

Consumo de combustible frente a la eco conducción y tráfico en una ruta mixta en la ciudad de Quito

Fuel consumption versus eco-driving and traffic on a mixed route in the city of Quito



Jonathan Espinoza Cuadrado
Daniel Pantoja Villacís
Christian Castro Herrera
Jhonatan Sangovalin Chuilisa
Jeonathan Villamarin Molina

✉ <https://orcid.org/0000-0001-7984-5708>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-7116-0488>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-9062-9579>
✉ <https://orcid.org/0000-0003-1064-9543>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-8637-9693>

Instituto Superior Tecnológico Mayor Pedro Traversari | Quito – Ecuador | CP 170708

✉ jonathan.espinoza@institutotraversari.edu.ec

<https://doi.org/10.26423/rctu.v9i2.708>

Páginas: 85- 96

Resumen

El consumo de combustible ha sido una gran fuente de investigación, debido al impacto que tiene en la contaminación ambiental y en la economía del usuario, mucho más cuanto dicho recurso ha sufrido alzas en el precio. La presente investigación tuvo como objetivo comparar la incidencia que tiene el estilo de conducción y el tráfico en el consumo de combustible, en una ruta mixta de la ciudad de Quito. Por la alta densidad de tráfico, la ruta seleccionada tuvo como eje central la avenida Mariscal Sucre, cruzando la ciudad de norte a sur y viceversa. Para la medición de consumo de combustible se tomó en cuenta la norma SAE J1321:2012 Fuel Consumption Test Procedure, mientras que para los parámetros de manejo se utilizó un registro de datos, *datalogger* arduino, construido en base al escáner automotriz Elm327. Se identificó que, en relación a un tráfico alto y mediante la eco conducción se logró ahorrar hasta un 18,94 % de combustible. El mayor impacto de ahorro se dio al utilizar eco conducción sin tráfico, que permite ahorro de combustible hasta de 35,39% en comparación a la misma ruta, con tráfico. En conclusión, el conductor eficiente logra ahorrar hasta 1,41\$ por cada 100 Km, en el tráfico, y al preferir la eco conducción sin tráfico, consigue ahorrar hasta \$2,83 por cada 100 kilómetros en la ruta estudiada.

Palabras clave: Conducción ecológica, Escáner ELM327, Gasolina, Método Gravimétrico, Norma SAE J1321:2012, Vehículos M1.

Abstract

Fuel consumption has been a great source of research due to the impact it has on both environmental pollution and the user's economy, and much more so when this resource has suffered price increases. The present research aimed to compare the impact of driving style and traffic on fuel consumption on a mixed route in the city of Quito. Due to the high density of traffic, the selected route had Mariscal Sucre Avenue as its central axis, crossing the city from north to south and vice versa. For the measurement of fuel consumption, the SAE J1321:2012 Fuel Consumption Test Procedure standard was considered, while for the driving parameters, a data logger (an Arduino datalogger) built based on the Elm327 automotive scanner was used. It was identified that it was possible to save up to 18.94% of fuel concerning high traffic and through eco-driving. The greatest impact of savings was given by using eco-driving without traffic, which allows fuel savings of up to 35.39% compared to the same route with traffic. In conclusion, the efficient driver manages to save up to \$ 1.41 per 100 km in traffic, and by preferring eco-driving without traffic, he manages to save up to \$ 2.83 per 100 kilometers on the route studied.

Keywords: Eco-Driving, ELM327 Scanner, Petrol, Gravimetric Method, SAE J1321:2012 Standard, Vehicles M1.

Recepción: 29/09/2022 | Aprobación: 17/11/2022 | Publicación: 23/12/2022

1. Introducción

El precio del combustible en el Ecuador ha sufrido cambios en los últimos años, en el 2019 se registró un paro nacional por una primera alza significativa registrada, en la cual, la gasolina extra pasó de costar 1,85 dólares por galón a 2,22 dólares por galón [1]. En el año 2022 el Ecuador se vio afectado por uno de los paros nacionales más largos de los últimos años, en él se exigía la reducción de los precios de los combustibles, que habían sido dispuestos en 2,55 dólares [2]. En agosto del año 2022, con un precio fijado en 2,40 dólares representa un valor que incide directamente en la economía de los usuarios del combustible, esto es más marcado en el transporte [3]. La movilización vehicular es un tema que se complica en ciudades capitalinas que, a pesar de sus esfuerzos para regular el tráfico vehicular, muchas veces resultan ser insuficientes, registrando aumento en el tiempo de viaje de hasta 30 minutos en locaciones con tráfico elevado, esto según el horario de tránsito [4]. A raíz del problema mencionado, las autoridades de la capital a través de ordenanzas, imponen restricciones de movilidad en los vehículos y motocicletas, con base al último dígito de la placa del vehículo o motocicleta, dicha restricción lleva el nombre de Pico y placa [5]. Una de las arterias viales principales para la capital, es la avenida Mariscal Sucre, que atraviesa la ciudad de norte a sur y viceversa, esto por el famoso tramo, conocido como los túneles, lugar que se ha vuelto el diario vivir para los conductores de la capital y hoy en día resulta una de las vías más congestionadas de la ciudad, en ciertas horas del día [6].

Algunos estudios buscan caracterizar el tráfico en distintas zonas de Quito. En este sentido se realizaron investigaciones en las intersecciones Av. Universitaria 18 de Septiembre y 18 de Septiembre Av. América, donde se determinó el volumen de tráfico, señalización y tiempo de parada en las intersecciones como parte de datos para ser simulados y dar posibles soluciones al tráfico, desde el tiempo de semáforo correcto hasta la reestructuración de paradas de transporte vial [7]. De igual manera, se efectuó un estudio similar en las intersecciones América - La Gasca y La Gasca - Gaspar de Carvajal, el estudio recogió parámetros que afectan el tráfico de la intersección para ser simulados, en los cuales se incluye la velocidad y tiempos en semáforo de la intersección, con el fin de aportar con soluciones para la congestión vehicular de la zona [8]. Estudios más actuales, se han enfocado en proponer soluciones basados en la buena gestión que se pueda desarrollar en el transporte público, sobre esto, se realizó un estudio y propuesta para ampliar la estación de transferencia "La Ofelia", con el objetivo de mejorar la movilidad de las personas que utilizan el transporte Metrobus, que concurren en la estación la Ofelia; con mediciones in situ, de tiempo, cantidad de personas y velocidad, cuantificadas en la estación, plantean soluciones a la

gestión del tráfico en el lugar estudiado [9].

