



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Determinación del consumo de combustible de vehículos en
base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET,
en dinamómetro de chasis
Casos de estudio: vehículos Toyota 4D Corolla 1.6L, 2009 y
Hyundai Accent, 1.6L, 2002.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Nombre de los autores:
JUAN PABLO MOLINA PÉREZ
VICTOR MAURICIO MOROCHO TORAL

Nombre del Director:
ROBERT ROCKWOOD IGLESIAS

Tribunal:
GUSTAVO ÁLVAREZ COELLO
FRANCISCO TORRES MOSCOSO

CUENCA-ECUADOR

2018

Dedicatoria:

La presente tesis está dedicada a Dios por guiarme para llegar a este momento tan especial. A mis padres y hermanos quienes siempre han estado apoyándome en todo momento. A mi familia y en especial a mi Abuelita por haber sido mi inspiración y brindarme el apoyo incondicional para cada día ser mejor con su ejemplo y perseverancia.

Victor Mauricio

Dedicatoria:

Dedicado a mis padres y hermanos
por todo el amor y el apoyo brindado.

Juan Pablo

AGRADECIMIENTO:

A todos los profesores de ERGON por su apoyo incondicional en todo momento, en especial a nuestro Director el Ingeniero Robert Rockwood, por su apoyo en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii

i. INTRODUCCIÓN.....	1
ii. MATERIALES Y METODOS.....	2
iii. RESULTADOS.....	4
iv. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	5
v. REFERENCIAS.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regresión cuadrática de la gráfica Velocidad-Fuerza, prueba 24, Hyundai Accent.....	3
Figura 2. Regresión cuadrática de la gráfica Velocidad-Fuerza, prueba 12, Toyota Corolla.....	3
Figura 3. Ciclo de conducción EPA FTP75 (urbano).....	3
Figura 4. Ciclo de conducción EPA HWFET (Autopista).....	4
Figura 5. Comparación Consumo de Combustible.....	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Vehículos.....	2
Tabla 2. Características de los Materiales.....	2
Tabla 3. Coeficientes Coast-down en carretera.....	4
Tabla 4. Coeficientes Coast-down en dinamómetro de chasis.....	4
Tabla 5. Coeficientes Coast-down totales.....	4
Tabla 6. Consumo de combustible.....	4
Tabla 7. Consumo y Rendimiento de combustible combinado.....	5

**DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS
EN BASE A LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN EPA FTP 75 Y EPA HWFET, EN
DINAMÓMETRO DE CHASIS
CASOS DE ESTUDIO: VEHÍCULOS TOYOTA 4D COROLLA 1.6L, 2009 Y
HYUNDAI ACCENT, 1.6L, 2002.**

RESUMEN

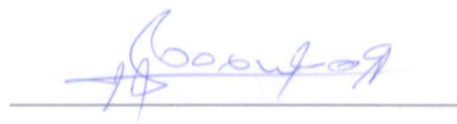
Este trabajo presenta una metodología basada en métodos normados para obtener la estimación del consumo de combustible de los vehículos Toyota Corolla y Hyundai Accent. El estudio fue realizado en la ciudad de Cuenca, Ecuador, bajo una serie de pruebas de desaceleración libre como lo indica la Norma ISO 10521 tanto en carretera como en dinamómetro de chasis para la obtención de coeficientes de Inercia (A), Rodadura (B) y Arrastre (C), los cuales permitieron simular la fuerza de oposición al avance del vehículo en el dinamómetro de chasis, y siguiendo los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET se obtuvieron las estimaciones de consumo de combustible en L/100km.

Palabras Clave— métodos normados, desaceleración libre, coeficientes, consumo de combustible.



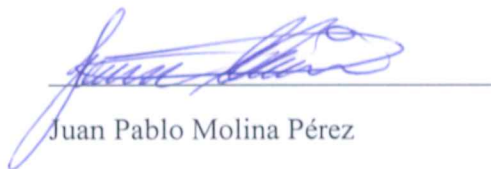
Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc.

