

Determinación del consumo de combustible del vehículo en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 Y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis

Caso de estudio: Vehículo Kia Rio R 1.4L, 2014

*Roberth Castillo**

**Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador.*

roberth_2458@hotmail.com

Resumen. El artículo contribuye a generar una base de datos de consumo de combustible de los vehículos más vendidos en el país, o de mayor circulación, en este caso, se analizó el Kia Rio R 1.4L, año 2014, llevando a cabo un análisis del consumo de combustible, aplicando los ciclos de conducción característicos en el dinamómetro de chasis, basándose en estudios del arte referente a los métodos de estimación de consumo de combustible en vehículos, mediante la obtención de los coeficientes de aerodinámica, resistencia a la pendiente, rodadura, inercia, así como los coeficientes de ajuste de carretera A, B y C, para introducirlos en la interface de control del dinamómetro de chasis y aplicarlos en los ciclos de conducción característicos según la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), los cuales son el FTP75 y HWFET. Para la determinación de los coeficientes mencionados se utilizó las pruebas SAE J1263 que implica la ejecución de la prueba de desaceleración libre “*coast down*”. Mediante un sistema de adquisición de datos con interface OBD-II por conexión bluetooth y una aplicación móvil, se obtienen las variables de: Velocidad, tiempo y consumo de combustible. Finalmente mediante cálculos de consumo en los ciclos se obtuvieron los valores de consumo de combustible, para el ciclo urbano de 5.3 [L/100km] y de 3.5 [L/100km] en el ciclo de carretera.

Palabras Claves: Consumo de combustible, pruebas en dinamómetro de chasis, coeficiente de resistencia aerodinámico, coeficiente de resistencia a la rodadura.

Abstract. This paper contributed to generate a fuel consumption database of the best-selling or of the most frequent-used vehicles in the country. For this case, the Kia Rio R 1.4L 2014 was studied through the analysis of fuel consumption carried out by applying the characteristic driving cycles in the chassis dynamometer. This was based on studies of the methods concerning the methods of fuel consumption estimation in vehicles, carried out by obtaining the coefficients of aerodynamics, slope resistance, rolling, inertia, as well as the A, B and C road adjustment coefficients. The objective was to enter these coefficients into the control interface of the chassis dynamometer and apply them to the characteristic driving cycles according to the EPA (Environmental Protection Agency of the United States), which are the FTP75 and HWFET. The SAE J1263 tests were used for the determination of the mentioned coefficients, which implied the execution of the coast down free deceleration test. Speed, time and fuel consumption variables were obtained through a data acquisition system with OBD-II interface for Bluetooth connection and mobile application. Finally, fuel consumption values of 5.3 [L / 100km] for the urban cycle, and of 3.5 [L / 100km] for the road cycle, were obtained through cycles consumption calculations.

Keywords: fuel consumption, tests on chassis dynamometer, aerodynamic resistance coefficient, rolling resistance coefficient.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se basa en el análisis de consumo de combustible del vehículo Kia Rio R, 1.4L, 2014, aplicado a los ciclos de conducción característicos según la EPA, FTP75 y HWFET.

En la actualidad el consumo de combustible a partir de derivados del petróleo, tiene una vital importancia teniendo en cuenta el alto costo de los mismos, así como el progresivo agotamiento de las reservas. (González Valdés, Rodríguez López, García Taín & Fernández, 2017)

El consumo de combustible de los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo ha crecido notoriamente, según datos del (INEC, 2015) el número de vehículos se incrementó un 57% entre 2010 y 2015 en el país, es por ello que la compra de combustible supone un desembolso significativo para cada propietario del vehículo. Un mecanismo que permita el ahorro en su consumo, significaría una reducción importante en los gastos de cada usuario, en la tabla 1 se muestran porcentajes de la cantidad de combustibles despachados en las estaciones de servicio en el año 2012.

TABLA 1. CANTIDAD DE COMBUSTIBLES DESPACHADOS A ESTACIONES DE SERVICIO EN EL AÑO 2012

COMBUSTIBLES	GALONES	%
DIESEL	753.068.015	42.24
GS EXTRA	761.906.621	43.75
GS SUPER	221.590.085	12.72
GLP	5.129.541	0.29
TOTAL	1.741.694.262	

Fuente: Lima Oyola, B., & Gálvez Sandoval, E. (2016)

Como se puede observar los combustibles de más consumo son: Diésel y Gasolina Extra, en menor porcentaje se encuentra el GLP, cabe mencionar que “la producción de combustible en el Ecuador no satisface la demanda para su consumo interno, esto conlleva que se importe combustible del exterior” (Lima & Gálvez, 2016, p.12).

