giro del rodillo (freno), el cual está en contacto con las ruedas propulsoras del vehículo.

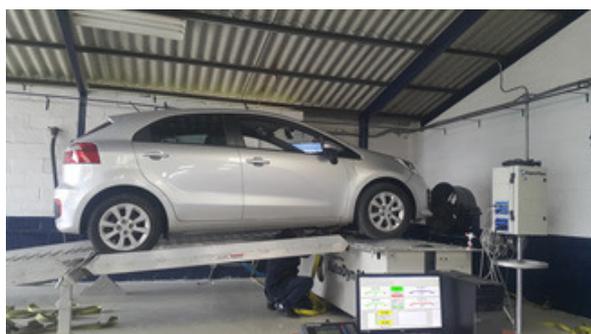
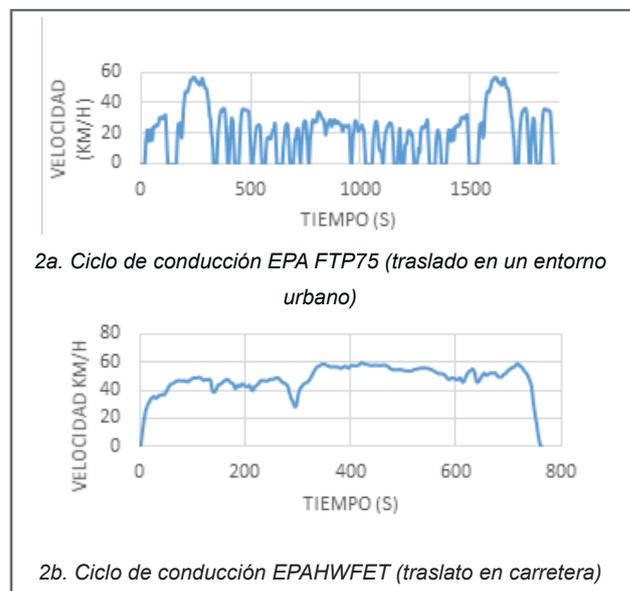


Figura 1. Dinamómetro de chasis del laboratorio de ensayos dinámicos de la Universidad del Azuay.

La resistencia que genera el dinamómetro de chasis es variable en función de las características del ciclo de conducción que se opte para la prueba y en función del comportamiento dinámico del vehículo. Al final de una prueba, este instrumento puede cuantificar la energía total desarrollada por el vehículo.

Con el fin de homologar pruebas de desempeño de vehículos, diferentes agencias gubernamentales o asociaciones automotrices han creado los denominados “ciclos de conducción”, los cuales establecen un perfil de velocidad que el automóvil debe seguir durante un traslado, por ejemplo, la agencia de protección del medio ambiente estadounidense (EPA) ha desarrollado ciclos de conducción característicos para traslados dentro de un entorno urbano (EPA FTP75), figura 2a, y para traslados en carretera (HWFET), figura 2b.

Existen muchos ciclos de conducción homologados, así en Europa utilizan los ciclos ECE 15, EUDC, y NEDC, en Japón emplean los ciclos denominados “ciclo 10” y “ciclo 15”, con el mismo propósito.



2a. Ciclo de conducción EPA FTP75 (traslado en un entorno urbano)

2b. Ciclo de conducción EPAHWFET (traslado en carretera)

Figura 2. Ciclos de conducción desarrollados por la EPA

Al seguir un ciclo de conducción durante una prueba de consumo de combustible, todos los vehículos evaluados estarán sometidos a las mismas condiciones de operación, no solo cubriendo un recorrido similar, sino también con los mismos requerimientos de aceleración.

2.2 Obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas para la prueba en el dinamómetro de chasis (coeficientes a, b y c)

Ningún vehículo experimenta la misma resistencia al desplazamiento, esto radica en diferencias entre el peso, el comportamiento aerodinámico y la resistencia a la rodadura; así también el requerimiento de energía para desplazarse será diferente. Para poder llevar a cabo pruebas de consumo de combustible en un laboratorio, el dinamómetro de chasis debe ejercer resistencia (freno) de la misma forma que el vehículo lo experimentaría al desplazarse. Para lograr esto, los dinamómetros de chasis emplean un modelo matemático que relaciona la fuerza resistente en las ruedas, con la velocidad de desplazamiento, a través de una ecuación de segundo grado de la forma “ $c \times v^2 + b \times v + a$ ”, con la cual se estima la potencia de resistencia al desplazamiento.