En el año 2011, la conferencia del cambio climático de Durban, dejó fuentes de conocimiento para hacer frente a la crisis ambiental, una de ellas es la novena edición de la revista Unión Internacional de Telecomunicaciones, en la cual se hace mención a hacer frente al cambio climático, en ella se detallan varias áreas donde se enfocó la reducción de contaminación ambiental mundial. Principalmente, se destaca su aporte titulado, vehículos eléctricos en las ciudades, donde, ya para el año mencionado, se hablaba del intento de las ciudades para que los conductores asimilen la tecnología de los vehículos eléctricos y sus bastas ventajas, logrando cambiar gran porcentaje de flotas de transporte en ciudades como New York y San Francisco [10]. En respuesta a la crisis medio ambiental y poca intervención del Ecuador, se han realizado estudios en relación a los vehículos eléctricos y su inserción en el mercado. Una de ellas analiza la percepción y variables que influyen en la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito, dicha investigación menciona que existe la necesidad nacional de crear nuevas políticas sociales y económicas en beneficio de la comercialización de dichos vehículos así como un trabajo en paralelo con empresas privadas [11]. De igual forma, en Ambato, se realizó una investigación para conocer la percepción de dueños de taxis en la inserción de vehículos eléctricos, así como la determinación de la factibilidad económica-financiera de la adquisición del vehículo Nissan Leaf por parte de la cooperativa de taxis estudiada. Su conclusión más destacada es que dichos conductores están dispuestos a adquirir vehículos eléctricos y que dicha decisión permite un ahorro de hasta un 50% en el gasto anual de funcionamiento del vehículo [12].

Existen diversos métodos para la medición y estimación del consumo de combustible en un vehículo, entre ellas se destaca el estudio realizado en un motor de combustión interna, en tres ciclos de conducción diferentes, esto es, autopista, rural y arterial, en dicha investigación se mide el consumo de combustible mediante el método OBD II, el cual se basa en la estimación de consumo, en base a los parámetros de los sensores de cantidad de aire del motor, MAP o MAF, mientras que el método gravimétrico, también utilizado en la investigación mencionada, consiste en la medición de la masa de combustible consumido, mediante la adecuación de un tanque externo [13]. Por otro lado, en Colombia, en la ciudad de Pereira, se realiza una comparación de distintas metodologías de consumo de combustible, donde, además del método gravimétrico, se incluyen métodos como el volumétrico y balance de carbono, esto, en un laboratorio de pruebas dinámicas, mediante ciclos de conducción FTP-75, WLTP de Europa y un ciclo autóctono para la ciudad donde se realizó la investigación. En la última investigación

mencionada se establece una mayor exactitud del método gravimétrico a diferencia de los métodos volumétrico y de balance de carbono [14].

Los Datalogger son dispositivos que permiten adquirir y guardar datos o parámetros, que, por lo general son de voltaje. En el vehículo resultan ser muy útiles, por la cantidad de sensores que tiene el mismo. Sobre esto, se han diseñado registros de datos, datalogger Arduino, de bajo costo, en base a un módulo bluetooth y un escáner automotriz ELM327 [15]. Estos sistemas son muy útiles a la hora de medir consumo de combustible por OBD II y revisar el perfil de un conductor.

El consumo de combustible está directamente ligado al estilo de conducción y diversas estrategias logran ahorros de combustible considerables, en función al estilo de manejo, este sistema o metodología de manejo lleva el nombre de eco conducción, conducción eficiente, conducción ecológica, eco driving, entre las principales, el no tomar dichas estrategias de conducción repercute en un desperdicio energético y económico en el usuario de vehículos. Aplicando la eco conducción, mediante el uso de un asistente que monitorea el comportamiento del conductor y en base a su eficiencia al conducir, se logró un ahorro de combustible de hasta un 22,5 % [16].

En la Universidad Politécnica de Valencia, España, se presentó una metodología de aprendizaje de conducción eficiente basada en un teléfono inteligente y conexión directa al sistema de diagnóstico abordo (OBD), con el fin de relacionar el comportamiento de los motores, en una conducción real, frente al consumo de combustible y huella de CO₂. Dicha experiencia despertó interés en los alumnos, al analizar sus propios hábitos de conducción en relación a las variables de consumo y contaminación [17]. Por otro lado, Ronda, A. *et al.* (2013), propusieron la inserción de un sistema de tutoría para conductores, basado en el aprendizaje activo y ubicuo mediante alertas auditivas y sonoras. Esto se realizó durante 6 semanas a 150 conductores, dando como resultado mejoras de hasta un 10 % en la conducción eficiente y consumo de combustible [18]. Castillo, J. *et al.* (2019) propusieron implementar la metodología de pruebas basada en la Regulación CFR 40 de los Estados Unidos y COPANT, evaluando el consumo de combustible en pruebas de laboratorio y ruta. Como resultado se obtuvo un mejor rendimiento del combustible de entre el 15 % para pruebas en laboratorio y 20 % en pruebas en ruta [19].

