

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 KIA Rio R 1.4L, 2012 Y KIA Carens Rondo 2.0L, 2012

Hernán Zamora^a

^aFacultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad Del Azuay, Av. 24 de mayo y Hernán Malo González, Cuenca, Ecuador, hernanzamorauloa@gmail.com

David Terán^a

^aFacultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, Universidad Del Azuay, Av. 24 de mayo y Hernán Malo González, Cuenca, Ecuador, padavidteran@gmail.com

Resumen. - El presente artículo propone la generación de una base de datos de consumo estimado de combustible, obtenida en vehículos comercializados en el Ecuador como son KIA RIO R 1.4L y el KIA CARENS RONDO 2.0. Se inicia con una investigación documental, análisis del estado del arte referente al estudio en cuestión para validar la metodología del proyecto. Mediante un sistema de adquisición de datos se extraen las variables (velocidad, tiempo, distancia y altitud) generadas en la prueba recomendada SAE J2263 que implica la prueba COAST DOWN (prueba de desaceleración libre) determinando así los coeficientes de resistencia aerodinámica "Cd" y de resistencia a la rodadura "Fr", así como los factores de ajuste de las fuerzas en carretera A, B, C (rodadura, fricción y aerodinámica respectivamente) para introducirlos en la gestión del dinamómetro de chasis y poder ejecutar los ciclos de conducción característicos según la EPA (FTP75 y HWFET). Como segunda etapa del proceso se realiza un análisis del consumo de combustible en el dinamómetro de chasis usando una interfase OBDII mediante la aplicación de los coeficientes estimados. En el caso del KIA Rio R se estima un consumo de 64.72 km/gl en el ciclo FTP75 y de 106.86 km/gl en el ciclo HWFET. En el caso del KIA Carens Rondo 2.0L se estima un consumo de 38.89 km/gl en el ciclo FTP75 y de 57.96 km/gl en el ciclo HWFET.

Palabras clave: Eficiencia; Rendimiento; Cálculo; Análisis; Prueba; Coeficiente; Resistencia; Ciclo; Autonomía; Datos.

Abstract. This research paper proposes the generation of a database of estimated fuel consumption, obtained in vehicles marketed in Ecuador such as KIA RIO R 1.4L and KIA CARENS RONDO 2.0. In order to validate the methodology of the project, the study began with a documentary research, and analysis of the state of the art concerning this theme. The variables (velocity, time, distance and altitude) generated in the SAE J2263 recommended test, obtained by means of a data acquisition systems. This involved the COAST DOWN test, determining CD drag and Fr rolling resistance coefficients, as well as A, B, C (rolling, friction and aerodynamics respectively) factors of adjustment of the forces in road, to introduce them in the management of the chassis dynamometer and to be able to execute the characteristic driving cycles according to EPA (FTP75 and HWFET). As second stage of the process, an analysis of the fuel consumption in the chassis dynamometer was carried out through the application of the estimated coefficients, using an OBDII interface. In the case of the KIA Rio R, consumption of 64.72 km/gl was estimated in the FTP75 cycle; and of 106.86 km/gl in the HWFET cycle. In the case of KIA Carens Rondo 2.0L consumption of 38.89 km/gl was estimated in the FTP75 cycle and 57.96 km/gl in the HWFET cycle.

Keywords: efficiency; performance; calculation; analysis; proof; coefficient; resistance; cycle; autonomy; data.

I. INTRODUCCIÓN

El parque automotor de la ciudad de Cuenca experimenta un crecimiento anual del 10 - 11 % (Diario El Mercurio & AGN, 2014), por ello resulta preocupante los pronósticos de polución del aire en los próximos años, ya que el automóvil es el principal causante de la contaminación del aire; esto sumado al hecho de que no existe conciencia social del costo real que tiene el combustible, así como el alto impacto ambiental que conlleva su uso. En el año 2012 se importó un total de 31 millones de barriles de combustible, lo que represento un costo de 4366 millones de dólares al estado ecuatoriano. (Lima Oyola & Gálvez Sandoval, 2016). “Entre enero y junio del 2016 el rubro llego a USD 219 millones, 5 veces menos que en iguales meses del 2015, cuando alcanzo los USD 1070 millones. En porcentajes, la reducción equivale a un 80% principalmente a causa de la baja en el costo del petróleo a nivel mundial. Ecuador es uno de los 5 países con la gasolina más barata del mundo luego de Argelia, Turkmenistán, Arabia Saudita, y Kuwait según el portal Global Petrol Prices” c

