

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 Hyundai Tucson ix35 2.0, 2013 y Kia Sportage Active 2.0, 2011.

Jorge Andrés Peláez Sigüenza^a,

^aFacultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo y Hernán Malo.

Cuenca - Ecuador

jorgeandreschevy@gmail.com

Santiago Efraín Román Marín^a

^aFacultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo y Hernán Malo.

Cuenca - Ecuador

santi_87roman@hotmail.com

Resumen—El presente estudio busca la creación de una base de datos de consumo de combustible dos de los vehículos más vendidos en el Ecuador como Hyundai Tucson IX35 2.0L, 2013 y el Kia Sportage Active 2.0, 2011. Se calculó el consumo de combustible a través del dinamómetro de chasis estimando los coeficientes de resistencia a la rodadura y resistencia a la aerodinámica del vehículo, así como los coeficientes de ajuste de las fuerzas de carretera A, B, y C. Para introducirlos en la gestión del dinamómetro de chasis con base en los ciclos de conducción característicos EPA: FTP75 y HWFET. Para la determinación de los coeficientes antes mencionados se realizará las pruebas recomendadas según la norma “SAE J: 1263”, que implica la ejecución de la prueba de desaceleración libre “Coast Down”, mediante un interfaz OBDII se obtuvieron datos de velocidad, temperatura del aire de admisión, temperatura del motor, consumo instantáneo de combustible, velocidad de carga del motor, altitud, presión barométrica, etc., con una frecuencia de 0.2 a 10 Hz. Desarrolladas las pruebas para el cálculo del consumo instantáneo de combustible se obtuvieron los siguientes resultados, para el vehículo Hyundai Tucson ix35 (2.0L) en ciclo FTP75 en ciudad de 12.68 km/L y 17.17 km/L para el ciclo HWFET en carretera y para el vehículo Kia Sportage Active (2.0L) en el ciclo FTP75 en ciudad de 11.09 km/L y 16.38 km/L para el ciclo HWFET en carretera.

PALABRAS CLAVES— Consumo de combustible, ciclos de conducción FTP75 y HWFET, OBDII, eficiencia energética.

Abstract. This study aimed at creating a fuel consumption database through chassis dynamometer, estimating the vehicle rolling resistance and aerodynamics resistance coefficients, as well as A, B, and C road forces adjustment to introduce them to the management of the chassis dynamometer based on the EPA: FTP75 and HWFET characteristic driving cycles. In order to determine the above mentioned coefficients, the tests recommended according to the “SAE J: 1263” standard, were carried out. The following results were obtained: Hyundai Tucson ix35 (2.0L) 12.68 km/L in “FTP75”; and 17.17 km/L in “HWFET”. Kia Sportage Active (2.0L) 11.09 km/L in “FTP75” and 16.38 km/L in “HWFET”.

Keywords: fuel consumption, FTP75 and HWFET driving cycle, OBDII, energy efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento del uso de medios de transporte privados, el volumen de transporte y el tráfico siguen creciendo a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2014) congestión, accidentes y contaminación son algunos de los factores negativos relacionados directamente con el volumen de tráfico. el crecimiento del parque automotor influye directamente en el incremento de consumo de gasolinas en él un 4.7% y en diésel un 9.6% datos en Ecuador (MCOE, 2015) teniendo en cuenta que el parque automotor en la ciudad de Cuenca es alrededor de 115.000 vehículos, con un crecimiento anual de un 10%, con respecto al crecimiento poblacional que es de un 2%, (El Tiempo, 2015).

La ciudad de Cuenca que se encuentra a 2482 metros sobre el nivel del mar (El Mercurio, 2016), debido a esto a mayor altitud los motores térmicos se ven afectados en su funcionamiento considerando que el oxígeno en estas regiones es menor y el vehículo necesita mayor energía para desplazarse como lo asevera (Velasco Hurtado & Velasco Villarroel, 2014) y como afirma (López Terán, 2013) que se evaluó el consumo de combustible en las distancias más concurridas de la ciudad de Quito 2850 metros sobre el nivel del mar (El Noticiero, 2017), Concluye que se debe tener en cuenta la geografía por donde transitan los automotores, la misma influye directamente en el consumo de los vehículos de Hyundai (i10 y Accent) lo que llevó a la estimación de un 30% de consumo mayor a lo que el fabricante del vehículo indica.

