UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Nombre de los autores:

BARRIGA GALARZA FELIPE FERNANDO
FERNÁNDEZ RUBIO MELINA JOSELINE

Nombre del Director:

LOPEZ HIDALGO ANDRÉS

CUENCA – ECUADOR

2018

Dedicatoria:

Dedicado primero a Dios por haberme permitido cumplir esta etapa de mi vida durante este largo camino.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, sin ustedes cada uno de mis anhelos y metas no serían posibles, gracias por su confianza motivación y sacrificio, muchos de mis logros se los debo a ustedes.

Gracias a una persona especial, la cual me brindó su apoyo y amor constante para alcanzar esta meta.

Barriga Galarza Felipe

Dedicatoria:

Primero a Dios y mi familia por siempre apoyarme en todo momento. En especial a mi madre, Eulalia, quien todos los días tuvo la paciencia, el amor y las palabras perfectas para jamás dejarme desmayar hasta hoy cumplir esta meta juntas.

A mifamilia naranja, gracias infinitas por hacer de la Universidad una gran experiencia.

A mis grandes amigos y futuros colegas David y Anthony, por estar en cada momento.Y Adrián por aportar en este proyecto, gracias amigo.

Fernández Rubio Melina.

Agradecimiento:

A todos los docentes que aportaron nuestro proceso de formación tanto profesional como personal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS……..ii

AGRADECIEMIENTO……iv

INDICE DE CONTENIDOS……..v

INDICE DE FIGURAS…….vi

INDICE DE TABLAS…….vii

RESUMEN……..viii

ABSTRACT……..ix

I. **INTRODUCCIÓN**……...1
II. **MATERIALES Y MÉTODOS**…….. 2
A. Características técnicas de los casos de estudio……... 2
B. Obtención de los coeficientes de inercia (A), fricción (B) y arrastre (C) mediante prueba "COAST DOWN"…….……2
C. Determinación del consumo de combustible……..... 4
III. **RESULTADOS**……..... 4
IV. **CONCLUSIONES**……..... 6
V. **REFERENCIAS**……..... 6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A) Instrumento GPS utilizado para la prueba. B) Ilustración curva de desaceleración. 3

Figura 2. Curva de carga……... 3

Figura 3. Banco dinamométrico de chasis……. 4

Figura 4. OBD II.……... 5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Especificaciones técnicas de vehículos……..…….. 2

Tabla II. Características equipo GPS……..…… 3

Tabla III. Parámetros de los ciclos de conducción…… 4

Tabla IV. Formato general de pruebas…….. 4

Tabla V. Coeficientes parciales a, b y c Chevrolet Optra 1.8L……...…….. 5

Tabla VI. Coeficientes parciales a, b y c Toyota Rav-4 1.8L……..……. 5

Tabla VII. Coeficientes a, b y c finales Chevrolet Optra1.8L……. 5

Tabla VIII. Coeficientes finales a, b y c Toyota Rav-4 1.8L……...……. 5

Tabla IX. Consumo de combustible Chevrolet Optra 1.8L……..……..... 5

Tabla X. Consumo de combustible Toyota Rav-4 1.8L……..……... 5

Tabla XI. Consumo de combustible……...……... 6

Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis.

Casos de estudio: vehículos Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006.

El estudio aporta a una base de datos sobre el consumo de combustible para ciudades de una altura aproximada de 2500 ms.n.m. Se aplica una metodología cuantitativa, para obtener el consumo de combustible y comparar con los datos del fabricante. Para determinar el consumo se realiza pruebas "Coast-Down" siguiendo la norma ISO 10521. En este se indica el procedimiento para determinar los coeficientes de inercia, fricción y arrastre. Estos coeficientes fueron utilizados en el banco dinamométrico para determinar el consumo de combustible aplicando ciclos de conducción urbano y en carretera. La variación de consumo obtenido en el vehículo Chevrolet-Optra es del 33% en el ciclo urbano y de 23% en el de carretera, mientras que en el vehículo Toyota-RAV es de 55% en el ciclo urbano y de 54% en el de carretera, con respecto a los datos del fabricante.

