

## CUANTIFICACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE AL APLICAR ECODRIVING EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA DE 1.5L

### QUANTIFICATION OF THE FUEL CONSUMPTION REDUCTION WHEN APPLYING ECODRIVING IN A 1.5L INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Julio César Leguísamo Miñlla<sup>1</sup>, Edilberto Antonio Llanes Cedeño<sup>2</sup>, Bryan Efrem Karolys Jarrín<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universidad Internacional SEK – Facultad de Arquitectura e Ingeniería

e – mail : <sup>1</sup>julio.leguisamo@uisek.edu.ec, <sup>2</sup>antonio.llanes@uisek.edu.ec, <sup>3</sup>bkarolys.mec@uisek.edu.ec

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, VIII Edición 2019, No. 4 (12)

#### Resumen

El objetivo de este artículo es comparar el consumo de combustible de un motor MEP a 2750 metros de altura sobre el nivel del mar, en un vehículo Aveo Family de 1498 cm<sup>3</sup> utilizando el escáner OBDLink ® LX, al aplicar un estilo de conducción normal y un estilo de conducción ecológica. La técnica de eco-driving determina parámetros de velocidad, cambio de marcha, utilización del freno de máquina, bajada de pendientes y evita frenazos bruscos; los cuales disminuyen el consumo de combustible. Se realizó una prueba en ruta, en base a protocolos de pruebas establecidos por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV).

Los resultados obtenidos revelan que al aplicar un modo de conducción ecológica se reduce el consumo instantáneo de combustible obteniendo beneficios de ahorro de combustible 12.57% en la ciudad de Ibarra y mayor rendimiento de por galón.

**Palabras Clave:** Conducción ecológica, consumo de combustible, prueba de ruta.

#### Abstract

*The objective of this article is to compare the fuel consumption of a MEP engine at 2750 meters above sea level, in a 1498 cm<sup>3</sup> Aveo Family vehicle using OBDLink ® LX Scanner, when applying a normal driving style and an Eco-driving style. The eco-driving technique determines driving parameters like speed, gear change, use of the engine brake, descent of slopes and avoid sudden braking; which decrease fuel consumption. A road test was carried out, based on test protocols established by the Technology Transfer Center for Training and Research in Vehicle Emission Control (CCICEV). The results obtained reveal that when applying an ecological driving style, the instantaneous fuel consumption is reduced, obtaining 12.57% fuel saving benefits in the city of Ibarra and greater yield per gallon.*

**Keywords:** eco-driving, fuel consumption, route test.

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire en la actualidad es uno de los principales problemas ambientales en el mundo que causa efectos como el cambio climático y el deterioro de la salud de la humanidad [1]. Esto sucede en los países desarrollados y en aquellos en vías de desarrollo, debido a la producción industrial y al uso de motores de combustión interna especialmente en el transporte. Además, el uso de tecnologías obsoletas en la producción y el transporte generan una ineficiencia con respecto al consumo de combustible y por ende a la emisión de gases contaminantes [2]. Diversos estudios demuestran que los gases contaminantes emitidos por los vehículos pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer, además son causantes de enfermedades respiratorias como el asma [3]. Con respecto al calentamiento global estudios determinan que los automotores son los principales causantes debido a la emisión de CO<sub>2</sub> [4].

Los fabricantes de vehículos debido a las exigencias de las normas ambientales que se han implementado en los diferentes países, que deben cumplir para comercializar sus vehículos han desarrollado diferentes sistemas. Razón por la cual se han desarrollado mejoras tecnológicas en el aumento de la eficiencia de los motores de combustión interna, mejoras aerodinámicas, el uso de materiales compuestos para la reducción de peso, se ha adaptado los motores para usar biocombustibles y se ha implementado motores eléctricos en el sistema de propulsión del vehículo. Pero lamentablemente cada una de estas soluciones propuestas no satisface las necesidades de todos los agentes involucrados [5].