Sobre el consumo de combustible en otros países (INDEC, 2016) cuenta que los países árabes, poseen inmensos yacimientos de hidrocarburos en la forma de crudo y gas, a pesar de esto el consumo de energía para uso de la población no es tan grande en comparación, con Estados Unidos y los países que integran la Unión Europea.

Según los estudios realizados por Lima y Gálvez denominado “Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el centro histórico de la ciudad de Cuenca” cuyo objetivo principal fue analizar el consumo de combustible de los vehículos en un lugar determinado, como es el centro histórico de la ciudad, se calcularon los costos al transitar, los resultados que se obtuvieron fueron: Para vehículos de diferentes cilindradas como vehículos $\leq 1000\text{cc}$ con un consumo de 0.12 l/km, $1000\text{cc} < \text{vehículos} \leq 1600\text{cc}$ un consumo de 0.15 l/km y vehículos $> 2000\text{cc}$ con un consumo de 0.34 l/km, la conclusión de este estudio fue que el consumo de combustible varía según el cilindraje de cada vehículo y la forma de conducción de las personas.

Otra investigación realizada por Villava. E y Urroz. J, donde compararon el consumo de combustible de un vehículo, mediante el ciclo de conducción europeo (NEDC) y en condiciones de conducción real, obteniendo como resultados una variación de consumo de combustible, por lo que optaron en construir un ciclo de conducción que se asemeje al ciclo europeo (NEDC) utilizando trayectos de los recorridos reales, sin embargo la diferencia es considerable ya que el ciclo NEDC, genera un consumo de combustible de 5,0 [L/100km], mientras que con el ciclo construido se obtiene un valor de 10,45 [L/100km] que representa el doble.

Para la medición del consumo de combustible se utiliza una interfaz OBD-II el cual según (Arévalo & Ortega, 2016) esta herramienta permite leer códigos de falla (DTC's) y los datos de sensores en tiempo real que se encuentran en diferentes puntos del vehículo, de esta forma se tiene un método de inspección y diagnóstico universal. Además de validar el método de obtención de los coeficientes aerodinámico (Cd), coeficiente de rodadura (fr) y los coeficientes de ajuste de carga para el dinamómetro de chasis, los cuales son; rodadura (A), fricción (B) y aerodinámico (C).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales.

El vehículo que se utilizó en el estudio es el Kia Rio R 1.4L 2014 el cual presenta las siguientes características.

TABLA 2. VALORES PARA EL CÁLCULO DE ENERGÍA

Parámetros del vehículo	Valores o medidas	Unidades
Masa (m)	1210	[kg]
Coefficiente aerodinámico (C_d)	32	[-]
Área frontal (A_f)*	2.001	[m^2]
Coefficiente de resistencia a la rodadura (f_r)*	0.0186 \pm 0.0019	[-]
Radio dinámico de la rueda (r_d)*	611,4	[mm]
Consumo de combustible urbano	7.91	[L/100 km]
Consumo de combustible extraurbano	5.22	[L/100 km]

* Valores estimados en las pruebas

Para estimar el consumo de combustible se realizan pruebas utilizando un dinamómetro de chasis, cuyas características son: Velocidad máxima de 362km/h, potencia máxima de 1200 hp y una masa máxima soportada de 3629kg, para medir la demanda energética en base a ciclos de conducción característicos, FTP75 y HWFET, se instrumentan el vehículo con un sistema de adquisición de datos del motor a través del puerto de conexión OBDII, con ello se podrá estimar el consumo de combustible en base a las señales que utiliza el motor para monitorear las variables físicas relacionadas.

