



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS DEL CONSUMO INSTANTÁNEO DE COMBUSTIBLE MEDIANTE SEÑALES PID'S EN VEHÍCULOS DE CATEGORÍA M1, CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS AUXILIARES Y CONDICIONES DINÁMICAS, A TRAVÉS DE UN CICLO RDE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: SEBASTIÁN ALEJANDRO FUENMAYOR ESPINOZA
DANIEL ALEJANDRO NENGER ANDRADE

TUTOR: JUAN JOSÉ MOLINA CAMPOVERDE

Quito - Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza con documento de identificación N°1722125919 y Daniel Alejandro Nenger Andrade con documento de identificación N°1726647652 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,



Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza
1722125919



Daniel Alejandro Nenger Andrade
1726647652

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza con documento de identificación No.1722125919 y Daniel Alejandro Nenger Andrade con documento de identificación No.1726647652, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “Aanálisis del consumo instantáneo de combustible mediante señales PID’s en vehículos de categoría M1, considerando la influencia de sistemas auxiliares y condiciones dinámicas, a través de un ciclo RDE en el distrito metropolitano de Quito”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,



Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza
1722125919



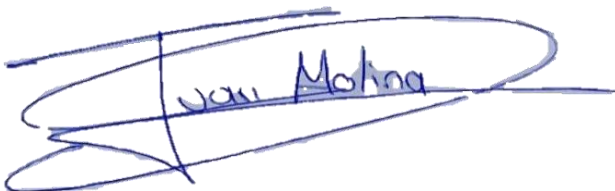
Daniel Alejandro Nenger Andrade
1726647652

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, docente Juan José Molina Campoverde con documento de identificación N° 0105819841 número de cédula del docente, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DEL CONSUMO INSTANTÁNEO DE COMBUSTIBLE MEDIANTE SEÑALES PID'S EN VEHÍCULOS DE CATEGORÍA M1, CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS AUXILIARES Y CONDICIONES DINÁMICAS, A TRAVÉS DE UN CICLO RDE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza con documento de identificación N°1722125919 y por Daniel Alejandro Nenger Andrade con documento de identificación N°1726647652, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de marzo del año 2026

Atentamente,



Ing. Juan José Molina Campoverde, MSc

0105819841

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mi familia, por el respaldo constante a lo largo de mi formación profesional. Su confianza, paciencia y sacrificio sostuvieron cada etapa de este proceso académico y me dieron la motivación para seguir adelante incluso en los momentos de mayor exigencia. Este trabajo es reflejo del esfuerzo compartido y del apoyo que siempre encontré en casa.

Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza

Dedico el presente proyecto a mi madre Ligia que siempre ha sido el soporte en mi vida, la persona que siempre estuvo ahí para mí pendiente de mi progreso y quien celebraba mis pequeños logros a ella que siempre estuvo en los momentos difíciles y me dio palabras de aliento para siempre seguir adelante. A mi hermano Mateo y mi tía Marce que me brindaron palabras de aliento para siempre seguir adelante.

Daniel Alejandro Nenger Andrade

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos para mi tutor de tesis, Ing. Juan José Molina Campoverde, gracias a su experiencia, paciencia y comprensión, nos ayudó a la realización y terminación del presente trabajo. A mi familia, especialmente a mi madre Geovanna, padre Alonso, estoy muy agradecido por su amor incondicional y apoyo constante, gracias a mi abuelito Hernán por prestarme las herramientas necesarias para la realización de este proyecto, tías, primos, que me alentaban a seguir adelante cuando se presentaban momentos difíciles. Sin ustedes este logro no sería posible. Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de crecer académica y profesionalmente. A mis amigos que a lo largo de la carrera fui conociendo y compartimos buenos momentos, gracias por su presencia y apoyo en momentos de estrés y alegría. Cada uno de ustedes contribuye a que este proceso sea más duradero y significativo.

Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza

Agradezco a Dios por todas las cosas buenas que me han pasado, a mi tutor de tesis el Ing. Juan José Molina Campoverde que siempre tuvo la disposición y paciencia para desarrollar con éxito nuestro trabajo. A mi madre, hermano y tíos que siempre estuvieron al pendiente de mí aconsejándome y orientándome con sus mejores deseos para ser un mejor profesional y una mejor persona. Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y persona.

Daniel Alejandro Nenger Andrade

ANÁLISIS DEL CONSUMO INSTANTÁNEO DE COMBUSTIBLE MEDIANTE SEÑALES PID'S EN VEHÍCULOS DE CATEGORÍA M1, CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS AUXILIARES Y CONDICIONES DINÁMICAS, A TRAVÉS DE UN CICLO RDE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

ANALYSIS OF INSTANTANEOUS FUEL CONSUMPTION USING PID SIGNALS IN M1 CATEGORY VEHICLES, CONSIDERING THE INFLUENCE OF AUXILIARY SYSTEMS AND DYNAMIC CONDITIONS, THROUGH AN RDE CYCLE IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO

Sebastián Fuenmayor ¹, Daniel Nenger ²

Resumen

En el Distrito Metropolitano de Quito se realizaron distintos ensayos de conducción RDE con el objetivo de cuantificar la fluctuación porcentual del consumo instantáneo de combustible variando ciertas influencias dinámicas como presiones de inflado y sistemas auxiliares del vehículo como el uso del aire acondicionado.

En la prueba estándar, se obtuvo un consumo total de 7.26 L al circular con la presión de inflado de 35 PSI y apagado el aire acondicionado, posteriormente usando la mitad del aire acondicionado se obtuvo un incremento del 17%, usando el aire acondicionado a su máxima velocidad se obtuvo un incremento del 19.7%. Con respecto a la variación de las presiones de inflado, al circular con una presión de inflado de 33 PSI se obtuvo un incremento del 4.4%, mientras

Abstract

In the Metropolitan District of Quito, various RDE driving tests were carried out with the aim of quantifying the percentage fluctuation in instantaneous fuel consumption by varying certain dynamic influences such as tire pressures and auxiliary vehicle systems such as the use of air conditioning.

In the standard test, total consumption was 7.26 L when driving with a tire pressure of 35 PSI and the air conditioning turned off. Subsequently, using half of the air conditioning resulted in a 17% increase, and using the air conditioning at maximum speed resulted in a 19.7% increase. With regard to the variation in tire pressure, driving with a tire pressure of 33 PSI resulted in an increase of 4.4%, while driving with a tire pressure of 37 PSI resulted in a negligible increase of 0.27%.

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Quito-Ecuador. Autor para correspondencia: sfuenmayore@est.ups.edu.ec

² Universidad Politécnica Salesiana, Quito-Ecuador. Autor para correspondencia: dnenger@est.ups.edu.ec

que con una presión de 37 PSI se obtuvo un incremento despreciable del 0.27%.

El uso del aire acondicionado puede influir en el consumo disminuyendo un 3% o aumentando hasta un 57% según el uso y la zona de circulación. La presión de inflado de los neumáticos que pueden variar en el consumo disminuyendo un 5% o aumentando hasta un 32% según la zona de circulación. Y la apertura de las ventanas que puede variar en el consumo disminuyendo un 10% o aumentando hasta un 35% en función a la variación de la apertura y la zona de circulación.