Por otra parte el consumo de combustible está directamente relacionado con las emisiones de CO₂, se sabe que por cada kilogramo de petróleo se emiten 7,14 kg de CO₂ (Jose Daniel, Sergio Fernandez, & Julio César, 2010). Los gases contaminantes provenientes de la combustión de la gasolina especialmente de las concentraciones de CO₂ (contaminante primario de la atmosfera) y CO (contaminante muy toxico para la salud de las personas).

Debido a estos se realizará la elaboración de la base de datos de consumo de combustible de los vehículos antes mencionado, es un hecho que toda la información recopilada y creada debe de ser intercambiable y comparable a nivel internacional para mejorar su calidad y aumentar su alcance.

Para mantener el desarrollo económico con una movilidad sostenible, segura y con menos efectos negativos del transporte, para hacer frente a este desafío, los responsables de las políticas públicas tienen una gran necesidad de información. Así como para generar políticas y reglamentos a favor del medio ambiente citamos como ejemplo: Ecuador estableció un Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular (IACV) basándose en el consumo de combustible y emisiones (Evelyn Fernanda, 2015).

Al no existir una base de datos en el área de consumo energético de vehículos en el Ecuador este proyecto determinará el consumo de combustible en los vehículos Hyundai Tucson IX35 2013, 2.0L y el Kia Sportage Active 2011, 2.0L.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación pretende desarrollar una herramienta que pueda replicar la forma de determinar el consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, para ello partimos con una revisión bibliográfica concerniente al tema, con el propósito de conocer el estado de arte referente a los métodos de estimación del consumo de combustible, y así analizar experiencias y aportes en este campo. Con el fin de estimar los coeficientes de resistencia a la rodadura, resistencia a la aerodinámica del cuerpo, así como los coeficientes de ajuste de las fuerzas de carretera rodadura (A), fricción (B), y aerodinámica (C). Las prácticas de desaceleración libre *Coast Down* se realizaron en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, en la panamericana sur E35 en el tramo Tarqui-Cumbe, con una altura de 2633msnm (datos tomados smartphone utiliza GPS con soporte A-GPS y GLONASS), lugar elegido por las condiciones geográficas cumpliendo la norma recomendada SAE J: 1263, teniendo en cuenta que para cada vehículo se realizaron 14 tomas de datos en carretera, usando gasolina extra de 85 octanos para el vehículo Kia Sportage Active y gasolina súper de 90 octanos para el vehículo Hyundai Tucson ix 35. (Pacheco, 2017).

Los vehículos utilizados son: Tabla 1-2.

Tabla.1 Especificaciones Técnicas de Tucson Ix. ^a (Economy), 2017)

Cilindraje Motor	2000 C.C.
Trasmisión	4x2 TM
Llantas	225/60 R17
Área Frontal[m ²]	2.40 m ²
Peso	1350 kg
Coefficiente de la resistencia al aire [Cd]	0.37
Consumo ciudad-carretera	*20MPG - 26MPG

Tabla.2 Especificaciones Técnicas de Kia Sportage Active.

Cilindraje Motor	2000 C.C.
Trasmisión	4x2 TM
Llantas	215/65 R16
Área Frontal[m ²]	2.45m ²
Peso	1550 kg
Coefficiente de la resistencia al aire (Cd)	0.37

La información es recopilado por medio de un receptor de datos OBD-II que tiene una comunicación compatible con los protocolos ISO15765-4 (CAN), ISO14230-4 (KWP2000), ISO9141-2, J1850 (VPW), J1850 (PWM), y una aplicación móvil Figura 1 los mismos que permiten monitorear con una frecuencia de 0.2 a 10 Hz y obtener la información del motor en tiempo real. Luego de extraer los datos (Tabla 1) y (Fig. 1)

Tabla 3. Datos exportados de la aplicación

Velocidad OBD	[km/h]
Tiempo	[seg.]
Torque actual del motor	[Nm]
Caudal de aire	[m ³ /seg.]
Flujo de combustible	[L/min]
Revoluciones del motor	[rpm]
Temperatura del aire en múltiple de admisión	[°C]
Presión barométrica del vehículo	[Bar]