Director de Escuela



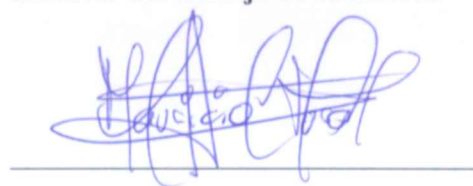
Ing. Robert Rockwood Iglesias, MSc

Director del trabajo de titulación



Juan Pablo Molina Pérez

Autor



Victor Mauricio Morocho Toral

Autor

**DETERMINATION OF VEHICLE FUEL CONSUMPTION BASED ON EPA
FTP75 AND EPA HWFET DRIVING CYCLES IN CHASSIS DYNAMOMETER
CASE STUDIES: 2009 TOYOTA COROLLA 4D 1.6L AND 2002 HYUNDAI
ACCENT 1.6L.**

ABSTRACT

This work presented a methodology base on standardized methods to obtain the fuel consumption estimate of Toyota Corolla and Hyundai Accent vehicles. The study was carried out in the city of Cuenca under a series of free deceleration tests as indicated in ISO 10521. This was conducted both on the road and in the chassis dynamometer to obtain inertia coefficients (A), rolling (B) and Drag (C). These allowed to simulate the force of opposition to the advance of the vehicle in the chassis dynamometer. Estimates on fuel consumption were obtained in L/100km following the EPA FTP75 and EPA HWFET driving cycles.

Keywords— regulated methods, free deceleration, coefficients, fuel consumption.



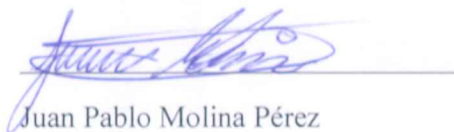
Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc.

Faculty Director



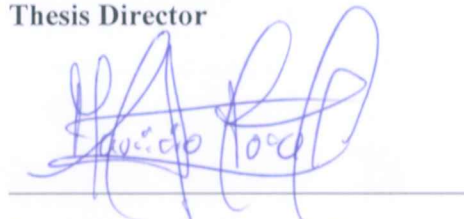
Ing. Robert Rockwood Iglesias, MSc

Thesis Director



Juan Pablo Molina Pérez

Author



Victor Mauricio Morocho Toral

Author



Translated by
Ing. Paul Arpi

Trabajo de Titulación.

Juan Pablo Molina Pérez.

Victor Mauricio Morocho Toral.

Septiembre, 2018

**DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS
EN BASE A LOS CICLOS DE CONDUCCIÓN EPA FTP 75 Y EPA HWFET, EN
DINAMÓMETRO DE CHASIS
CASOS DE ESTUDIO: VEHÍCULOS TOYOTA 4D COROLLA 1.6L, 2009 Y
HYUNDAI ACCENT, 1.6L, 2002.**

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una metodología para la obtención de los coeficientes para simular la fuerza de oposición al avance del vehículo y determinar el consumo de combustible, mediante el uso de dinamómetro de chasis. Esta investigación surge ya que no se cuenta con información del consumo de combustible en la ciudad, por lo que, el trabajo tiene como objetivo obtener los coeficientes de Inercia (A), Rodadura (B) y Arrastre (C); y a su vez estimar el consumo de combustible mediante ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET de los vehículos Toyota Corolla 1.6L del año 2009 y Hyundai Accent 1.6L del año 2002.

Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP 75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis

Casos de estudio: vehículos Toyota 4D Corolla 1.6L, 2009 y Hyundai Accent, 1.6L, 2002.

Juan Molina Pérez
Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Mecánica Automotriz,
Universidad del Azuay Av.24 de mayo y Hernán
Malo, Cuenca, Ecuador.
juanmolinaperez@yahoo.es

Mauricio Morocho Toral
Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Mecánica Automotriz,
Universidad del Azuay Av.24 de mayo y Hernán
Malo, Cuenca, Ecuador.
maumotor369@gmail.com

Resumen— Los vehículos propulsados con motores de combustión interna son importantes consumidores de petróleo, y por ende son responsables en gran parte de la polución del aire, por lo que hoy en día se realizan muchos esfuerzos para aminorar el impacto ambiental que ocasiona el automóvil; por un lado las mejoras tecnológicas y por otro promover políticas para racionalizar el uso de los vehículos, es por ello que resulta imprescindible conocer los métodos normados de estimación del consumo de combustible en los vehículos, y aplicarlos en nuestro medio, por lo cual en el presente estudio se llevó a cabo una serie de experimentos para determinar el consumo de combustible de dos vehículos, mediante la aplicación de la norma ISO 10521; la cual presenta una metodología de estimación de consumo para pruebas desarrolladas en el dinamométrico de chasis. Adicionalmente, las pruebas se llevaron a cabo siguiendo los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HFWET. Los resultados obtenidos para el consumo de combustible combinado fueron de 5.388 y 4.876 (L/100 km) para los vehículos Toyota y Hyundai, respectivamente.