A través del Modelo Matemático de Regresión Lineal Múltiple en el que se usaron las siguientes variables: TPS, IAT, la Altitud y la Potencia motor se obtuvo un valor de R^2 de 0.656.

Palabras Clave: Consumo instantáneo de combustible, RDE, A/C, presión de inflado, apertura de ventanas.

The use of air conditioning can influence consumption, decreasing it by 3% or increasing it by up to 57% depending on usage and the area of circulation. Tyre inflation pressure can vary consumption, decreasing it by 5% or increasing it by up to 32% depending on the area of circulation. And opening the windows can vary fuel consumption by decreasing it by 10% or increasing it by up to 35%, depending on how much the windows are opened and the area of circulation.

Using the Multiple Linear Regression Mathematical Model, in which the following variables were used: TPS, IAT, Altitude and Engine Power, a value of R^2 0.656.

Keywords: Instantaneous fuel consumption, RDE, A/C, tire pressure, window opening.

1. Introducción

En Ecuador de acuerdo con las Estadísticas de Transporte del INEC, en 2023 fueron 602.599 los vehículos matriculados en Quito, lo que registra un aumento del 18,5 % en comparación con 2022 y un crecimiento del 27,4% con respecto a 2019, estos resultados reflejan un aumento en el parque automotor de nuestro territorio (Alarcón Salvador et al., 2024).

Un ensayo de conducción RDE (Real driving emissions- del español emisiones en condiciones reales de conducción), son pruebas de manejo que se diseñaron para obtener resultados más cercanos a la realidad en temas de consumo de combustible y emisiones contaminantes a nivel mundial, en Europa se las introdujo en 2015, para que posteriormente en 2017 este tipo de pruebas se integraran en el procedimiento de homologación de vehículos de tipo turismo y furgonetas nuevas en Europa para cumplir con la normativa EURO6d, que exige ciertas medidas como exigir que todos los vehículos estén equipados con un indicador de consumo de energía (conocido como OBFCEM), el vehículo debe pertenecer a una familia de ensayo PEMS validada, y las emisiones de NOx no deben superar 1,5 veces las emisiones permitidas para un vehículo homologado según esta norma, etc. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2017)

En este tipo de pruebas se evalúa el consumo de combustible y las emisiones que los vehículos emiten en carreteras reales y en condiciones cotidianas, lo que permite obtener mejores resultados con las emisiones reales y cantidad de combustible consumido (Brown, 2024), con la ayuda de las pruebas de manejo RDE, se han logrado encontrar distintos factores que afectan a la autonomía de combustible.

En el estudio de (Huang et al., 2021) se analizó cómo el comportamiento del

conductor afecta a la autonomía de un vehículo diésel en condiciones reales de manejo, por lo que se comparó a 30 diferentes conductores (15 conductores novatos y 15 conductores experimentados), que manejaron el mismo vehículo y en la misma ruta. Los resultados obtenidos indicaron que los conductores novatos, al tener un comportamiento de conducción agresivo como: usar de manera agresiva el acelerador y frenar frecuentemente, tuvieron un aumento en el consumo instantáneo de combustible de apenas 2% más que un conductor experimentado, lo que ayudó a comprobar que el estilo de conducción afecta directamente a la autonomía de un vehículo (Huang et al., 2021)

Por otro lado, en el estudio de (Jiguang Wang et al.,) se analiza el impacto de distintos factores externos como la altitud, la temperatura ambiente y el estilo de conducción afectan al consumo de combustible a través del aumento de las emisiones de CO₂, las cuales son un indicador directo del aumento del consumo de combustible. Los resultados obtenidos indicaron que los factores que más influían en el consumo de combustible es la conducción agresiva, ocasionando que las frecuentes aceleraciones bruscas y la alta carga ejercida al motor, causaba un incremento en el factor de emisiones de CO₂ entre 25% y 50% que una conducción normal, seguido por la conducción en altitudes elevadas (1300 m a 2400 m), que debido al poco contenido de oxígeno en el aire, la unidad de control del motor compensa esta pérdida aumentando la inyección de combustible para evitar la pérdida de potencia, y finalmente seguido por la conducción en tramos de alta velocidad con alta carga del motor, debido que se incrementa el tiempo de inyección del combustible para mantener la potencia (Wang et al., 2025)

Adicionalmente, en el estudio de Karolina Kurtyka y Jacek Pielecha, se analiza cómo influyen los parámetros dinámicos como la aceleración positiva relativa (RPA), la velocidad y aceleración positiva (V*a), la

distribución de los modos de conducción en el consumo de combustible. Los resultados obtenidos demostraron que al realizar una conducción teniendo una aceleración positiva alta, el CO₂ se encuentra directamente relacionado con el consumo de combustible, se duplica de 204 g/km, que indica una conducción normal, a 408 g/km, de igual manera una conducción con valores altos del producto de velocidad x aceleración (V*a), que es la tasa de cambio de la aceleración, aumenta el consumo de combustible, lo que refleja un manejo más dinámico por parte del conductor (Kurtyka & Pielecha, 2019).

En Ecuador se han realizado estudios acerca del consumo de combustible mediante pruebas de conducción de tipo RDE, como el estudio de Diego Olalla y Ricardo Parra, que analizaron cómo distintos estilos de conducción (normal o agresivo) podían influir en el consumo de combustible en un vehículo. Sus resultados demostraron que el estilo de conducción que más afecta al consumo de combustible es la conducción agresiva, esto es debido a que un conductor agresivo usa más seguido el pedal del acelerador, lo que causa que se circule a mayores RPM y se inyecte mayor cantidad de combustible a la cámara de combustión, aumentando así el consumo entre 13% y 15% en las zonas urbana y rural, mientras que en la autopista no hubo una diferencia significativa entre la conducción agresiva y normal, debido a que en los dos estilos de conducción se circulaba a altas velocidades (Olalla Nacimba & Parra Baño, 2023)

Con el crecimiento del parque automotor en la ciudad de Quito, resulta interesante realizar un estudio que abarque el tema de consumo combustible, debido a que en diversos sectores carecen de cierta información básica acerca de los ensayos de conducción RDE y la estimación de consumo de combustible al circular en distintas zonas geográficas de Quito. Por lo tanto, este estudio plantea realizar un análisis comparativo de la eficiencia de combustible al circular en

distintas zonas (urbana, rural y autopista) con un vehículo, variando condiciones dinámicas y sistemas auxiliares para cuantificar el consumo de combustible en cada sector, enfocándose en las principales rutas más concurridas de Quito actualmente como la Av. Galo Plaza Lasso que es una de las principales vías por donde circulan alrededor de 123 mil vehículos diarios (Cifras indicadas según diario El Comercio) (El Comercio, 2025), La Av. Panamericana Norte, que conecta la zona norte de la capital con las parroquias cercanas, pasando cerca de áreas como Carcelén, Carapungo, Calderón, por donde circulan unos 50 665 autos al día, según la EPMMOP (Cifras indicadas según diario El Comercio) (El Comercio, 2014.), y la Ruta Collas, que conecta el norte de Quito con el Aeropuerto Mariscal Sucre en Tababela, con una distancia total de recorrido de 11,7 km (Información obtenida según el Ministerio de Infraestructura y Transporte)(Aeropuerto Internacional de Quito, 2014). Con los resultados obtenidos, se compararán con los datos de consumos de otros vehículos de diferente motorización registrados que igualmente realizaron una conducción de tipo RDE, esto con el fin de comparar los consumos de combustible en condiciones dinámicas y en presencia de sistemas auxiliares similares, pero con diferentes motorizaciones.