Fig. 1. Datos de la aplicación

Con los valores determinados anteriormente se instala el vehículo en el dinamómetro de chasis AutoDyn30 Figura 2 el mismo que cuenta con un software que permite; ingresar los

datos de los ciclos de conducción requeridos. Las características principales son: carga máxima de 3629 kg, velocidad máxima



de 362 km/h, potencia máxima de 1200 hp, incluye una estación meteorológica para monitoreo del ambiente, selección de varios sensores de velocidad del motor y un bloqueo de rodillo accionado por aire. Los resultados obtenidos en las pruebas “Coast Down” en conjunto con el OBD-II, serán los coeficientes de ajuste de las fuerzas de carretera F0, F1 y F2, para el dinamómetro de chasis serán los coeficientes de ajuste D0, D1 y D2, puesto que se realizará una diferencia entre los valores, de tal manera que permita obtener factores de ajuste A, B y C más precisos, para simular las cargas del rodillo, luego se introducen los datos del vehículo; como el peso del mismo multiplicado por una constante de 1.015 que es un factor de ajuste ya que el dinamómetro de chasis es de dos rodillos, longitud de neumático, se revisará la presión de los neumáticos como también que el vehículo esté libre de imperfecciones mecánicas o fugas.

Fig.2. Dinamómetro de chasis Superflow
Modelo: AutoDyn 30.

Con los datos estimados y necesarios se los introduce en el dinamómetro de chasis, se procede a seguir los ciclos de conducción FTP75 Y HWFET

Tabla 4. Características de los Ciclos FTP75 y HWFET

Característica	FTP75	HWFET
Distancia total recorrida	11,04 [millas] (17,77 [Km])	10,26 [millas] (16,45[Km])
Velocidad media	21,2 [mph] (34,12 [Km/h])	48,3 [mph] (77,7[Km/h])
Velocidad máxima	56,71 [mph] (91,26[Km/h])	59,9 [mph] (96,4[Km/h])
Duración	1874 [s]	765 [s]

Conectado al OBD-II que permitirá monitorizar el consumo instantáneo que generará el vehículo en cada ciclo de conducción. El conductor elegido para las pruebas deberá seguir los lineamientos y mantenerse en los rangos de velocidad especificados para que cada uno de los ciclos se realice de la mejor manera.

Finalmente con todas las pruebas realizadas y los ciclos de conducción cumplidos, se procede a recuperar los datos que el

software WinDyn guarda. De tal manera, se exportarán los datos a una hoja de cálculo para así poder tabular.

Cuando un vehículo se mueve, este ha vencido todas las fuerzas que se le oponen (Figura 3), la demanda energética de un recorrido se evalúa en función de la magnitud de estas fuerzas, las cuales son:

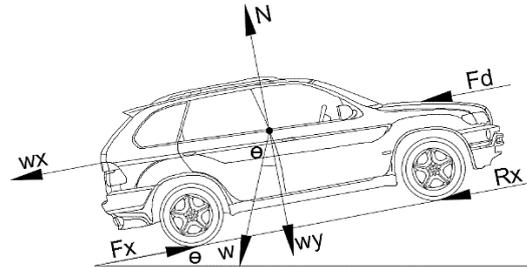


Fig. 3 Ilustración que indica las fuerzas que se resisten al avance del vehículo. Aceleración: es una magnitud vectorial que indica la variación de velocidad por unidad de tiempo.

$$a = \frac{v}{t} \quad [1]$$

a=aceleración [m/s²]

v=velocidad [m/s]
t=tiempo [s]

Resistencia debido a la pendiente (Rg).- Cuando el vehículo se encuentra en un plano inclinado, una parte del peso gravita en contra del sentido de la marcha, originando una resistencia debida a la pendiente que se opone a la fuerza de propulsión.

$$R_g = m * g * \sin \theta \quad [2]$$

Rg=Resistencia debido a la pendiente [N].

m=masa del vehículo [kg]
θ=inclinación de la calzada [grados]

Resistencia a la inercia (Ri).- Es la resistencia que tiene un cuerpo a un cambio de velocidad.

$$R_i = m * a \quad [3]$$

Ri=Resistencia a la inercia [N].

m= masa del vehículo [kg]
a= aceleración del vehículo [m/s²]