Palabras clave: consumo de combustible, ciclo de conducción, métodos normados.

Abstract— The vehicles propelled with internal combustion engines are important consumers of oil, and therefore are largely responsible for air pollution, so that today many efforts are made to reduce the environmental impact caused by the car; on the one hand technological improvements and on the other promote policies to rationalize the use of vehicles, that is why it is essential to know the standardized methods of estimating fuel consumption in vehicles, and apply them in our environment. Which is why in present study was carried out a series of experiments to determine the fuel consumption of two vehicles, by applying the standard ISO 10521; which presents a consumption estimation methodology for tests developed in the chassis dynamometer. Additionally, the tests were carried out following the EPA FTP75 and EPA HFWET driving cycles. The results obtained for combined fuel consumption were 5,388 and 4,876 (L / 100 km) for Toyota and Hyundai vehicles, respectively.

Keywords— fuel consumption, driving cycle, standardized methods.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la OMS¹ los automóviles y camiones de pasajeros son responsables del 69.55% de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, por lo que, **estos son importantes consumidores de petróleo**[1] ya que existen algunos factores que influyen en el consumo como: el mantenimiento, la tecnología equipada en los vehículos, los hábitos de conducción[2] y las características geográficas[3], por lo que, actualmente se ha venido trabajando en buscar nuevas tecnologías, y en la creación de regulaciones que permitan reducir el consumo de combustible de los vehículos y así aminorar su impacto[4].

Las mejoras tecnológicas en los vehículos y en sus motores han logrado disminuir significativamente el consumo de combustible con el paso del tiempo; así también de acuerdo a (**Marchese y Golato, 2011**) la eficiencia de los elementos que se relacionan directamente con las fuerzas de carretera sobre las ruedas, junto con la eficiencia del motor son factores que resultan determinantes en el consumo de combustible; en su estudio estimaron que al mejorar la aerodinámica del auto, reduce las pérdidas por rodadura en las ruedas y utilizando un motor más eficiente se puede reducir entre un 27 y 38% de consumo de combustible para una misma demanda energética, y; sin disminuir las prestaciones de velocidad y aceleración[5].

Estas mejoras tecnológicas que aportan a la reducción del consumo de combustible y por ende a la reducción de gases contaminantes son realizadas, ya que, existen políticas y regulaciones que las exigen, tal es el caso de Estados Unidos que su eficiencia promedio en los vehículos nuevos gracias a sus políticas han incrementado del 28.7 MPG² a 35.5 MPG[4], estos

¹ OMS Acrónimo de las siglas para "Organización Mundial de la Salud"

² MPG Acrónimo de las siglas en Inglés "Millas por Galón"

valores fueron obtenidos realizando procedimiento regulados de ciclos de conducción como la prueba federal (FTP), la Prueba de economía de combustible en carretera (HWFET), el US06 (SFTP-conducción agresiva) y el SC03 (SFTP-uso aire acondicionado), en un dinamómetro de chasis[4]. Por otra parte, se considera que estos ciclos de conducción al ser regulados son reproducibles y repetibles pero no son representativos a la conducción real[6], por otro lado en Chile realizan pruebas en laboratorios CVS³ para emisiones y en dinamómetro de chasis con ciclo de conducción Europeo NEDC⁴, para el etiquetado de consumo energético[7]. Estos ciclos de conducción permiten obtener el valor del consumo y por ende adquirir un sistema de información de los vehículos que circulan en esos países.

Al igual que los países mencionados anteriormente, Ecuador cuenta con información de los vehículos que circulan en el país, brindada por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en sus reportes anuales[8], pero no cuenta con información sobre el consumo de combustible, sin embargo, en un estudio (*Loyola, Sandoval y Gálvez, 2016*) realizaron el consumo de combustible dentro de la zona urbana de Cuenca, elaborando ciclos de conducción que fueron ingresados en la configuración del dinamómetro para replicarlo y obtener el consumo y los costos relacionados al rodaje del vehículo[9].