El ciclo FTP-75 es utilizado para la certificación de la emisión y la prueba de la economía de combustible de los vehículos ligeros en los Estados Unidos, ciclo de 17.77 km, una velocidad media de 34.12 km/h, velocidad máxima de 91.26 km/h, una duración de 1874 segundos, en la figura 3 se indica el ciclo de conducción. ("Emission Test Cycles: FTP-75", 2017)

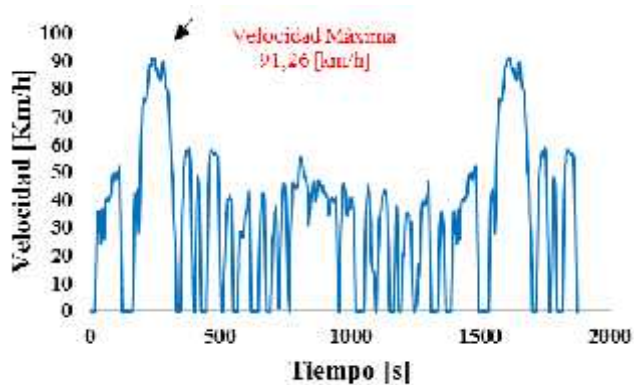


FIG. 1. CICLO URBANO DE PROCEDIMIENTO FEDERAL DE PRUEBA (EPA, 2017)

El Ciclo HWFET es para un recorrido en carretera; se ha utilizado para pruebas de la economía de combustible de los vehículos ligeros en los Estados Unidos. La distancia recorrida total de este ciclo es de 16.45 km, una velocidad media de 77.7 km/h, velocidad máxima de 96.4 km/h, una duración de 765 segundos, en la figura 4 se indica el ciclo de conducción. ("Emission Test Cycles: EPA Highway Fuel Economy Test Cycle", 2017)

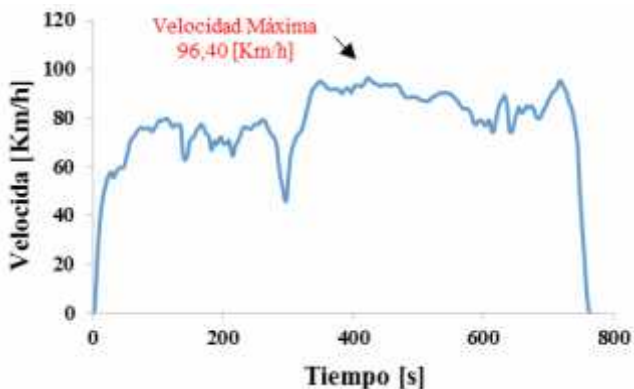


FIG. 2. CICLO EN CARRETERA PARA LA ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE (EPA, 2017)

B. Métodos.

Este proyecto pretende servir como herramienta para replicar el análisis del consumo de combustible para otros estudios; con la finalidad de obtener los datos se considera una carretera con una pendiente menor al 0,5% en todo su trayecto, el análisis se llevó a cabo en la provincia del Azuay, en la ciudad de Cuenca, en la parroquia Cumbe en la carretera panamericana 35, el objeto de estudio es determinar el

consumo estimado de combustible del vehículo Kia Rio R 2014 1,4L, con el fin de estimar los coeficientes característicos del desplazamiento vehicular, se llevaron a cabo pruebas de desaceleración libre "coast down", se procesaron los datos para obtener los resultados con un intervalo de confianza del 95%, asumiendo condiciones de normalidad (desviación del error típico).

Una forma de estimar el área frontal del vehículo se determina mediante programas CAD como se muestra en la figura 3, mientras que el peso del vehículo se obtuvo en una báscula incluyendo el peso del conductor para las pruebas de desaceleración.

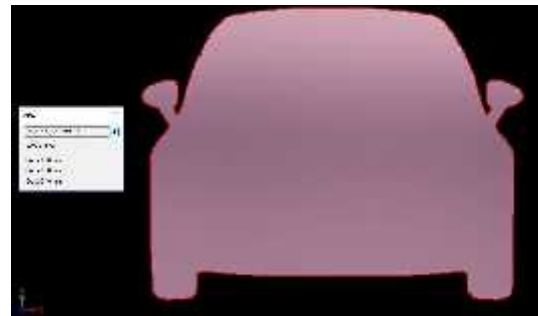


FIG. 3. ÁREA FRONTAL

Obtenidos estos datos por medio de una hoja de cálculo se determinó el coeficiente de resistencia aerodinámica (C_d) y la resistencia a la rodadura entre el neumático y la calzada (F_r) por medio de la sumatoria de las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo, la energía que requiere un vehículo para moverse de un lugar a otro, debe vencer las fuerzas que se oponen a su desplazamiento. Estas fuerzas se presentan en la figura 4. (Gillespie, 1992)