Resistencia al arrastre.- Es la resistencia que tiene un cuerpo cuando se desplaza dentro de un fluido, en el caso del vehículo, este se desplaza a través del aire, se estima a través de siguiente expresión:

$$F_d = \frac{1}{2} * a * v^2 * C_d * \rho \quad [4]$$

Fd=Resistencia al arrastre [N]

a=aceleración del vehículo [m/s²]
ρ=densidad del aire [kg/m³]
v= velocidad del vehículo [km/h]
Cd=coeficiente aerodinámico del vehículo [-]

III. RESULTADOS

Resistencia a la rodadura (Rx).- Esta resistencia se genera en la interface entre la rueda y la calzada, se la atribuye a la energía que disipa el sistema por la deformación que experimentan los neumáticos, se estima a través de la expresión:

$$Rx = m * g * fr * \cos \theta \quad [5]$$

Rx=Resistencia a la rodadura [N].

m=masa del vehículo [kg]
g=gravedad [m/s²]
fr= coeficiente de resistencia a la rodadura [-]

Con la manipulación de los datos obtenidos en la prueba “Coast Down” se estima los factores de ajuste F0, F1 y F2 siendo rodadura, fricción y aerodinámica respectivamente, por último se utiliza una línea polinómica de tendencia la misma que da como resultado los valores de F0, F1 y F2.

$$F_{cal} = m * a \quad [6]$$

Fcal =Fuerza Calculada [N]

m = Masa [kg]
a = aceleración [m/s²]

$$F_{coef} = A + B * V + C * V^2 \quad [7]$$

Fcoef = Fuerza coeficientes

A=factor de ajuste a la rodadura.
B=factor de ajuste a la fricción.
C=factor de ajuste aerodinámico.

$$F_{cal.} = F_d + R_x \quad [8]$$

Fcal=Fuerza Calculada

Fd=resistencia aerodinámica
Rx=resistencia a la rodadura

Para la obtención de la distancia recorrida en las diferentes pruebas en el dinamómetro de chasis de los ciclos FTP75 y HWFET, se estima a través de la expresión:

$$x = v_{OBD} * (t_2 - t_1) \quad [9]$$

x=distancia recorrida [m]

v_{OBD} = velocidad del OBDII
t= tiempo [s]

Para la obtención del consumo, se estima a través de la expresión:

$$Con = \frac{\sum x}{\sum con.Ins} \quad [10]$$

$\sum x$ = sumatoria distancia recorrida en el ciclo [km]
con. = consumo
 $\sum con. Ins$ = sumatoria del consumo instantáneo.

1. Para el coeficiente de resistencia aerodinámica “Cd” y de resistencia a la rodadura “fr” se obtuvo con un rango de 0.36±0.01 y 0.0138±0.0034 respectivamente de los vehículos Hyundai Tucson ix35 y Kia Sportage Active. Mediante la aplicación *solver* del programa *Excel* Fig.4. ((Microsoft), n.d.)

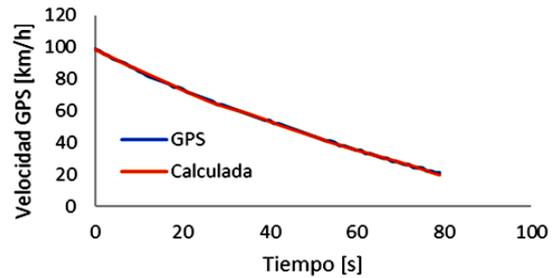


Fig. 4. Relación de las curvas velocidades GPS y velocidad Calculada con respecto al tiempo Hyundai Tucson

Tabla 5. Valores de los coeficientes de resistencia aerodinámica “Cd” y de resistencia a la rodadura “fr”

	Cd	Cd fabricante	Fr
Hyundai Tucson	0.36 ± 0.01	0.37*	0.0138 ± 0.0034
Kia Sportage Active	0.36±0.01	0.37	0.0138 ± 0.0034

El valor del coeficiente de resistencia aerodinámica “Cd” del fabricante es 0.37, obteniendo un valor de error del 2.70% Hyundai y 2.70% Kia con los valores calculados.

Tabla 6. Coeficientes de resistencia a la rodadura (Wong, 2001)

Coeficiente de resistencia a la rodadura	
Superficie de la carretera	Coeficiente de resistencia a la rodadura
Llantas de auto	
Hormigón asfáltico	0.013
Grava laminada	0.02
Tarmacadam	0.025
Carretera sin asfaltar	0.05
Campo	0.1 - 0.35
Neumáticos para camiones	
Hormigón asfáltico	0.006 - 0.01

El valor de resistencia a la rodadura “fr” 0.013, obteniendo un valor de error del 6.15% Hyundai y 6.15% Kia con los valores calculados.