La información durante todo el trayecto se obtiene a través del sistema de diagnóstico a bordo OBD-II para monitorear los PID's. Los PID's (Parameter of Identification), son un catálogo de todos los puntos de datos accesibles a través del sistema OBD-II, la lista de PID's contiene múltiples identificadores de parámetros, y cada PID corresponde a diferentes datos del vehículo (Sinocastel, 2025).

Aclarando brevemente el motivo de nuestro estudio, nuestros ensayos RDE se van a llevar a cabo en la ciudad de Quito, con clima seco

y a una altura de 2850 msnm, variando parámetros dinámicos (presiones de inflado) y sistemas auxiliares (niveles del aire acondicionado), en cada ensayo se realizará una lectura constante de distintos PID's del vehículo, como las revoluciones por minuto (RPM), la presión absoluta del colector de admisión (MAP), la velocidad del vehículo (VSS), la posición de la mariposa del acelerador (TPS) y el caudal de combustible (Fuel Flow Rate), tal como nos sugiere un estudio cercano de (Naula Chanataxi & Yépez López, 2024) con características similares a nuestro estudio.

Los datos obtenidos serán posteriormente analizados tal como describe la metodología que vamos a emplear en la sección 2, que abarca temas como los distintos vehículos de prueba, la forma de adquisición de datos, la ruta establecida para realizar los distintos ensayos, las ecuaciones para la estimación de combustible, etc. En la sección 3, se explican los resultados obtenidos de nuestro estudio.

2. Materiales y Métodos

2.1. Metodología

En la presente investigación, el vehículo de prueba recorre la ruta previamente definida mediante un ciclo de conducción RDE. Para la validación de los datos, se verifica el cumplimiento de las condiciones operativas especificadas en el ciclo. Una vez validadas las pruebas, los registros obtenidos se procesan y cuantifican en MATLAB, con el propósito de establecer las bases del modelo matemático de consumo instantáneo de combustible. El procedimiento metodológico se representa de forma esquemática en la Figura 1.

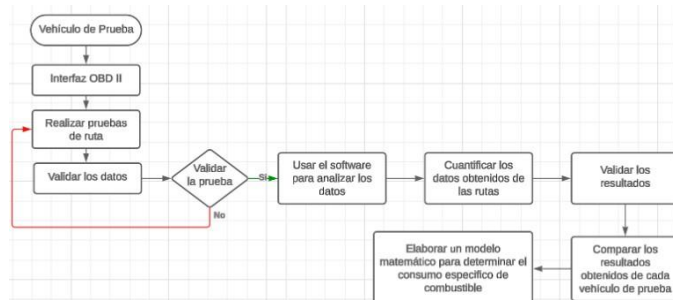


Figura 1. Metodología

2.1.2 Variaciones de Condiciones Dinámicas y Uso de sistemas Auxiliares

Al considerar la dinámica vehicular identificamos condiciones de uso común que tienen una influencia en el consumo instantáneo de combustible por lo que se optó por cuantificar la influencia de los siguientes parámetros en el consumo instantáneo de combustible los cuales son: Uso del aire acondicionado en su uso parcial y total, como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Sistema de Aire Acondicionado

Variar la presión de inflado de los neumáticos, teniendo en cuenta que la presión de inflado estándar recomendada por el fabricante es: 35 PSI, variando las presiones de inflado en ± 2 PSI, es decir circular con 35 y 37 PSI como se muestra en las Figuras 3,4 y 5.



Figura 3. Presión de inflado de 33 PSI



Figura 4. Presión de inflado de 35 PSI



Figura 5. Presión de inflado de 37 PSI

Para entender de mejor manera los fenómenos ocurridos que inciden en la influencia del consumo de combustible es pertinente hablar acerca de los principios de la aerodinámica vehicular. La aerodinámica analiza el comportamiento del flujo del aire y de su interacción con los diseños de vehículos con el objetivo de optimizar el diseño para reducir el consumo de combustible, optimizar el control y estabilidad en diferentes condiciones de conducción como lo indica (Tenango-Pirin, 2020). Además, como se va a segmentar el análisis del consumo por zonas es pertinente, hablar sobre los fenómenos que se presentan en función de la velocidad, como lo es la Turbulencia de estela (de su traducción del inglés Wake Turbulence) mencionados en el estudio de (Fang, 2025). El cual se refiere a la formación de vórtices y turbulencias que se originan detrás de un vehículo a causa de su movimiento, velocidad y diseño posterior afectando negativamente en la estabilidad y consumo del vehículo.

Por último, se busca establecer una comparación al imitar las condiciones antes mencionadas aplicadas en otros vehículos de la misma categoría M1, variando en características constructivas de cada vehículo como diferentes cilindrajes y año de fabricación, para analizar la variación que existe entre nuestro vehículo de

pruebas y los otros vehículos propuestos según sus características.

2.2. Adquisición de datos

Para la adquisición de datos del vehículo, se utilizó el OBDII ELM327 el cual posee las siguientes características mostradas en la tabla:

Tabla 1: Características del OBD II ELM327

Modelo	ELM 327
Frecuencia de muestreo	1 Hz
Versión de Bluetooth	2.0 o Superiores
Protocolos	ISO9J1850 PWM ISO9J1850 VPW ISO 9241-2 ISO 14230-4 ISO 15765-4 SAE J1939

Como nos indica (Aguilar Guerrero & Reyes Zambrano, 2021). Apoyados de la aplicación móvil TorquePro, que nos permite leer datos de los PID's del vehículo en vivo, además de guardarlos en un formato compatible para procesarlos.

2.3. Adaptación del Ciclo RDE

Para la selección de la ruta, se debe tener en cuenta que está sujeta a ciertos parámetros prescritos por el ciclo RDE, los cuales se deben cumplir para dar por valido al ciclo y a la ruta, los parámetros a cumplir se describen en la Figura 2. El manejo cotidiano de una persona, incluyen distintos escenarios de conducción, entre ellos están: sector urbano, sector rural y autopista, en las que se debe circular en cada uno de ellos por distancias mayores a 17 km, para así asegurar una estimación realista de las emisiones y del consumo de combustible (idoneo, 2025) Estas pruebas tienen una duración total entre 90 y 120 minutos, en el sector urbano se circula a velocidades menores o iguales a 60 km/h, en el sector rural se circula a velocidades mayores a 60 km/h y menores o iguales a 90 km/h, finalmente en la autopista se circula a velocidades que superen los 90 km/h.