Palabras Claves-- Ciclos de conducción, coeficiente de arrastre, coeficiente de fricción, coeficiente de inercia, consumo de combustible, dinamómetro de chasis y pruebas "Coast-Down".

BARRIGA GALARZA FELIPE FERNANDO
COD: 60436

FERNANDEZ RUBIO MELINA JOSELINE
COD.66135

ANDRES LOPEZ HIDALGO, PhD.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Determination of vehicle fuel consumption based on EPA FTP 75 and EPA HWFET driving cycles in chassis dynamometer.

Study Cases: 2003 Toyota RAV-4 1.8L and 2006 Chevrolet Optra 1.8L..

This study contributed to a database on fuel consumption for cities of an approximate height of 2500 m.a.s.l. A quantitative methodology was applied to obtain fuel consumption and compare it with the manufacturer's data. "Coast-Down" tests were carried out following the ISO 10521 standard to determine fuel consumption. This standard indicated the procedure to determine the coefficients of inertia, friction and drag. These coefficients were used in the dynamometer to determine fuel consumption by applying urban and road driving cycles. The variation of consumption obtained in the Chevrolet Optra vehicle was 33% in the urban cycle and 23% in the road cycle. The difference for the Toyota RAV vehicle was 55% in the urban cycle and 54% in the road cycle with respect to the manufacturer's data.

Keywords— Driving cycles, drag coefficient, coefficient of friction, coefficient of inertia, fuel consumption, chassis dynamometer, "Coast Down" tests.

BARRIGA GALARZA FELIPE FERNANDO
COD: 60436

FERNANDEZ RUBIO MELINA JOSELINE
COD.66135

ANDRES LOPEZ HIDALGO, PhD.
THESIS DIRECTOR

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by
Ing. Paul Arpi

Trabajo de Titulación

Barriga Galarza Felipe Fernando

Fernández Rubio Melina Joseline

Septiembre, 2018.

Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis.

Casos de estudio: vehículos Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una metodología para la determinación del consumo de combustible en cuidadas de altura sobre los 2550 ms.n.m. Mediante ciclos de conducción EPA FTP75 Y EPA HWFET simulados en el banco dinamométrico de chasis con dos vehículos de prueba. Esta investigación tiene como objetivo aportar a una base de datos real sobre el consumo de combustible, debido a que los fabricantes proporcionan datos analizados en condiciones ideales.

Determinación del consumo de combustible en vehículos con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis.

Casos de estudio: vehículos Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006.

Barriga Galarza Felipe Fernando
Facultad de Ciencia y Tecnología, Ingeniería en Mecánica Automotriz.
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador.

Fernández Rubio Melina Joseline
Facultad de Ciencia y Tecnología, Ingeniería en Mecánica Automotriz.
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador.
fernandez-meli@hotmail.com

López Hidalgo Andrés
Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Automotriz (ERGON).
Universidad del Azuay.
Cuenca, Ecuador.
alopezh@uazuay.edu.ec

Salcedo Coello Mateo
Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Automotriz (ERGON).
Universidad del Azuay.
Cuenca, Ecuador.
mfcoello@uazuay.edu.ec

***Resumen*—El estudio aporta a una base de datos sobre el consumo de combustible para ciudades de una altura aproximada de 2500 ms.n.m. Se aplica una metodología cuantitativa, para obtener el consumo de combustible y comparar con los datos del fabricante. Para determinar el consumo primero se realiza pruebas "Coast Down" siguiendo la norma ISO 10521. En este se indica el procedimiento para determinar los coeficientes de inercia, fricción y arrastre. Estos coeficientes fueron utilizados en el banco dinamométrico para determinar el consumo de combustible aplicando ciclos de conducción urbano y en carretera. La variación de consumo obtenido en el vehículo Chevrolet Optra es del 33% en el ciclo urbano y de 23% en el de carretera, mientras que en el vehículo Toyota RAV es de 55% en el ciclo urbano y de 54% en el de carretera, con respecto a los datos del fabricante.**

***Palabras Claves*—Ciclos de conducción, coeficiente de arrastre, coeficiente de fricción, coeficiente de inercia, consumo de combustible, dinamómetro de chasis y pruebas "Coast Down".**