Este estudio no puede ser reproducible, ya que los ciclos utilizados no son regulados, pero si fue representativo en el consumo, ya que, muchos autores estudian el impacto de la altitud en las emisiones de escape, sin embargo, pocos trabajos estudian el impacto en el consumo de combustible en la altura, por lo cual, **al no contar con información del consumo de combustible en la ciudad y no conocer los coeficientes para simular la fuerza de oposición al avance del vehículo, esta investigación pretende obtener los coeficientes de Inercia (A), Rodadura (B) y Arrastre (C); y a su vez determinar el consumo de combustible mediante ciclos de conducción EPA⁵ FTP75 y EPA HWFET en dinamómetro de chasis** de los vehículos tomados como caso de estudio Toyota Corolla 1.6L del año 2009 y Hyundai Accent 1.6L del año 2002.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación realizada se utilizaron los vehículos Toyota Corolla y Hyundai Accent con las características indicadas en la tabla 1, además de los instrumentos como: GPS, dinamómetros de chasis, flujometro y software para el análisis, con las características que se indican en la tabla 2:

Tabla 1. Características de los Vehículos.

Vehículos	Modelo	Radio dinámico	Presión de neumáticos
Toyota Corolla	2009, 1.6L	600 mm	Fabricante
Hyundai Accent	2002, 1.6L	600 mm	Fabricante

Tabla 2. Características de los Materiales.

Material	Características
GPS[10]	20 Hz, Interfaz Bluetooth, Antena GPS externa, Tarjeta SD.
Dinamómetro de chasis[11]	Velocidad máx. 362 Km/h. Potencia máx. 1200 Hp. Carga máx. 3629 Kg.
Flujometro[12]	Temperatura 20 a 100 °C Presión -1 a 16 bares Rango de flujo 3 a 50 l/h Error de medición -1 a 0% Almacenamiento de datos 57600 s.
Software	PerformanceBox Tools Excel

Para obtener el consumo de combustible se realizaron pruebas de coast down en carretera como lo indica la norma ISO⁶ 10521-1 y pruebas Coast down en dinamómetro de chasis como lo indica la norma ISO 10521-2 para determinar los coeficientes A, B y C que se ingresaran en el banco dinamométrico y así simular las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo y mediante los ciclos de conducción obtener el consumo de combustible de cada vehículo

Pruebas de carretera: Se instrumentó el GPS para registrar: tiempo, velocidad y distancia en cada vehículo en que se realizaron las pruebas de Coast down, que consiste en llevar el vehículo a una velocidad de 100 km/h, manteniendo unos segundos y luego acelerando 5 km/h más, procediendo a colocar la transmisión en neutro para que el vehículo reduzca su velocidad y se detenga, los valores obtenidos fueron tabulados mediante la ecuación (1) para obtener la fuerza de resistencia al desplazamiento del vehículo [13], la ecuación (1) está dada por la norma ISO 10521-1[14], y permite estimar la fuerza de propulsión.

$$F = \frac{1}{3.6} x(m + mr)x \frac{2 * \Delta V}{\Delta T} \quad (1)$$

³ CVS Acrónimo de las siglas en inglés para toma de muestra a volumen constante.

⁴ NEDC Acrónimo de las siglas en inglés "Nuevo Ciclo de Conducción Europeo"

⁵ EPA Acrónimo de las siglas en inglés "Agencia de Protección Ambiental" de los Estados Unidos

⁶ ISO Acrónimo de las siglas en inglés "Organización Internacional de Normalización"

Donde:

F = fuerza de propulsión [N]
m = masa del vehículo más el peso del conductor [kg]
mv = masa del vehículo sin carga. [kg]
mr = masa efectiva puede estimarse como el 3% de la masa del vehículo sin carga. [kg]
ΔV = variación de velocidad [km/h]
ΔT = variación de tiempo [s]

Una vez obtenido los resultados de las pruebas se aplicó un modelo de regresión cuadrática de la forma $Ctx^2+Btx+At$ para cada una de la pruebas de Coast down (Figura 1) para obtener los coeficientes de carretera.

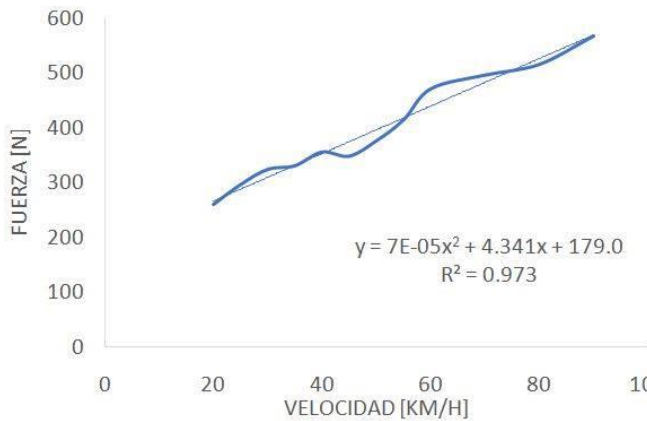


Figura 1. Regresión cuadrática de la gráfica Velocidad-Fuerza, de la prueba 24 del Hyundai Accent.
Fuente: Autores