Para el correcto funcionamiento de un motor intervienen los siguientes parámetros ambientales: densidad del aire, temperatura, humedad, altitud, presión atmosférica. La ciudad de Cuenca se encuentra a 2550msnm, por lo que la disminución del oxígeno en el aire afecta el rendimiento de los motores de combustión interna, por ello el consumo de los motores es mayor. (Cantos Rojas & Toledo Garzón, 2015)

El presente trabajo de investigación se basa en la obtención del consumo de combustible estimado en los vehículos KIA Carens Rondo 2.0L y KIA Rio R 1.4L, a través de pruebas en el dinamómetro de chasis. Para el correcto desarrollo del proyecto se determina el estado del arte referente a los métodos de estimación del consumo de combustible en vehículos automóviles. Se utiliza un método analítico y objetivo para estimar los coeficientes de resistencia aerodinámica “Cd” y de resistencia a la rodadura “fr”, así como los factores de ajuste de las fuerzas en carretera “A, B, C”, para realizar las pruebas de consumo de combustible en el dinamómetro de chasis en base a

los ciclos de conducción FTP75 y HWFET. (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)

Actualmente no existe una base de datos con el consumo medido de combustible en nuestro medio, información que aportaría como herramienta para la ejecución de proyectos de disminución de emisiones contaminantes; por otro lado el método de medición del consumo de combustible, el cual se basa en determinar el requerimiento energético de un vehículo para efectuar un traslado, en condiciones controladas y siguiendo un ciclo de conducción, sirve como punto de partida de estudios de factibilidad de introducción de tecnologías alternativas, como es el caso de los vehículos eléctricos. (Normalización- INEN, 2008)

II. MATERIALES Y METODOS.

Se inicia el desarrollo del proyecto con una revisión bibliográfica extensa de publicaciones, manuales, etc., respecto al tema de estimación y medición de consumo de combustible de vehículos automotores de combustión interna, información disponible en diferentes bases de datos nacionales e internacionales.

El trabajo titulado “Optimización de consumo de combustible de vehículos basada en programación dinámica”, propone un algoritmo para calcular la velocidad óptima de un vehículo convencional teniendo en cuenta el consumo de combustible, el tiempo de recorrido y el perfil vertical de la carretera. Utilizando datos de una carretera real, se obtienen ahorros de combustible de hasta un 5,2% sin modificar el tiempo de viaje. El algoritmo puede ser implementado en un vehículo mejorando su eficiencia. (Cabrera Montie, Tapia Fernandez, Jiménez Alonso, & Aparicio Izquierdo, 2012)

Para el desarrollo de la investigación titulada “Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano de Quito”, se instrumentó con un sistema de posicionamiento global (GPS) y un canister para obtener la información real en ruta del consumo del vehículo

y a la vez obtener los valores de distancia recorrida, tiempo de recorrido, velocidad promedio y otros para así procesar la información de manera estadística y minimizar el error. Los ciclos de conducción obtenidos fueron validados en tres escenarios reales diferentes condiciones de tráfico vehicular, siendo posible su reproducción, logrando una alta confiabilidad del 99,7% de las mediciones obtenidas en cada procedimiento. “Los resultados muestran que el consumo en ciudad es mayor (11,287 L/100 km), en comparación con el ciclo combinado (9,769 L/100 km) y el ciclo de carretera (7,524 L/100 km)”.(Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)

El documento titulado “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”, obtiene un valor de consumo de combustible promedio para una determinada clasificación vehicular que permita obtener los costos generados al transitar dentro de la urbe, así como también obtener un ciclo de conducción urbano.” (Lima Oyola & Gálvez Sandoval, 2016)

A. Materiales.

Especificaciones técnicas del banco dinamométrico de chasis de rodillo frontal (SUPERFLOW, 2017).