2. Intervalos de confianza de A, B y C valores obtenidos para los vehículos

Tabla 7. Intervalos de confianza

	A	B	C
Hyundai Tucson ix	56.2±0.0033	0.00005±0.0001	0.07±0
Kia Sportage Active	63.11±0.0036	0.0001±0.0001	0.12±0.1004

Estos coeficientes A, B y C de ajuste de carretera bloquean al rodillo de dinamómetro, por esta razón es necesario calcular nuevos coeficientes de ajuste F0, F1 y F2. Utilizando la ecuación 8 se obtendrá estos coeficientes de ajuste. Línea de tendencia Fig.5

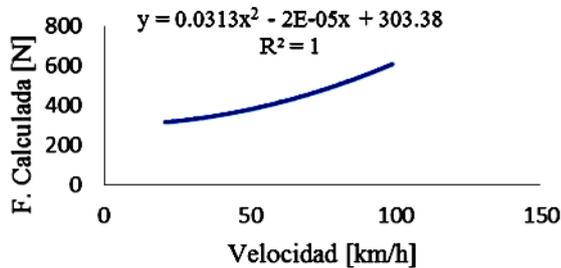


Fig. 5 Relación de las curvas velocidades con respecto a la fuerza calculada Hyundai Tucson

Tabla 8. Valores de los coeficientes de ajuste F0, F1 y F2

	F0	F1	F2
Hyundai Tucson	206.92± 50.58	0.0003± 0.0004	0.0304± 0.0010
Kia Sportage Active	209.77± 51.38	0.00021± 0.0004	0.031± 0.0011

Los resultados obtenidos en las pruebas de *Coast Down* en el dinamómetro de chasis, teniendo en cuenta que para cada vehículo se realizaron 3 tomas de datos en carretera.

- Para los valores de los coeficientes de ajuste D0, D1 y D2 obtenidos por las pruebas en el dinamómetro de chasis con un rango de 75.5700 ±11.6327, 2.1453±0.2827 y -0.0093±0.0028 respectivamente, mediante una ecuación cuadrática R2.

Tabla 9. Valores de los coeficientes de ajuste D0, D1 y D2

	D0	D1	D2
Hyundai Tucson	75.5700± 11.6327	2.1453± 0.2827	-0.0093± 0.0028
Kia Sportage Active	147.61± 48.12	3.99± 2.21	-0.026± 0.0154

- Con los valores obtenidos de estas pruebas de *Coast Down* F0, F1 y F2 con los valores del dinamómetro de chasis D0, D1 y D2 se restan para obtener los coeficientes de ajuste A, B y C los cuales estos se pondrán en el banco dinamómetro de chasis.

Tabla 10. Nuevos coeficientes de ajuste A, B y C

	A	B	C
Hyundai Tucson ix	131.35	-2.15	0.040
Kia Sportage Active	62.16	-3.99	0.057

Para la obtención del consumo de combustible se realizó pruebas de manejo de los ciclos FTP75 y HWFET en el dinamómetro de chasis obteniendo los datos del consumo instantáneo en litro por segundo (Lt/s) para la obtención del consumo en kilómetros por galones (km/gal) en los vehículos Hyundai Tucson ix35 2.0L, 2013 y Kia Sportage Active 2.0L, 2011, para así poder comparar estos datos con los del fabricante.

Para los ciclos FTP75 ciclo Urbano y HWFET ciclo en carretera se calcula una distancia promedio de las tres pruebas realizadas en el dinamómetro de chasis, consumo instantáneo y consumo para los dos vehículos para luego comparar estos datos con los del fabricante.

