







INCIDENCIA DEL AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ EN EL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULO DE ENCENDIDO PROVOCADO EN UNA RUTA DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA

INCIDENCE OF AUTOMOTIVE AIR CONDITIONING ON THE INDEX OF FUEL CONSUMPTION IN SPARK IGNITION VEHICLE ON A ROUTE IN THE ECUADORIAN AMAZON

Edilberto Antonio Llanes-Cedeño^{1,*} , Shayan Fredy Grefa Shiguango¹ , Jaime Vinicio Molina-Osejos¹ , Juan Carlos Rocha-Hoyos² 

Recibido: 24-01-2023, Recibido tras revisión: 07-12-2023, Aceptado: 11-12-2023, Publicado: 01-01-2024

Resumen

En los últimos años, el ambiente se ha visto afectado a causa de la contaminación producida por los vehículos. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar la incidencia del aire acondicionado (A/C) en el índice de consumo de combustible vehicular en el cantón Shushufindi, por medio de pruebas reales de tráfico, modo de conducción eficiente y empleo de gasolina extra y súper, para la selección de la mejor alternativa. El estudio se realizó en una ruta de mayor flujo de vehículos, especialmente en la hora normal (9 a. m.) y pico (5 p. m.) que comprende 16.17 km, para ello se utilizó el combustible Extra (85 octanos) y Súper (92 octanos). La toma de datos se ejecutó mediante un sistema OBD2 ELM 327. Los resultados obtenidos en la caracterización del ciclo mixto representativo de 9 a. m. se obtuvo una velocidad máxima de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en un tiempo de recorrido de 1446 s; mientras que el ciclo mixto de 5 p. m. la velocidad máxima es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h con un tiempo de recorrido de 1632 s. El menor índice de consumo de combustible se evidenció en el horario normal, sin A/C y combustible extra (T3) siendo sus valores entre 0.0584 - 0.060 (L/km), y en el horario normal, sin A/C y combustible súper (T7) que se encuentran entre 0.0561-0.0585 (L/km).

Palabras clave: índice de consumo de combustible, aire acondicionado, conducción eficiente, combustible, horario, ciclo de conducción

Abstract

In recent years the environment has been affected by pollution produced by vehicles. The objective of this research project was to determine the incidence of air conditioning (A/C) in the vehicular fuel consumption index in the Shushufindi canton, through real traffic tests, Efficient driving mode and the use of Extra and Super gasoline, for the selection of the best alternative. The study was carried out on a route with a greater flow of vehicles, especially during normal (9:00 am) and peak (5:00 pm) hours, which comprises 16.17 km; for which used gasoline Extra (85 octane) and Super (92 octane). Data collection was carried out using an OBD2 ELM 327 system. The results obtained in the characterization of the representative mixed cycle at 9:00 am, a maximum speed of 81 km/h and an average speed of 39 km/h were obtained in a time of 1446 s route; while the mixed cycle at 5:00 pm the maximum speed is 70 km/h and an average speed of 37 km/h with a travel time of 1632 s. The lowest fuel consumption index was evidenced in normal hours, without A/C and Extra fuel (T3) with values between 0.0584 - 0.060 (L/km), and in normal hours, without A/C and super fuel (T7) that are between 0.0561-0.0585 (L/km).

Keywords: fuel consumption index, air conditioning, efficient driving, fuel, schedule, driving cycle

^{1,*}Grupo de Investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria y el Transporte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional SEK, Quito-Ecuador.

Autor para correspondencia ✉: antonio.llanes@uisek.edu.ec.

²Grupo de Investigación INVELECTRO, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Forma sugerida de citación: Llanes-Cedeño, E.A.; Grefa Shiguango, S.F.; Molina-Osejos, J.V. y Rocha-Hoyos, J.C. "Incidencia del aire acondicionado automotriz en el índice de consumo de combustible en vehículo de encendido provocado en una ruta de la Amazonía ecuatoriana," *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, N.º 31, pp. 115-126, 2024. DOI: <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.10>.

1. Introducción

Según AEADE [1] en el Ecuador se registra una venta de 132 000 vehículos anuales, lo que representa una alta tasa de ventas en el mercado, que varía de acuerdo con la situación económica del país. No obstante, la cantidad de vehículos afecta directamente a la contaminación ambiental, por esta razón el Ecuador ha tomado la normativa Euro 3 con el fin de regular la contaminación. Sin embargo, debido a la mala calidad del combustible, el índice de contaminación de los automotores ha afectado directamente al ambiente.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales mundiales más severos en la actualidad. La emisión de gases está relacionada con los hidrocarburos del tipo de combustible que se utiliza en los vehículos. Las emisiones vehiculares están reflejadas por la combustión de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO_2), lo que representa un impacto a la salud pública del país [2]. El cambio climático es evidente desde hace muchos años y cada vez provoca mayor preocupación, de tal manera que las emisiones de gases de efecto invernadero producidas han generado mayor vulnerabilidad en las regiones naturales del Ecuador [3].

Según Guzmán et al., [4] y Llanes et al., [2] afirman que la gasolina súper produce bajas emisiones y el consumo de combustible relativamente menor en comparación con el extra. Mientras que el combustible Ecopaís se introdujo específicamente en la ciudad de Guayaquil en el año 2010 como principal opción para los consumidores debido a su precio económico comparado con el resto de combustibles [5]. El octanaje propuesto en un principio fue de 80, pero últimamente se ha llegado a regular entre 85 y 87 octanos. A diferencia de la gasolina extra, esta tiene un 5 % de etanol, proveniente del maíz y la caña de azúcar.

Actualmente, existe un gran interés en los ciclos de conducción que está representada por patrones de conducción y que se está usando para conocer el consumo de energía, consumo de combustible y las emisiones de gases de escape en el automotor [6]. Según Tong & Hung [7], el ciclo de conducción es una serie temporal de velocidades que describe el patrón de conducción; por consiguiente, es importante el patrón de conducción en un ciclo de conducción.

El ciclo FTP (*Federal Test Procedure*) se realizó en la ciudad de Los Ángeles-California a mediados del año 1960, mediante un recorrido normal de conducción. Los parámetros establecidos fueron velocidad del vehículo, régimen del motor y la presión del múltiple de admisión. El vehículo utilizado fue un Chevrolet 1964, el recorrido fue de 12 millas. En el año 2002 Ecuador adoptó el ciclo de prueba FTP 75 a la norma NTE INEN 2204, introducido para vehículos livianos y medianos que utilizan gasolina [8].

El ciclo de conducción NEDC (*New European Driving Cycle*) es utilizado para homologar vehículos que básicamente cumplen la normativa Euro 6 en Europa y otros países. Generalmente, se conoce como ECE para la parte urbana, esto se repite 4 veces y la parte extraurbana llamada EUDC. Según Romain [9], las características principales del ciclo son las siguientes: distancia: 11.023 m, duración: 1180 s y una velocidad media: 33.6 km/h.