***Abstract*—This study contributed to a database on fuel consumption for cities of an approximate height of 2500 m.s.s.i A quantitative methodology was applied to obtain fuel consumption and compare it with the manufacturer´s data "Coast Down" test were carried out following the ISO 10521 standard to determine fuel consumption. This standard indicated the procedure to determine the coefficients of inertia, friction and drag. These coefficients were used in the dynamometer to determine fuel consumption by applying urban and road driving cycles. The variation of consumption obtained in the Chevrolet Optra vehicle was 33% in the urban cycle and 23% in the road cycle. The difference for the Toyota RAV vehicle was 55% in the urban cycle and 54% in the road cycle with respect to the manufacture´s data.**

***Keywords*—Driving cycles, drag coefficient, coefficient of friction, coefficient of inertia, fuel consumption, chassis dymamometer, "Coast Down" test.**

I. Introducción

Uno de los sectores de mayor crecimiento y avance tecnológico a nivel mundial es el sector del transporte; un indicador de este crecimiento se ve representado en la cantidad de emisiones contaminantes y en el consumo de energía que este requiere. Este sector genera un gran impacto ambiental, representando el 23% de dióxido de carbono emitido a nivel global [1]. Además la energía utilizada por el mismo depende significativamente del petróleo. En el año 2015 el 94% del petróleo a nivel mundial fue utilizado por el sector del transporte, siendo así su principal consumidor desde la década de los 70 [1].

El transporte a través de los años ha evolucionado por las diversas tecnologías implementadas las cuales contribuyen en distintos aspectos del automóvil. Por ejemplo pueden ser la seguridad activa y pasiva, emisiones y aerodinámica. En la actualidad, uno de los más significativos son los avances para la reducción de consumo de energía y por ende su disminución de emisiones.

Con este precedente, los fabricantes de vehículos a nivel mundial deben cumplir con normas y reglamentos cada vez más estricticos para la comercialización de los mismos. Esto con el fin de comprometerse a reducir los gases de efecto invernadero producidos por los vehículos. Existen diferentes entes reguladores, los cuales establecenel cumplimiento de distintas normas y reglas que deben aprobar los vehículos para ser comercializados. Entre las nuevas tecnologías presentadas para la reducción de consumo de energía se pueden observar técnicas como "*Star stop*", "*eco driving*", etc. Sin embargo estas nuevas tecnologías no son aplicadas en una importante parte del mundo.

Un gran inconveniente en Latino América, es la introducción de vehículos que no cumplen con estándares internacionales en aspectos de gran importancia como: seguridad activa y pasiva, control de emisiones y nuevas tecnologías. Estas deficiencias en el parque automotor repercuten en temas ambientales y de salud [2], pues no se exige a los fabricantes productos de calidad.Sin importar el mercado en el cual vaya a ser comercializado un vehículo estos deben cumplir con los estándares presentados por los entes reguladores.Además de que los datos técnicos del fabricante son realizados en laboratorios en condiciones ideales por lo que los mismos deben reproducirse en aspectos

más cercanos a la realidad y los valores obtenidos no presenten una variación ilógica.

Un estudio realizado en la ciudad de Guayaquil comparó los datos reales de potencia y torque frente a los valores del fabricante usando un dinamómetro de chasis. Dando como resultado, en potencia 63HP mientras que la del fabricante expone un valor de 103HP [3]. Esto muestra la diferencia entre los datos que proporciona le fabricante y los datos obtenidos por medio de pruebas en condiciones reales de funcionamiento.

Otro es el caso de Volkswagen; en el año 2015, en donde se manipulo al vehículo para que los resultados realizados en laboratorio aprobaran las normativas mientras que en la realidad sobrepasaba los niveles admitidos de emisiones y por ende el consumo de combustible[4].Lo que causa la gran pregunta de la legitimidad de resultados que presentan los fabricantes al comercializar vehículos.

En Ecuador, el parque automotor no presenta un comportamiento distinto al resto del mundo, pues se ha visto incrementado entre el año 2010 y 2015 en un 57%[5]. Esto debido adiferentes razones como la facilidad de adquisición de vehículos yel ensamblaje de diferentes modelos dentro del país, los cuales reducen el costo de los mismos.La gran controversia se da al momento de confiar con los datos técnicos del fabricante, pues al momento de ingresar un vehículo al país no se realiza ninguna prueba comprobatoria para la veracidad de los resultados.