Se ha establecido por parte de las diferentes marcas de vehículos que el comportamiento del conductor influye directamente en el consumo de combustible, las emisiones contaminantes, la seguridad y el mantenimiento del vehículo y se la denomina eco-driving o conducción eficiente [6]-[7]. La conducción ecológica es un conjunto de comportamientos que los conductores pueden practicar y se resume en una serie de prácticas eficaces [8]. En su alcance más amplio, que incluyen el mantenimiento regular del vehículo, controles de la presión de los neumáticos y una elección óptima ruta [9], y se lo puede aplicar en cualquier tipo de vehículo que puede ser a diésel, gasolina, híbrido o eléctrico; de cualquier cilindraje y cualquier tecnología [10].

En el estudio en [11] se determinó que la reducción

del consumo de combustible tiene una relación directa con la seguridad en la conducción. Los resultados mostraron que al aplicar eco-driving el consumo se redujo en un 11% lo que produjo una reducción de NO<sub>x</sub> de 30%, HC de 20%, CO 20% y CO<sub>2</sub> de 15% y con respecto a la seguridad se determinó que los accidentes de tráfico se pueden reducir en un 35%. En [12], se investigó la influencia de la densidad del tráfico al aplicar una conducción eficiente en el consumo de combustible. Donde se determinó que aplicando los consejos de esta técnica se puede ahorrar entre un 5% y un 25% de combustible en base al flujo de la congestión vehicular.

La Comisión para el Transporte Integrado en Reino Unido [13] investigo experimentalmente el impacto de las técnicas de conducción ecológica en la eficiencia del combustible. Los resultados indican un mayor rendimiento de galón por kilómetro y además se determinó que esta técnica puede reducir el mantenimiento correctivo de un automotor. En otro estudio sobre la efectividad del eco-driving se demostró que al realizar una capacitación adecuada sobre la conducción ecológica aplica a una flota de furgonetas se obtuvo una reducción del 50 % de combustible y una disminución del 40% de los accidentes [14].

En todo el mundo se han desarrollado muchas investigaciones acerca de la conducción ecológica en pruebas en dinamómetro y pruebas en ruta, donde se han determinado los beneficios del eco-driving. En las implementaciones del mundo real, los ahorros de combustible observados varían desde 2% a 14. Los resultados revelan que la política de conducción ecológica tiene el potencial de reducir la emisión de NO<sub>x</sub>, HC, CO Y CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible en ciertas circunstancias, pero en el tráfico congestionado del centro de la ciudad existen muchos puntos de vista conflictivos en la literatura [15]. Además se debe considerar que la altura influye directamente en la combustión debido a que se reduce la cantidad de oxígeno en la mezcla y bajo estas condiciones, es menos eficiente y se emite más contaminantes [16].

Los resultados obtenidos en la experimentación al realizar una prueba de ruta con conducción normal y otra con conducción ecológica a una altura de 2750 metros sobre el nivel del mar, permitieron tener una perspectiva clara de la reducción del consumo de combustible y el rendimiento por galón al aplicar eco-driving, pudiéndose determinar el consumo instantáneo y el consumo total en todo el trayecto de

la prueba a través de la herramienta de diagnóstico de escaneo OBDLink® LX. El consumo de combustible es menor al aplicar los consejos de conducción de eco-driving en un vehículo con motor de combustión interna a gasolina y además aumenta el rendimiento de galón por kilómetro. Los consejos de conducción ecológica se pueden aplicar en cualquier vehículo a gasolina en condiciones de altura y al aplicarlas se puede obtener beneficios energéticos, ambientales y económicos.

## 2. Materiales y Métodos

La conducción ecológica es un conjunto de pasos, técnicas y comportamientos que los conductores emplean para obtener ahorros en términos de uso de combustible, costo del viaje, las emisiones de CO y otros tipos de contaminación provenientes del uso del vehículo [17]. Los consejos para conducir con eco-driving en vehículos a gasolina y con transmisión manual son: cambiar la marcha de 2000 a 2500RPM, acelerar y decelerar suavemente, anticipar el flujo de tráfico, mantener una velocidad constante, utilizar el freno del motor y bajar pendientes en marcha [18].