En los últimos años, el ciclo europeo ha sido criticado por no representar condiciones reales de conducción. De tal modo que las aceleraciones son muy suaves, cruceros de velocidad constante y eventos inactivos. Esto impide obtener un certificado cuando se trabaja con el vehículo en condiciones reales [9].

Wang et al. [10] mencionan que se utilizaron instrumentos especialmente diseñados para almacenar la velocidad y el tiempo de recorrido, para ello utilizaron un GPS, sensor de velocidad con el propósito de controlar la calidad de datos. Mientras Morey, Limanond, & Niemeier [11] señalan que, si los datos de conducción en las horas pico se muestran con más frecuencia que en las horas no pico, los datos no podrían ser representativos de las condiciones reales de conducción, por ello menciona la importancia de las pruebas de rutas en horas pico, puesto que son datos válidos de acuerdo con la situación de la ciudad o sector de estudio.

El análisis propuesto por Joumard et al. [12] de los patrones de conducción contrastados sobre la velocidad, aceleración y tasas de frenado van desde la conducción urbana muy congestionada hasta la condición de autopista (carretera). Tales resultados obtenidos en la investigación varían entre 10-20% referente a emisiones contaminantes en sectores urbanos, mientras que las emisiones rurales se disminuyen ligeramente. Según Urbina et al. [13] el ciclo On-Board permite realizar pruebas en ruta en condiciones reales de tráfico, midiendo concentraciones de emisiones, consumo de combustible y distancia recorrida. Para ello, utilizaron un ciclo mixto en ciudad y carretera donde se presentaron resultados de factores de emisión de CO menores en comparación al ciclo IM240. De acuerdo con Jiménez, Román & López [14], a nivel mundial existen parámetros que inciden en la dinámica de conducción: velocidad máxima (km/h), velocidad media (km/h), aceleración media (m/s^2), desaceleración media (m/s^2), duración (s), entre otros. La selección de los patrones de conducción va a depender del vehículo, terreno, datos de tráfico y más, por ello es indispensable definir rutas que muestran patrones típicos de conducción con el fin de recopilar datos relevantes para el estudio en el vehículo.

Ternz & Ternz [15] y Huang et al. [16] mencionan la siguiente lista de técnicas asociadas para una conducción ecológica: (1) Aceleración moderada con cambios entre 2000-2500 revoluciones para transmisiones manuales. (2) Anticipar el flujo de tráfico y las señales,

evitando de esta forma arranques y paradas constantes. (3) Mantener una velocidad constante. (4) Evitar altas velocidades. (5) Mantenimiento del vehículo de acuerdo con el manual del fabricante. (6) En paradas prolongadas lo recomendable es apagar el motor. (7) Mantener la presión óptima de los neumáticos y el cambio regular del filtro de aire.

De acuerdo con Barkenbus [17] sugiere que la conducción ecológica logra reducir el consumo de combustible en un 10 %, en promedio y con el tiempo, reduciendo así las emisiones de CO_2 derivadas de la conducción en un porcentaje equivalente. Por su parte, Mensing et al. [18] descubrieron que, debido al mayor tiempo empleado en el funcionamiento del motor con alta aceleración, se incrementan las emisiones y el consumo de combustible.

El sistema de aire acondicionado (A/C) de los automóviles ha desempeñado un papel importante en la comodidad de las personas y hasta cierto punto en la seguridad humana cuando se conduce en condiciones meteorológicas adversas [19]. Sin embargo, esto a su vez representa una pérdida de energía, consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes [20].

Según Acosta & Tello [21], en el estudio realizado en la Sierra y Costa, el confort térmico en la cabina se sitúa entre 22 y 27 °C, con una humedad relativa entre 45 % y 65 %, mientras que Pérez & Córdova [21] mencionan que para la región Costa la temperatura confortable está entre 20 a 24 °C esto debido al clima que soporta las ciudades a nivel del mar.

El impacto más importante en el consumo de combustible es cuando el A/C está en funcionamiento. Tamura, Yakumar, & Nishiwaki [22] informaron que el consumo adicional del combustible es debido al desempeño del aire acondicionado que fue del 2.5 % al 7.5 % tomando en cuenta las condiciones climáticas, tipo de motor y el perfil del usuario.

De modo que el uso del aire acondicionado incide en los factores de emisión y en el índice de consumo de combustible en condiciones de conducción en las zonas de la Amazonía. Sin embargo, no se dispone de información en cuestiones de ciclo de conducción. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo general determinar la incidencia del aire acondicionado en el índice de consumo de combustible vehicular en el cantón Shushufindi, por medio de pruebas reales de tráfico, modo de conducción *Ecodriving* y empleo de gasolinas extra y súper, para la selección de la mejor alternativa.

2. Materiales y métodos

El estudio tiene un enfoque cuantitativo: se caracterizó una ruta con el fin de evaluar el índice de consumo de combustible, se realizó una serie de cálculos experimentales y operaciones estadísticas en la Amazonía

ecuatoriana. La investigación fue exploratoria y de campo, puesto que se revisaron diferentes tipos de estudios y se efectuó el ciclo de conducción *on-board* en una ruta real que comprende lo urbano y rural (carretera).

2.1. Área de estudio

Se seleccionó el cantón Shushufindi, provincia de Sucumbios-Ecuador (Región Amazónica) como se puede ver en la Figura 1 (en el punto rojo). Esta se halla a una altitud de 240 m s. n. m. Sus límites geográficos son al norte con el cantón Lago Agrio y Cuyabeno, al sur y oeste con la provincia de Orellana y al este con el cantón Cuyabeno. Su temperatura ambiente varía entre 26 y 30 °C.

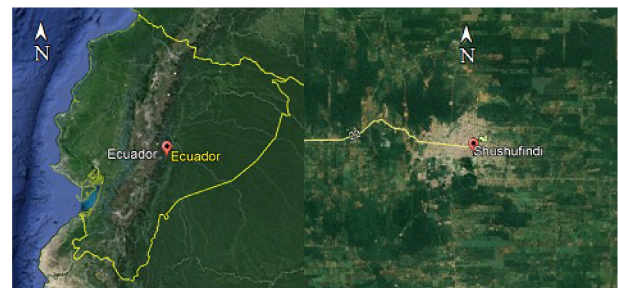


Figura 1. Mapa del área de estudio. Cantón Shushufindi (Google Maps [23])

2.2. Caracterización de ruta

Para la selección de la ruta se tomaron diferentes criterios: vías con mayor circulación, vía lenta de aceleración, vía de libre aceleración y tipo de carretera [12].

La obtención de los datos de altitud y coordenadas de estudio se realizó mediante un GPSMAP 62s. La recopilación de información se ejecuta de forma directa con el vehículo. Los datos almacenados son filtrados en el software Excel con el fin de realizar el análisis estadístico para la obtención del ciclo de conducción. En la Figura 2 se muestran los puntos obtenidos mediante Google Earth que comprende una ruta urbana y rural (carretera).