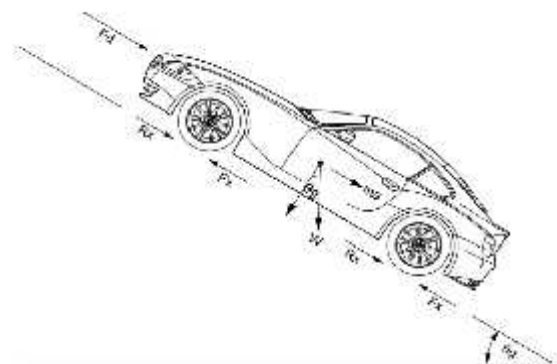


FIG. 4. FUERZAS QUE SE OPONEN AL DESPLAZAMIENTO DEL VEHÍCULO (FRÍAS, 2017)

Resistencia aerodinámica [N], F_d (Drag Force), es la fuerza que ejerce el aire en dirección opuesta al movimiento.

$$F_d = \frac{1}{2} C_d A_f \rho_a v^2 \quad (3)$$

En donde:

C_d = Coeficiente de la geometría del cuerpo

A_f = Área del cuerpo [m²]

ρ_a = Densidad del aire [kg/m³]

V = Velocidad [m/s]

Resistencia a la rodadura [N], R_x , es debida a la ligera deformación del neumático. Depende del peso del vehículo, pavimento y, sobre todo, del tipo de neumático y de su presión de inflado.

$$R_x = f_r * m * g * \cos\theta \quad (2)$$

En donde:

f_r = Coeficiente de resistencia a la rodadura

m = Masa [kg]

g = Gravedad 9.81 [m/s²]

θ = Pendiente [grados]

Resistencia a la pendiente [N], R_g , depende del perfil de la calzada y de la masa del vehículo. 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 o tracción, cuando el vehículo desciende por una pendiente, en cambio, esta fuerza favorece el desplazamiento del vehículo y se considera con signo negativo en la ecuación.

$$R_g = m * g * \sin\theta \quad (4)$$

En donde:

m = Masa [kg]

g = Gravedad 9.81 [m/s²]

θ = Pendiente [grados]

Resistencia a la inercia [N], R_i , es el producto de la masa del vehículo por la aceleración (variación de la velocidad por unidad de tiempo). Sin embargo, cuando el vehículo está decelerando, es decir, reduciendo la velocidad en movimiento, la fuerza se convierte en impulsora en lugar de resistente.

$$R_i = m * a \quad (5)$$

En donde:

R_i = Resistencia a la inercia [N]

m = Masa [kg]

a = Aceleración [m/s²]

Por último para determinar el consumo de combustible instantáneo del vehículo consiste en tomar como referencia la práctica recomendada por la SAE J1263 ("J1263: Road Load Measurement and Dynamometer Simulation Using Coast down Techniques - SAE International", 2017), en un dinamómetro de chasis, utilizando los dos ciclos de conducción antes mencionados, el proceso para la estimación del consumo de combustibles es seguir las trayectorias de los ciclo de conducción en el banco dinámico. El objetivo del proceso es obtener el consumo mediante el dispositivo de adquisición de datos durante los ciclos de conducción.

III. RESULTADOS

A. Coeficiente aerodinámico (C_d) y coeficiente de arrastre (f_r).

En la figura 5 se muestra la comparación de las curvas entre velocidad medida y la velocidad calculada del vehículo, mediante Solver, se puede encontrar los valores de C_d y f_r óptimo para una celda, sujeta a restricciones con los valores de otras celdas en una hoja de cálculo ("Definir y resolver un problema con Solver", 2017).

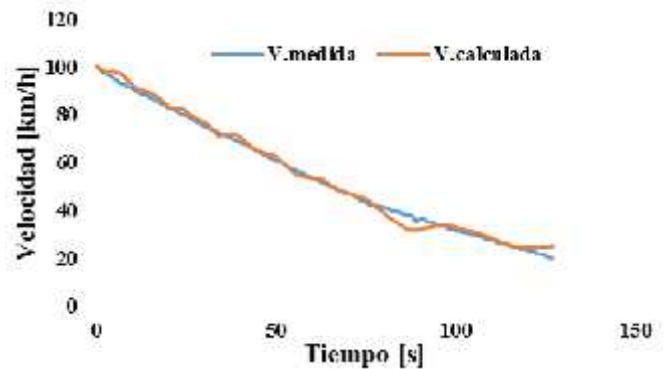


FIG. 5. RELACIÓN DE LAS CURVAS DE VELOCIDAD MEDIDA Y VELOCIDAD CALCULADA CON RESPECTO AL TIEMPO.