Diámetro del rodillo: 30 "(76,2 cm)
Potencia máxima: 2,500 HP (1,864 kW)
Potencia Absorbida: 1,100 (SEC) / 2,200 HP (DEC)
- (820 kW / 1,641 kW)
Máxima velocidad: 225 mph (362 km / h)
Ancho de la pista: 26 "en el interior - 100" en el exterior (66 cm - 254 cm)
Dimensiones: 120 x 40,5 x 35 pulgadas (305 x 103 x 89 cm)
Inercia del sistema base: 1,200 libras (544 kg)
Peso del eje: 8.000 libras por eje (3.629 kg)
Requisito de aire: 50 - 100 psi (345 - 690 kPa)
Requerimientos de energía: 110 VAC / 15A o 250 VAC / 8A y 208-250 VAC / 20A

Especificaciones técnicas de la interface OBDII (Elm Electronics, 2017)

Protocolos de comunicación compatibles OBD-II:
ISO15765-4 (CAN)
ISO14230-4 (KWP2000)
ISO9141-2
J1850 VPW
J1850 PWM
Conexión Bluetooth con celulares - aplicaciones Android

Especificaciones técnicas de la aplicación Android:

Aplicación que permite el procesamiento de los datos recabados por la interface utilizada, con capacidad de capturar y almacenar datos con una frecuencia de 0.2 a 10hz. Los datos pueden guardarse en la memoria del dispositivo y exportarse en formato texto. (Ruiz, 2012)

B. Métodos.

Esta investigación pretende generar una base de datos mediante estudios de consumo estimado de combustible en vehículos comercializados en Cuenca, a través de una herramienta que replique las condiciones generadas tanto en una prueba de desaceleración libre (Coast Down), como en un ciclo de ciudad y otro de carretera.

Un Ciclo de conducción es un perfil de velocidades trazado en un plano velocidad–tiempo, que representa una forma típica de conducir en ciudad o autopista, tomando en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (altitud entre las más importantes) y también características de los mismos conductores.

En la figura 1 y figura 2 se muestran los ciclos de conducción FTP75 y HWFET utilizados en este estudio.

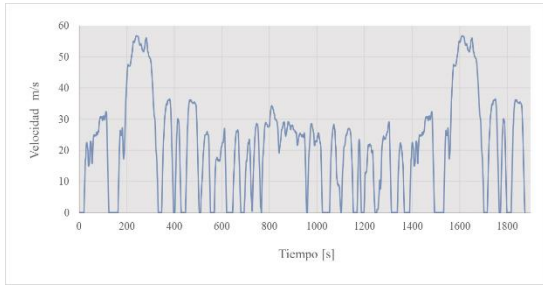


Figura 1. Federal Test Procedure (FTP75)

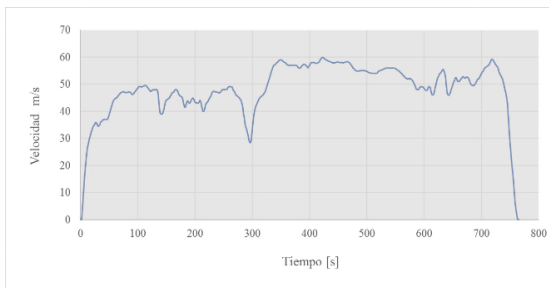


Figura 2. EPA Highway Fuel Economy Test Driving Schedule (HWFET)

Los ciclos de conducción tienen una gran importancia en el desarrollo urbano, en el desarrollo de tecnología para los nuevos automóviles, así como la validación de modelos, en los inventarios de emisiones contaminantes en las grandes urbes, los cuales, a su vez, permiten establecer estrategias para controlar el equilibrio ecológico del lugar, ciudad o región. (González Oropeza, 2005)

La adquisición de los valores de (*Velocidad GPS, Velocidad OBD, Altitud GPS, Latitud GPS, Longitud GPS*) generados en la prueba recomendada SAE J2263 denominada prueba de desaceleración libre (Coast Down), determinan los coeficientes de resistencia aerodinámica “Cd” y de resistencia a la rodadura “Fr”. Posteriormente se obtiene los factores de ajuste de las fuerzas en carretera “F0, F1, F2” y los factores de ajuste de las fuerzas en el dinamómetro “D0, D1, D2”, este método requiere conocer la masa del vehículo, y estimar el área frontal; por otro lado se requiere instrumentar el vehículo para monitorear su variación de velocidad, y así determinar la magnitud de las fuerzas que se resisten al avance del vehículo, para la adquisición de datos se utilizará una aplicación que utiliza el GPS de los teléfonos

inteligentes, los datos son fácilmente exportados a una hoja de cálculo para su procesamiento.