Ciclo FTP75 ciclo en ciudad

Para el consumo, Se debe calcular una distancia promedio recorrida de las tres pruebas, aplicando la ecuación 9, se obtiene los siguientes datos:

Tabla 11. Promedio de recorrido del Ciclo FTP 75

Hyundai Tucson ix35		Kia Sportage Active	
Prueba	Distancia [km]	Prueba	Distancia [km]
1	17.36	1	17.34
2	17.26	2	17.46
3	17.26	3	17.46
Prom.	17.3	Prom.	17.42

De igual manera se calcula el promedio del consumo instantáneo de las tres pruebas, se obtiene los siguientes datos:

Tabla 12. Consumo instantáneo del Ciclo FTP 75

Hyundai Tucson ix35		Kia Sportage Active	
Consumo Lt.	Consumo gal.	Consumo Lt.	Consumo gal.
1.37±0.02	0.36±0.005	1.56 ± 0.01	0.41± .0023

Por último se calcula el consumo de combustible aplicando la ecuación 10, los resultados son:

Tabla 13. Consumo de combustible del Ciclo FTP 75

	Consumo [km/gal]	Consumo [MPG]	Consumo [km/L]
Hyundai Tucson ix35	48	29.8	12.68
Kia Sportage Active	42	26.2	11.09

Comparación de los datos obtenidos del consumo de combustible

Tabla 14. Comparación del consumo de combustible ciudad (Hyundai Tucson ix 35)

Fuel economy		Calculado	
20	[MPG]	29.8	[MPG]
32.19	[km/gal]	48	[km/gal]
8.50	[Km/L]	12.68	[Km/L]

Tabla 15. Error de cálculo

vehículos	Error %
Hyundai Tucson ix35	48.98
Kia Sportage Active	No calculado

No se pudo obtener una base de datos del consumo de combustible del fabricante en ciudad del vehículo Kia Sportage Active, por lo cual no se calculó el porcentaje de error de consumo de combustible.

Para el ciclo HWFET ciclo en carretera

Para el consumo, debemos calcular una distancia promedio recorrida de las tres pruebas, aplicando la ecuación 9, se obtiene los siguientes datos:

Tabla 16. Promedio de recorrido ciclo HWFET

Hyundai Tucson ix35		Kia Sportage Active	
Prueba	Distancia [km]	Prueba	Distancia [km]
1	16.17	1	16.33
2	16.21	2	16.33
3	15.98	3	16.45
Prom.	16.12	Prom	16.37

De igual manera se calcula el promedio del consumo instantáneo de las tres pruebas, se obtiene los siguientes datos:

Tabla 17. Consumo instantáneo del ciclo HWFET

Hyundai Tucson ix35		Kia Sportage Active	
Consumo Lt.	Consumo gal.	Consumo Lt.	Consumo gal.
0.93±0.49	0.25 ± 0.13	1.01 ± 0.13	0.27 ± 0.033

Por último se calcula el consumo de combustible aplicando la ecuación 10, los resultados son:

Tabla 18. Consumo de combustible del ciclo HWFET

	Consumo [km/gal]	Consumo [MPG]	Consumo [km/L]
Hyundai Tucson ix35	65	40.67	17.7
Kia Sportage Active	62	38.30	16.38

Comparación de los datos obtenidos del consumo de combustible

Tabla 19. Comparación del consumo de combustible (Hyundai Tucson ix 35)

Fuel economy		Calculado	
26	[MPG]	40.67	[MPG]
41.85	[km/gal]	65	[km/gal]
11.05	[km/L]	17.7	[km/L]

Tabla 20. Error de cálculo

Vehículos	Error %
Hyundai Tucson ix35	55.31
Kia Sportage Active	No Calculado

No se pudo obtener una base de datos del consumo de combustible del fabricante en carretera del vehículo Kia Sportage Active, por lo cual no se calculó el porcentaje de error de consumo de combustible.

IV. CONCLUSIONES

Al desarrollar este estudio se estimó los consumos de combustible y métodos para la estimación del mismo de acuerdo a cada ciclo de conducción. Los resultados de la base de datos permiten presentar consideraciones teóricas y prácticas.

Las pruebas realizadas en desaceleración libre “Coast Down” tanto en carretera como en el dinamómetro de chasis sirvieron para estimar los valores de: el coeficiente aerodinámico, coeficiente de ajuste a la carretera A, B, C y la resistencia a la rodadura de cada vehículo.

Los ciclos FTP75 y HWFET en el dinamómetro de chasis, permitió observar el comportamiento de los vehículos siendo el ciclo FTP75 el que tiene un mayor consumo de combustible que el ciclo HWFET.