El comportamiento de los vehículos es distinto en diferentes condiciones de manejo y aspectos geográficos para los cuales fueron diseñados; por lo que es un tema de suma importancia para tomar acciones correctivas para problemas de consumo de combustible y emisiones. Como en el estudio realizado en España, cuyo objetivo fue mejorarla estrategia de ahorro y eficiencia energética en flotas de transporte por carretera, como una de las medidas encaminadas a la optimización en el uso de los recursos energéticos. De esta manera determina medidas de ahorro de combustible como: la reducción de kilómetros recorridos en rutas, el tipo de vehículo, mantenimiento de las unidades y sobre todo la conducción eficiente. Teniendo como resultado una reducción del 10% en los costes de combustible los cuales puede revertir en un aumento del beneficio de un 31%[6].

El objetivo de este estudio es comparar el consumo de combustible de vehículos comercializados en el país con los datos entregados por el fabricante. Para esto vamos aplicar la prueba "Coast Down" usando la metodología de la norma ISO 10521 para la obtención de los coeficientes de inercia (A), fricción (B) y arrastre (C). Posteriormente estos coeficientes serán ingresados en el dinamómetro de chasis para realizar los ciclos de conducción EPA FTP75 Y EPA HWFET. Mediante estas pruebas se obtendrá el consumo de combustible real que será comparado con los datos técnicos del fabricante. Este procedimiento se realizara usando dos casos de estudio: para el vehículo Toyota RAV-4 1.8L 2003 y Chevrolet Optra 1.8L 2006.Esto aporta a una base de datos en la cual sirva de punto de referencia para la comprobación de datos técnicos del vehículo en distintas condiciones más cercanas a la realidad.

II. Materiales y Métodos

Esta sección se encuentra dividida en tres componentes enfunción del procedimiento planteado para el cumplimiento del objetivo. En primer lugar se indicaran las características técnicas de los casos. Posteriormente, se indicara la metodología empleada para la obtención de los coeficientes de inercia (A), fricción (B) y arrastre (C). Finalmente, los coeficientes obtenidos del procedimiento anterior serán utilizados en la simulación de los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET para obtener el consumo de combustible real y compararlos con los datos del fabricante.

A. Características técnicas de los casos de estudio

Los casos de estudio son dos vehículos compatibles con los instrumentos a utilizar a lo largo del estudio, los mismos que son de igual cilindrada pero de distintas características. A continuación, en la tabla I se describe algunas de sus especificaciones técnicas.

TABLA I
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE VEHÍCULOS

Vehículo de prueba	TOYOTA RAV-4	CHEVROLET OPTRA
Año de fabricación	2003	2006
Cilindrada	1800 CM^3	1800 CM^3
Par máximo	112 NM / 3000 RPM	131 NM / 2500RPM
Numero de cilindros	4	4
Válvulasporcilindro	4	4
Masa	975 KG	1098 KG
Tamaño de neumáticos	165/80 R 14	185/65 R15

B. Obtención de los coeficientesde inercia (A), fricción (B) y arrastre (C) mediante prueba "Coast down"

Para cada caso de estudio se obtuvieron los coeficientes de inercia (A), fricción (B) y arrastre (C), los cuales determinan la curva de carga del vehículo que se obtendrán realizando pruebas "*Coast down*" de acuerdo a la metodología de la norma ISO 10521. Esta metodología contiene dos partes, una realizada en carretera y otra realizada en banco dinamométrico, que serán descritas a continuación.

En la primera parte se obtiene la curva de desaceleración del vehículo para la obtención de los coeficientes parciales en carretera.La prueba consiste en que el vehículo alcance una velocidad de 100km/h – 120km/h, cuando el vehículo alcance dicha velocidad se coloca en la posición de neutro la palanca de cambios y se esperará que el vehículo desacelere por inercia hasta una velocidad de 10km/h – 5km/h. Además se recolecta datos como tiempo, velocidad y distancia que son almacenados en un GPS habilitado. El equipo utilizado en la prueba y la curva de desaceleración se presentan en la figura 1 ylas características del GPS se muestran en la tabla II.