La naturaleza del ensayo requiere que se practiquen varias repeticiones, los resultados se presentarán utilizando intervalos de confianza del 95%; asumiendo condiciones de normalidad (error relativo). (Midgley & Cebon, 2014) (Cai, Worm, & Brennan, 2012) (“Coastdown Facts,” 2008) (Applications & Prepared, 2008) (Preda, Covaciu, & Ciolan, 2010)

Al realizar la prueba Coast Down de ruta, escogimos la carretera 35 Vía a Cumbe (Figura 3) con coordenadas: Latitud (-3.070242370), longitud (-79.024396760) y altitud (2627m) para los dos vehículos debido a las características de pendiente, siendo aproximadamente 1.44% en la ruta.



Figura 3 (Imagen Satelital carretera 35 Vía a Cumbe)

Para la obtención de los datos del sistema OBDII (On Board Diagnostic Versión 2) se requiere de un dispositivo de diagnóstico y visualización de resultados, siendo este un “traductor” de OBD al estándar RS-232 con conector DLC (Data Link Conector) para la visualización en PCs, PDAs o Smartphones. Las interfaces de salida que puede tener este dispositivo son la interfaz USB (requiere conexión por cable al PC), interfaz WiFi (estándar IEEE 802.11 a 2,4 o 5GHz) o interfaz Bluetooth (banda ISM a 2,4GHz) que será la usada en este proyecto debido a su mayor comodidad. (Villén Macías, 2016).

Cálculo de fuerzas.

En la figura 4 se indica un diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que intervienen en el desplazamiento de un vehículo. Las fórmulas planteadas para el cálculo según (Gillespie, 1992) se detallan a continuación:

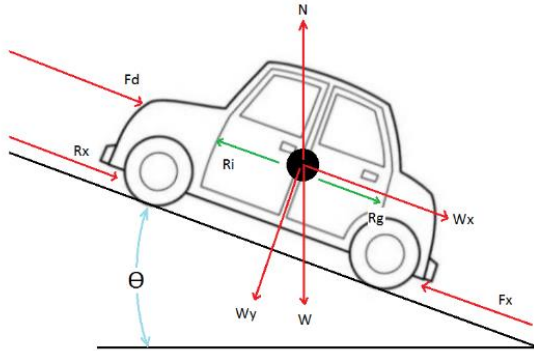


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas que intervienen en el desplazamiento de un vehículo.

$$\Sigma F = m \cdot a \quad (1)$$

- F = Fuerza Motriz [N]
- m = masa del cuerpo [kg]
- a = aceleración [m/s²]

Realizando una sumatoria de fuerzas en el eje “X” podemos despejar Fx, teniendo:

$$F_x = F_d + R_x + R_g + R_i \quad (2)$$

De donde:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho_a \cdot V^2 \quad (3)$$

- Fd = Fuerza de Arrastre [N]
- Cd = Coeficiente Aerodinámico de Arrastre [-]
- A = Área proyectada del cuerpo [m²]
- ρa = Densidad del Aire [kg/m³]

$$R_x = F_r \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (4)$$

- Rx = Resistencia a la Rodadura [N]
- Fr = Coeficiente de Resistencia a la Rodadura [-]
- m = Masa [kg]
- g = Gravedad [m/s²]
- Θ = Pendiente [rad]

$$R_g = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (5)$$

- Rg = Resistencia a la Gradiente
- m = Masa [kg]
- g = Gravedad [m/s²]
- Θ = Pendiente [rad]

$$R_i = m \cdot a \quad (6)$$

- Ri = Resistencia a la Inercia [N]
- m = Masa [kg]
- a = Aceleración [m/s²]

Los coeficientes de aerodinámica “A”, rodadura “B” y fricción “C” de cada vehículo, necesarios para la configuración de las pruebas en el banco dinamométrico de chasis, se obtienen mediante la diferencia entre los factores de ajuste de las fuerzas en carretera y los factores de ajuste de las fuerzas en el dinamómetro. (González Oropeza, 2005)