El ensayo RDE es válido al circular dentro de un rango entre 700 y 1300 msnm, esto debido a que al realizar este ensayo a alturas superiores a lo permitido, los resultados pierden validez para homologación a causa de ciertos factores que suceden al aumentar la altura de circulación, factores como la ECU que empobrece la relación aire-combustible debido al déficit de oxígeno provocado por el aumento de la altitud, lo cual repercute en las emisiones del vehículo, y también hay menos hidrocarburos sin quemar dentro de la cámara de combustión en comparación con los ensayos dentro de los límites (Tawfiq Al-Wasif-Ruiz et al ., 2022). Debido a estos factores no sería posible realizar un ensayo RDE para homologar un vehículo, pero en nuestro estudio solo se busca visualizar el impacto en el consumo de combustible al variar ciertos parámetros dinámicos y auxiliares, más no para homologación, por lo que los resultados obtenidos de nuestros ensayos RDE se los contará como válidos. Además de que cada prueba se la realizaran 3 veces con un total de 15 pruebas entre cada variación de condiciones, realizadas con el fin de reducir los valores atípicos y dar como aprobada las pruebas. Una limitante también es que las pruebas se deben realizar en condiciones climáticas sin presencia de lluvia, por lo que las pruebas de ruta se las realizará en condiciones favorables, otra limitante son los límites de velocidad en Ecuador, estos son controlados por la LOTTSV (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial), y varían según la zona y el tipo de vehículo, siendo los máximos generales de 50 km/h en zonas urbanas, 90 km/h en vías perimetrales para livianos, y 100 km/h en carreteras rectas (Comisión Nacional de Transporte Terrestre, 2008), al realizar ensayos RDE lamentablemente en ciertas circunstancias se tiene que superar el límite de velocidad permitido, esto con el fin de cumplir con los rangos de velocidad que este tipo de ensayos establece.

La Tabla 1, nos indica los parámetros a seguir, a partir de ello resulta factible evaluar cuando se puede dar a una prueba como válida, para replicarla variando los distintos parámetros de conducción dinámica.

Figura 2. Parámetros del ciclo RDE

Tabla 2: Características del Ciclo

Parámetro	Urbano	Rural	Autopista	Unidades
Límite de velocidad	<60	60-90	>90	km/h
Promedio de velocidad	19.42 (15...30)	68.43 (60...90)	73.18 (>90)	Km/h
Distancia mínima	17.52 (>16)	21.02 (>16)	20.55 (>16)	%
Porcentaje de distancia	29.65 (28...43)	35.57 (23...43)	34.74 (23...43)	%
Tiempo de parada	28.34 (>10)	-	-	%

(Rivera-Campoverde et al., 2024)

En base a la tabla mostrada anteriormente se presenta la tabla 3, la cual indica los valores obtenidos en la ruta de prueba con el fin de validar los resultados.

Tabla 3: Validación de datos

Parámetro	Urbano	Rural	Autopista	Unidades
Límite de velocidad	<60	60-90	>90	km/h
Promedio de velocidad	15.08 (15...30)	62.82 (60...90)	92.78 (>90)	Km/h
Distancia mínima	19.55 (>16)	18.86 (>16)	20.05(>16)	%
Porcentaje de distancia	29.65 (28...43)	35.57 (23...43)	34.74 (23...43)	%
Tiempo de parada	21.47 (>10)	-	-	%

Considerando lo anterior se elige la siguiente ruta que comprende: La Av. Galo Plaza Lasso (sentido norte-sur) que conectara con la Av. La Prensa (sentido sur-norte), serán consideradas como el sector urbano, la Av. Simón Bolívar que conectará con la Av. Panamericana Norte (sentido sur-norte) serán consideradas como el sector rural y finalmente la Ruta Collas que conectará con el Conector Alpachaca será considerado como la autopista, cada sector abarcará una distancia aproximada de 19 km respectivamente. Como se indica en la Figura 6.

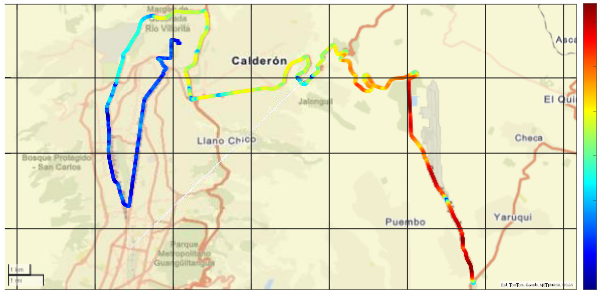


Figura 6. Ruta establecida

Además, para determinar si la ruta seleccionada es válida, tenemos el perfil de velocidades mostrado en la Figura 7, lo que nos permite visualizar, cada tramo del ciclo siendo: el color verde la zona urbana, el color amarillo la zona rural en el cual se puede apreciar los picos más bajos son tiempos de para debido a los límites de velocidad establecidos y a la zona del peaje de Oyacoto donde nos detenemos totalmente y el color rojo la zona de autopista de igual manera los tiempos de parada se deben a un semáforo y un redondel en la zona del aeropuerto.

En la siguiente grafica observamos como si se cumple con los parámetros previamente mencionados, cabe aclarar que el ciclo fue hecho teniendo en cuenta las leyes locales que indican un límite de velocidad máxima en ciertas zonas, por lo que no es posible mantener un pico de velocidad alto durante los dos últimos trayectos.

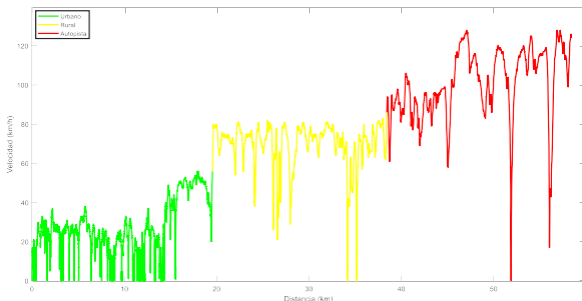


Figura 7. Perfil de velocidades por zonas

Vehículos de Pruebas

Para realizar el ciclo RDE en la ciudad de Quito se utilizó únicamente el vehículo Kia Sportage 2019, debido a que sus especificaciones entran dentro de la categoría vehicular M1 especificada por la norma NTE INEN 2656 (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2016), además de ser es uno de los vehículos Suv's más vendidos en el país según datos de la (AEADE - Asociación de Empresas Automotrices Del Ecuador, 2025) se han vendido 1492 unidades hasta el año 2023.