Fig. 1. A) Instrumento GPS utilizado para la prueba. B) Ilustración curva de desaceleración

TABLA II
CARACTERISTICAS EQUIPO GPS

Exactitud	0.1km/h
Unidades	km/h o Mph
Frecuencia de almacenamiento	20Hz
Velocidad mínima	0.1km/h
Velocidad Máxima	1800km/h
Resolución	0.01km/h

Una vez obtenidos los datos de velocidad y tiempo en la prueba realizada en carretera se procede a obtener la fuerza mediante la siguiente ecuación (1).

$$\boldsymbol{Fx} = -\frac{(M+Me)}{3.6} * \frac{2*\Delta V}{\Delta T} \quad (1)$$

Dónde:
Fx, fuerza de resistencia al avance.
M, masa del vehículo con ocupantes y equipos.
$\Delta \boldsymbol{V}$, Variación de la velocidad.
$\Delta \boldsymbol{T}$,Variacion de tiempo.

$$\boldsymbol{Me} = Mv * 0.03 \ (2)$$

Dónde:
Me, masa equivalente/Masa rotación.
Mv, masa en vacío (Vehículo con fluidos excepto combustible)

A continuación se realizó una regresión polinomial de segundo orden para la determinación de los coeficientes A,B y C parciales basada en la fuerza obtenida en la ecuación (1). En la figura 2 de manera de ejemplo se muestra la curva de carga ajustada a una función polinomial de segundo grado con su ecuación donde podemos observar los tres coeficientes.

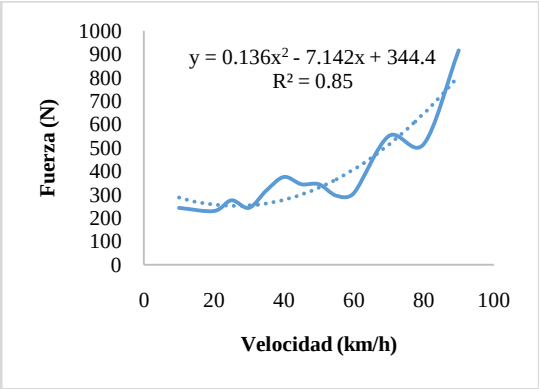

Fig. 2. Curva de carga

La ecuación polinomial aplicada a la fuerza de resistencia se puede observar en la ecuación (3).

$$\boldsymbol{Fx} = A + BV + CV^2 (3)$$

Dónde:
Fx, fuerza de resistencia al avance.
A, inercia.
B, fricción.
C, arrastre.

En la segunda parte de la norma se simula la curva de carga en un dinamómetro de chasis y se obtiene los coeficientes A, B y C finales. El banco dinamométrico se programa usando los coeficientes parciales obtenidos en la prueba "*Coast down*" de carretera.

$$\boldsymbol{Ad} = At * 0.5 \ (4)$$
$$\boldsymbol{Bd} = Bt * 0.2 \ (5)$$
$$\boldsymbol{Cd} = Ct \ (6)$$

Dónde:
Ad, coeficiente de inercia inicial para el dinamómetro.
At, coeficiente de inercia obtenido en carretera.
Bd, coeficiente de fricción inicial para el dinamómetro.
Bt, coeficiente de fricción obtenido en carretera.
Cd, coeficiente de arrastre inicial para el dinamómetro.
Ct, coeficiente de arrastre obtenido en carretera.

El procedimiento de obtención de los coeficientes en dinamómetro se realiza de manera similar a al procedimiento en carreta. La diferencia que para el cálculo en dinamómetro la masa equivalente se calcula de la siguiente manera.

$$\boldsymbol{Me} = Mv * 0.015 \ (7)$$

Dónde:
Me, masa equivalente/Masa rotación.
Mv, masa en vacío (Vehículo con fluidos excepto combustible)

Una vez finalizada la prueba se encuentran los coeficientes de A, B y C finales mediante las formulas siguientes.

$$\boldsymbol{A} = Ad + At - As \ (8)$$
$$\boldsymbol{B} = Bd + Bt - As \ (9)$$

$$\boldsymbol{C} = Cd + Ct - Cs \quad (10)$$

Dónde:

As, coeficiente de inercia obtenido en el banco dinamométrico.