Se seleccionó un vehículo Chevrolet Aveo family Std con transmisión manual debido a que se tomó como referencia la estadística del automóvil más vendido en el Ecuador [19], las especificaciones se pueden encontrar en la Tabla 1. Antes de las pruebas se realizó un mantenimiento preventivo y una revisión del correcto estado del sistema de inyección electrónica con el escáner, mediante el cual se determinó el correcto estado del vehículo para realizar las pruebas el cual utilizará gasolina Extra para las pruebas.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas

Características	Especificaciones
Año	2013
Combustible	Gasolina extra
Cilindraje motor	1498 cc
Transmisión	Manual
Torque	127,4 N.m @3000 rpm
Potencia	83 hp @5600 rpm
Cilindros	4 en línea
Tipo	4 CIL SOHC
Posición	Delantera transversal
Relación de compresión	9,5:1
Diámetro x Carrera	76,5 x 81,5 mm
Sistema de Inyección	MPFI
Sistema de encendido	DIS – Chispa perdida

Para la obtención de datos se utilizó la herramienta de escaneo OBDLink® LX que es un adaptador

Bluetooth OBD-II, que puede convertir un celular, tablet o laptop en un indicador de los parámetros de funcionamiento del motor en tiempo real. Este equipo permite registrar la cantidad de combustible consumida en el trayecto en tiempo real, con la posibilidad de visualizar consumo total y consumo promedio en l/km, cantidad total de combustible en galones, distancia recorrida, revoluciones por minuto, velocidad, carga y temperatura [20].

En esta investigación se utiliza una ruta de ciclo combinado en la ciudad de Quito y se lo aplica en la ciudad de Ibarra como se indica en la Figura 1 tomando como referencia una ruta de prueba desarrollada por el Centro de control y transferencia tecnológica para capacitación e investigación de emisiones vehiculares de la Escuela Politécnica Nacional [20], esta ruta inicia en el parque Vicente Moncayo y termina en la ciudad de Atuntaqui, está construida por un tramo urbano 14,4 km y un tramo en carretera con recorrido de 11.1 Km.



Figura 1. Ciclo de prueba

El número de experimentos fue de cinco pruebas de ruta para cada variable, para determinar si este tipo de conducción reduce el consumo de combustible. Los datos de cada prueba fueron grabados con el software de prueba y después de las pruebas fueron procesados, tabulados y analizados para determinar si son fiables, debido a que pueden presentar desviaciones mediante el control de rangos [21] y se determinó que las mediciones obtenidas son fiables.

## 3. Resultados y Discusión

Con respecto a la reducción de consumo de combustible al aplicar conducción eco-driving los datos obtenidos se observa en la Tabla 2, donde se puede observar que en una misma distancia y en las mismas condiciones con conducción normal el

consumo es de 1.67 litros mientras que al aplicar eco-driving el consumo es de 1.46 litros.

Tabla 2. Consumo de combustible por distancia recorrida

Pruebas de conducción	Distancia Recorrida (km)	Consumo Combustible	
		Normal (l)	Eco-driving (l)
Prueba 1 2	5	1,70	1.43
Prueba 2 2	5	1,65	1.43
Prueba 3 2	5	1,63	1.47
Prueba 4 2	5	1.65	1.50
Prueba 5 2	5	1.72	1.45
Promedio 2	5	1.67	1.46

En la Tabla 3 se muestra el promedio de las pruebas de la distancia recorrida por kilómetro y el consumo instantáneo de combustible. Se puede observar que los consumos instantáneos obtenidos son menores al aplicar eco-driving, debido principalmente al régimen de giro del motor.