Para determinar los coeficientes C_d y f_r se obtienen de la ecuación del equilibrio dinámico y los resultados se muestran con un intervalo de confianza del 95% estimado a partir de una función *t-Student* el cual se usa para distribuciones normales y para valores de muestra menores a 30 datos. Los coeficientes obtenidos se muestran en la tabla 3.

TABLA 3. COEFICIENTE AERODINÁMICO Y DE RODADURA CON UN NIVEL DE CONFIANZA DE 95 %

C_d	0.404 ± 0.03
f_r	0.019 ± 0.0019

Los coeficientes característicos A, B y C son fuerzas de carga de carretera que se utilizan para simular condiciones reales en los ciclo de conducción a través del dinamómetro de

chasis, en donde los coeficientes, de rodadura A, de fricción B y aerodinámico es C.

Se estimaron los coeficientes objetivos, como resultado de una curva de regresión de segundo grado, obteniendo así los coeficientes donde la unidad de (F) es Newton y la unidad de velocidad (V) es en Km/h, expresados en la siguiente ecuación.

$$F = A + B \cdot V + C \cdot V^2 \quad (6)$$

La manera como se determina los valores de los coeficientes objetivos es mediante la línea de tendencia; como se muestra en la figura 6, la curva que describe es de segundo orden, el valor de R² que es el coeficiente de determinación indica la confiabilidad de la línea de tendencia. La línea de tendencia es más fiable cuando el valor de R² es casi o igual a 1. Como se muestra en la figura 5 la ecuación que describe la curva es igual a la ecuación de fuerza de coeficiente objetivo ecuación 6

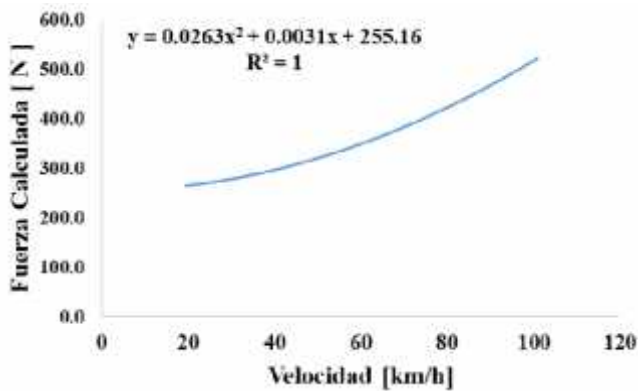


FIGURA 6. FUERZA DE TRACCIÓN CALCULADA CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DEL VEHÍCULO

B. Coeficiente de ajuste de carga A, B, C.

En consecuencia que los primeros coeficientes de ajuste de carretera bloquean al rodillo del dinamómetro de chasis se calculan los coeficientes objetivos que son F0, F1 y F2 como se muestra en la tabla 4.

TABLA 4. NUEVOS VALORES DE F0, F1, F2.

Coefficientes	F0	F1	F2
Promedio	220.469	0.0023	0.02763
Desviación Estándar	31.634	0.00121	0.00334
Intervalo de Confianza (95%)	14.805	0.00057	0.00156
Max	235.274	0.00287	0.02919
Min	205.664	0.00173	-0.02892

Mediante los coeficientes objetivos, se determinan los coeficientes de pérdida D0, D1 y D2, realizando pruebas de "coast down" en el dinamómetro de chasis, así obtenemos

valores más precisos para la estimación de los coeficientes de ajuste A, B y C

TABLA 5. VALORES EN EL DINAMÓMETRO DE CHASIS D0, D1 Y D2.