Lema *et al.* (2020) en su investigación, analizaron las pérdidas energéticas por conducción, en automóviles livianos, en busca de una conducción eficiente, donde se examina el modo de manejo de conductores no profesionales, comprendidos en edades de 20 a 40 años entre mujeres y hombres, tal análisis permitió determinar las falencias más destacadas en los modos de conducción analizados y disminuir el consumo de combustible tras el tratamiento de la muestra

seleccionada con estrategias de eco conducción [20]. Se han realizado análisis considerando la altura geográfica, en este caso, se destaca la evaluación de conducción eficiente en un motor de encendido provocado a 2 810 metros sobre el nivel del mar, midiendo en la propuesta las emisiones contaminantes y la economía del combustible, esto en un vehículo con cilindraje 1 498 cm³ e inyección indirecta. Tal investigación revela ahorros de combustible de hasta un 19,8 % y 10 % de reducción en emisión de gases contaminantes [21]. Con metodología experimental, en la ciudad de Quito, se relacionó el consumo de combustible, torque, y potencia, con la aplicación de la eco conducción y una conducción normal, en una ruta mixta de la ciudad, entre Cumbayá, Avenida Interoceánica S/N; y la Universidad Católica de Quito, en la avenida 6 de Diciembre y Jorge Washington. Se evidencia una optimización del combustible de entre el 22 y 24,5 % [22].

La eco conducción resulta ser de más impacto a la hora de analizarla en empresas de transporte, tal es el caso de una propuesta de conducción para la empresa de Transporte Integrado de Bogotá S.A.S., donde la investigación plantea metodologías y prácticas para una conducción ecológica en los operadores de los vehículos de la compañía, demostrando, a través de análisis estadístico, el desempeño de cada operador en función de los parámetros que inciden en la conducción ecológica y su nivel de ahorro energético [23]. La eco conducción no solo se relaciona con el aprovechamiento de combustible, sino también con los diversos factores que afectan al conductor, entre ellos, la seguridad del mismo y su salud, diversos estudios publicados han evidenciado la reducción de estrés en la conducción al utilizar prácticas de eco conducción [24].

La investigación pretende medir el consumo de combustible mediante una norma técnica establecida a nivel mundial y luego relacionar dicha medición al estilo de conducción y al tráfico, en una ruta altamente concurrida de la ciudad de Quito.

2. Materiales y Métodos

La investigación fue de carácter experimental, la misma evaluó el consumo de combustible producido en un vehículo en dos condiciones de tráfico, alta y media, además de la utilización de estilos de conducción normales y ecológicos, en cada condición de tráfico. La valoración de eco conducción se centró en el análisis de tiempo de manejo en rangos recomendados de régimen de motor, que, para vehículos a gasolina, es de 2 000 a 2 500 RPM. Por otro lado, el consumo de combustible fue medido en base a los parámetros generales que establece la norma SAE J1321:2012, para medición de consumo de combustible [25].

2.1. Vehículo

La AEADE, asociación de empresas automotrices del Ecuador, posiciona a la marca Chevrolet entre las marcas más vendidas en el Ecuador, en el año 2021, vendió 24 547 unidades, en todo el país, 8 374, en la provincia de Pichincha, ventas que sobre pasan a marcas reconocidas como Kia y Hyundai [26].

La presente investigación propuso un vehículo de uso común y muy utilizado en el medio, este es el Chevrolet Aveo Family 2015, el mismo fue conservado en óptimo estado mecánico para fines investigativos, esto fue evidenciado en su poco kilometraje. En la figura 1, se muestra el vehículo de prueba, mientras que, en la tabla 1, sus características.

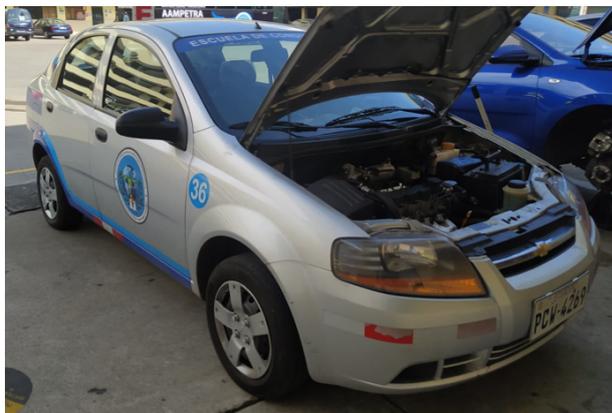


Figura 1: Vehículo Aveo Family 1,5L

Tabla 1: Especificación técnica del vehículo de prueba

Ítem	Valor/Especificación
Motor	1.5L SOHC
Válvulas	8
Número de cilindros	4
Combustible	Gasolina
Kilometraje	1123 km

2.2. Medición de consumo de combustible

La norma SAE J1321:2012 Fuel Consumption Test Procedure, establece el procedimiento para la medición de consumo de combustible en función de la masa de combustible consumido, esto se logró mediante la instalación de un tanque portátil o tanque externo al vehículo [25]. Para efectos investigativos, se realizó una adecuación al tanque propio del vehículo, con lo que se podría desestimar errores de medición por el peso de un nuevo tanque en el vehículo, la adaptación se visualiza en la figura 2.



Figura 2: Adecuación del tanque de combustible

La norma establece que para la medición del consumo de combustible, se debe pesar el tanque externo al inicio y al final de cada prueba. La medición del peso del tanque fue hecho por una balanza digital con una medición máxima de hasta 100,00Kg. En la figura 3 se observa la adaptación de la balanza al requerir la medición de peso para cada prueba.



Figura 3: Medición de peso del combustible

2.3. Adquisición de datos

Se hizo mediante el puerto OBD II del vehículo, esto se logró mediante el microcontrolador ELM327, instalado en diversos escáneres automotrices; para la investigación se tomó en cuenta el escáner que lleva el mismo nombre del procesador y se comunica a software mediante Bluetooth, en la figura 4 se visualiza el escáner conectado a través de una extensión de cable OBD II, al puerto del vehículo.



Figura 4: Conexión del Escáner ELM327

El escáner extrajo la condición en tiempo real de los sensores CKP, posición del cigüeñal y el sensor VSS, velocidad del vehículo, con la finalidad de almacenarlos en un registro de datos o Datalogger. Esto se realizó a 1Hz de frecuencia de registro, la señal emitida por el escáner fue recibida por un registro de datos, datalogger Arduino, construido para la investigación.