Tabla 3. Consumo de combustible por distancia recorrida

Distancia (km)	Consumo Instantáneo Eco-driving (l/h)	Consumo Instantáneo Normal (l/h)
0,00	0	0,91
1,00	0	0,62
2,00	0	0,91
3,00	1	0,61
4,00	5	0,17
5,00	0	0,50
6,00	3	0,20
7,00	0	0,91
8,00	0	0,53
9,00	0	0,50
10,00	0	0,49
11,00	0	1,12
12,00	0	0,49
13,00	2	0,09
14,00	1	0,81
15,00	1	0,45
16,00	2	0,52
17,00	1	0,46
18,00	1	0,46
19,00	1	0,64
20,00	0	1,38
21,00	0	0,49
22,00	0	3,81
23,00	0	1,48
24,00	0	1,54

Los resultados del consumo de combustible de la prueba en ruta muestran las modificaciones del estilo de conducción con respecto a la variación de velocidad y aceleración que indica el protocolo de eco-driving; que inciden en la carga del motor la cual influye directamente en la cantidad de combustible inyectada al motor debido al control del conductor en el pedal del acelerador, pedal de freno y cambio de marchas. Donde los puntos de consumo instantáneo de combustible más altos pertenecen al estilo de conducción sin aplicar eco-driving y de igual manera con el consumo total de la prueba.

Las reducciones en el consumo de combustible presentadas en la Figura 2 representa el consumo de combustible total en litros. El menor se obtiene al manejar aplicando eco-driving con una reducción del 12,57% del consumo de combustible, además se debe mencionar que aplicando una conducción eficiente en un galón de combustible se tiene un rendimiento de 64.81 Km mientras que con conducción normal 56,66 km que es 14,38% mayor que el rendimiento. Considerando que la distancia promedio recorrida anual de un vehículo es 20000 km al aplicar conducción ecológica se obtendría un ahorro de 44,39 galones y considerando que el precio del galón es \$ 1,85 se obtendría anualmente un ahorro de \$ 83,4 anuales.

De acuerdo con los resultados obtenidos de [12] en los cuales la influencia del estilo de conducción aplicando los consejos eco-driving se ahorra entre un 5% y un 25% de combustible podemos afirmar que nuestro estudio presenta datos confiables por que se obtuvo del 12,57%.

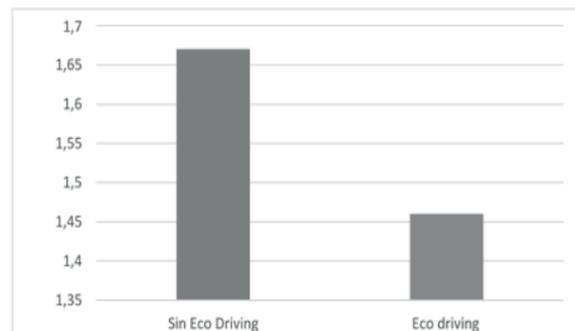


Figura 2. Consumo de combustible en pruebas de ruta

En el consumo instantáneo que se observa en la Figura 3 en relación con la distancia recorrida de 25 km aplicando los dos tipos de conducciones, la curva de cada tipo de conducción es el promedio de las cinco pruebas efectuados. Se observa una mayor presencia de valores máximos en la prueba sin ecodrive que

ascienden hasta 9,12 l/h y mantiene valores de pico altos como son 8.94 l/h y 8.40 l/h, a diferencia de la prueba al aplicar eco-driving donde el valor máximo es 7,13 l/h y los otros valores de pico altos son 6,64 l/h y 6,09 l/h. El valor mínimo de consumo se obtiene sin aplicar eco-driving es de 0,84 l/h y al aplicarlo es 0,49 l/h y de igual manera se mantiene la tendencia de mayor consumo al no aplicar la conducción eficiente indicando un aumento del 35% con respecto a la conducción ecológica. Debido a los rangos de revoluciones del motor, a la velocidad del auto y al aprovechamiento de la inercia del vehículo, además se puede asociar que la cantidad de combustible influye directamente en la cantidad de emisiones contaminantes producidas por el vehículo.