Coefficientes	D0	D1	D2
Promedio	25.171275	5.302	-0.028975
Desviación Estándar	34.962	1.1273	0.01032
Intervalo de Confianza (95%)	55.633	1.79379	0.01642
Max	80.804	7.09579	-0.01255
Min	-30.462	3.50821	-0.0454

La diferencia de los coeficientes objetivos (F) de los coeficientes de pérdida (D), se hallarán los coeficientes resultantes característicos (A, B y C), que simularán condiciones reales de ruta que se configurarán en el dinamómetro de chasis.

$$A = F - D \quad (7)$$

Para determinar el valor real de los coeficientes de ajuste de carga en el dinamómetro de chasis A, B y C se obtiene mediante la diferencia de los valores obtenidos como muestra la tabla 6.

TABLA 6. RESTA ENTRE F0, F1, F2 Y D0, D1, D2.

A=F0-D0	195.3
B=F1-D1	-5.2997
C=F2-D2	0.0566

C. Estimación de consumo de combustible

Para la estimación del consumo de combustible se mide bajo condiciones controladas en el laboratorio usando ciclos de conducción estandarizados FTP75 que describe una conducción por la ciudad y el HWFET por autopista; estos dos ciclos de conducción son utilizados por la EPA, los cuales han servido para establecer una base de datos de consumo de combustible, la cual se puede encontrar en la página web *fuel economy*.

Para establecer la diferencia del consumo de combustible estimado del vehículo Kia Rio R 1.4L 2014 se considera los valores que presenta la ficha técnica del fabricante, en la cual establece que el consumo de combustible urbano es de 7.91 [L/100km] y 5.22 [L/100km] para el consumo de combustible extraurbano, mediante el estudio se obtuvo que el vehículo consume en el ciclo urbano de 5.283 [L/100km] y de 3.509 [L/100km] en el ciclo extraurbano, en la figura 7 se indica mediante barras la variación del consumo.



FIGURA 7. CONSUMO DE COMBUSTIBLE DEL VEHICULO KIA RIO R 1,4L 2014.

Con lo que, para el ciclo urbano existe una diferencia del 33.2% de consumo de combustible y para carretera un 32.7% con respecto al valor que presenta la ficha técnica del vehículo.

IV. CONCLUSIONES

La dinámica del vehículo tiene muchos factores que intervienen en su movimiento como son las fuerzas de resistencia aerodinámica, rodadura, pendiente e inercia que debe vencer el vehículo para poder avanzar, por eso es necesario determinar los coeficientes aerodinámicos y de rodadura reales del vehículo Kia Rio R mediante pruebas de desaceleración en carretera *coast down* como lo determina el procedimiento recomendado SAE J1263. Para dicho vehículo se obtuvo un coeficiente aerodinámico de 0.404 ± 0.03 y un coeficiente de rodadura de 0.019 ± 0.0019 con un nivel de confianza del 95%.

Se siguieron los pasos que establece la norma y se desconoce por qué no funcionaron los coeficientes (A, B y C) obtenidos, los mismos que representan las resistencias a la rodadura, fricción y aerodinámica, podría ser a la mala configuración de la prueba en el software del dinamómetro de chasis para lo cual se realizaran estudios posteriores.

Se utilizó la prueba *coast down* para determinar los coeficientes de carga en carretera considerando las fuerzas de resistencia en el vehículo, también fue necesario realizar las pruebas *coast down* en el dinamómetro de chasis considerando la masa del rodillo y la aceleración del vehículo. La diferencia de los coeficientes obtenidos en carretera con respecto del coeficiente obtenidos en el dinamómetro determina los coeficientes de ajuste de carga reales. Luego de realizar el análisis estadístico para las pruebas, se obtuvieron los coeficiente de ajuste que simulan las cargas en carretera de 195.30 para el valor de A, -5.29 para el valor de B y 0.056 para el valor C, a pesar de ello estos valores al momento que se introdujo en el dinamómetro de chasis ocasionaban que se detenga el rodillo, por lo que se consideró valores de cero.

El objetivo principal del estudio es estimar el consumo de combustible del vehículo Kia Rio R con los dos ciclos de conducción en el dinamómetro de chasis en las condiciones de la localidad, por lo cual se realizaron varias pruebas para cada

ciclo obteniendo como resultado los valores que se muestran en la tabla 7.

TABLA 7. ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EL CICLO FTP75 Y HWFET.