Cabe recalcar, que el Datalogger arduino es un dispositivo capaz de detectar, medir y guardar señales, en su mayoría eléctricas, en este caso, los parámetros dados por los sensores automotrices, un Datalogger arduino puede ser considerado como un equipo de bajo coste en su construcción [27].

El datalogger constó de diversos módulos. Ver tabla 2.

Tabla 2: Especificación técnica del vehículo de prueba

Componente	Propósito
Arduino Mega	Gestiona y controla los módulos recibiendo la información
Step Down	Reduce la tensión de alimentación para los módulos
Módulo Bluetooth	Recibe los datos del Elm327
Módulo SD	Registra los datos en una memoria MicroSD
Módulo Buzzer	Alerta auditiva sobre el régimen recomendado de manejo

La conexión del prototipo fue mediante el esquema de conexión mostrada en la figura 5, donde se puede notar un módulo buzzer, el cual fue utilizado para anunciar al conductor cuando se encuentre en un rango correcto de manejo o cuando salga del mismo, provocando que el conductor vuelva a un rango correcto de manejo.

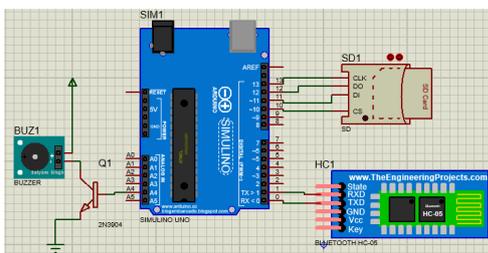


Figura 5: Esquema de Conexión del Datalogger

Lo esencial en el funcionamiento del circuito mencionado, es el registro de los datos de manejo y cuantificación de tiempo de manejo en rango correcto de manejo, esto es posible mediante el funcionamiento

integral del registro de datos o Datalogger arduino, el módulo microSD de arduino permite grabar datos en una memoria microSD, en un archivo de texto, que luego fueron tratados en programas de análisis de datos como SPSS y Excel. Los Datalogger arduino son la base de diversos proyectos electrónicos, en base a sensores y análisis de datos [28].

2.4. Ruta de Prueba

Al ser de carácter mixta, incluyó una parte rural y otra urbana, además de ser caracterizada por poseer alto tráfico vehicular, dichas características se encuentran a menudo al tratar de cruzar la ciudad de sur a norte y viceversa, en horarios específicos de circulación. La ruta elegida tuvo como punto de partida el Instituto Superior Tecnológico Mayor Pedro Traversari y la llegada fue el parque inglés, al norte de Quito, en este caso, la avenida Mariscal Sucre fue tomada como una ruta urbana, desde el instituto en mención, hasta el sector conocido como los túneles, mientras que se torna rural, desde la salida de los túneles, hasta el parque inglés, con 20,5km de recorrido aproximadamente. La ruta mencionada se visualiza en la figura 6. La parte rural y urbana de la ruta representaron aproximadamente la misma distancia en relación al tramo total de la ruta.

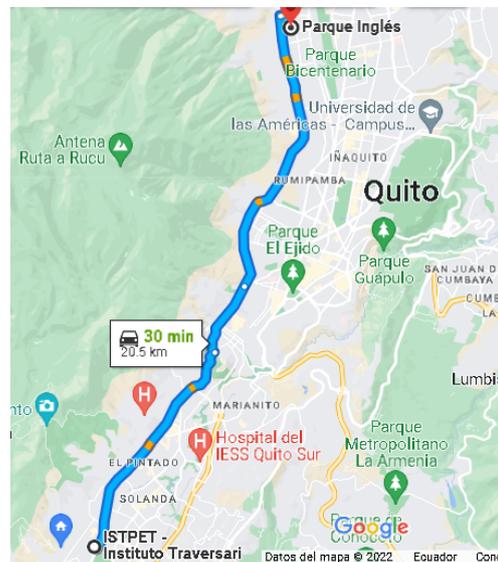


Figura 6: Ruta Mixta de Prueba. Fuente: [29].

2.5. Protocolo de Pruebas

El protocolo de pruebas debió ser establecido en dos variables distintas de estudio, una de ellas es el tráfico vehicular de la ciudad y la otra es el estilo de manejo frente al consumo de combustible generado. Para la primera variable, las pruebas fueron realizadas en dos distintas condiciones de tráfico, caracterizadas por: tráfico alto y moderado, el tráfico alto, dado en horas pico en la ciudad capital, está dado en las mañanas, por

tal motivo, las pruebas, en tráfico alto comenzaron a las 8:00 y concluyeron a las 9:00, en el destino final. Para el tráfico moderado se midió el retorno de la misma ruta con un tráfico ya disipado, que para la capital, resulta efectuarse desde las 9:00 hasta la tarde, en este caso, inició a las 9:00 y finalizó aproximadamente a las 10:00.

El estilo de manejo fue dado en una condición normal de manejo y con eco conducción, en la conducción normal de manejo para la capital, se tuvo: aceleraciones y desaceleraciones bruscas, cambios de marcha a altas revoluciones, por encima de las 3 000 RPM, cambios de carril constantes, circulación con ventanas abiertas o utilización de Aire acondicionado, aumento de velocidad no homogéneo, entre los principales.

La presente investigación propuso centrar la eco conducción en la medición del tiempo de conducción dentro del régimen de motor recomendado, es decir, conducir y cambiar marchas de 2 000 a 2 500 RPM, intentando siempre conducir en la marcha superior. Previo a las pruebas, se realizó inspecciones al vehículo de estado mecánico y presión de neumáticos. Además, se agrega una conducción anticipada, aceleraciones y desaceleraciones no bruscas y utilización del freno motor [30].