Bs, coeficiente de fricción obtenido en el banco dinamométrico.

Cs, coeficiente de arrastre obtenido en el banco dinamométrico.

C. Determinación del consumo de combustible

Los fabricantes de vehículos determinan el consumo de combustible en un laboratorio de pruebas, en la mayoría de casos realizadas en un banco dinamométrico de chasis este valor se expresa en litros/100km. Con el objetivo de determinar estos valores el banco dinamométrico debe simular correctamente la resistencia del vehículo en función de la velocidad de este. Además de lo mencionado anteriormente se debe probar en condiciones normales de manejo.Por lo que se determina el consumo en los ciclos de conducción EPA FTP75 que representa una conducción urbana y el EPA HWFET el cual representa a su vez una conducción en carretera. Los valores obtenidos por los distintos métodos se obtienen en L/100km.

El la figura 3,se muestra el banco dinamométrico AutoDyn30con el que se realizara estudio. En la tabla III. Se especifica los parámetros de los ciclos de conducción.

Fig.3. Banco dinamométrico de chasis

TABLA III
PARÁMETROS DE LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN

Ciclo	FTP75	HWFET
Duración	1877 segundos	765 segundos
Recorrido	17.77 kilómetros	16.45 kilómetros
Velocidad promedio	34.12 km/h	78 km/h
Velocidad máxima	91.25 km/h	96 km/h
Tipo	Urbano	Carretera

De igual manera, para la obtención de información sobre el consumo de combustible se utilizará un flujómetro y un dispositivo OBD II.

El flujómetro permite hacer una lectura de caudal o de volumen de un fluido que pasa a través de un tubo, este va conectado entre el tanque de gasolina y el riel común de inyección del vehículo de prueba, con esto obtenemos el consumo de combustible al finalizar la prueba.

El dispositivo OBD II es un dispositivo de adquisición de datos (datalogger) como se puede ver en la figura 4. Este va conectado directamente en el puerto OBDII del vehículo, el cual permite tener datos de forma directa de las condiciones del vehículo, en este caso de consumo.Estos dispositivos deben ser compatibles con los vehículos, mediante protocolos de prueba ISO15765-4 (CAN), ISO14230-4 (KWP2000), ISO9141-2 J1850 (VPW), J1850(PWM)[7]. El dispositivo se enlaza mediante Bluetooth a una aplicación Android, denominada “TORQUE” la cual permite monitorear y extraer datos del funcionamiento del motor del vehículo. Estos datos son tabulados y procesados en software “Excel”, en el cual se analizan los datos para la obtención de resultados.

Fig. 4. OBD II

Para determinar el consumo de combustible el vehículo debe estar instalado con el flujómetro y el OBD II, el dinamómetro de chasis debe estar programado con los coeficientes A, B y Cfinales, calculados anteriormente.

III. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos al finalizar las pruebas que se encuentran detalladas en la sección de materiales y métodos.

En la tabla IV se detalla en forma general las pruebas realizadas para el presente artículo, en el cual se ocupó dos vehículos como casos de estudio.

TABLA IV
FORMATO GENERAL DE PRUEBAS

Marca	Modelo	N°de prueba Coast Down Carretera		N°de prueba Coast Down Dinamómetro de chasis	N°de prueba ciclo de conducción EPA FTP75	N°de prueba ciclo de conducción EPA HWFET
		Ida	Vuelta			
Chevrolet	Optra	6	6	6	4	4
Toyota	RAV-4	5	6	10	5	5

De la misma manera, se tiene como resultado en las distintas pruebas consecutivas de desaceleración la obtención de los coeficientes parciales A, B y C, tanto en carretera como en banco dinamométrico de chasis. Estas pruebas fueron realizadas en una ciudad de altura a más de 2250 ms.n.m. Teniendo en cuenta una carretera plana donde se puedan alcanzar las velocidades que establece la norma, así mismo, una pendiente que cumpla la misma.En la tabla V y VI, se muestra los valores parciales obtenidos al finalizar cada prueba de los vehículos Chevrolet Optra 1.8L 2006y Toyota RAV-4 1.8L 2003 respectivamente.