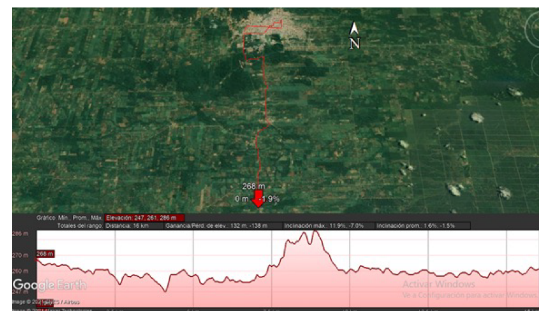


Figura 2. Ruta establecida urbana-rural. Cantón Shushufindi

El presente estudio tiene una ruta de 16.17 km que comprende la zona urbana por calles y avenidas de mayor circulación: Av. Perimetral, Av. Policía Nacional, Av. Unidad Nacional, Av. Aguarico 3, Av. 11 de Julio, Av. Napo, Calle Siona, Calle Oriental, Av. Naciones Unidas; mientras que la parte rural comprende Vía Shushufindi-Limoncocha y Av. San Mateo.

De acuerdo con Safety Enforcement Seguridad Vial S. A. [24] el límite de velocidad para vehículos livianos para zona urbana es 50 km/h, máximo 60 km/h, para rectas en carretera de 100 a 135 km/h, para curvas de una carretera 60 km/h, máximo 75 km/h. Para la obtención de la velocidad, aceleración y tiempo se utilizó el dispositivo ELM 327 (OBD2).

Basándose en lo propuesto por Tong & Hung [7] y Quinchimbla & Solís [25] para el presente estudio se deduce los siguientes parámetros: distancia recorrida (km), velocidad máxima (km/h), velocidad promedio (km/h), tiempo recorrido (s), aceleración promedio positiva (m/s^2), tiempo con aceleración positiva (s) y, por último, el número de paradas.

El ciclo de conducción se determinó mediante ponderaciones. En el estudio de Gómez [26] se desarrolló el ciclo de conducción para el área metropolitana centro-occidente en Colombia y se determinó por medio de parámetros ponderados. Valdez [27] desarrolló ciclos de conducción vehicular en el municipio de Naucalpan, en la Ciudad de México, así como también en Estados Unidos, entre otros. Lo cual está representado por el resultado de una muestra de curvas experimentales que se realiza al comparar las variables de mayor influencia de cada experimento. Las variables se les conoce por la importancia a cada uno de los parámetros. El peso de ponderación está fijado de la escala de 0 a 1; el valor de cada parámetro está compuesto por múltiplos de 0.25 [27, 28]. En la Tabla 1 se presentan los pesos de ponderación para cada uno de los parámetros previamente establecidos.

Tabla 1. Indicaciones del modelo

PARÁMETROS	PESO DE LA PONDERACIÓN W_i
Distancia recorrida (km)	1
Velocidad máxima (km/h)	0.25
Velocidad media (km/h)	1
Tiempo total recorrido (s)	1
Aceleración promedio positiva (m/s^2)	1
Tiempo con aceleración positiva (s)	1
Número de paradas	0.25
Total	5.5

Por medio de la ecuación (1) se considera el valor menor Y , y esta representa una menor desviación con respecto a la media. Donde Y es el promedio ponderado, W_i es el coeficiente de ponderación por cada promedio, $P_{i,j}$ es el valor del parámetro, \bar{P} es el promedio del parámetro y $\frac{|P_{i,j}-\bar{P}|}{\bar{P}}$ es la desviación respecto a la media en términos adimensionales.

$$Y = \frac{W_i * \frac{|P_{i,j}-\bar{P}|}{\bar{P}}}{\text{Total de ponderaciones}} \quad (1)$$

2.3. Vehículo de prueba. Combustibles

Para el presente estudio se seleccionó el vehículo BEAT PREMIER AC 1.2 4P 4X2 TM como se muestra en la Figura 3. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, es uno de los vehículos más vendidos en el año 2019, con más de 4125 unidades y una comercialización presente hasta el año 2021. El vehículo se caracteriza por la comodidad, seguridad, estilo y tecnología; además, exhibe su relativo bajo consumo de combustible y repuestos [29]. En la Amazonia, es uno de los vehículos más demandados por su bajo costo y adquisición.



Figura 3. Chevrolet BEAT

En la prueba seleccionada, el vehículo fue sometido a un mantenimiento preventivo, donde se realizó el ABC del motor (cambios de aceite, filtro de aire, filtro de combustible); además, se verificó el correcto funcionamiento del sistema de inyección electrónica y la revisión electrónica mediante un escáner. Asimismo, se verificó que la presión de los neumáticos corresponda a la especificada por el fabricante, para ello la presión es de 30 PSI de aire en cada neumático. Con ello se validó el correcto funcionamiento del vehículo para la respectiva prueba de estudio.

Con la ayuda del OBD2 ELM327, se determinó el consumo de combustible (extra y súper) en la ruta establecida. Según Cortez y Alejandro [30] el OBD2 es un dispositivo electrónico capaz de identificar automáticamente el protocolo de comunicación de la ECU y permite leer y borrar códigos. Para la recopilación de los datos se utilizó la aplicación “Car Scanner ELM OBD2” que permite al usuario leer y grabar los datos de las variables de funcionamiento del automóvil en tiempo real y transmite inalámbricamente la información de la ECU hacia el teléfono celular con tecnología bluetooth.

En la Tabla 2 se relacionan las principales características de los combustibles empleados.

Tabla 2. Indicaciones del modelo. Nota: Tomados del estudio realizado por Taipei-Defaz, et al. [31]

PARÁMETROS	SÚPER	EXTRA
Número de octanos (RON)	92	87
Contenido de azufre (%)	0.065	0.065
Contenido de gomas (mg/100 ml)	4	3
Contenido de aromáticos (% vol.)	35	30
Contenido de olefinas (% vol.)	18	18
Punto final de evaporación (°C)	220	220
Densidad (kg/m ³)	722	723
PCI (kJ/kg)	48345	45124

El aire acondicionado está constituido por las partes que se muestran en la Figura 4 [32], donde el refrigerante empleado en el sistema es el R-134a.