Para obtener los coeficientes a, b y c, se han identificado dos métodos, que son: a través de pruebas de desaceleración libre “coast-down”, o a través de la medición de la fuerza de tracción en rueda.

2.2.1 Obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas a, b y c, a través de pruebas de desaceleración libre.

De acuerdo a la norma SAE J1263 [9] “medición de cargas de carretera y simulación en dinamómetro utilizando técnicas de desaceleración libre” Una prueba de desaceleración libre puede ser utilizada para recabar datos del comportamiento dinámico del automóvil; comúnmente se la utiliza para estimar los coeficientes característicos de la dinámica del desplazamiento vehicular (coeficiente aerodinámico de arrastre (Cd), y coeficiente de rodadura (fr); además junto con el modelo matemático de desplazamiento del vehículo, se pueden estimar los coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera para ensayos en el dinamómetro de chasis (a, b y c).

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g \quad (1)$$

Este modelo se concibe a partir del análisis del equilibrio dinámico del sistema, por conveniencia la fuerza propulsora “Fx” (o fuerza de tracción en rueda) se expresa en función de la resistencia aerodinámica de arrastre (Fd), de la resistencia a la rodadura (Rx), de la resistencia a la inercia (Ri) y de la resistencia a la pendiente (Rg). Al expandir la ecuación 1, para cada uno de sus términos, se obtiene: (ecuación 2).

$$F_x = C_d \cdot \rho_a \cdot A_f \cdot \frac{v^2}{2} + f_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) + m \cdot a + m \cdot g \cdot \text{sen}(\theta) \quad (2)$$

En donde:

Fx= Fuerza de tracción en rueda [N]

Cd= Coeficiente de arrastre aerodinámico [-]

pa= Densidad del aire [kg/m³]

Af= Área frontal del Vehículo [m²]

v= Velocidad relativa del vehículo con respecto al aire, en la dirección del desplazamiento [m/s]

fr= Coeficiente de resistencia a la rodadura [-]

m= Masa del vehículo [kg]

g= gravedad [m/s²]

θ= pendiente [rad]

a= aceleración del vehículo [m/s²]

El coeficiente de arrastre aerodinámico puede ser estimado en pruebas en túneles de viento, a través de programas CFD, o procesando los datos de pruebas de desaceleración libre a través de métodos iterativos de ajuste automático.

Para realizar una prueba de desaceleración libre de acuerdo a SAE J1263, [9] es necesario seleccionar una carretera de preferencia plana, o con pendientes menores al 5%, cuya superficie sea asfaltada y en buen estado; por otro lado el vehículo debe estar en óptimas condiciones, con ruedas en buen estado (no nuevas) e infladas a la presión recomendada, las condiciones meteorológicas son importantes, las pruebas no se desarrollarán en días lluviosos, o con viento cuya velocidad supere los 2.5 m/s. La prueba parte con el vehículo moviéndose a una velocidad mayor a los 90 km/h, se desacopla la transmisión y se registra tanto la velocidad, como el tiempo que transcurre hasta que el vehículo llega a una velocidad de 20 km/h (figura 2).

Para la instrumentación del vehículo se pueden utilizar equipos de posicionamiento geográfico (GPS) con una frecuencia de adquisición de datos mayor a 1hz, o en su defecto instrumentación específica para este fin, incluidos anemómetros para registrar la velocidad relativa del vehículo con respecto al viento, en el sentido del desplazamiento.

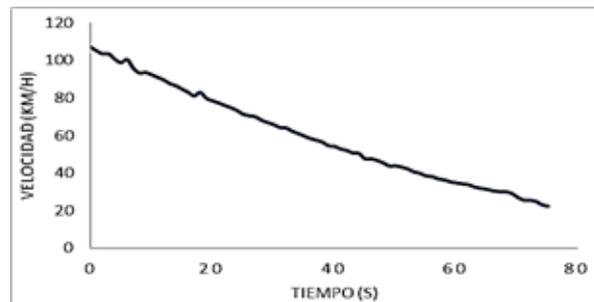


Figura . 2. Diagrama velocidad – tiempo (prueba de desaceleración libre en pista) [2]

Los datos registrados en las pruebas de desaceleración libre permiten estimar la fuerza de tracción en rueda (Fx) para cada instante de tiempo utilizando la ecuación 2, estos datos se representa en un diagrama, junto con la velocidad registrada del vehículo (figura 3). Al encontrar una curva de ajuste polinomial de segundo grado con estos datos (curva de carga en carretera), se encontrarán los coeficientes a, b y c, si se considera que esta ecuación tiene la forma “fx=cx²+bx+a”.