De acuerdo al estudio en el cual se determinó que aplicando eco-driving con una capacitación profesional en cada 100 km se ahorra 470ml de gasolina. Se puede mencionar que esta tendencia es real debido a que el consumo instantáneo de combustible es menor al aplicar eco-driving y al hacer un promedio de los consumos instantáneos. Al aplicar la conducción ecológica hay un consumo de 1,93 l/h y sin aplicar el consumo promedio es de 2,8 l/h lo que indica un incremento de consumo instantáneo de combustible de 45,07%.

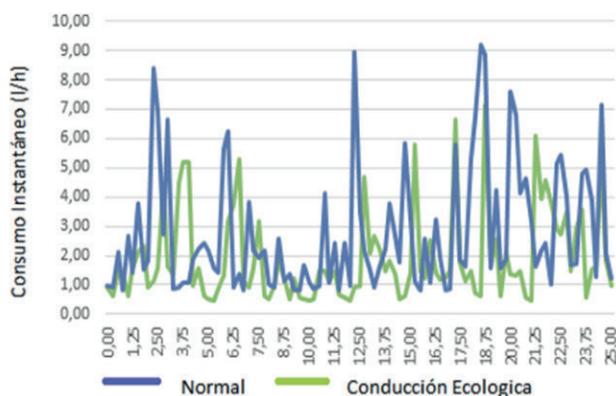


Figura 3. Consumo instantáneo de combustible en pruebas de ruta

En este trabajo, se cuantifico la reducción de consumo de combustible, ha sido realizada en un Aveo Family aplicando y sin aplicar conducción ecológica. Los análisis emplean datos de las pruebas experimentales del mundo real recogidos de los dos tipos de conducción utilizados en las pruebas que se desarrollan a través de la modificación de la velocidad del vehículo, velocidad de motor y el tipo de frenado. Los resultados del caso de estudio demuestran que la conducción ecológica reduce el consumo de combustible mediante la limitación de la carga del

motor, en una misma distancia. Los beneficios de la estrategia de conducción ecológica se compararon con otros estudios y el valor de ahorro de combustible por km está dentro de los rangos de los estudios referenciados. La conducción ecológica puede reducir el consumo de combustible en un 12,57% a la altura de 2750 metros sobre el nivel del mar en el transporte y se determinó que puede ser una estrategia eficaz para reducir la producción de gasolina. A diferencia de otras tecnologías, la conducción ecológica no requiere una importante inversión de capital, sólo requiere de una corta capacitación y es apta para su aplicación en cualquier tipo de vehículo.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se cuantifico la reducción de consumo de combustible, ha sido realizada en un Aveo Family aplicando y sin aplicar conducción ecológica. Los análisis emplean datos de las pruebas experimentales del mundo real recogidos de los dos tipos de conducción utilizados en las pruebas que se desarrollan a través de la modificación de la velocidad del vehículo, velocidad de motor y el tipo de frenado.

Los resultados del caso de estudio demuestran que la conducción ecológica reduce el consumo de combustible mediante la limitación de la carga del motor, en una misma distancia. Los beneficios de la estrategia de conducción ecológica se compararon con otros estudios y el valor de ahorro de combustible por km está dentro de los rangos de los estudios referenciados. La conducción ecológica puede reducir el consumo de combustible en un 12,57% a la altura de 2750 metros sobre el nivel del mar en el transporte y se determinó que puede ser una estrategia eficaz para reducir la producción de gasolina. A diferencia de otras tecnologías, la conducción ecológica no requiere una importante inversión de capital, sólo requiere de una corta capacitación y es apta para su aplicación en cualquier tipo de vehículo.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] Corcoba, V. (2014). Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor. Retrieved from <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19981>
- [2] Ministerio del Ambiente (2010). Plan Nacional Calidad del Aire. Quito- Ecuador.