Y en las Figuras 8, 9,10 y 11 se observan los vehículos de pruebas y sus características con los que compararemos los consumos registrados con los nuestros:



Figura 8. Vehículo Kia Sportage 2019

Tabla 4: Características del Vehículo de prueba

Marca	KIA
Modelo	Sportage
Año	2019
Cilindraje	2.0 L MPI
Motor	Atmosférico
Combustible usado	Extra 87 octanos
Peso	1500 kg
Torque	191nm@4,700 rpm
Potencia	152 hp@6,200 rpm
Número de Cilindros	4
Norma	Euro 6

Kia Picanto



Figura 9. Vehículo Kia Picanto GT limited 2019

Tabla 5: Características del Vehículo de prueba

Marca	KIA
Modelo	Picanto GT limited
Año	2019
Cilindraje	1.2 L MPI
Motor	Atmosférico
Combustible usado	Extra 87 octanos
Peso	913 kg
Torque	122 nm@4,000 rpm
Potencia	83 hp@6,000 rpm
Número de Cilindros	4
Norma	Euro 6

Kia Cerato



Figura 10. Kia Cerato 2021

Tabla 6: Características del Vehículo de prueba

Marca	KIA
Modelo	Cerato
Año	2021
Cilindraje	1.6 GDI
Motor	Atmosférico
Combustible usado	Extra 87 octanos
Peso	1279 kg
Torque	265 nm@4,000 rpm
Potencia	201 hp@6,000 rpm
Número de Cilindros	4
Norma	Euro 6

Chevrolet Groove



Figura 11. Chevrolet Groove 2023

Tabla 7: Características del Vehículo de prueba

Marca	CHEVROLET
Modelo	Groove
Año	2023
Cilindraje	1.5 L
Motor	Atmosférico
Combustible usado	Extra 87 octanos
Peso	1393 kg
Torque	147 nm@3,600 rpm
Potencia	110 hp@5,800 rpm
Número de Cilindros	4
Norma	Euro 6

Filtrado de señales

A través del filtro Savitzky-Golay usado en el estudio de (Moradi & Miranda-Moreno, 2020), se filtraron las señales del consumo de combustible, ajustando polinomios locales usando el método de mínimos cuadrados, debido a que cuando se tiene tiempos de parada (velocidades igual a cero), el consumo tiende a elevarse al infinito, lo cual es físicamente imposible dado el tiempo en que se registró este consumo, por lo tanto el filtro nos permite atenuar este tipo de valores irregulares y así obtener señales más coherentes con el comportamiento del vehículo. En el estudio de (Thi et al., 2025) se habla de métodos de filtrado indicando el que Savitzky-Golay es simple de manejar para la efectividad de resultados en comparación con otros filtros más robustos.

En la Figura 12 se observa la señal sin filtrar, donde se evidencia los picos altos de consumo.

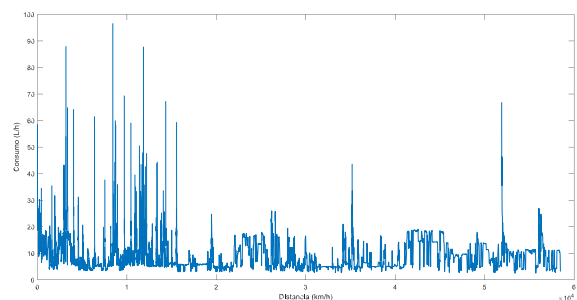


Figura 12. Señal del consumo sin filtrar

En la Figura 13 se observa la señal resultante tras la aplicación del filtro, evidenciando la reducción de los picos altos

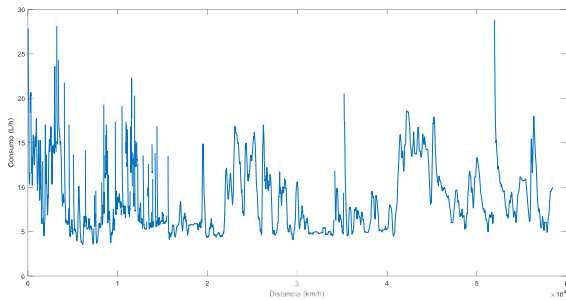


Figura 13. Señal del consumo filtrada

2.4.1. Ecuaciones de la Dinámica Longitudinal

Para el desarrollo de nuestro tema es necesario presentar las ecuaciones de la dinámica longitudinal debido a que a través de ellas se calcula el consumo instantáneo de combustible

Resistencia a la Rodadura

Primero se debe obtener el coeficiente de rodadura, mediante la siguiente ecuación

$$f_r = f + f_0 \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^{2.5} \quad (1)$$

Donde:

f = Valor teórico (adimensional)

f_0 = Coeficiente de rodadura dependiente de la velocidad (adimensional)

V = Velocidad (km/h)

Para obtener f_r , se utilizaron valores bases de f y f_0 sugeridos por el estudio de (Thomas Gillespie, 1992), en donde se analiza el comportamiento de un vehículo en carretera incluyendo la aerodinámica, la resistencia al avance y a la rodadura, y su influencia en el consumo de combustible y el desempeño del vehículo. Con lo anteriormente mencionado, usamos los coeficientes $f = 0.015$ $f_0 = 0.01$ y los multiplicamos por las distintas velocidades que obtuvimos durante el trayecto para obtener los distintos valores de f_r , y con la fórmula 2 se procede a obtener la Resistencia a la rodadura:

$$R_r = m \cdot g \cdot f_r \cdot \cos \theta \quad (2)$$

Donde:

R_r = Resistencia a la Rodadura (N)

m = Masa del vehículo (kg)

f_r = Coeficiente de rodadura

g = Aceleración gravitatoria ($\frac{m}{s^2}$)

θ = Pendiente (deg)

Para obtener los distintos valores de θ , se realizó una fórmula en matlab para que todos los valores de altitud se dividieran con respecto a la distancia durante todo el trayecto, para finalmente obtener los diferentes valores de R_r .

Resistencia Aerodinámica

Se obtiene mediante la siguiente formula:

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot A_f \cdot V^2 \quad (3)$$

Donde:

F_a = Fuerza de arrastre (N)

A_f = Área frontal del vehículo (m^2)

C_x = Coeficiente de arrastre obtenido de ensayo Coast Down del vehículo (N)

V = Velocidad ($\frac{m}{s}$)

ρ = Densidad del aire ($\frac{kg}{m^3}$)

Para calcular F_a , consideramos la densidad del aire en Quito de 0.875 kg/m^3 , la cual como indica la fórmula se multiplica por cada una de las distintas variables, y obtener la resistencia aerodinámica.

Resistencia Gravitatoria

Se obtiene mediante la siguiente formula:

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

Donde:

R_g = Resistencia gravitatoria (N)

m = Masa del vehículo (kg)

g = Aceleración gravitatoria ($\frac{m}{s^2}$)

θ = Pendiente (deg)

Los valores de pendiente como mencionado anteriormente se los obtiene a través de una fórmula en Matlab, para que posteriormente estos valores sean multiplicados entre sí tal como indica la fórmula 4 para obtener los diferentes valores de resistencia gravitatoria.

Resistencia a la Inercia

Se obtiene mediante la siguiente formula:

$$F_i = m \cdot a \quad (5)$$

F_i = Resistencia a la inercia (N)

m = masa del vehículo (kg)

a = aceleración ($\frac{m}{s^2}$)

Los valores de aceleración fueron recopilados a través de la aplicación TorquePro, estos valores se multiplicaron por las distintas velocidades registradas para obtener los valores de fuerza inercial.