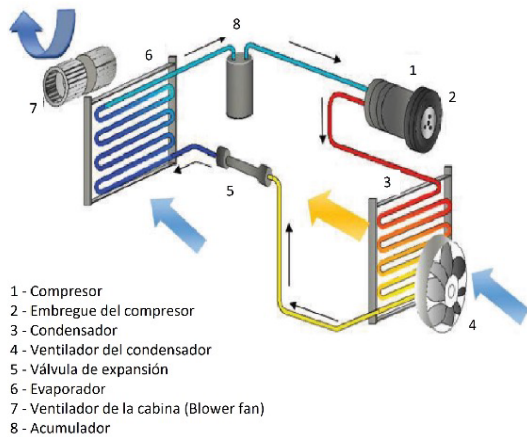


Figura 4. Componentes del aire acondicionado automotor

2.4. Protocolo de conducción eficiente

La conducción eficiente consiste en una serie de parámetros que el conductor debe aplicar al conducir el vehículo. Las instrucciones que debe seguir están en función de lo planteado por Ternz y Ternz [15] y Mensing et al. [18]: (1) los cambios de marchas deben hacerse entre 2000 y 2500 rpm, (2) aplicar la primera marcha solo para poner en movimiento el vehículo, (3) acelerar suavemente sin presionar el pedal para salir, (4) cambiar lo antes posible a segunda marcha, (5) aprovechar la gravedad e inercia del vehículo en cuesta abajo (no pisar a fondo el acelerador), (6) anticipar el tráfico y así evitar arranques y paradas constantes, (7) priorizar el frenado del vehículo con freno de motor, (8) al utilizar aire acondicionado en rutas todas las ventanas completamente cerradas, mientras que para la ruta sin A/C mantener las ventanas abajo, (9) no realizar frenados y aceleraciones bruscas, (10) mantener una velocidad constante (80 km/h-90 km/h máximo en zona perimetral, 45 km/h en zona urbana), (11) evitar altas velocidades en rutas de carretera y urbana, (12) intentar colocar siempre la mayor marcha posible y (13), por último, en las paradas prolongadas lo recomendable es apagar el motor.

2.5. Diseño experimental

En el software STATGRAPHICS Centurión XVI se creó el diseño factorial multinivel para la evaluación del índice de consumo de combustible, para ello se establece los factores de: combustible, aire acondicionado y horario, que están representados por dos niveles cada una, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Diseño de los factores y niveles a considerar

FACTORES	NIVELES	DESIGNACIÓN
Combustible	Extra	1
	Súper	2
Aire acondicionado	Sin A/C	1
	Con A/C	2
Horario	H. Normal	1
	H. Pico	2

En la Tabla 4 se muestran las variables de respuesta: Índice del consumo de combustible (L/km) del diseño experimental.

Tabla 4. Variables respuesta del diseño experimental

RESPUESTA	UNIDADES
Índice Consumo combustible	L/km

Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software Statgraphics Centurión XVI, haciéndose un ANOVA simple para los diferentes tratamientos (combinaciones) que se muestran en la Tabla 5, en la misma se utiliza el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 % de confianza. Se efectuaron tres repeticiones de cada tratamiento según lo señalado por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo, donde en la sección 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba” (se realizaron un total de 24 pruebas) [33].

Tabla 5. Tratamiento para el análisis de superficie de respuesta

FORMACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS			
N.º	Combustible	Aire acondicionado	Horario
T1	Extra (1)	Con A/C (2)	H. normal (1)
T2	Extra (1)	Con A/C (2)	H. pico (2)
T3	Extra (1)	Sin A/C (1)	H. normal (1)
T4	Extra (1)	Sin A/C (1)	H. pico (2)
T5	Súper (2)	Con A/C (2)	H. normal (1)
T6	Súper (2)	Con A/C (2)	H. pico (2)
T7	Súper (2)	Sin A/C (1)	H. normal (1)
T8	Súper (2)	Sin A/C (1)	H. pico (2)

2.6. Protocolo de pruebas

Se seleccionó un conductor para realizar 24 pruebas de ruta, al cual se le informó el patrón de conducción eficiente y la ruta a seguir según lo recomendado por Milla, Cedeño y Hoyos [34].

El recorrido propuesto comprende 16.17 kilómetros bajo las siguientes condiciones: (1) Existe dos condiciones iniciales para la prueba que se ejecuta en el horario normal (9 a. m.) y horario pico (5:00 p. m.). (2) Se ejecuta con dos tipos de combustible extra y súper, para el caso de la prueba con el combustible extra se debe llenar completamente el tanque de combustible del vehículo y de la misma manera al finalizar el recorrido, el mismo procedimiento debe aplicarse con el combustible súper. (3) Conectar el conector OBD2 al equipo de medición ELM 327 (ver Figura 5). (4) Encender la aplicación Car Scanner ELM OBD2 para registrar las informaciones del consumo de combustible, velocidad, aceleración y tiempo. (5) Iniciar la prueba cuando se haya comprobado la conexión adecuada de todos los equipos. (6) Seguir la ruta establecida hasta terminar el recorrido con el mismo conductor. (7) Al finalizar el recorrido se procede a guardar la información en un archivo y se exporta al software Excel para el respectivo análisis y tabulación de resultados. Se repiten los tratamientos de acuerdo con los niveles establecidos: horario normal, horario pico, con A/C, sin A/C, combustible extra y súper.

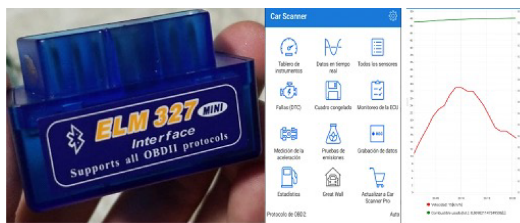


Figura 5. Módulo OBD2 ELM 327 Mini y aplicación Car Scanner

3. Resultados y discusión

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las pruebas realizadas en diferentes horarios (normal y pico) en una ruta establecida, como se especificaron en el método. Para encontrar los resultados estimados de la caracterización de la ruta se usó la fórmula del peso de ponderación en la cual se toma el valor que presenta menor variabilidad y el resultado más representativo de los datos recopilados.

3.1. Ciclo mixto. Horario normal (9 a. m.)

La primera ruta establecida fue en el horario normal, puesto que es de menor congestión vehicular. En este caso se realizaron tres recorridos de inicio a fin. Los valores se determinaron mediante una conducción normal con una ponderación de $Y = 0.0316$.

En la Figura 6 se aprecia que la velocidad máxima es de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en

un tiempo de recorrido de 1446 s (24.1 min) con un total de 4 paradas y una aceleración promedio positiva de 0.479 m/s^2 y un tiempo de aceleración positiva de 520 s. Además, se evidencia que existe una variabilidad en la velocidad que corresponde con la ruta rural y urbana. En el estudio realizado por Pérez y Quito [28] se registró una media ponderada de $Y = 0.097$ en un ciclo combinado realizado en la ciudad de Cuenca, apreciando una menor desviación en los resultados propuestos con un 31 % de menor variabilidad con respecto al estudio. En la Tabla 6 se presentan los valores correspondientes del ciclo de conducción.

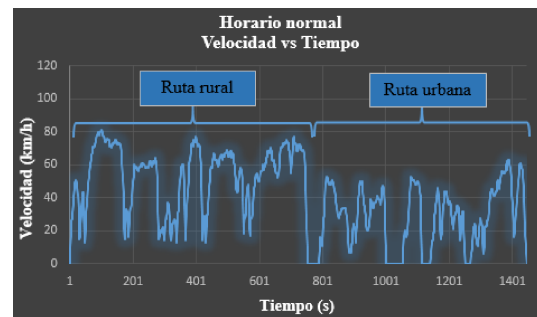


Figura 6. Gráfico representativo en horario normal

Tabla 6. Parámetros característicos correspondiente al horario normal (9 a. m.)