Por último para estimar el consumo de combustible se realizan pruebas en un ambiente controlado, utilizando un banco dinamométrico de chasis, para medir la demanda energética en base a ciclos de conducción característicos, (se utilizan los ciclos EPA: FTP75 para el análisis de traslados en un entorno urbano y el HWFET para traslados en carretera), monitoreando las variables físicas relacionadas, como: presión en el múltiple de admisión o flujo másico de aire a través de la garganta de admisión, régimen de giro del motor, temperatura del aire, proporción de mezcla aire – combustible, con una muestra de 6 pruebas validas por vehículo en cada ciclo. (Gabriela & Jaramillo, 2015)

Especificaciones técnicas de los vehículos.

TABLA 1. Especificaciones técnicas (Rio R 1.4L – 2012)

Área frontal	1.99[m ²]
Peso neto	1100[kg]
Peso con piloto y copiloto (pruebas de carretera)	1240[kg]
Peso (multiplicado por factor 1.015, pruebas en dinamómetro)	1258.6[kg]
Presión neumáticos	32[psi]
Diámetro neumático	0.62[m]
Cd	0.56[-]
Fr	0.011[-]
F0; F1; F2	138.45; 0.306; 0.035
D0; D1; D2	449.54; 4.33E-14; 0.020
A	311.08[-]
B	0,306[-]
C	0.015[-]

TABLA 2. Especificaciones técnicas (Rondo 2.0L – 2012)

Área frontal	2.3[m ²]
Peso neto	1490[kg]
Peso con piloto y copiloto (pruebas de carretera)	1630[kg]
Peso (multiplicado por factor 1.015, pruebas en dinamómetro)	1512.35[kg]
Presión neumáticos	32[psi]
Diámetro neumático	66[cm]
Cd	0.59[-]
Fr:	0.01[-]
F0, F1, F2	167.24; 0.0032; 0.0514
D0, D1, D2	422.5600; 0.0034; 0.0213
A	255.3200[-]
B	0.0002[-]
C	0.0301[-]

III. RESULTADOS.

En figura 5 y figura 6 se presentan los resultados obtenidos al ejecutar los ciclos de conducción en el KIA Rio R 1.4L

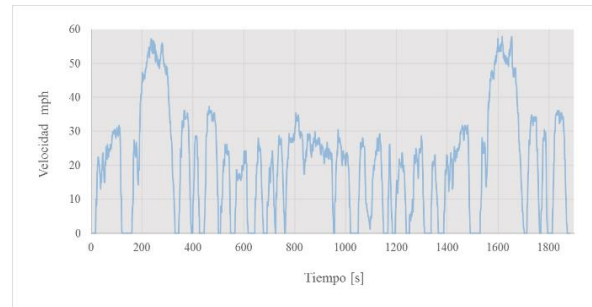


Figura 5. KIA Rio R 1.4L Federal Test Procedure (FTP75)

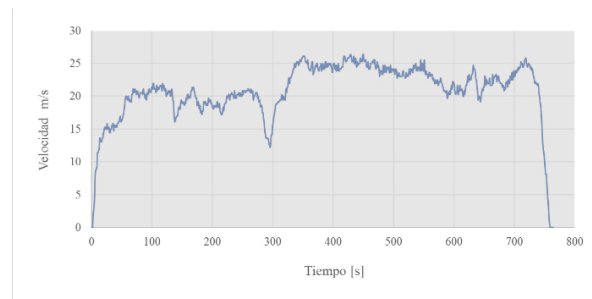


Figura 6. KIA Rio R 1.4L HWFET

En figura 7 y figura 8 se presentan los resultados obtenidos al ejecutar los ciclos de conducción en el KIA Carens Rondo 2.0L.