TABLA V
COEFICIENTES PARCIALES A, B Y C CHEVROLET OPTRA 1.8L

N° de prueba	Pruebaencarretera			Prueba banco dinamométrico		
	A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
	[N]	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*	*[N]*	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*
1	-195,56	50,829	-0,3403	341,42	2,7775	-0,0063
2	452,58	14,3	-0,0914	304,13	2,6383	-0,0017
3	409,89	10,361	-0,0139	281,02	3,2293	-0,0112
4	659,1	6,573	-0,0333	283,36	2,8726	-0,0073
5	282,91	-3,2944	0,0911	274,42	3,26	-0,0118
6	320,97	-5,1474	0,1122	264,65	3,582	-0,0152
7	805,22	1,0027	2,76E-02			
8	294,3	-4,5407	0,1077			
9	741,82	1,0498	0,0352			
10	316,83	-2,1784	0,0638			
11	822,56	-1,9043	0,0582			
12	344,41	-7,1424	0,1364			
13	890,69	-3,4062	0,067			
14	298,25	-4,4806	0,1062			

TABLA VI
COEFICIENTES PARCIALES A, B Y C TOYOTA RAV-4 1.8L

N° de pruebas	Pruebaencarretera			Prueba banco dinamométrico		
	A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
	[N]	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*	*[N]*	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*
1	798,6	-4,944	0,105	300,4	1,252	0,006
2	364,4	-10,25	0,186	280,6	1,831	-0,001
3	750,1	2,68	0,084	266,9	2,25	-0,005
4	326,5	-7,55	0,15	263,3	2,636	-0,007
5	325,8	-7,739	0,153	272,15	1,8787	-0,0016
6	759,49	-3,3484	0,091	244,97	3,4413	-0,0214
7	769,5	-5,063	0,1018	268,59	1,9911	-0,0041
8	337,63	-7,884	0,1529	269,31	1,7888	-0,0017
9	328,29	-7,7138	0,1517	296,3	1,788	-0,001
10	754,34	-3,8841	0,0931			
11	325,94	-7,014	0,143			

Los coeficientes finales que fueron ingresados en el banco dinamométrico para la simulación de los ciclos de conducción parten del promedio de los resultados obtenidos en cada prueba además de aplicar las formulas indicadas en la sección de métodos y materiales. Los coeficientes A, B y C tanto parciales como finales se encuentran resumidos en la tabla VII y VIII tanto para el vehículoChevrolet Optra 1.8L 2006y Toyota RAV-4 1.8L 2003.

TABLA VII
COEFICIENTES A, B Y C FINALES CHEVROLET OPTRA1.8L

	A	**B**	**C**
	[N]	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*
Coeficientes parciales pruebaencarretera	460,284	3,716	0,023
Coeficientes parciales prueba banco dinamométrico	291,500	3,060	-0,009
Coeficientes Finales	168.5	-8,36	0,129

TABLA VIII
COEFICIENTES FINALES A, B Y C TOYOTA RAV-4 1.8L

	A	**B**	**C**
	[N]	*[Nh/km]*	*[Nh²/km²]*
Coeficientesparciales pruebaencarretera	273,613	2,095	-0,004
Coeficientesparciales prueba banco dinamométrico	486,716	-5,226	0,118
Coeficientes Finales	213,103	-7,321	0,122

Estos coeficientes finales fueron a ingresados en el banco dinamométrico, con el fin de simular un patrón de manejo más acercado a la realidad. El resultado obtenido en cada prueba realizada en los distintos ciclos de conducción se indica en la tabla IX y tabla X.

TABLA IX
CONSUMO DE COMBUSTIBLE CHEVROLET OPTRA1.8L

	FLUJOMETRO		OBD II	
	FTP75	**HWFET**	**FTP75**	**HWFET**
N° de prueba	*[l/100km]*	*[l/100km]*	*[l/100km]*	*[l/100km]*
1	5,98	5,21	8,70	5,96
2	6,02	5,12	8,49	6,72
3	6,01	5,14		
4	5,99	5,13		

TABLA X
CONSUMO DE COMBUSTIBLETOYOTA RAV-4 1.8L

	FLUJOMETRO		OBD II	
	FTP75	**HWFET**	**FTP75**	**HWFET**
N° de prueba	*[l/100km]*	*[l/100km]*	*[l/100km]*	*[l/100km]*
1	3,94	4,36	6,53	N/A
2	3,65	3,75	6,00	N/A
3	3,65	3,66	6,18	N/A
4	3,77	3,70	6,53	N/A
5	3,79	4,01	6,00	N/A

El consumo de combustible de los vehículos utilizados como casos de estudio se presentan en la tabla XI estos resultados son el promedio de los resultados levantados en cada prueba.