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Velocidad máxima	81	km/h
Velocidad media	39	km/h
Distancia recorrida	16.17	km
Tiempo total recorrido	1446	s
Aceleración promedio positiva	0.479	m/s^2
Tiempo con aceleración positiva	520	s
Número de paradas	4	-

3.2. Ciclo mixto. Horario pico (5 p. m.)

La Figura 7 presenta el horario pico, puesto que es un horario de mayor flujo de vehículo, especialmente por las empresas y fábricas que tienen sus bases por el recorrido. Se obtuvo la menor media ponderada de $Y = 0.0241$. Los valores se determinaron mediante una conducción normal.

En la Figura 7 se aprecia que la velocidad máxima es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h en un tiempo de recorrido de 1632 s (27.2 min) con un total de 5 paradas y una aceleración promedio positiva de 0.427 m/s^2 y un tiempo de aceleración positiva de 452 s. Además, se evidencia que existe una variabilidad en la velocidad que corresponde a la parte urbana, llegando hasta una velocidad de 48 km/h. Mientras que el ciclo propuesto por Quinchimbla y Solís [25] registra una media ponderada de $Y = 0.1168$ en una ruta combinada realizada en la ciudad de Quito, equivalente a un 9 % de variabilidad con el estudio planteado y la

velocidad máxima alcanzada fue de 72 km/h lo que representa una aceptada relación en comparación con el ciclo propuesto. En la Tabla 7 se muestran los parámetros correspondientes al horario pico representativo.

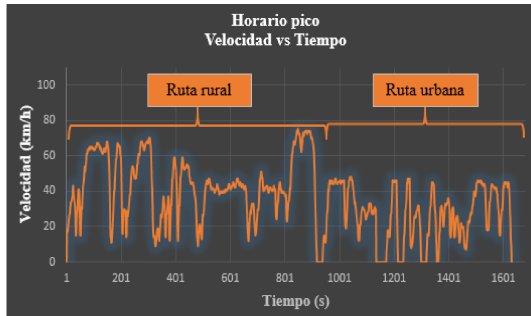


Figura 7. Gráfico representativo en horario pico

Tabla 7. Parámetros característicos correspondiente al horario pico (5 p. m.)

PARÁMETROS	VALOR	UNIDAD
Velocidad máxima	70	km/h
Velocidad media	37	km/h
Distancia recorrida	16.17	km
Tiempo total recorrido	1632	s
Aceleración promedio positiva	0.427	m/s ²
Tiempo con aceleración positiva	452	s
Número de paradas	5	-

3.3. Comparativo horario normal vs. horario pico

En la Figura 8 se muestra el ciclo representativo correspondiente al viaje de los horarios normal y pico con un valor media ponderada de $Y = 0.0316$ en el horario de 9 a. m. y $Y = 0.0241$ en el horario de 5 p. m.

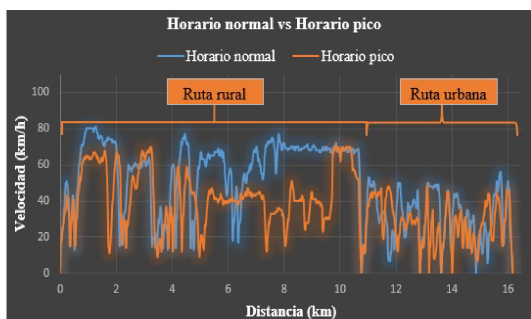


Figura 8. Gráfica comparativa de los ciclos mixtos representativos

Se aprecia que la velocidad máxima es de 81 km/h en horario normal y 70 km/h en horario pico. Además, existe una variabilidad con las velocidades en la parte urbana y rural, lo que se debe a la congestión vehicular dentro de los límites permitidos para cada sector, como, por ejemplo, se obtuvieron una velocidad media

para el horario normal de 39 km/h, mientras que en el horario pico fue de 34 km/h. Asimismo, se deduce que el tiempo de recorrido para el horario normal es de 1446 s, mientras que en el horario pico es de 1632 s. De tal modo que el lugar donde predomina la mayor congestión de vehículos es en la ruta urbana y consecuentemente predomina en el horario pico por la utilización de semáforos y paradas del vehículo. El trabajo coincide con el estudio realizado por Quinchimbla y Solís [25], donde compara la distancia de los ciclos combinados de diferentes estudios, logrando obtener una distancia promedio de 15973.75 m, puesto que el estudio propuesto comprende una distancia de 1600.17 m, validando que se encuentra dentro de los límites permitidos. Además, compara los parámetros de conducción del ciclo combinado con diferentes estudios y determina que el ciclo va a ser muy variante debido a las condiciones geográficas, densidad de tráfico, infraestructura vial que pueden depender en los parámetros de conducción obtenidos, por ello los valores obtenidos van a variar con respecto a los ciclos europeos o americanos, entre otros.

3.4. Índice de consumo de combustible

A partir de los protocolos de prueba mencionados en los métodos se obtiene el índice de consumo de combustible (IC). Para evaluar el IC se utilizó el software STATGRAPHICS Centurión XVI, donde se ingresó los valores del consumo de combustible de las pruebas realizadas en el vehículo.

En la Figura 9 se puede ver que los factores que inciden en el índice de consumo de combustible son el aire acondicionado (A/C), combustible, horario y la combinación combustible-horario, mientras que las combinaciones BC y AB no alteran en el consumo de combustible. De acuerdo con el análisis de varianza IC se indica que en el modelo ajustado se explica 98.8 % de la variabilidad en IC con un nivel de confianza de 95 %.

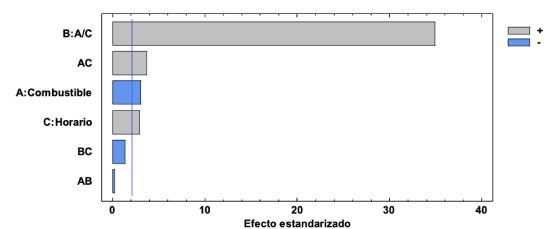


Figura 9. Diagrama de Pareto estandarizado para IC

La Figura 10 muestra los efectos principales para IC. Cuando se utiliza combustible extra (1) aumenta el IC. Por el contrario, cuando se utiliza el combustible súper (2) se mejora el IC. El uso del aire acondicionado (2) aumenta considerablemente el IC, mientras que el IC (1) sin aire acondicionado es relativamente menor. Asimismo, el horario pico (2) es un factor que altera

en el IC, sin embargo, en el horario normal disminuye el IC. De tal modo que el valor óptimo mínimo es de 0.057 (L/km) se obtiene con la combinación 2-1-1 (Súper-H. Normal-sin A/C).