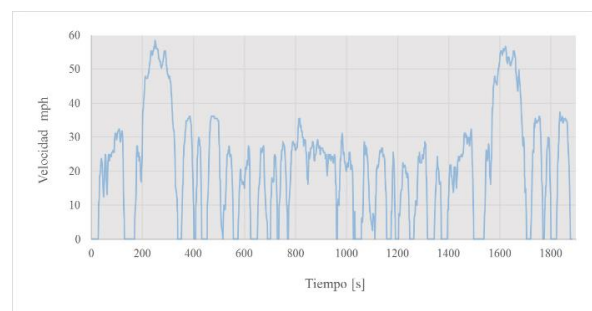


Figura 7. KIA Carens Rondo 2.0L Federal Test Procedure (FTP75)

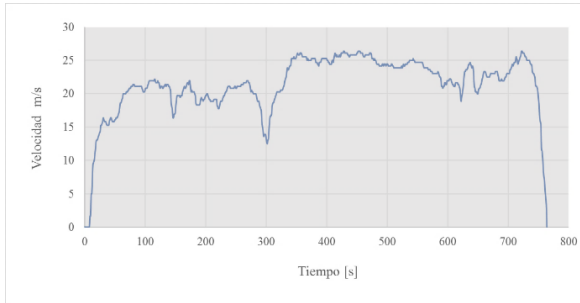


Figura 8. KIA Carens Rondo 2.0L Highway Fuel Economy Test Driving Schedule (HWFET)

Se expone en la tabla 3 los resultados de consumo de combustible obtenidos de una muestra de 16 pruebas validas en total, en carretera se realizaron 6 COAST DOWN y en banco dinámico se realizaron 4 COAST DOWN, 3 FTP75 y 3 HWFET.

TABLA 3. Consumo estimado de cada vehículo

Ciclo de conducción EPA	Consumo Rio R 1.4L [Km/gal]	Consumo Carens Rondo 2.0L [Km/gal]
FTP 75	64.72	38.89
HWFET	106.86	57.96

Mediante una gráfica (consumo vs tiempo) se contrasta los dos ciclos utilizados en cada vehículo, visualizando el consumo de combustible segundo a segundo como se indica en la figura 9 y figura 10.

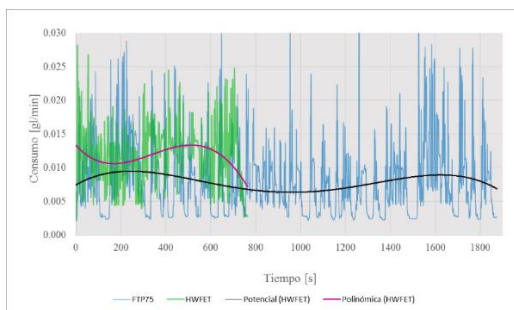


Figura 9. Consumo KIA Rio R 1.4L en Ciclo FTP75 (64.72 km/gl) vs HWFET (106.86 km/gl)

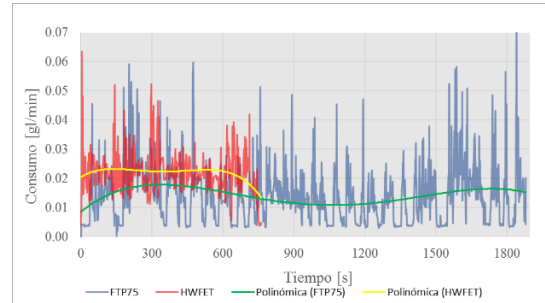


Figura 10. Consumo KIA Carens Rondo 2.0L en Ciclo FTP75 (38.89km/gl) vs HWFET (57.96 km/gl)

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

Se consiguió establecer un proceso para la estimación del consumo de combustible en vehículos automotores de combustión interna en base a la información disponible en diferentes bases de datos nacionales e internaciones.

En base a las pruebas de desaceleración libre efectuadas en cada vehículo tanto en ruta como en el dinamómetro de chasis, se determinó los coeficientes de resistencia aerodinámica “Cd” de 0.56[-] para el vehículo Kia Rio R 1.4L y de 0.59[-] para el Kia Carens Riondo 2.0L, a más de la resistencia a la rodadura “Fr” de 0.011[-] para el Kia Rio R 1.4L y de 0.01[-] para el Kia Carens Riondo 2.0L, así como los factores de ajuste “A=311.08[-], B=0,306[-], y C=0.015[-]” para el Kia Rio R 1.4L y “A=255.3200[-], B=,0.0002[-] y C=0.0301[-]” para el Kia Carens Riondo 2.0L.