- [3] Ballester, F. (2015). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 159–175.
- [4] Andrade, H., Arteaga, C., & Segural, M. (2016). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:561](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561)
- [5] Corcoba, V. & Muñoz, M. (2015). GAFU: Using a gamification tool to save fuel. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 7(2), 58–70. <https://doi.org/10.1109/MITS.2015.2408152>
- [6] NISSAN MOTOR CO., L. (2004). New carwings-enables Navigation System. Retrieved from [http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/TECHNOLOGY/TECHNICAL/carwings\\_en.pdf](http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/TECHNOLOGY/TECHNICAL/carwings_en.pdf)
- [7] Events, C. C. (2012). Transport and Climate Change Initiatives.
- [8] Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., Ribet, J., & Jeanneret, B. (2014). Eco-driving: An Economic or Ecologic Driving Style? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, (38), 110–121.
- [9] Brouwer, R., et al (2015). Personalised feedback and eco-driving: An explorative study. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 760–771. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.04.027>
- [10] Melloroy, R., & Stanton, N. A. (2016). What do people know about eco-driving? An exploratory survey study. *Ergonomics*, 60(6), 754–769.
- [11] N. Haworth y M. Symmons. (2001). The relationship between fuel economy and safety outcomes. Monash University Accident Research Centre.
- [12] Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van de Burgwal, E., & Gense, R. (2004). Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(1), 43–50. <https://doi.org/10.1243/095440704322829155>
- [13] Commission for Integrated Transport (UK). (2007). Transport and climate change.
- [14] Hedges, P., & Moss, D. (1996). Costing the effectiveness of training: case study 1- improving Parcelforce driver performance. *Industrial and Commercial Training*. <https://doi.org/10.1108/00197859610115430>
- [15] Alam, M. S., & McNabola, A. (2014). A critical review and assessment of Eco-Driving policy & technology: Benefits & limitations. *Transport Policy*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.05.016>
- [16] Leguisamo, J., Celi, S., Noroña, M. & Puente, E. (2018). Estudio De Emisiones Contaminantes Producidas Por Un Motor MEP Con Transmisión Automática Y Transmisión Manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120–128
- [17] Yanzhi, X., & Hanyan, Li., Haobing, Liu., Rodgers, M., & Guensler, R. (2017). Eco-driving for transit: An effective strategy to conserve fuel and emissions. *Applied Energy*, (194), 784–797. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.10>
- [18] Andrieu, C., & Pierre, G. Saint. (2014). Evaluation of ecodriving performances and teaching method: Comparing training and simple advice. *In European Journal of Transport and Infrastructure Research*.
- [19] AEADE. (2018). ANUARIO 2017. Quito. Retrieved from [www.aeade.net](http://www.aeade.net)
- [20] Leguisamo, J., Celi, S., Noroña, M. & Puente, E. (2018). Estudio De Emisiones Contaminantes Producidas Por Un Motor MEP Con Transmisión Automática Y Transmisión Manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120–128.

[21] Suarez, M. (2012). Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel Winstast y Graph (Primera). Ibarra. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/InteraprendizajedeProbabilidadesyEstadísticaInferencialconExcel,WinstastysyGraph.pdf>

[21] Rionda, Al. Martínez, D., Pañeda, X., Arbesú, D. & Jiménez, E. (2012). Sistema Tutor Para La Conducción Eficiente de Vehículos de combustión. IEEE-RITA, 7(3), 133–140

## 6. Biografía



<sup>1</sup>Julio Leguísamo Milla. - Magíster en Sistemas Automotrices, Ingeniero Automotriz, Docente Tiempo Completo del Facultad de Arquitectura e Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de la

Internacional SEK.



<sup>2</sup>Antonio Llanes. – Doctor de la Universidad Politécnica de Madrid en Ingeniería. Magíster en Eficiencia Energética, Ingeniero Mecánico Automotriz. Docente Tiempo Completo del Facultad de

Arquitectura e Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de la Internacional SEK.



<sup>3</sup>Bryan Karolys. - Ingeniero Automotriz de la Universidad Internacional SEK .

Autor para correspondencia:  
[julio.leguisamo@uisek.edu.ec](mailto:julio.leguisamo@uisek.edu.ec)

### REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	23 mayo 2019
Fecha aceptación	23 noviembre 2019