Fuerza Total o Tractora

Es la suma de todas las fuerzas antes mencionadas en las fórmulas 1, 2, 3, 4 y 5:

$$F_t(N) = (m \cdot g \cdot fr \cdot \cos \theta) + \left(\frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot Af \cdot V^2\right) + (m \cdot g \cdot \sin \theta) + (m \cdot a) \quad (6)$$

Obtenido los distintos valores de fuerza tractora en el trayecto, se calcula el par en el motor y en la rueda con la siguiente fórmula:

$$P_{rueda} = F_t \cdot V \quad (7)$$

P_{rueda} = Potencia en rueda (kW)

F_t = Fuerza total o tractora (N)

V = Velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$

Par en motor, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_{motor} = P_{rueda} \cdot n \quad (8)$$

$$P_{rueda} = \text{Potencia en rueda}$$

neta = 0.95 (adimensional)

El neta se refiere a la eficiencia de la caja de cambios la cual es la relación entre la potencia mecánica entregada en el eje de salida y la potencia recibida en el eje de entrada que va a depender del tipo de transmisión, este valor se multiplicará por cada uno de los valores de potencia en rueda obtenidos en todo el trayecto, obteniendo así los valores de potencia en rueda.

Consumo de combustible

Para calcular el consumo de combustible es necesario tener en cuenta con que sensor se va a aplicar el cálculo, en nuestro caso al tener datos del sensor MAP, con esto se aplicaran los siguientes cálculos:

Moles de aire por cilindro

$$n = \frac{1000 \cdot MAP \cdot V}{R \cdot IAT} \quad (9)$$

Donde:

n = Número de moles de aire por cilindro

MAP = Datos del sensor (kPa)

V = Volumen total del motor (m^3)

R = Constante de los gases $\left(\frac{J}{mol \cdot K}\right)$

IAT = Datos del sensor (K)

Masa total de aire

$$Masa_{aire} = \frac{n \cdot masa_{aire} \cdot RPM}{2 \cdot 60} \quad (10)$$

Donde:

$Masa_{aire}$ = Masa total de aire $\left(\frac{g}{s}\right)$

n = Número de moles de aire por cilindro

$masa_{aire}$ = Masa del aire $\left(\frac{g}{mol}\right)$

RPM = Datos del sensor (min^{-1})

Consumo en litros utilizando al sensor MAP, para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Consumo_{MAP} = \frac{Masa_{aire}}{AFR \cdot \rho_{combustible}} \cdot 3600 \cdot 1000 \quad (11)$$

Donde:

$Consumo_{MAP}$ = Consumo de combustible del sensor MAP $\left(\frac{L}{h}\right)$

$Masa_{aire}$ = Masa total de aire $\left(\frac{g}{s}\right)$

AFR = Relación aire-combustible (adimensional)

$\rho_{combustible}$ = Densidad del combustible $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Consumo litro por cada 100 km

$$Consumo_{L100km} = \frac{Flujo}{V} \cdot 100 \quad (12)$$

Donde:

$Consumo_{L100km}$ = Consumo de 1 L combustible por cada 100 km $\left(\frac{L}{100 km}\right)$

Flujo = Flujo de combustible

V = Velocidad (km/h)

2.4.2. Cálculo del Consumo instantáneo de combustible

Para calcular el consumo promedio de combustible por cada 100km se aplicará la siguiente fórmula:

$$Consumo_{promedio} = \frac{Consumo_{total}}{Distancia_{total}} \cdot 100 \quad (12)$$

Donde:

$Consumo_{promedio}$ = Consumo promedio de combustible $\left(\frac{L}{100 km}\right)$

$Consumo_{total}$ = Consumo total de combustible (L)

$Distancia_{total}$ = Distancia total recorrida (km)

Rendimiento Promedio

Para calcular el rendimiento promedio de combustible se aplicará la siguiente fórmula:

$$Rendimiento_{promedio} = \frac{Distancia_{total}}{Consumo_{total}} \quad (13)$$

Donde:

$Rendimiento_{promedio}$ = Rendimiento promedio de combustible ($\frac{km}{L}$)

$Consumo_{total}$ = Consumo total de combustible (L)

$Distancia_{total}$ = Distancia total recorrida (km)

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis porcentual del consumo instantáneo de combustible referente al uso de sistemas auxiliares y condiciones de dinámica vehicular

3.1.1. Uso del Aire Acondicionado

Para el respectivo análisis se lo realizara de la forma en la que se lo describió en la metodología, primero se presentaran graficas obtenidas de los vehículos de pruebas, luego se presentará los porcentajes de variación.

En la Figura 14 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible del Kia Sportage 2019 con respecto a las distintas condiciones de uso del aire acondicionado, el cual tiene un incremento lineal al compararlo con el consumo estándar, pero se observa que en los sectores: urbano y autopista el consumo es muy similar al usar el aire acondicionado al máximo o en la mitad, Por lo tanto, el consumo de combustible será similar cuando el aire acondicionado esté encendido, ya sea a velocidad media o máxima, tanto al circular a velocidades inferiores a 60 km/h como a velocidades iguales o superiores a 90 km/h.

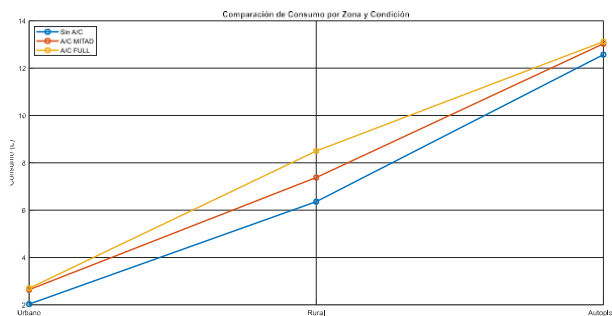


Figura 14. Comparación de consumo por zona con el uso del aire acondicionado

En la tabla 8, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 2.03 L, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 30.05% más con respecto al consumo base de 2.03 L, teniendo así un valor de 2.64 L, esto se debe a que entra en funcionamiento el compresor del aire acondicionado que quita potencia al motor, y para que el motor se mantenga estable, la ECU del vehículo manda una señal a los inyectores para aumentar el tiempo de inyección, que se traduce como un aumento de consumo, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la zona urbana, el consumo aumentó un 32.96% más con respecto al consumo base de 2.03 L, teniendo un valor de 2.70 L, esto indica un aumento progresivo del consumo debido a que al aumentar la velocidad del A/C se le resta mayor potencia al motor, por lo que se inyecta mayor combustible para contrarrestar esa pérdida.