Para la determinación del tiempo de conducción en rango óptimo de conducción, se programó mediante arduino, la adquisición de datos del tiempo de conducción en rango recomendado de manejo, a través del datalogger construido, en la tabla 3 se resume los parámetros a medir para cada prueba y su abreviación

Tabla 3: Abreviación de Parámetros Medibles

Parámetro	Abreviación	Unidad
Peso de Combustible	Masa	Kg
Consumo de combustible	Consumo	L/100Km L/Km
Tiempo de conducción en régimen recomendado de manejo	T Rec.	Segundos

Las pruebas fueron desarrolladas en el transcurso de dos semanas, 4 días con conducción normal, y 4 días con eco conducción, esto se efectuó por 4 días entre semana debido a la modalidad de control de tráfico, Pico y Placa, de la ciudad de Quito, que limita la conducción del vehículo un día a la semana.

3. Discusión y resultados

3.1. Resumen de resultados

Los datos obtenidos fueron tratados matemáticamente a través de la ecuación que representa la densidad de las

substancias. Para obtener el consumo en litros por cada prueba se tomó en cuenta la densidad del combustible extra, la cual está, entre 0,72 y 0,78 Kg/L. Para la presente investigación se tomó en cuenta una densidad de combustible extra de 0,735379 Kg/L, esto en base a estudios recopilados de densidad, con la gasolina extra de 87 octanos del país, datos tomados a 20°C [31]. Los datos recolectados fueron tomados en condiciones similares para evitar variabilidad en los resultados.

En la tabla 4 se muestran los datos obtenidos en una conducción normal, mientras que en la tabla 5 para una eco conducción

Tabla 4: Datos en Conducción Normal

Día	CONDUCCIÓN tráfico	NORMAL Consumo			T Rec. Seg.
		KG	L	L/100Km	
		1	Alto	1,70	
	Medio	1,45	1,97	9,62	425
2	Alto	1,80	2,45	11,94	325
	Medio	1,25	1,70	8,29	450
3	Alto	1,80	2,45	11,94	291
	Medio	1,00	1,36	6,63	305
4	Alto	1,80	2,45	11,94	525
	Medio	1,45	1,97	9,62	600

Tabla 5: Datos con Eco conducción

Día	tráfico	ECO- CONDUCCIÓN Consumo			T Rec. Seg.
		KG	L	L/100Km	
		1	Alto	1,40	
	Medio	1,10	1,50	7,30	833
2	Alto	1,45	1,97	9,62	725
	Medio	1,05	1,43	6,97	805
3	Alto	1,40	1,90	9,29	720
	Medio	1,10	1,50	7,30	784
4	Alto	1,50	2,04	9,95	740
	Medio	1,15	1,56	7,63	798

3.2. Conducción Normal

El tratamiento de los datos de forma estadística, para una condición normal, en dos condiciones distintas de tráfico, se establece en la tabla 6.

Tabla 6: Resultados estadísticos en Conducción Normal

Parámetro Estadístico	CONDUCCIÓN		NORMAL	
	Consumo (L/100Km)		T.Recomendado (Segundos)	
	Tráfico		tráfico	
	Alto	Med.	Alto	Med.
Media	11,77	8,54	372,75	445,00
Mediana	11,94	8,96	337,50	437,50
Moda	11,94	9,62	291,00	305
Desviación estándar	0,33	1,42	104,34	121,17
Varianza	0,11	2,01	10 886,9	14 683,3
Asimetría	-2,00	-1,04	1,68	0,36
Curtosis	4,00	-0,32	3,02	1,37
Coefficiente Var(%)	2,82	16,59	27,99	27,23
Rango	0,66	2,99	234,00	295
Mínimo	11,28	6,63	291,00	305
Máximo	11,94	9,62	525,00	600

Fuente: Elaboración propia a partir del Software SPSS [32].

3.3. Eco conducción

Con eco conducción, se presentan los datos estadísticos plasmados en la tabla 7, esto para las dos condiciones de tráfico estudiadas.

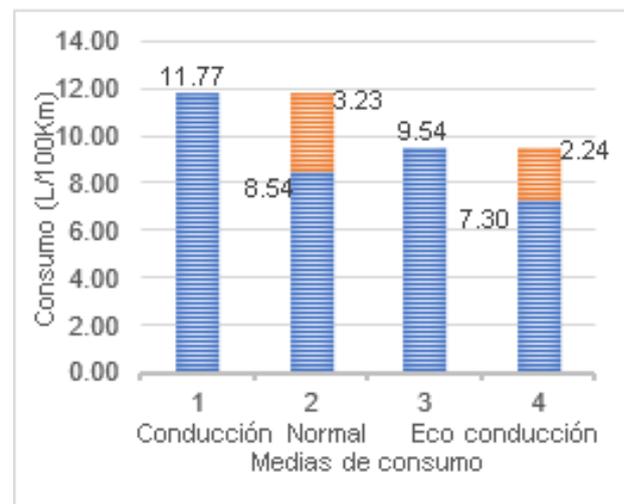
Tabla 7: Resultados estadísticos Eco conducción

Parámetro Estadístico	ECO CONDUCCIÓN		T.Recomendado	
	Consumo (L/100Km)		(Segundos)	
	Tráfico		tráfico	
	Alto	Med.	Alto	Med.
Media	9,53	7,29	728,75	805,00
Mediana	9,45	7,29	727,50	801,50
Moda	9,28	7,29	720	784
Desviación estándar	0,31	0,27	8,54	20,61
Varianza	0,10	0,07	72,92	424,67
Asimetría	0,85	0,00	0,75	0,94
Curtosis	-1,28	1,50	0,34	1,50
Coefficiente de Var(%)	3,33	3,71	1,17	2,56
Rango	0,66	0,66	20	49
Mínimo	9,28	6,96	720	784
Máximo	9,95	7,62	740	833

Fuente: Elaboración propia a partir del Software SPSS [32].