TABLA XI
CONSUMO DE COMBUSTIBLE

	FLUJOMETRO		OBD II	
	FTP75	**HWFET**	**FTP75**	**HWFET**
	[l/100km]	*[l/100km]*	*[l/100km]*	*[l/100km]*
OPTRA	6,00	5,15	8,59	6,34
RAV-4	3,76	3,91	6,25	N/A

IV. CONCLUSIONES

El presente estudio fue realizado en la unidad de titulación de la Universidad del Azuay, contribuyendo auna base de datos sobre el consumo de combustible en ciudades de altura. Utilizando una metodología aplicable e instrumentos asequibles para ser replicada sin problema.

El procedimiento desarrollado es basado en los ciclos de conducción EPA HWFET y EPA FTP75, implementados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA).

La variación de consumo de combustible obtenido en el flujómetro en el vehículo Chevrolet Optra 1.8L 2006 es del 33% en el ciclo de conducción urbano y de 23% en el ciclo de conducción en carretera, mientras que en el vehículo Toyota RAV-4 1.8L 2003 es de 55% en el ciclo de conducción urbano y de 54%en el ciclo de conducción en carretera, con respecto a los datos del fabricante.

Y mediante el dispositivo OBD II los resultados obtenidos fueron en el vehículoChevrolet Optra 1.8L 2006 es del 5% en el ciclo de conducción urbano y de 5% en el ciclo de conducción en carretera, mientras que en el vehículo Toyota RAV-4 1.8L 2003 es de 26% en el ciclo de conducción urbano yen el ciclo de conducción en carretera no se pudo captar los datos para la obtención de resultados, con respecto a los datos del fabricante.

Como se puede observar el vehículo con mayor variación en respecto a los datos entregados del fabricante es el vehículo Toyota RAV-4 1.8L 2003.

Al analizar los resultados en los dos vehículos se observa el mayor consumo en un ciclo de conducción urbano como lo es el FTP75, mientras que en los ciclos de conducción en carretera (EPA HWFET) el consumo disminuye.

Por este motivo se pueden tomar medidas para la reducción del consumo de combustible, las mimas que pueden ser "*ecodriving*" vehículos con tecnología "*Starstop*". Además se podría exigir a los fabricantes de vehículos, la realización de pruebas en situaciones de trabajo.

V. REFERENCIAS

[1] I. E. A. IEA, «CO2 Emissions from Fuel Combustion 2017 - Highlights», *Int. Energy Agency*, vol. 1, pp. 1-162, 2017.

[2] «Las 10 principales causas de defunción». [En línea]. Disponible en: http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death. [Accedido: 13-sep-2018].

[3] C. aAfredo (Universidad I. de G. Miño Loor, «Facultad De Ingeniería Automotríz Tema : " Estudio Y Análisis De Curvas De Eficiencia Y Desempeño Del Chevrolet Aveo Emotion 2015 Con Motor 1 . 6L Usando Combustible Super " Trabajo De Titulación Previo a La Obtención De Título De Ingeniero En Mecánica Au», vol. 1, p. 90, 2016.

[4] «Volkswagen Newsroom». [En línea]. Disponible en: https://www.volkswagen-newsroom.com/en. [Accedido: 13-sep-2018].

[5] AEADE, «Sector Automotor en cifras», n.º 6, pp. 13-14, 2017.

[6] I. para la D. y A. de la E. IDAE, *Guía para la Gestión del Combustible en las Flotas de Transporte*. 2006.

[7] «ELM327 versión 1.5». [En línea]. Disponible en: http://obd2-elm327.es/dispositivo-elm327-v1.5-1.5. [Accedido: 13-sep-2018].