Pruebas en Dinamómetro de Chasis: para las pruebas Coast down se configuro el dinamómetro con los pesos y el radio dinámico de cada uno de los vehículos, al igual que en las pruebas de carretera los vehículos fueron llevados a los mismos valores de velocidad mencionados, de igual manera se procedió a colocar la transmisión a neutro para que reduzca la velocidad y se detenga. Así mismo se realizó a tabulación mediante la ecuación (2) de la información obtenida por el dinamómetro de acuerdo a las recomendaciones por la norma ISO 10521-2[15].

$$F = \frac{1}{3.6} x(md + m'r)x \frac{2 * \Delta V}{\Delta T} \quad (2)$$

Donde:

F = fuerza propulsora en el dinamómetro. [N]
md = masa de los rodillos del dinamómetro. [kg]
mv = masa del vehículo con carga. [kg]
m'r = masa efectiva puede estimarse como el 1.5% de la masa del vehículo con carga. [kg]
ΔV = variación de velocidad. [km/h]
ΔT = variación de tiempo. [s]

Los resultados de las pruebas se tabularon para obtener un modelo de regresión cuadrática de la forma $Csx^2+Bsx+As$ para cada una de la pruebas de Coast down (Figura 2) para obtener los coeficientes en dinamómetro.

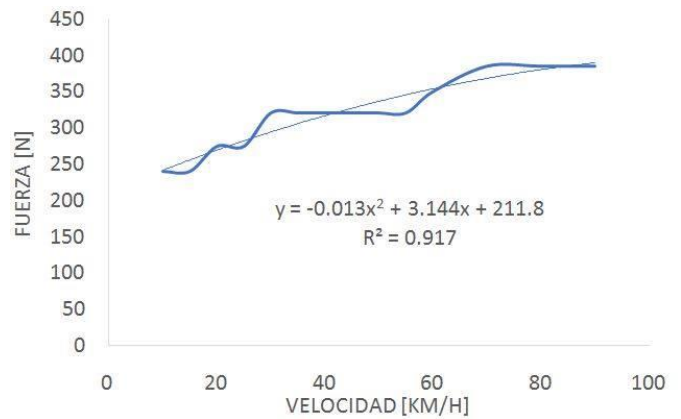


Figura 2. Regresión cuadrática de la gráfica Velocidad-Fuerza, de la prueba 12 del Toyota Corolla.
Fuente: Autores

Para la obtención de los coeficientes finales de ajuste de carga y las pruebas correspondientes en la determinación del consumo de combustible se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$A = Ad + At - As \quad (3)$$

$$B = Bd + Bt - Bs \quad (4)$$

$$C = Cd + Ct - Cs \quad (5)$$

Donde:

A = Coeficiente de Inercia.
B = Coeficiente de Arrastre.
C = Coeficiente de Rodadura.
d = Tomado de carretera
t = Calculado.
s = Tomado de dinamómetro

Estos coeficientes A, B y C serán ingresados en la configuración del dinamómetro para simular las fuerzas que se oponen al desplazamiento del vehículo y así obtener el consumo de combustible mediante los ciclos de conducción.

Ciclos de conducción: La intención del ciclo de conducción, es una homologación de un ensayo de tiempo-velocidad, que determina el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

CICLO DE CONDUCCIÓN FTP75

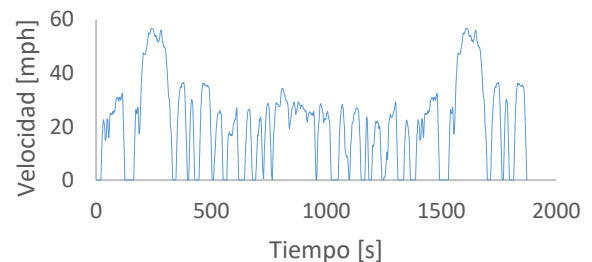


Figura 3. Ciclo de conducción EPA FTP75 (urbano)
Fuente: EPA Vehicle Chassis Dynamometer Driving Schedules (DDS)

La variabilidad al seguir estos ciclos de conducción puede afectar en un 8% la prueba realizada[16]. Para determinar el consumo de combustible se utilizó al igual que la EPA los ciclos regulados de conducción como el FTP75 (Federal Test Procedure) (Figura 3) para caracterizar el patrón de conducción en un entorno urbano, su duración es 1877 s, con una distancia recorrida de 17.77 km, la velocidad promedio de 34.12 km/h y su velocidad máxima: 91.25 km/h.