Tabla 8: Variación de Consumo de combustible en zona urbana.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso A/C	2.03 L	-
AC mitad	2.64 L	+30.05 (%)
AC máximo	2.70 L	+32.96 (%)

En la tabla 9, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe

entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 6.36 L, esto indica un incremento del 213% más con respecto al valor anterior de 2.03 L, esto es debido al aumento de velocidad de circulación que causa que se inyecte mayor combustible, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 16% más con respecto al consumo base de 6.36 L, teniendo así un valor de 7.38 L, esto se debe a que entra en funcionamiento el compresor del aire acondicionado que quita mayor potencia al motor, y a una mayor velocidad aumenta el consumo considerablemente, y finalmente, al circular con el A/C al máximo en la zona urbana, el consumo aumentó un 33% más con respecto al consumo base de 6.36 L, teniendo un valor de 8.50 L, esto muestra un aumento progresivo del consumo debido a que al aumentar la velocidad del A/C se le resta una mayor potencia al motor, por lo que se inyecta mayor combustible para contrarrestar esa pérdida al conducir a velocidades medias.

Tabla 9: Variación de Consumo de combustible en zona rural.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso A/C	6.36 L	-
AC mitad	7.38 L	+16.03 (%)
AC máximo	8.50 L	+33.65 (%)

En la tabla 10, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 12.57 L, esto indica un incremento del 97% más con respecto al valor anterior de 6.36 L y un incremento del 519% con respecto valor base de 2.03 L, este aumento en el consumo es debido al aumento de velocidad de circulación que causa que se inyecte mayor combustible y un uso más agresivo del acelerador, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 3.65%

más con respecto al consumo base de 12.57 L, teniendo así un valor de 13.03 L, esto se debe a que entra en funcionamiento el compresor del aire acondicionado mencionado anteriormente, y al circular a velocidades altas aumenta el consumo pero sin una variación importante, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la autopista, el consumo aumentó un 4.45% más con respecto al consumo base de 12.57 L, teniendo un valor de 13.13 L, esto refleja un consumo ligeramente mayor pero con una variación menor al 5%. Con estos resultados obtenidos en autopista, se determina que al circular a velocidades mayores o iguales a 90 km/h, el uso del aire acondicionado a esas velocidades no afecta radicalmente al consumo de combustible que al circular sin este encendido, esto se puede deber a que en altas velocidades de circulación el aire acondicionado no le resta una potencia significativa al motor, debido a que en altas velocidades el motor trabaja a un régimen más elevado y genera más potencia, permitiendo que la carga del compresor de aire acondicionado sea mucho menor.

Tabla 10: Variación de Consumo de combustible en zona autopista.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso A/C	12.57 L	-
AC mitad	13.03 L	+3.66 (%)
AC máximo	13.13 L	+4.45 (%)

En la Figura 15 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible del Kia Picanto 1.2 con respecto a las distintas condiciones de uso del aire acondicionado, el cual tiene un comportamiento similar al momento de circular con el aire acondicionado apagado y en la mitad en todos los sectores, esto se puede deber a que la velocidad media del aire acondicionado no le quita una potencia importante al motor, pero el consumo aumenta significativamente al usar el aire acondicionado a su máxima velocidad.

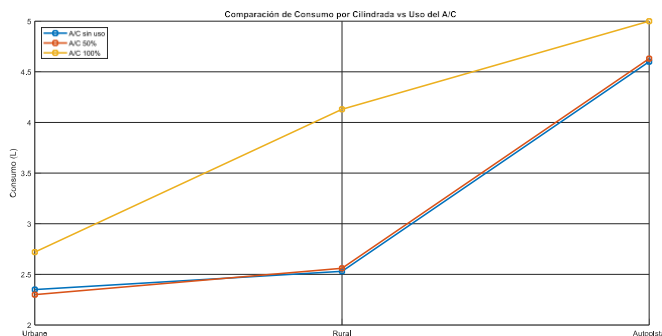


Figura 15. Comparación de consumo por zona con el uso del aire acondicionado del Kia Picanto

En la tabla 11, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 2.35 L, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo disminuye un 2.12% con respecto al consumo base de 2.35 L, teniendo así un valor de 2.30 L, esta disminución del consumo se pudo haber debido a que durante el manejo con el aire acondicionado apagado, se debió tener una conducción más agresiva, con mayores tiempos de parada y una respuesta más agresiva del acelerador con mayores velocidades cercanas a 60 km/h a comparación que el manejo con el aire acondicionado a velocidad media, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la zona urbana, el consumo aumentó un 15.74% más con respecto al consumo base de 2.35 L, teniendo un valor de 2.72 L, esto refleja un aumento progresivo del consumo debido a que al aumentar la velocidad del A/C se le resta mayor potencia al motor, por lo que se inyecta mayor combustible para contrarrestar esa pérdida, tal como fue mencionado anteriormente. Con estos resultados obtenidos, podemos visualizar que los consumos en zona urbana son similares al Kia Sportage 2019 a pesar de ser motorizaciones distintas.

Tabla 11: Variación de Consumo de en zona urbana

Kia Picanto 1.2		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso AC	2.35 L	-
AC mitad AC	2.30 L	-2.12 (%)
máximo	2.72 L	+15.74 (%)

En la tabla 12, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 2.53 L, esto indica un incremento del 7.66% más con respecto al valor anterior de 2.35 L, esto es debido a que se conduce a mayores rangos de velocidad que causan que se inyecte una mayor cantidad de combustible, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 1.18% más con respecto al consumo base de 2.53 L, teniendo así un valor de 2.56 L, esto se debe a que entra en funcionamiento el compresor del aire acondicionado que quita potencia al motor, pero con una variación menor al 2%, se puede decir que la potencia o la energía que se le quita al motor es mínima, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la zona rural, el consumo aumentó un 63% más con respecto al consumo base de 2.53 L, teniendo un valor de 4.13 L, esto indica un aumento notable del consumo de combustible que se produce debido a que el compresor del aire acondicionado quita mayor energía al motor para que pueda generar una mayor cantidad de flujo de aire frío al interior del vehículo, y para contrarrestar esta pérdida de energía del motor, la ECU del automóvil aumenta la cantidad de combustible inyectado.

Tabla 12: Variación de Consumo de en zona rural

Kia Picanto 1.2		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso AC	2.53 L	-
AC mitad AC	2.56 L	+1.18 (%)
máximo	4.13 L	+63.24 (%)

En la tabla 13, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C

apagado se registró un consumo de 4.60 L, esto indica un incremento del 82% más con respecto al valor anterior de 2.53 L y un incremento del 95% con respecto al valor base de 2.35 L, este aumento en el consumo es debido al aumento de velocidad de circulación que causa que se inyecte mayor combustible y un uso más agresivo del acelerador, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 0.65% más con respecto al consumo base de 4.60 L, teniendo así un valor de 4.63 L, este crecimiento del consumo de combustible casi imperceptible con una variación menor al 1% indica que la velocidad media del aire acondicionado resta casi nada de energía al motor, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la autopista, el consumo aumentó un 8.69% más con respecto al consumo base de 4.60 L, teniendo un valor de 5 L, esto evidencia un consumo bastante bajo en comparación al Kia Sportage 2019 que obtuvo un consumo 162% mayor, esto es debido a que la cilindrada del Kia Picanto es mucho menor que la del Kia Sportage 2019, por lo que su consumo es mucho menor. Con estos resultados obtenidos, podemos visualizar que un motor 2.0 y un motor 1.2 tienen consumos de combustible bastante similares en las tres diferentes condiciones de uso del aire acondicionado a velocidades inferiores a 60 km/h.