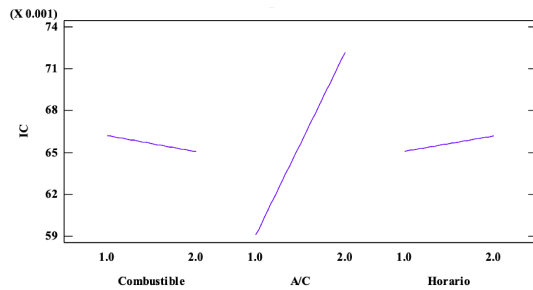


Figura 10. Gráfica de efectos principales para IC

En la Figura 11 se puede apreciar que el IC es menor cuando el A/C = 1 (sin A/C); no obstante, el factor horario no es incidente. El valor que incide para el combustible = 1 (extra) se obtiene cuando no se utiliza A/C con un valor óptimo de 0.06 L/km, sin que el horario sea un factor de gran incidencia; sin embargo, para el horario normal se obtienen valores menores aun cuando el horario por la tonalidad observada no es incidente como tal, pero se aprecia que para el horario 1 (normal) se obtienen los mejores resultados. Mientras que cuando se utiliza el combustible = 2 (súper) los menores valores se obtienen cuando no se usan aire acondicionado con un valor óptimo de 0.058 L/km, sin que el horario sea un factor de gran incidencia.

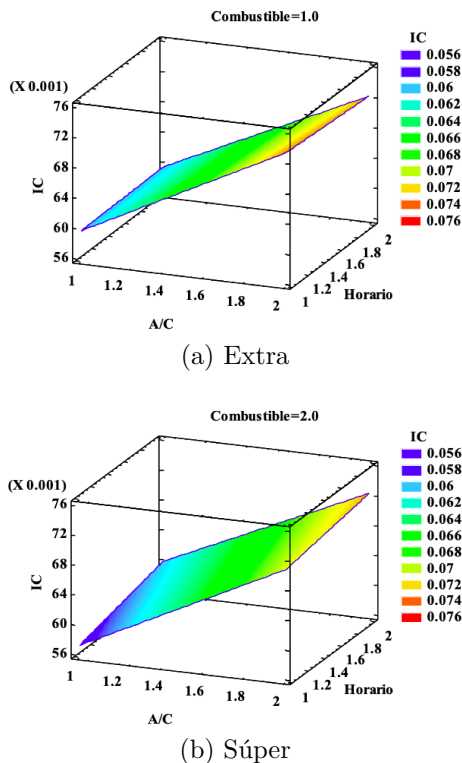


Figura 11. Superficie respuesta estimada IC. a) Combustible extra vs. b) gasolina súper

Para el horario normal se obtiene valores menores, aunque el horario normal no es incidente como tal, de tal modo que se van a obtener los menores resultados en comparación con el horario pico, por lo tanto, el combustible súper presenta menores IC sin el uso del aire acondicionado y en condiciones de horario normal. Este trabajo coincide con el de Andrade [35], que realizó un estudio con el vehículo Chevrolet Aveo, en condiciones de la superficie sobre el nivel de mar y que llegó a la conclusión que cuando se utiliza la gasolina súper los índices de consumo de combustible son menores y ofrece un mejor rendimiento en cuanto a recorrido, representado un menor costo a largo plazo. Por otro lado, en el estudio García y Villalba [36], se obtiene que el índice de consumo de combustible disminuye con una conducción eficiente, llegando a una optimización de combustible del 28.34 %, no obstante, el estudio propuesto se basa en condiciones de horario normal.

En la Figura 12 se muestra el comportamiento del IC en función del tipo de combustible empleado y el uso de A/C cuando el horario = 1 (normal). En esta situación se puede ver que los menores valores del IC se obtienen con el combustible súper (2) y sin A/C (1) puesto que el valor es de 0.058 L/km, mientras que cuando el horario = 2 (pico) los menores valores del IC se obtienen con el combustible súper, combustible extra y sin A/C, aunque el factor combustible por la tonalidad observada no incide como tal, pero se aprecia que el combustible súper presenta menores resultados.

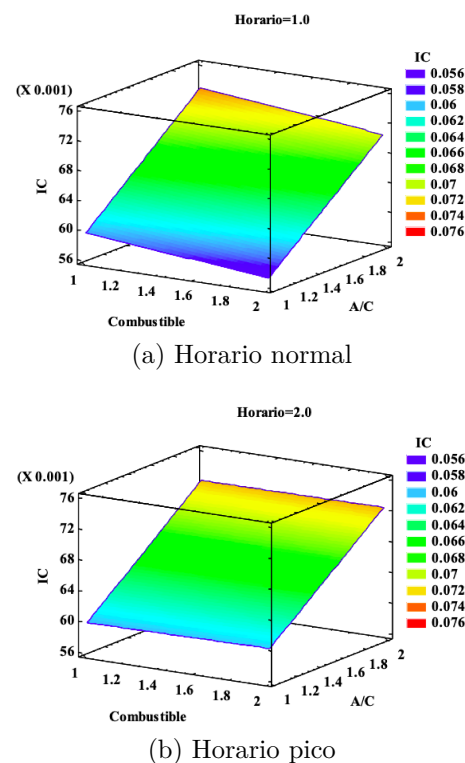


Figura 12. Superficie respuesta estima IC. a) Horario normal y b) Horario pico

De tal modo que cuando se utiliza aire acondicionado en horario pico, el índice de combustible es mayor. Este trabajo coincide con Arias y Ludeña [37], quienes realizaron un estudio con el vehículo Chevrolet Aveo Activo en la ciudad de Cuenca, llegando a la conclusión que cuando se conduce en un horario pico el consumo de combustible es alto, mientras que en horario normal el consumo disminuye, siendo el horario pico de mayor congestión vehicular, independiente del día que se conduzca por el cual el índice de consumo de combustible es alto.

En la Figura 13 se muestra el comportamiento del IC en función del tipo de combustible empleado y el horario de recorrido. Cuando el A/C = 1 (sin A/C), en esta situación se puede observar que los menores valores del IC se obtienen con el combustible súper (2) y en horario normal (1) de 0.057 L/km. A medida que aumenta la calidad de combustible, mejores serán los resultados del IC y cuanto menos tráfico existe en la ruta también influirá de forma positiva IC.