2.2.2 Obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas a, b y c, a través de la medición de la fuerza de tracción en rueda.

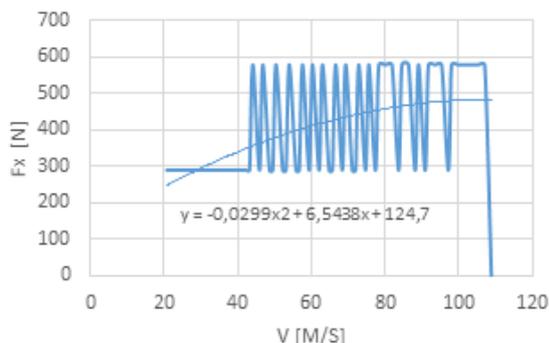


Figura 3. Diagrama “Fx vs v y curva de regresión polinómica de segundo grado para la estimación de los coeficientes a, b y c

De acuerdo a este método, para la estimación de la fuerza de tracción (Fx) se instrumenta un vehículo con un medidor de torque angular en las ruedas, (figura 4); los datos recabados permiten obtener, tanto la fuerza de tracción; como la velocidad traslacional del vehículo, de esta forma se obtiene una curva de regresión polinómica de segundo grado con la cual se determinan los coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera (a, b y c) para pruebas de consumo de combustible en el dinamómetro de chasis, bajo los mismos criterios mostrados en el apartado anterior.



Figura 4. Vehículo instrumentado para la obtención de la ecuación de carga de carretera. [1]

Los coeficientes a, b y c permiten visualizar de otra forma el modelo de desplazamiento del vehículo (ecuación 2), en la que se conoce como ecuación de carga de carretera (ecuación 3).

$$F_x = a + b \cdot v + c \cdot v^2 \quad (3)$$

Así, el factor “a” representa los efectos de la resistencia a la rodadura y el efecto de la pendiente, el factor “b” se corresponde con las pérdidas mecánicas

en la transmisión, y el factor “c” se relaciona con la resistencia aerodinámica.[4].

Cuando se mide la fuerza en rueda utilizando medidores de torque angular, el coeficiente “b=0”, ya que este método permite estimar directamente la fuerza y la potencia efectiva de resistencia al desplazamiento [1].

2.2.3 Configuración del dinamómetro, e instrumentación del vehículo previo al desarrollo de las pruebas de consumo de combustible.

Para simular la curva de carga de un vehículo en un dinamómetro de chasis, es necesario ingresar en el programa – interface de control los coeficientes a, b y c que corresponden a la curva de carga de carretera para ese vehículo en particular; de esta forma el dinamómetro de chasis ejercerá una resistencia al giro del rodillo en función de la velocidad de traslación simulada.

Para verificar la curva de resistencia programada, es conveniente en todos los ensayos en el dinamómetro de chasis, realizar la verificación de los datos registrados en una prueba de desaceleración libre, tal y como se la realizó en la pista de pruebas, al comparar los datos registrados es admisible una desviación máxima del 5% [4]

Una vez validados los coeficientes a, b y c estimados (prueba de desaceleración libre en el banco dinamométrico), se debe medir el consumo de combustible durante una prueba, en esencia existen tres métodos reconocidos para ello:

- A través de flujómetros instalados en la línea de alimentación de combustible, así se calcula el volumen de combustible consumido durante la prueba. Para estimar el consumo específico de combustible (litros consumidos al recorrer una distancia de 100km), se emplea la ecuación 4. [8]

$$C_e = \frac{V[1 + \alpha(T_e - T_f)]}{L} \cdot 100 \quad (4)$$

Ce Es el consumo específico de combustible [L/100km]

α Es el coeficiente de expansión del combustible

Te Es la temperatura estándar (20°C)

Tf Es la temperatura del combustible durante las pruebas.