En cambio el ciclo HWEFT (The Highway Fuel Economy Test) (figura 4) es para viajes en autopista, la duración es de 765s, su distancia de recorrido es 16.51 km, la velocidad promedio de 77.58 km/h y su velocidad máxima: 96.4 km/h, definiendo así que un ciclo de conducción no es más que la representación de un recorrido o viaje realizado de un automóvil en un dinamómetro de chasis[17].



Figura 4. Ciclo de conducción EPA HWEFT (Autopista)
Fuente: EPA Vehicle Chassis Dynamometer Driving Schedules (DDS)

III. RESULTADOS

Para la obtención de los coeficientes en carretera de Inercia (A_t), coeficiente de Rodadura (B_t) y coeficiente de Arrastre (C_t) como indica la norma ISO 10521-1, se efectuaron en cada vehículo veinte y cuatro pruebas Coast-down, las cuales fueron realizadas en la carretera Panamericana E35 vía Cuenca-Cumbe, obteniendo los resultados indicados en la tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes Coast-down en carretera.

Coeficientes	Toyota Corolla	Hyundai Accent
A_t	415.18 ± 82.91	483.56 ± 86.56
B_t	0.23 ± 2.87	-1.77 ± 1.20
C_t	0.04 ± 0.02	0.06 ± 0.01

De la misma manera, bajo la norma ISO 10521-2 se realizaron doce pruebas Coast down para obtener los

coeficientes en dinamómetro de chasis A_s , B_s y C_s teniendo como resultado los valores detallados en la tabla 4.

Tabla 4. Coeficientes Coast-down en dinamómetro de chasis.

Coeficientes	Toyota Corolla	Hyundai Accent
A_s	214.48 ± 5.69	373.82 ± 66.51
B_s	2.93 ± 0.25	1.77 ± 0.45
C_s	-0.01 ± 0.02	-0.01 ± 0.005

En referencia a la norma ISO 10521-2 y utilizando las ecuaciones (3), (4) y (5) se obtuvieron los coeficientes A, B y C, descritos en la tabla 5, los cuales se utilizaron en la configuración del dinamómetro para las pruebas de consumo de combustible.

Tabla 5. Coeficientes Coast-down totales.

Coeficientes	Toyota Corolla	Hyundai Accent
A	200.7	109.74
B	-2.70	-3.54
C	0.05	0.07

Una vez configurado el dinamómetro de chasis se determinó el consumo de combustible al simular el recorrido bajo las condiciones de ciclos de conducción EPA FTP75 (ciclos en ciudad) y EPA HWEFT (ciclos en carretera) realizando cinco pruebas de cada uno, teniendo como resultado los valores promediados que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Consumo de combustible.

Vehículo	FTP75 [L/100km]	HWEFT [L/100km]
Toyota Corolla	5.709 ± 0.02	4.996 ± 0.04
Hyundai Accent	4.889 ± 0.25	4.861 ± 0.14

También se calculó el consumo de combustible combinado mediante la expresión (6)[18]:

$$CCC = (0.55 \times CCU) + (0.45 \times CCE) \quad (6)$$

Donde:

CCC = Consumo de Combustible Combinado.

CCU = Consumo de Combustible Urbano.

CCE = Consumo de Combustible Extraurbano

Obteniéndose como resultados los valores que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Consumo y Rendimiento de combustible combinado.

Vehículo	Consumo de Combustible Combinado [L/100km]	Rendimiento de Combustible Combinado [MPG]
Toyota Corolla	5.388	52
Hyundai Accent	4.876	58

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los valores obtenidos en las pruebas Coast down referente a la norma ISO 10521 que corresponde a pruebas en carretera y laboratorio, permitió realizar de una forma estandarizada las pruebas de consumo de combustible basándose en los ciclos de conducción como se ha demostrado en las diferentes publicaciones mencionadas[4][7].