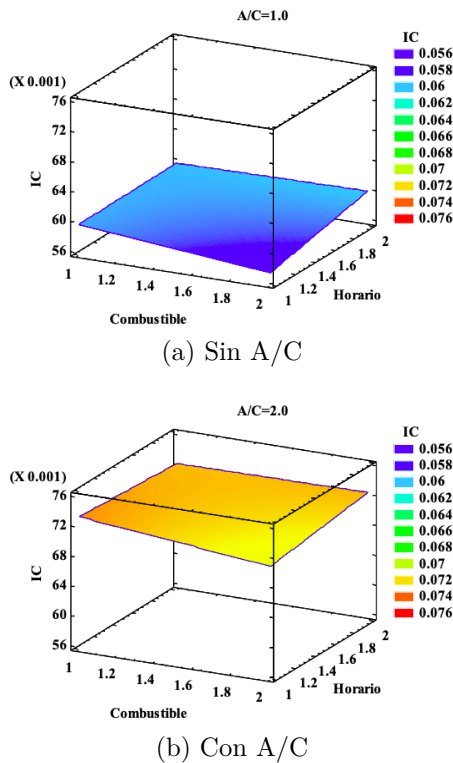


Figura 13. Superficie respuesta estima IC. a) Horario normal y b) Horario pico

No obstante, el horario y el combustible no son un factor de gran incidencia, sin embargo, para el horario normal y el combustible súper se obtienen menores resultados por la tonalidad observada. Mientras que cuando el AC = 2 (con A/C), en este escenario se puede observar que los menores valores del IC se obtienen con combustible 2 (súper) y en el horario 1 (normal), es decir, los menores valores del IC se van a obtener cuando el combustible sea de mejor calidad. A medida

que aumenta la calidad de combustible mejores serán los resultados del IC y cuanto menos tráfico haya en la ruta, así también influirá de forma positiva IC. En el estudio realizado por Chancafe [38] se comprueba que el uso del aire acondicionado incrementa el consumo de combustible en el vehículo. De acuerdo con Acosta & Tello [32] los mayores índices del consumo de combustible se produjeron en carretera con el uso del aire acondicionado, de tal modo que cuanto más se descende sobre el nivel del mar el consumo aumenta, esto debido a la corrección que hace por la presencia de mayor oxígeno.

En la Figura 14 se observa el gráfico de caja y bigote del índice de consumo de combustible. Se aprecia que el tratamiento T7 (Súper-sin AC-H. normal) y T3 (Extra-sin AC-H. normal) se encuentra entre 0.057 y 0.073 L/km, siendo el T7 de menor diferencia significativa, esto debido al uso del combustible súper que tiene un octanaje 92 y favorece en la combustión del motor; asimismo el no utilizar el A/C disminuye el IC, seguido del tratamiento T3 que está dentro de los límites permitidos de uso, es decir, el T3 y T7 presentan óptimas respuestas. Mientras que los tratamientos T1, T2, T4, T5, T6 y T8 presentan IC elevados.

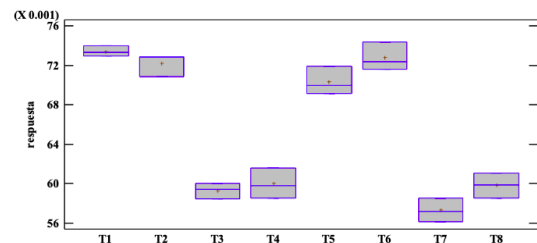


Figura 14. Gráfico caja y bigotes IC

En la Tabla 8 se muestran los resultados cuando se aplica la prueba LSD (Fisher) con el 95 % de confiabilidad. Se evidencia que para el tratamiento T7 (Súper-Sin Aire-Horario normal) y T3 (Extra-Sin Aire-Horario normal) no presentan diferencias significativas, estos resultados coinciden con Andrade [35] que llega a la conclusión de que cuando se utiliza la gasolina súper los índices de consumo son menores. Arias y Ludeña [37] determinan que en un horario normal el índice de consumo es menor; asimismo, Chancafe [38] comprueba que sin el uso del aire acondicionado el vehículo presenta menores índices de consumo de combustible. Por lo tanto, el tratamiento a emplear en la Amazonia es el T7 con un rendimiento promedio de 17.45 km/L; sin embargo, debido al costo de la súper, el tratamiento a emplearse es el T3 que presenta un rendimiento de 16.86 km/L, que consta del combustible extra, sin A/C y H. normal, puesto que no presentan diferencias significativas. Para ello se debe cumplir la conducción eficiente, ya que en condiciones normales de conducción la incidencia en el consumo de combustible aumentará significativamente. En el caso

de los tratamientos T1, T2, T4, T5, T6 y T8 existen diferencias significativas, que consta de los factores de horarios picos y con AC que aumentan en el índice del consumo de combustible.

Tabla 8. Tratamiento para el análisis de superficie de respuesta

	Casos	Media	Grupos homogéneos	
T7	3	0.0573078	X	
T3	3	0.0593074	X	X
T8	3	0.0598433		X
T4	3	0.0599876		X
T5	3	0.070336		X
T2	3	0.0721707		X X
T6	3	0.0727685		X
T1	3	0.0734075		X

4. Conclusiones

El método estadístico seleccionado por medio del criterio de ponderación en cada una de las rutas establecidas, permitió hallar los viajes representativos a partir de las menores desviaciones respecto al promedio: horario normal $Y = 0.0316$ y horario pico $Y = 0.0241$, lo que representa un 31 % menor con la literatura investigada. Obteniendo en el horario normal (9 a. m.) una velocidad máxima de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en un tiempo de recorrido de 1446 s (24.1 min); y en el horario pico (5 p. m.) la velocidad máxima es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h con un tiempo de recorrido de 1632 s (27.2 min) obteniendo una diferencia del 10 %.

La prueba de ruta realizada con el vehículo Chevrolet Beat, permitió determinar que el menor valor óptimo del índice del consumo de combustible (IC) se obtiene en el horario normal, sin A/C y combustible súper, de modo que los factores que inciden significativamente en el IC son el uso del A/C, gasolina extra y horario pico en el cantón Shushufindi ubicado en la Región Oriental ecuatoriana.

En el estudio realizado del IC se determinó a partir de la prueba LSD con un 95 % de confianza, que el T3 (horario normal, sin A/C y combustible extra) con valores entre 0.0584 – 0.060 L/km y el T7 (horario normal, sin A/C y combustible súper) con valores entre 0.0561-0.0585 L/km presentan valores óptimos de ahorro en el IC al aplicar una conducción eficiente.

Se recomienda ampliar estudios en diferentes vehículos, marcas y modelos para identificar el comportamiento del combustible, AC y horario normal-pico.

Referencias

[1] AEADE, *Anuario 2019*. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2019. [Online]. Available: <https://bit.ly/3Rl41yA>

- [2] E. A. Llanes Cedeño, J. C. Rocha-Hoyos, D. B. Peralta Zurita, and J. C. Leguísamo Milla, “Evaluation of gas emissions in light gas-line vehicles in height conditions. case study quito, ecuador,” *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 2, pp. 149–158, Jun. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>
- [3] FLACSO, *GEO Ecuador 2008 Informe sobre el estado del arte del medio ambiente*. FLACSO, MAE, PNUMA, 2008. [Online]. Available: <https://bit.ly/4aC6v4K>
- [4] A. R. Guzmán, E. Cueva, A. Peralvo, M. Revelo, and A. Armas, “Study of the dynamic performance of an otto engine using mixtures two types of extra and super gasolines,” *Enfoque UTE*, vol. 9, no. 4, pp. 208–220, Dec. 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.335>
- [5] D. G. Perez Darquea, “Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales,” *INNOVA*, vol. 3, no. 3, pp. 23–34, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>
- [6] L. F. Quirama, M. Giraldo, J. I. Huertas, and M. Jaller, “Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 82, p. 102294, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102294>
- [7] H. Y. Tong and W. T. Hung, “A framework for developing driving cycles with on-road driving data,” *Transport Reviews*, vol. 30, no. 5, pp. 589–615, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/01441640903286134>
- [8] INEN, *NTE INEN 2204 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/3ROTgpG>
- [9] N. Romain. (2013) The different driving cycles. Car Engineer. Car Engineer. [Online]. Available: <https://bit.ly/3RrVZ7e>
- [10] Q. Wang, H. Huo, K. He, Z. Yao, and Q. Zhang, “Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in chinese cities,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 13, no. 5, pp. 289–297, 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.03.003>