Consumo de combustible	
Ciclos EPA	[L]
FTP-75	0.95 ± 0.087
HWFET	0.58 ± 0.013

Los cálculos de consumo en los ciclos de conducción se obtuvieron los valores para el vehículo y se pudo establecer la diferencia de consumo de combustible con el dato que presenta la ficha técnica del fabricante, en la cual determina el consumo de combustible urbano de 7.91 [L/100km] y 5.22 [L/100km] para el consumo de combustible extraurbano, mediante el estudio se obtuvo que el vehículo consume en el ciclo urbano de 5.283 [L/100km] y de 3.509 [L/100km] en el ciclo extraurbano; por lo que, para el sector urbano existe una diferencia de 33.2% de consumo de combustible y para carretera de 32.7%.

Finalmente estos valores de estimación de consumo de combustible contribuirán en la creación de una base de datos que permitirán tener una referencia del consumo de combustible de los vehículos más representativos que circulan en la ciudad.

Trabajos a futuro

La meta con este proyecto es de aportar con la creación de una base de datos del consumo estimado de combustible de los vehículos de mayor circulación en el país. Esta base de datos, podría ser utilizada para estudios de costos de operación de flotas vehiculares estimado el consumo de un vehículo en función de la demanda de energía que requiere para completar un traslado, mediante un ciclo de conducción representativo, además estos datos podrían sentar los lineamientos que permitan establecer políticas y reglamentos que promuevan estímulos fiscales dirigidos a vehículos más amigables con el medio ambiente para favorecer la renovación del parque automotor, así también políticas que fomenten el uso de sistemas de transporte público, o medios alternativos de movilización (bicicletas, motocicletas, entre otros) reglamentos que regulen la circulación de vehículos en centros históricos, centros urbanos o zonas con características de movilidad especial.

V. REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2017). US EPA. Recuperado de: <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules>
- Anuario de estadista de transporte. (2015). INEC. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2015/2015_AnuarioTransportesMetodologia.
- González Valdés, R., Rodríguez López, Y., García Taín, Y., & Fernández, L. (2017). Consumo de combustible de los motores de combustión interna. Scielo.sld.cu. Retrieved 22 August 2017, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100001
- Lima Oyola, B., & Gálvez Sandoval, E. (2016). Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en e centro histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de ciclos de conducción (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
- Villava Jiménez, E., & Urroz Unzueta, J. (2016). Estudio y comparación del consumo de combustible real y teórico de un Nissan Micra 1.2. (Ingeniería). Universidad Pública de Navarra.
- Arévalo Calderón, F., & Ortega Ulloa, A. (2016). Desarrollo de una interfaz para la visualización y adquisición de datos provenientes de la ECU a través de OBD-II mediante un dispositivo de comunicación serial y del analizador de gases QROTECH 600 (Ingeniería). Politécnica Salesiana.
- Ion, P., Dinu, C., & Gheorghe, C. (2010). PRUEBA DE COSTURA - ENFOQUE TEÓRICO Y EXPERIMENTAL. Recuperado de, <Http://hdl.handle.net/123456789/7>
- Las cuatro resistencias opuestas al avance del vehículo - Circula Seguro. (2017). Circula Seguro. Retrieved 10 August 2017, from <http://www.circulaseguro.com/las-cuatro-resistencias-opuestas-al-avance-del-vehiculo/>
- MEDICIÓN DE CARGA Y SIMULACIÓN DE DINAMÓMETROS MEDIANTE TÉCNICAS DE COASTDOWN. Recuperado de: <http://standards.globalspec.com/std/1232323/sae-j1263> (29, julio 17)
- Frías, P. (2017). Configuración del tren motriz para un vehículo Shell Eco-Marathon. Universidad del Azuay.
- Gillespie, T. (1992). Fundamentals of vehicle dynamics. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
- J1263: Road Load Measurement and Dynamometer Simulation Using Coastdown Techniques - SAE International. (2017). Standards.sae.org. Retrieved 18 September 2017, from http://standards.sae.org/j1263_201003
- Definir y resolver un problema con Solver.* (2017). *Support.office.com*. Retrieved 18 September 2017, from <https://support.office.com/es-es/article/Definir-y-resolver-un-problema-con-Solver-9ed03c9f-7caf-4d99-bb6d-078f96d1652c>
- Emission Test Cycles: EPA Highway Fuel Economy Test Cycle. (2017). Dieselnet.com. Retrieved 10 August 2017, from <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/hwfet.php>
- Emission Test Cycles: FTP-75. (2017). Dieselnet.com. Retrieved 10 August 2017, from <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.ph>