- Empleando el método gravimétrico (utilización de un depósito de combustible, exclusivo para el ensayo, durante la prueba se monitorea la variación del peso del combustible). Para procesar los datos y obtener el consumo específico de combustible se emplea la ecuación 5.

$$C_e = \frac{100 \cdot M}{L \cdot P} \quad (5)$$

En donde:

C_e= Es el consumo específico de combustible [L/100km]

M=Combustible consumido durante la prueba [kg]

L=Es la distancia total recorrida durante la prueba

ρ_c= La densidad del combustible [kg/L]

- A través de sistemas de recolección y análisis de gases de escape utilizando un sistema de toma de muestras a volumen constante (figura 5), la medición del consumo se la realiza a través del análisis de balance de carbono.

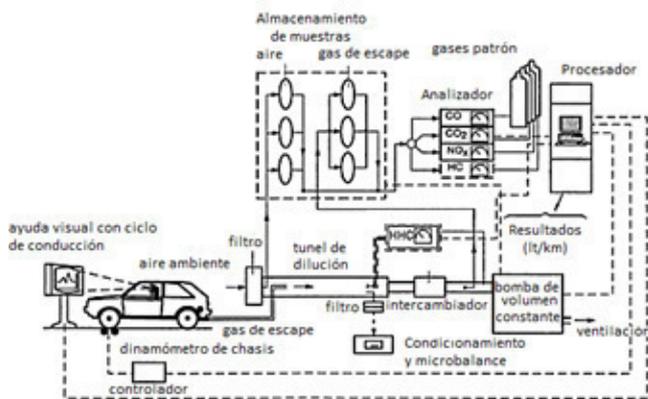


Figura 5. Esquema del sistema de recolección y análisis de gases de escape para la estimación del consumo de combustible en pruebas con toma de muestras a volumen constante (CVS). [5]

- Utilizando interfaces de lectura de los datos de los sensores del motor, algunas de las cuales pueden ser conectadas al puerto OBD-II, los datos de los sensores de flujo másico de aire, y sonda lambda, permiten estimar el consumo instantáneo de combustible a través de la ecuación 4.

$$\dot{m}_c = \frac{\dot{m}_a}{r_{a/c} \cdot \lambda} \quad (6)$$

En donde:

\dot{m}_c =Es el flujo másico instantáneo del combustible [kg/s]

\dot{m}_a =Es el flujo másico instantáneo del aire [kg/s]

$r_{a/c}$ = Es la relación de proporción aire combustible para una combustión estequiométrica [-]

Para obtener el consumo total de combustible, se deberá sumar los consumos instantáneos, tomando en cuenta la duración total de la prueba.

λ = Es el factor de relación de mezcla aire combustible en el interior de los cilindros del motor.

2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera (a, b y c) para pruebas de consumo de combustible en dinamómetro de chasis, a través del método de desaceleración libre de acuerdo a la norma SAE J1263 [9]; tiene la ventaja de requerir instrumentación simple y accesible, en esencia se requiere de un sistema de posicionamiento geográfico GPS con una alta frecuencia de adquisición de datos este método requiere conocer los coeficientes característicos de la dinámica vehicular; como lo son el coeficiente de arrastre aerodinámico (C_d) y del coeficiente de rodadura (f_r), además de las variables descritas en la ecuación 2. Es importante mencionar que es posible estimar estos coeficientes también a partir del desarrollo de pruebas de desaceleración libre, utilizando los datos recabados y procesándolos a través de métodos iterativos de ajuste automático (por ejemplo la función “solver” del programa Excel®).

Por otro lado, este método tiene la desventaja de considerar implícitamente las pérdidas de energía que se producen en la transmisión; así también se requiere realizar varias repeticiones de una prueba para lograr intervalos de confianza aceptables en los resultados. Por otra parte, el método de medición directa del par de tracción en rueda, sin dudas estimará con mayor precisión los coeficientes de ajuste de fuerza de carretera (a,b y c) , además requiere de menor cantidad de pruebas para presentar los resultados con un intervalo de confianza aceptable, así también la cantidad de datos que se requieren procesar es significativamente menor; sin embargo tiene como desventaja la dificultad para instrumentar un vehículo de serie, además de los altos costos que esto exige [1], además los sensores de par acoplados en las ruedas propulsoras interfieren con el comportamiento aerodinámico del vehículo.