- [11] J. E. Morey, T. Limanond, and D. A. Niemeier, "Validity of chase car data used in developing emissions cycles," *Statistical Analysis and Modeling of Automotive Emissions*, vol. 3, no. 2, pp. 15–28, Sep 2000, journal Article. [Online]. Available: <https://bit.ly/3RN5wXO>
- [12] M. André, R. Joumard, R. Vidon, P. Tassel, and P. Perret, "Real-world european driving cycles, for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars," *Atmospheric Environment*, vol. 40, no. 31, pp. 5944–5953, 2006, 13th International Symposium on Transport and Air Pollution (TAP-2004). [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.12.057>
- [13] A. Urbina, L. Tipanluisa, and A. Portilla, "Estudio de las emisiones vehiculares en pruebas con dinamómetro y en ruta," in *VIII Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica*, 04 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/41prHGZ>
- [14] F. Jiménez Alonso, A. Román, and J. M. López Martínez, "Determinación de ciclos de conducción en rutas urbanas fijas," *DINA Ingeniería e Industria*, vol. 88, pp. 681–688, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.6036/5751>
- [15] R. Luther and P. Baas, *Eco-Driving Scoping Study*. Energy Efficiency and Conservation Authority, 2011. [Online]. Available: <https://bit.ly/41wjq3T>
- [16] Y. Huang, E. C. Ng, J. L. Zhou, N. C. Surawski, E. F. Chan, and G. Hong, "Eco-driving technology for sustainable road transport: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 93, pp. 596–609, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.030>
- [17] J. N. Barkenbus, "Eco-driving: An overlooked climate change initiative," *Energy Policy*, vol. 38, no. 2, pp. 762–769, 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.021>
- [18] F. Mensing, E. Bideaux, R. Trigui, J. Ribet, and B. Jeanneret, "Eco-driving: An economic or ecologic driving style?" *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 38, pp. 110–121, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.013>
- [19] B. A. Cuaical Angulo and E. Torres Tamayo, "Caracterización de la eficiencia energética en los sistemas de refrigeración aplicados en el área automotriz," *INVPOS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–16, 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/41qG3H7>
- [20] M. d. J. Guananga Totoy, *Diseño y construcción de un simulador de climatización automotriz*. Universidad Internacional del Ecuador, 2013. [Online]. Available: <https://bit.ly/3TrvRfr>
- [21] M. A. Córdova Suárez and C. F. Pérez Salinas, *El gasto metabólico y la temperatura WBGTt en el sistema de trabajo de conductor de bus tipo volkswagen 17210 de la carrocería Modelo Orión Marca Imce y su incidencia en el estrés térmico*. Universidad Técnica de Ambato, 2014. [Online]. Available: <https://bit.ly/3RmP3bm>
- [22] T. Tamura, Y. Yakumaru, and F. Nishiwaki, "Experimental study on automotive cooling and heating air conditioning system using CO₂ as a refrigerant," *International Journal of Refrigeration*, vol. 28, no. 8, pp. 1302–1307, 2005, cO2 as Working Fluid - Theory and Applications. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.09.010>
- [23] Google. (2023) Shushufindi. Google Maps. Google Maps. [Online]. Available: <https://bit.ly/475PMDf>
- [24] SES. (2018) Los limites de velocidad en el Ecuador. Safety Enforcement Seguridad Vial S.A. (SES). Safety Enforcement Seguridad Vial S.A. (SES). [Online]. Available: <https://bit.ly/3RPAiyn>
- [25] F. E. Quinchimbla Pisuña and J. M. Solís Santamaría, *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*. Escuela Politécnica Nacional, 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/3TrKtvi>
- [26] A. Hurtado Gómez, *Desarrollo de ciclos de conducción para el área metropolitana Centro Occidente-AMCO*. Universidd Tecnológica de Pereira, 2014. [Online]. Available: <https://bit.ly/41thLvY>
- [27] A. Valdéz Aguilera, *Desarrollo de Ciclos de Conducción Vehicular en el Municipio de Naucalpan*. Tecnológico de Monterrey, 2004. [Online]. Available: <https://bit.ly/3RQEDSM>
- [28] P. S. Pérez Llanos and C. O. Quito Sinchi, *Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca*. Universidd Politécnica Salesiana, 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/3ROiIf0>
- [29] Chevrolet, *Datasheet Chevrolet Beat 2021*. Chevrolet Ecuador, 2021. [Online]. Available: <https://bit.ly/4aqb6H0>
- [30] M. A. Pinto Cortez, *Investigación de los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna efi al utilizar la interfase ECO-OBD2*. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2019. [Online]. Available: <https://bit.ly/3v8TgZ1>

- [31] V. A. Taípe-Defaz, E. A. Llanes Cedeño, C. F. Morales-Bayetero, and A. E. Checa-Ramírez, “Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas,” *Ingenius*, no. 26, pp. 17–29, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17163/ings.n26.2021.02>
- [32] M. A. Acosta Corral and W. P. Tello Flores, *Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico en la cabina de un vehículo liviano*. Escuela Politécnica Nacional, 2016. [Online]. Available: <https://bit.ly/3NBhuBw>
- [33] INEN, *NTE INEN 2205:2010, Vehículos Automotores. Bus Urbano. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010. [Online]. Available: <https://bit.ly/3TwXl36>
- [34] J. C. Leguísamo Milla, E. Llanes Cedeño, and J. Rocha Hoyos, “Impact of ecodriving on fuel emissions and consumption on road of quito,” *Enfoque UTE*, vol. 11, no. 1, pp. 68–83, Jan. 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n1.500>
- [35] F. L. Morquecho Andrade, “Análisis de rendimiento y costo de los combustibles Ecopaís y súper,” *Innova*, vol. 3, no. 1, pp. 135–149, 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.899>
- [36] N. G. García Jaramillo and J. R. Villalba Arteaga, *Estudio del efecto de la conducción eficiente sobre el consumo y las emisiones*. Universidad Internacional del Ecuador, 2016. [Online]. Available: <https://bit.ly/3RRXTzD>
- [37] E. I. Arias Montaña and J. A. Ludeña Ayala, *Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca*. Universidad Politécnica Salesiana, 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/48heD8U>
- [38] J. E. Chancafe Zarpan, *Evaluación Del Aire Acondicionado En Vehículos De 1300cc Utilizando R-134a Y R-12 Para Determinar El Consumo De Combustible*. Universidad César Vallejo, 2017. [Online]. Available: <https://bit.ly/3GQPwxH>