El consumo de combustible final del vehículo Hyundai Tucson Ix Tucson IX35, 2.0L se obtuvo 12.68 km/L en el ciclo FTP75 y 17.7 km/L en el ciclo HWFET, obtenidos se compararon con los datos de *Fuel Economy* fueron en el ciclo FTP75 se obtuvo un error de 48.98% y en el ciclo HWFET 56.42%, se podría decir que el margen de error es amplio teniendo en cuenta que los coeficientes de ajuste A, B, y C se omitieron en las pruebas. El consumo de combustible final del vehículo Kia Sportage Active 2011, 2.0L se obtuvo 11.09 km/L en el ciclo FTP75 y 16.38 km/L en el ciclo HWFET, no se pudo comparar con el consumo de combustible de la base de datos del *Fuel Economy*.

RECOMENDACIONES.

Como recomendaciones:

- Se deberían realizar más pruebas para obtener una base de datos más extensa para así validar los resultados del consumo de combustible en los cálculos y poder compararlos con los del fabricante.
- Utilizar sistemas GPS que son más exactos que los sistemas móviles para la recolección de datos.

TRABAJO A FUTURO.

- Esta base de datos se podría utilizar para generar leyes que mitiguen la contaminación del aire en base a consumos de combustible.
- Realizar pruebas utilizando un Flujómetro para medir el consumo de combustible real, y así comparar y verificar las diferencias con los valores que brinda la base de datos de consumo estimado de combustible en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS.

El presente proyecto de investigación se realizó bajo la supervisión de los Ingenieros Mateo Coello. Mgst; Gustavo Álvarez, Francisco Torres, Daniel Cordero y Robert Rockwood, a quienes gustaría expresar nuestro más profundo agradecimiento por la ayuda dada para la realización de este estudio, por su paciencia y tiempo dedicado para que este proyecto saliera de manera exitosa.

REFERENCES

- (European Federation for Transport and Environment AISBL). (2017). Vehículos de emisiones ultra bajas y supercréditos. Retrieved from <https://www.transportenvironment.org/node/3344>
- (Microsoft). (n.d.). STANDARD EXCEL SOLVER - LIMITATIONS OF NONLINEAR OPTIMIZATION. Retrieved from <https://www.solver.com/standard-excel-solver-limitations-nonlinear-optimization>
- Economy), (Fuel. (2017). Fuel Economy. Retrieved from <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=32453>
- El Mercurio. (2016). Altitud y rendimiento deportivo. Retrieved from <http://www.elmercurio.com.ec/557248-altitud-y-rendimiento-deportivo/>
- El Noticiero. (2017). Técnico de Ecuador alaba a Perú y considera que la altura de Quito ya no es tan determinante como antes. Retrieved from <http://www.elnoticiero.com.ec/noticias/deportes/tecnico-de-ecuador-alaba-a-peru-y-considera-que-la-altura-de-quito-ya-no-es-tan-determinante-como-antes-0030966/>
- El Tiempo. (2015). Uso de vehículo particular crece de forma constante. Retrieved from <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/346191/uso-de-vehiculo-particular-crece-de-forma-constante>
- Idae. (2005). Combustibles y vehículos alternativos.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2014). Anuario de Estadísticas de Transportes 2014. *Anual*, 1–198. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- López Terán, J. L. (2013). Escuela politécnica nacional. *EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE VEHÍCULOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.*, 244. Retrieved from <file:///C:/Users/HOGAR/Downloads/CD-2042.pdf>
- MCOE, M. C. de S. E. (2015). *National Energy Balance 2015. Chapters 4-7. National Energy Balance 2015 / Chapter 4. Energy consumption by sector and source / Chapter 5. Energy exports and imports / Chapter 6. Greenhouse gases emissions / Chapter 7. Energy and socioeconomics.* Ecuador. Retrieved from <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>
- Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industria. (2003). Materiales para el

transporte y la energía. Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo. Retrieved from www.opti.org.

Pacheco, M. (2017). Gasolina de menor octanaje hasta el 2018.

Serano, E., & Gonzáles, P. (2014). *TESIS - Evaluación del efecto de la conducción eficiente con el consumo de combustible y las emisiones contaminantes en vehículos de transporte liviano a gasolina usando diseño de experimentos.* Quito: UIDE.

Velasco Hurtado, C., & Velasco Villarroel, J. (2014). *Efectos de la altitud sobre la combustión.*

Wong, J. Y. (2001). *Theory of ground Vehicles. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 3).

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>