Comparaciones realizadas para estimar la verosimilitud de ambos métodos han encontrado que el método SAE J2264 (obtención de coeficientes a, b y c a través de pruebas de desaceleración libre) difiere con las estimadas por el método de medición directa de fuerza traccionante en rueda, las cuales según [1], los valores podrían llegar a presentar diferencias porcentuales de hasta el 30%, (tabla 1). No obstante, y para referencia, la agencia de Protección del medio Ambiente estadounidense (EPA), recomienda la utilización de la norma citada para las pruebas de consumo de combustible en ensayos normalizados en dinamómetros de chasis.

Tabla 1. Comparación de los métodos de obtención de los coeficientes de ajuste de fuerzas en carretera a, b y c [1].

RESULTADOS MÉTODO UTILIZADO		
	Desaceleración libre	Medición de fuerza en rueda
a	191.69	271
b	2.54	0
c	0.41	0.5371
R ²	0.9280	0.9926

Por otra parte, al analizar los métodos de medición de consumo de combustible que actualmente se utilizan durante el desarrollo de la prueba en el dinamómetro de chasis, La EPA recomienda la utilización de sistemas de medición a partir del análisis de los gases de escape recolectados (método CVS), sin embargo los costos de equipamiento del laboratorio son muy altos.

Los métodos gravimétricos tienen la ventaja de mostrar resultados muy aproximados, y requieren poca instrumentación, con respecto al uso de flujómetros, estos no presentan alteraciones ocasionadas por la dilatación del combustible. Al utilizar flujómetros, los resultados serán también muy aproximados, sin embargo las variaciones de temperatura durante el desarrollo de las pruebas ocasionará variaciones en el volumen de combustible consumido, no obstante este error inducido se reduce durante el procesamiento de los datos al estimar la dilatación volumétrica del combustible con la ecuación 5.

El método de medición de consumo de combustible a partir de la recolección de datos utilizando interfaces conectadas con el sistema electrónico de control de la inyección de combustible dentro del motor, sin lugar a dudas es el más fácil de implementar, no obstante

los resultados no serán precisos y existe la posibilidad de que imperfecciones mecánicas en el sistema, ocasionen grandes errores de estimación.

3. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de las pruebas de medición de consumo de combustible en laboratorio, utilizando un dinamómetro de chasis, es imprescindible; ya sea elaborar o adoptar un ciclo de conducción característico, con ello se garantiza que las condiciones de evaluación a las que se enfrentan cada uno de los vehículos, serán las mismas. En el país algunos trabajos se han realizado en pos de definir ciclos de conducción característicos; por ejemplo, (Dávalos, et al, 2017 [3]) desarrolló un ciclo de conducción para los taxis que circulan en la ciudad de Cuenca, a partir de datos recabados del desplazamiento de estos vehículos, para ello utilizó el método de mínimas diferencias ponderadas, el ciclo propuesto podría emplearse para estimar los costos de operación de este tipo de flotas vehiculares y así facilitar el establecimiento de tarifas justas; entre otras aplicaciones. Para estimar de mejor forma el consumo aproximado de los automóviles que circulan en nuestro país bajo las condiciones de operación características de nuestro medio, es necesario el desarrollo de un ciclo de conducción representativo, tanto para la simulación de traslados típicos en entornos urbanos, como en carreteras.

Por otro lado, para llevar a cabo la medición del consumo de combustible de vehículos en laboratorio, se debe estimar los coeficientes de ajuste de fuerzas de carretera, ya que estos le permiten a este equipo generar la resistencia al desplazamiento, simulando las condiciones que enfrentaría un vehículo al desplazarse. De los métodos estudiados en este artículo, el método de medición de la fuerza traccionante directamente sobre la rueda es el que mejor correlación tiene, sin embargo es costoso, y requiere de mucha instrumentación. La EPA (agencia de protección del medio ambiente estadounidense), recomienda el uso de la norma SAE J1263 [9] para este fin, la cual describe el método de desaceleración libre, como un método válido hasta hoy para la realización de este tipo de pruebas.

De los métodos de medición de consumo de combustible durante las pruebas en el banco dinámico, la EPA recomienda la utilización del

método de medición en base al análisis de los gases recolectados durante la prueba de manejo en el banco dinámico de chasis (método CVS), sin embargo este tipo de instalaciones es costoso, y además de realizar mediciones de consumo de combustible permite determinar las emisiones “masicas” contaminantes generadas por el automóvil durante una prueba.