3.4. Análisis de Datos

Los resultados obtenidos por las pruebas efectuadas muestran valores significativos. En el caso de la conducción normal, en un nivel alto de tráfico, se evidencia un consumo promedio de 11 774 L/100Km, siendo este, el valor más elevado de consumo de combustible, en comparación a todas las medias estadísticas, esto lo evidencia la figura 7. En un tráfico bajo, se observa un ahorro de combustible de 3,23 L/100Km, mientras que con una eco conducción, el ahorro energético, comparado en relación al tráfico, resultó ser un poco menor, esto es 2,24 L/100Km, siendo este aun, un ahorro considerable.



Nota. Las barras 1 y 2, representan el tráfico alto y moderado respectivamente, en conducción normal, mientras que las barras 3 y 4 representan la misma comparación para el consumo con eco conducción

Figura 7: Comparación de medias de Consumo

El consumo más elevado de combustible es de 11,94 L/100Km para una conducción normal con tráfico, de 9 618 L/100Km para una conducción normal con tráfico bajo, 9,95 L/100Km en el caso de la eco conducción con tráfico alto y 7 628 L/100Km con eco conducción y un tráfico bajo. Para todas las variables de consumo de combustible, se encuentra un coeficiente de variación menor al 20%, que asimila una distribución menos dispersa en sus datos, aunque, poseen inclinaciones a la izquierda o derecha, acumulando datos en dicha zona, esto al tener una curtosis entre más y menos 4.

En la figura 8 se evidencia el régimen del motor en la conducción de una de las pruebas, dicha figura denota 10 minutos de conducción eficiente o eco conducción, donde se puede apreciar la media estadística de los datos, de color verde, de aproximadamente 2 100 RPM, tiende a acercarse o internarse al rango de conducción recomendada en las pruebas.

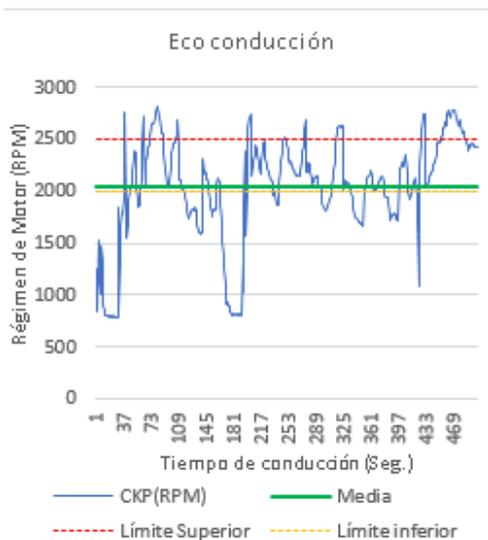


Figura 8: Régimen de Motor con Eco conducción

Por otro lado, en la figura 9 se puede identificar el comportamiento de conducción normal en una de las pruebas, donde se tienen cambios de marcha a altas revoluciones y una conducción por fuera del rango recomendado, de igual forma, la figura recoge los datos de 10 minutos de manejo, en conducción normal y su media estadística es de aproximadamente 1 600 RPM, un valor alejado de los límites de manejo

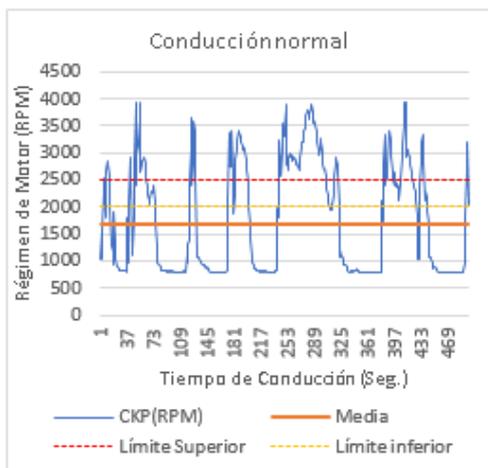


Figura 9: Régimen de Motor con Conducción Normal

En el caso de la variable tiempo recomendado, representativa de la cantidad de tiempo en régimen correcto de manejo, como era de esperarse, obtuvo valores mayores, con una eco conducción sin tráfico, la media estadística de este fue de 805 segundos. Por otro lado, el tiempo recomendado mínimo, fue de 291 segundos, en una conducción normal con tráfico. El análisis estadístico, muestra unas medidas dispersas, en el caso de la conducción normal, en la variable tiempo recomendado, con una desviación de 104,34 s con tráfico y 121,27 s sin tráfico. Además, se

calcula un coeficiente de variación de 27,99 %, el cual evidencia la alta dispersión. Esto se considera como dato esperado, debido a que una conducción normal, no pretende mantener al vehículo en condiciones de mínimo consumo de combustible.

En el análisis de dispersión de las medidas, se observan resultados favorables al utilizar eco conducción, debido a la baja dispersión en que se encuentra, en comparación a la conducción normal, con una desviación estándar de 8,54 s y 29,61 s, con un tráfico alto y bajo respectivamente. El coeficiente de variación es de 1,17% y 2,56%, con y sin tráfico respectivamente, mostrando una dispersión reducida.

4. Conclusiones

Para la ruta planteada, en una conducción normal y condición de tráfico media, existe un ahorro promedio de 3,23 L/100Km, es decir una reducción de consumo de combustible del 27,44%. Al precio actual del combustible extra, \$2,40 por galón, representa un ahorro de 2,04\$/100Km.

Por otro lado, en relación al análisis en tráfico alto, se puede evidenciar un ahorro promedio de 2,23L/100 Km, al conducir con estrategias de eco conducción, siendo este un valor de mayor relevancia, puesto que no siempre el usuario puede elegir el conducir sin tráfico. Representa un ahorro de 18,94 % de consumo de combustible y 1,41\$ /100Km.

Es importante resaltar el mayor momento de ahorro de combustible, el cual está presente en una eco conducción con tráfico bajo. Se observa un ahorro promedio de 4,47 L/100Km, siendo este el mayor ahorro generado, con un representativo 35,39 % de ahorro de combustible. El impacto económico también es considerable, con un ahorro de 2,83\$/100Km.