Cabe recalcar que estos factores necesitan un ajuste específico para cada modelo de banco dinámico, por lo cual no se introdujeron dichos valores obtenidos en la gestión del software al momento de efectuar los ciclos de conducción.

Se obtuvo el consumo de combustible estimado para cada vehículo en base a los ciclos de conducción especificados, obteniendo rendimientos elevados a causa de la anulación de las fuerzas que se oponen al desplazamiento (coeficientes A, B y C).

Recomendaciones.

Se recomienda la estructuración de una base de datos con el consumo estimado de combustible de los vehículos de mayor circulación a nivel nacional, cuyos datos muestren una buena correlación y de esta forma validar el método utilizado indicando su nivel de confiabilidad.

V. REFERENCIAS.

- Applications, E. T., & Prepared. ETA-HTP01 Implementation of SAE Standard J2263 “ Road Load Measurement Using Onboard Anemometry and Coastdown Techniques ,” 1 de Febrero § (2008).
- Cabrera Montie, W., Tapia Fernandez, S., Jiménez Alonso, F., & Aparicio Izquierdo, F. (2012). Optimizacion De Consumo De Combustible De Vehiculos Basada En Programacion Dinamica. *Dyna Ingenieria E Industria*, 87(3), 574–653. <https://doi.org/10.6036/4582>
- Cai, Z. T., Worm, J. J., & Brennan, D. D. (2012). AC 2012-5030 : experimental studies in ground vehicle coast-down testing. *American Society for Engineering Education*.
- Cantos Rojas, J. S., & Toledo Garzón, J. G. (2015). Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las vialidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7909>
- Coastdown Facts. (2008), 2263.
- Diario El Comercio. (2016). Gasto en subsidios a los combustibles se redujo en 80% en Ecuador | El Comercio. Retrieved August 8, 2017, from <http://www.elcomercio.com/actualidad/gasto-subsidios-combustibles-petroleo-gasolina.html>
- Diario El Mercurio, & AGN. (2014). 100.000 Vehículos circulan diariamente en la ciudad | El Mercurio. 21 de Septiembre. Retrieved from <http://www.elmercurio.com.ec/448682-100-000-vehiculos-circulandiarriamente-en-la-ciudad/>
- Elm Electronics. (2017). OBD – Elm Electronics. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.elmelectronics.com/products/ics/obd/>
- Gabriela, E., & Jaramillo, C. (2015). *Escuela politécnica nacional*.
- Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of Vehicle Dynamics. *Analysis*. <https://doi.org/10.4271/R-114>
- González Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo , una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *INGENIERÍA Investigación Y Tecnología*, VI(3), 147–162.
- Lima Oyola, B., & Gálvez Sandoval, J. E. (2016). 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.
- Midgley, W. J. B., & Cebon, D. (2014). Coastdown Testing of Heavy Goods Vehicles, (ISSN: 2054-4081).
- Normalización-INEN, I. E. de. Instituto Ecuatoriano de Normalización-INEN; EMISIONES DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES Y MOTORES DE VEHÍCULOS USADOS., 2007 Bvsde.Paho.Org § (2008). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/cgi-bin/wxis.exe/iah/?IsisScript=iah/iah.xis&base=bvsde.others&lang=e&nextAction=lnk&exprSearch=BVSDE.00013745&indexSearch=ID>
- Preda, I., Covaciu, D., & Ciolan, G. (2010). Coast Down Test, Theoretical and Experimental Approach, (July), 155–161. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4048.5925>
- Quinchimbla Pisuña, F. E., & Solís Santamaría, J. M. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano De Quito. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17000>
- Ruiz, F. (2012). Cómo funciona Torque ODB2, diagnostico a tiempo real en tu coche. Retrieved August 2, 2017, from <https://www.androidsis.com/torque-obd2-autentico-ordenador-de-a-bordo-a-tiempo-real/>
- SUPERFLOW. (2017). SF-832 CHASSIS DYNO. Retrieved August 2, 2017, from <http://www.superflow.com/asp/prodDetail.aspx?prodid=4&catid=1&navid=6>
- Villén Macías, J. P. (2016). Simulador de la ECU de un vehículo con protocolo ISO 9141-2.