4. REFERENCIAS

- [1] Ahlawat, R., Bredenbeck, J., & Ichige, T. (2013). Estimation of Road Load Parameters via On-road Vehicle Testing Energy Loss in Vehicles (pp. 1-44).
- [2] Argudo E & Cuenca J., (2015). Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción epa ftp 75 y epa hwfet, en dinamómetro de chasis. (tesis de grado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- [3] Dávalos Danilo, C. J. (2017). Propuesta de un ciclo de conducción para los taxis que circulan en la ciudad de Cuenca (tesis de maestría) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- [4] Kadijk, G., & Ligterink, N. (2012). Road load determination of passenger cars. TNO report: TNO.
- [5] Klingenberg, H. (1996). Automobile exhaust emission testing. Science of the Total Environment, Springer, 1996 2(193), 159.
- [6] Kreuzer, F. M., & Wilmsmeier, G. (2014). Eficiencia energética y movilidad en América latina y el Caribe, 305.
- [7] Maia, A. C., Oliveira, I., Machado, B. Z., Stilpen, D., Marques, F., de Oliveira, L. G. S., ... Tolmasquim, M. T. (2015). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética del Brasil, 108.

- [8] Vilnis Pīrs, Žanis Jesko, J. L. - B. (2008). Determination methods of fuel consumption in laboratory conditions, 1, 154 -159.
- [9] SAE J1263 _201003 Road Load Measurement and Dynamometer Simulation Using Coastdown Techniques, SAE standard, 2003
- [10] SAE J2263 _200812 Road Load Measurement Using Onboard Anemometry and Coastdown Techniques, SAE standard, 2008.
- [11] SAE J1349 Engine Power Test Code-Spark Ignition and Compression Ignition-Net Power Rating, SAE standard, 2008.

5. BIOGRAFÍAS



¹Gustavo Álvarez Coello, Ingeniero Mecánico automotriz por la Universidad del Azuay (2010), Maestro en Ingeniería Automotriz (Tecnológico de Monterrey, 2014), Sus campos de investigación son: Eficiencia energética y sistemas alternativos de propulsión. Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.



²Andrés Baquero Larriva, Ingeniero de Sistemas por la Universidad de Cuenca (2009), Magíster en Astrofísica por la Escuela Politécnica Nacional (2014) Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.



³Mateo Coello Salcedo. Ingeniero Mecánico automotriz por la Universidad del Azuay (2011), Magíster en planeación y eficiencia energética por la Universidad de Cuenca (2013), Sus campos de investigación son: Eficiencia energética y sistemas alternativos de propulsión. Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.



⁶Robert Rockwood Iglesias, Ingeniero Mecánico automotriz por la Universidad del Azuay (2009), Maestro en Ingeniería Automotriz (Tecnológico de Monterrey, 2014), Sus campos de investigación son: diseño mecánico asistido por computador, mecánica de fluidos computacional, ingeniería automotriz. Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.



⁴Daniel Cordero Moreno, Ingeniero en mecánica automotriz por la universidad del Azuay (2005), Doctor en Ciencias de la Ingeniería por el Tecnológico de Monterrey (2015), sus campos de investigación son: Dinámica de vehículos, eficiencia energética, tecnologías alternativas de propulsión de vehículos, Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.



⁷Diego Francisco Torres.- Nació en Cuenca, Ecuador en 1980. Recibió su título de Magíster en Sistemas Vehiculares de la Universidad del Azuay en 2016; de Especialista en Docencia Universitaria en 2012 de la Universidad del Azuay. Sus campos de investigación están relacionados con el consumo de combustible en motores de gasolina, aumento de torque y potencia en vehículos, análisis energético de vehículos.



⁵Andrés López Hidalgo, Ingeniero Mecánico automotriz por la Universidad del Azuay (2004), Máster Universitario en Motores de Combustión interna por la Universidad politécnica de Valencia (2012), Doctor en Sistemas propulsivos de medios de transporte por la Universidad politécnica de Valencia (2014), Campos de investigación: Motores de combustión interna, eficiencia energética y tecnologías alternativas de propulsión. Docente titular de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, investigador en el centro de investigación y desarrollo automotriz “ERGON” de la Universidad del Azuay.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	17 septiembre 2018
Fecha aceptación	10 de noviembre 2018