Cabe recalcar que por la variabilidad de condiciones que pueden presentarse en la ruta elegida para la investigación, se pueden intervenir en varios factores para un mayor ahorro energético, se ha analizado en la presente investigación dos principales, como el tráfico y estilo de conducción, pero también se pueden citar entre ellas, el estado del vehículo, es decir sus mantenimientos periódicos, el clima, utilización de accesorios, aire acondicionado, entre los principales.

La adquisición de datos para la medición de la eco conducción resultó satisfactoria en su uso, debido a que este permite que se pueda levantar una base de datos en base a rutas seleccionadas y principales, que categoricen el tiempo en régimen correcto de manejo según el horario de tránsito en la ruta, pudiendo de esta forma medir el desempeño de un conductor en carreteras específicas y buscar continuamente el menor consumo de combustible.

Un ahorro de combustible por estilo de manejo,

generalmente entregará datos poco dispersos del conductor evaluado, por este motivo se recomienda en futuras investigaciones el levantamiento de datos en función de las rutas principales y la inserción de la telemática para el control de los parámetros de conducción.

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses; la elaboración de este artículo no cuenta con fuentes de financiamiento externas

5. Referencias

1. ESPAÑA, Sara. Ecuador decreta el estado de excepción ante las protestas por el alza del precio del combustible. *El País* [En línea]. 03 octubre 2019 [consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: https://elpais.com/internacional/2019/10/03/america/1570125319_107758.html.
2. Precios de la gasolina extra y eco a \$ 2,40 y del diésel a \$ 1,75 ya están en vigencia en Ecuador. *El Universo* [En línea]. 1 Julio 2022 [consulta: 3 Octubre 2022]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/precios-de-la-gasolina-extra-y-eco-a-240-y-del-diesel-a-175-ya-estan-en-vigencia-en-ecuador-nota/>.
3. OROZCO, Mónica. Precio del galón de gasolina Súper sube a USD 4,66 en abril, según distribuidoras. *Primicias* [En línea]. 11 abril 2022 [consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/sube-precio-gasolina-super-abril-ecuador/>.
4. ORLANDO, Silva. Unos 30 minutos toma salir de sitios congestionados en Quito. *El Comercio* [En línea]. 30 marzo 2022 [consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/minutos-demora-congestion-avenidas-quito-transito.html>.
5. . Pico y placa en Quito: Restricciones para este 30 de septiembre. *El Comercio* [En línea]. 30 septiembre 2022 [consulta: 3 Octubre 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/pico-placa-quito-restricciones-30-septiembre.html>.
6. . Los viejos túneles de Quito, lugares no aptos para la claustrofobia. *Primicias* [En línea]. 16 diciembre 2021 [consultado: 3 Octubre 2022]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/el-chat/tuneles-quito-salida-embotellamientos-claustrofobia-transito/>.
7. MONTENEGRO, Ana y CUASCOTA, Jorge. *Estudio de tráfico y planteamiento de una alternativa de solución en las intersecciones Av. Universitaria 18 de Septiembre y 18 de Septiembre Av. América, en la Ciudad de Quito* [En línea]. Jaya, Salomón (tutor) [Tesis de Ingeniería]. Universidad Central del Ecuador, Ecuador, 2015 [consulta: 3 Octubre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4480>.
8. OÑA, Luis; RODRÍGUEZ, Geovanna y VENEGAS, Tania. *Estudio de tráfico y de accesibilidad en las intersecciones América - La Gasca y La Gasca - Gaspar de Carvajal, de la Ciudad de Quito* [En línea]. Herrera, Vicente (tutor) [Tesis de ingeniería]. Universidad Central del Ecuador, Ecuador, 2012 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/283>.
9. PILLAJO, Henry. *Estudio de tráfico y propuesta para ampliar la estación de transferencia "La Ofelia", ubicada en la ciudad de Quito, Pichincha* [En línea]. Herrera, Rodrigo (Tutor) [Tesis de ingeniería]. Universidad Central del Ecuador, Ecuador, 2014 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22347>.
10. TOURÉ, Hamadoun (2011). Vehículos eléctricos en las ciudades. *Unión Internacional de Telecomunicaciones* [En línea]. 9(1), 56-60. ISSN: 1020-4164. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7245464>.
11. REYES, Guillermo; GUANUCHE, Denny; PULLES, Sammyr