Utilizando el proceso normado permitió la obtención de los coeficientes A, B y C a través de la estimación de la potencia resistente al avance del vehículo, que sirvió para configurar el dinamómetro de chasis para que ejerza la resistencia similar a la que el vehículo enfrentaría en la carretera, los resultados obtenidos son: para el Toyota el coeficiente de Inercia (A) 200.7, coeficiente de Rodadura (B) -2.7 y coeficiente de Arrastre (C) 0.05, así mismo, para el Hyundai el coeficiente de Inercia (A) 109.74, coeficiente de Rodadura (B) -3.54 y coeficiente de Arrastre (C) 0.07, siendo respaldado con el cumplimiento de las consideraciones expuesta por la norma, y así mismo los equipos con sus respectivos reglajes y calibraciones adecuadas. A través de la revisión del estado del arte ahora se sabe que para disminuir la incertidumbre en los resultados[19] de los coeficientes A, B y C se viene utilizando el método de medición directa de la Fuerza el cual da mejores resultados[20] sobre lo cual se puede trabajar en investigaciones futuras instrumentando vehículos y haciendo comparaciones.

Así mismo basándose en ciclos de conducción regulados para la obtención del consumo de combustible tanto en urbano como en extraurbano se determinaron los siguientes resultados: en ciudad 5.709 ± 0.02 L/100km o 41 MPG, en carretera 4.996 ± 0.04 L/100km o 47 MPG y combinado 5.388 L/100km o 52 MPG de consumo de combustible para el Toyota y para el Hyundai en ciudad 4.889 ± 0.25 L/100km o 48 MPG, en carretera 4.861 ± 0.14 L/100km o 49 MPG y combinado 4.876 L/100km o 58 MPG de consumo de combustible, siendo estos los valores en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

Realizando una comparación entre el consumo combinado del Hyundai de este estudio con el vehículo Hyundai de la base de datos de la EPA indica que: el consumo determinado por la EPA[21] difiere significativamente con una variación del 53.4% menos de consumo en este estudio (Figura 5), aunque la EPA indica que existen condiciones que afectan la economía de combustible[22], por lo que, para los modelos 2002 se realizaban únicamente los ciclos FTP75 y HWFET[23]. Realizando mejoras de la estimación[24][25] y tomando en cuenta los nuevos ciclos de conducción[26], se realizan las pruebas en condiciones controladas[27] para los cinco ciclos de conducción diferentes[23][28][29]; y luego con los valores obtenidos se realiza una aproximación final utilizando las fórmulas de estimación de la economía del combustible[28], así pues los métodos realizados por la EPA para el consumo de combustible no se consideran en este estudio, por lo cual, la comparación resulta no ser objetiva ya que no se encuentran bajo las mismas circunstancias.

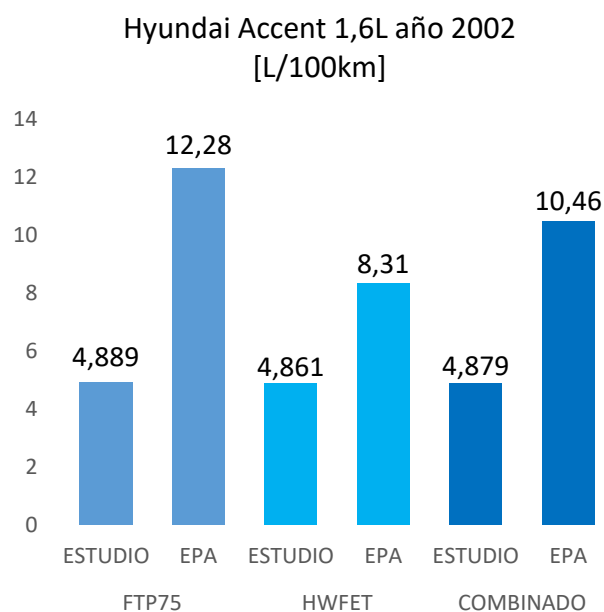


Figura 5. Comparación Consumo de Combustible.

Fuente: Autores

Finalmente, se sugiere realizar un estudio sobre el efecto que causa la densidad del aire y la curva de eficiencia del motor, en el consumo de combustible en diferentes alturas, ya que a medida que se incrementa la altura, la densidad del aire disminuye y por ende los motores pierden potencia, recalando que la potencia es el resultado del par motor y la velocidad angular que influye en la curva máxima de eficiencia[30].

V. REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, *Atlas sobre salud infantil y medio ambiente*. 2018.
- [2] F. Zheng, J. Li, H. Van Zuylen, and C. Lu, "Influence of driver characteristics on emissions and fuel consumption," *Transp. Res. Procedia*, vol. 27, pp. 624–631, 2017.
- [3] E. Zervas, "Impact of altitude on the fuel consumption of a gasoline passenger car," p. 5, 2011.
- [4] Y. Chen and A. Meier, "Fuel consumption impacts of auto roof racks," *Energy Policy*, vol. 92, pp. 325–333, 2016.
- [5] R. A. Marchese and M. A. Golato, "El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte," no. January 2011, pp. 1–9, 2011.
- [6] K. Hereijgers, E. Silvas, T. Hofman, and M. Steinbuch, "Effects of using Synthesized Driving Cycles on Vehicle Fuel Consumption," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 7505–7510, 2017.
- [7] C. Victoriano, "Eficiencia Energética en el Sector Transporte Consumo de energía," 2017.
- [8] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE, "Anuario 2017," Quito - Ecuador, 2017.
- [9] B. A. Loyola, E. Sandoval, and J. Galvez, "Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de los ciclos de conducción," p. 62, 2016.
- [10] RACELOGIC Support Centre, "VBOX Sport - User manual," 2018. [Online]. Available: https://racelogic.support/02VBOX_Motorsport/Performance_meters/VBOX_Sport/VBOX_Sport_-_User_manual. [Accessed: 12-Sep-2018].
- [11] G. O. Performance, "AutoDyn 30," no. 66 cm, 2006.
- [12] LR Germany, "Kvm 2012," 2012.
- [13] T. D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International, 1992.
- [14] ISO 10521-1, "Determination under reference atmospheric conditions," vol. 2006, 2006.
- [15] ISO 10521-2, "Reproduction on chassis dynamometer," vol. 2006, p. 22674, 2006.
- [16] J. Kim, E. Yim, C. Jeon, C. Jung, and B. Han, "Cold performance of various biodiesel fuel blends at low temperature," *Int. J. ...*, vol. 13, no. 2, pp. 293–300, 2012.
- [17] O. US EPA, "Dynamometer Drive Schedules."
- [18] O. Vergara and T. Estralla, "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y estimación del consumo de combustible de automóviles de la alcaldía de montería," Universidad de Cordoba, 2015.
- [19] G. Kadijk and N. Ligterink, "Road load determination of passenger cars," 2012.
- [20] R. Ahlawat and T. Ichige, "Estimation of Road Load Parameters via On-road g Vehicle Testing," 2013.
- [21] US EPA O, "2002 Hyundai Accent/Brio," 2018. [Online]. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=17560>. [Accessed: 13-Sep-2018].
- [22] O. US EPA, OAR, "Frequent Questions related to Transportation, Air Pollution, and Climate Change." [Online]. Available: <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/frequent-questions-related-transportation-air>. [Accessed: 24-Aug-2018].
- [23] US EPA O, "Detailed Test Information." [Online]. Available: https://www.fueleconomy.gov/feg/fe_test_schedules.shtml. [Accessed: 24-Aug-2018].
- [24] O. US EPA, OAR, "Basic Information on Fuel Economy Labeling." [Online]. Available: <https://www.epa.gov/fueleconomy/basic-information-fuel-economy-labeling>. [Accessed: 24-Aug-2018].
- [25] U. States, E. Protection, N. Vehicle, and A. N. N. Arbor, "United states environmental protection agency national vehicle and fuel emissions laboratory 2565 plymouth road ann arbor, michigan 48105-2498," vol. 12, no. 2, pp. 1–8, 2010.
- [26] US EPA O, "2017 Ratings Changes." [Online]. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/ratings.shtml>. [Accessed: 24-Aug-2018].
- [27] Environmental Protection Agency, "Fuel Economy Testing and Labeling," no. April, pp. 1–6, 2014.
- [28] E. Estimates and F. Rule, "Environmental Fuel Economy Labeling of Motor Vehicles:," *Fed. Regist.*, 2006.
- [29] Environmental Protection Agency, "Final Technical Support Document: Fuel Economy Labeling of Motor Vehicle Revisions to Improve Calculation of Fuel Economy Estimates," *Epa420-R-06-017*, no. December, 2006.
- [30] D. A. Castaño and G. A. Patiño Jaramillo, "Estudio de los factores que inciden en el desempeño de motores de encendido provocado convertidos gas natural," *Rev. Gas Veh.*, vol. 4, 2003.