- y AGUIRRE, Matías (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. *Revista científica Dominio de las Ciencias* [En línea]. 7(5), 937-958. ISSN: 2477-8818. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: https://redib.org/Record/oai_articulo3421004-estudio-de-la-percepci%C3%B3n-de-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-la-ciudad-de-quito.
12. RUIZ, Mery; LÓPEZ, Héctor; MANZANO, María y LÓPEZ, Santiago (2015). Inserción de vehículos eléctricos en las cooperativas de taxis de la ciudad de Ambato-Ecuador. *Revista Eniac Pesquisa* [En línea]. 4(2), 112-127. ISSN: 2316-2341. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: Crossref.
 13. BRAVO, Diego. *Metodología de estimación de consumo de combustible y mapa de motor* [En línea]. Torres, Diego (Tutor) [Tesis de Ingeniería]. Universidad del Azuay, Ecuador, 2021 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10887>.
 14. NUNIGE, Olivier. *Evaluación y comparación de métodos de medición consumo de combustible para laboratorio y ruta en un vehículo liviano* [En línea]. Castillo, Juan (Tutor) [Tesis de Ingeniería]. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2018 [consulta: 5 abril 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11059/9465>.
 15. MACÍAS, Bryan. *Diseño de un datalogger para prueba de ruta en automóviles* [En línea]. Moreno, Gustavo (Tutor) [Tesis de Ingeniería]. Universidad Internacional SEK, Ecuador, 2021 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4246>.
 16. MAGAÑA, Victor. *Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor* [En línea]. Muñoz, Mario (Tutor) [Tesis de doctorado]. Universidad Carlos III de Madrid, España, 2014 [consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10016/19981>.
 17. GUARDIOLA, Carlos; DOLZ, Vicente; PLA, Benjamín y (2016), REIG Alberto. Análisis del funcionamiento del motor y de la eficiencia de conducción mediante el uso de sistemas GPS y OBD. *Modelling in Science Education And Learning* [En línea]. 9(1), 139-150. ISSN: 1988-3145 [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: Crossref.
 18. RIONDA, Abel; MARTÍNEZ, David; GARCIA, Xicu; JIMÉNEZ, Emilio y FERNÁNDEZ, Linera (2013). Tutoring System for the Efficient Driving of Combustion Vehicles. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje* [En línea]. 8(2), 82-89. ISSN: 1932-8540. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: Crossref.
 19. CASTILLO, Juan; RESTREPO, Álvaro; TIBAQUIRÁ, Juan y QUIRAMA, Luis (2019). Estrategias de eficiencia energética en vehículos livianos del transporte por carretera en Colombia. *Revista UIS Ingenierías* [En línea]. 18(3), 129-140. ISSN: 2145 – 8456. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: Crossref.
 20. LEMA, Henry; AVILÉS, Diana; CHAMBA, Edwin y CÁRDENAS, Rodrigo (2020). Pérdidas de energía por conducción en automóviles livianos a gasolina en busca de una conducción económico-ecológica eficiente. *Revista científica Dominio de las Ciencias* [En línea]. 6(4), 891-925. ISSN: 2477-8818. [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: https://redib.org/Record/oai_articulo2929858-p%C3%A9rdidas-de-energ%C3%ADa-por-conducci%C3%B3n-en-autom%C3%B3viles-livianos-a-gasolina-en-busca-de-una-conducci%C3%B3n-econ%C3%B3mico-ecol%C3%B3gica-eficiente.
 21. LEGUISAMO, Julio; LLANES, Edilberto; CELI, Santiago y ROCHA, Juan (2020). Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado, a 2810 msnm. *Información Tecnológica* [En línea]. 31(1), 227-236. ISSN: 0718-0764.

- [consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: Crossref.
22. REMACHE, Álvaro; LEGUISAMO, Julio; ANTAMBA, Jaime y AZANZA, Vladimir (2021). Conducción ecológica: evaluación de los parámetros operacionales del Motor de Encendido Provocado (MEP) en una ruta mixta de la ciudad de Quito. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE* [En línea]. 8(1), 18-24. ISSN: 1390-7697. [consulta: 30 enero 2022]. Disponible en: Crossref.
 23. ROA, Ana. *Propuesta de conducción ecológica para la Empresa de Transporte Integrado de Bogotá S.A.S. sede Sevillana de la localidad de Tunjuelito* [En línea]. Alfonso, Freddy (Tutor) [Tesis de Ingeniería]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 2016. [consulta: 21 enero 2022]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3415>.
 24. BOLÍVAR, Jasón y RUIZ, Viviana. *Propuesta de conducción ecológica para la Empresa de Transporte Integrado de Bogotá S.A.S. sede Sevillana de la localidad de Tunjuelito* [En línea]. Castiblanco, July (Tutor) [Tesis de especialización]. Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Colombia, 2016. [consulta: 25 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/397>.
 25. CONDO, Carlos y MANZANO, Marco. *Análisis de resultados de la medición de emisiones contaminantes y consumo de combustible del vehículo Chevrolet Optra mediante la implementación de una válvula Marclais aplicado en la ciudad de Riobamba* [En línea]. Bravo, Víctor (Tutor) [Tesis de Ingeniería]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2021. [consultado: 6 febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16024>.
 26. *Boletín Sector Automotor en Cifras, Sector Automotor en cifras - Diciembre 2021* [En línea]. AEADE, 2021 [consultado: 28 enero 2022]. Disponible en: www.aeade.net/boletin-sector-automotor-en-cifras/.
 27. JIMÉNEZ, Manuel; GUERRERO, Diego; RUIZ, Leandro; WESIERSKI, Pawel; SZCZOMBROWSKI, Adam y MOLINA, Jose. Desarrollo de un datalogger de bajo coste con arduino. *En: AEIPRO* [En línea]. 28 diciembre 2020 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/1103>.
 28. GASTÉLUM, Abraham. Datalogger, memoria SD y RTC con Arduino – Riego automático. *En: Automatización para todos* [En línea]. 28 diciembre 2020 [consulta: 3 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.automatizacionparatodos.com/datalogger-memoria-sd-y-rtc-con-arduino-riego-automatico/>.
 29. *Ruta Instituto Superior Tecnológico Mayor Pedro Traversari al Parque Inglés* [en línea]. Google maps, 2022 [consultado: 15 marzo 2022]. Disponible en : <https://www.google.com.ec/maps/dir/istpet/Parque+Ingl%C3%A9s,+VG82%2BX82,+Dr.+Jos%C3%A9+Fern%C3%A1ndez+Salvador,+Quito+170103/@-0.2127075,-78.5659964,12z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x91d5992d39598159:0x811c943430fab4fc!2m2!1d-78.5556291!2d-0.2822928!1m5!1m..>
 30. GALLEGO, Jose Luis. *En: El Confidencial* [En línea]. 14 marzo 2022 [3 octubre 2022]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/medioambiente/soy-eco/2022-03-14/conduccion-ecologica-mas-oportuna-que-nunca_3390043/.
 31. LÓPEZ, Miguel; MAURAT, William y GALARZA, Cristian. *Evaluación del consumo específico de combustible y emisiones de gases de escape, con el uso del combustible Eco-país en un motor de combustión interna alternativo* [En línea]. López, Andrés (Tutor). Universidad del Azuay, Ecuador, 2017. [consultado: 12 marzo 2022]. Disponible en: <http://>

// dspace . uazuay . edu . ec / handle /
datos/7331.

2022]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/spss>.

32. *IBM. IBM SPSS Statistics versión 25* [prog.]. 2017 [consulta: 15 septiembre



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y estén debidamente citados bajo la misma licencia.