Tabla 13: Variación de Consumo de en zona autopista

Kia Picanto 1.2		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso AC	4.60 L	-
AC mitad	4.63 L	+0.65 (%)
AC máximo	5 L	+8.69 (%)

En la Figura 16 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible del Kia Cerato 1.6 con respecto a las distintas condiciones de uso del aire acondicionado, se puede visualizar que en la zona urbana los consumos con el aire acondicionado al máximo y a la mitad tienen una ligera variación con respecto al consumo base en donde no se utiliza el aire acondicionado, pero a medida que se avanza a la zona rural, la variación

del consumo de combustible aumenta notablemente cuando el aire acondicionado está al máximo con respecto al valor base, pero la variación del consumo con el aire acondicionado a la mitad y con el aire acondicionado apagado es similar con una ligera variación, finalmente en la autopista el consumo de combustible al no usar el aire acondicionado es de igual manera bastante próximo al consumo de combustible al usar el aire acondicionado a la mitad, lo que indica un consumo cercano entre ambas condiciones.

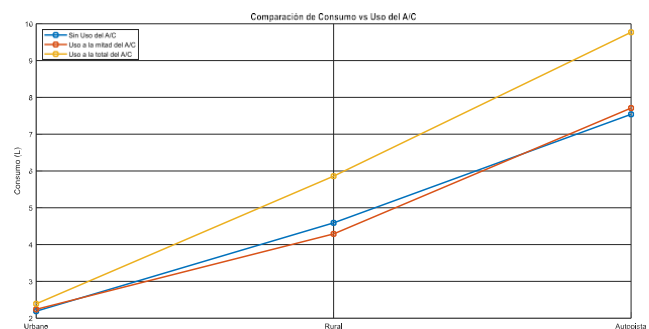


Figura 16. Comparación de consumo por zona con el uso del aire acondicionado del Kia Cerato

En la tabla 14, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 2.19 L, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 2.28% con respecto al consumo base de 2.19 L, teniendo así un valor de 2.24 L, esta aumento del consumo de combustible se debe al uso del aire acondicionado que consume energía del motor y le resta potencia, ya como fue mencionado anteriormente, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la zona urbana, el consumo aumentó un 9.13% más con respecto al consumo base de 2.19 L, teniendo un valor de 2.39 L, esto refleja un aumento progresivo del consumo debido a que al aumentar la velocidad del A/C se le resta mayor potencia al motor, por lo que se inyecta mayor combustible para contrarrestar esa pérdida, tal como fue mencionado anteriormente. Con estos resultados obtenidos, podemos visualizar que los consumos en zona urbana son similares entre los tres vehículos al circular a velocidades inferiores a 60 km/h, con variaciones

en el consumo menores al 16% en cada una de las condiciones de uso del aire acondicionado.

Tabla 14: Variación de Consumo de en zona urbana

Kia Cerato 1.6		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso AC	2.19 L	-
AC mitad AC	2.24 L	+2.28 (%)
máximo	2.39 L	+9.13 (%)

En la tabla 15, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 4.29 L, esto indica un incremento del 95.89% más con respecto al valor anterior de 2.19 L, esto es debido a que se conduce a mayores rangos de velocidad que causan que se inyecte una mayor cantidad de combustible, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 7% más con respecto al consumo base de 4.29 L, teniendo así un valor de 4.59 L, esto se debe a que entra en funcionamiento el compresor del aire acondicionado que quita potencia al motor, y finalmente al circular con el A/C al máximo en la zona rural, el consumo aumentó un 36.60% más con respecto al consumo base de 4.29 L, teniendo un valor de 5.86 L, esto indica un aumento notable del consumo de combustible que se produce debido a que el compresor del aire acondicionado quita mayor energía al motor y se tiene un uso más agresivo del acelerador.

Tabla 15: Variación de Consumo de en zona rural

Kia Cerato 1.6		
Condición	Consumo	Variación
Sin uso AC	4.29 L	-
AC mitad AC	4.59 L	+7 (%)
máximo	5.86 L	+36.60 (%)

En la tabla 16, se muestra las diferentes condiciones de uso del aire acondicionado, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado se registró un consumo de 7.54 L, esto indica un incremento del 75.76% más con respecto al valor anterior de 4.29 L y un incremento del 244.29% con respecto valor base de 2.19 L, este aumento en el consumo es debido al aumento de velocidad de circulación que causa que se inyecte mayor combustible y un uso más agresivo del acelerador, pero al circular con el A/C en la mitad, el consumo aumenta un 2.25% más con respecto al consumo base de 7.54 L, teniendo así un valor de 7.71 L, este crecimiento del consumo de combustible es levemente mayor con una variación menor al 3% indica que la velocidad media del aire acondicionado resta casi nada de energía al motor, esto es debido a que un motor a mayor régimen de velocidad produce mayor potencia, y esta potencia no se ve afectada de manera notable al tener el aire acondicionado a la mitad de velocidad y finalmente al circular con el A/C al máximo en la autopista, el consumo aumentó un 29.58% más con respecto al consumo base de 7.54 L, teniendo un valor de 9.77 L. Estos resultados indican que al circular a velocidades superiores o iguales a 90 km/h, el consumo al no usar el aire acondicionado y al usar el aire acondicionado a velocidad media va a ser bastante próximo al tener una variación de tan solo el 2.25%.

Tabla 16: Variación de Consumo de en zona autopista

Kia Cerato 1.6		
Cilindrada	Consumo	Variación
Sin uso AC	7.54 L	-
AC mitad AC	7.71 L	+2.25 (%)
máximo	9.77 L	+29.58 (%)

A partir de conocer los comportamientos individuales de cada vehículo, se efectúa un análisis comparativo en función de la cilindrada del motor.

En la Figura 17 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible sin usar el aire acondicionado entre los tres vehículos con distintas motorizaciones, en la zona urbana se visualiza que el Kia Picanto 1.2 tiene el mayor consumo de combustible entre los tres vehículos, este a pesar de tener la menor motorización es el que más consumió combustible en la zona urbana, esto podría atribuirse a que se tuvo mayores tiempos de parada, se tuvo un uso más agresivo del acelerador y se registró una conducción más agresiva al realizar los ensayos RDE en este vehículo, mientras el consumo entre el Kia Sportage 2.0 y el Kia Cerato 1.6 se mantuvieron similares, pero en la zona rural el Kia Picanto 1.2 fue el vehículo que menor cantidad de combustible consumió, seguido por el Kia Cerato 1.6 y finalmente por el Kia Sportage 2.0, esto refleja que a medida que la motorización aumenta, el consumo también aumenta, el consumo es directamente proporcional a la motorización.

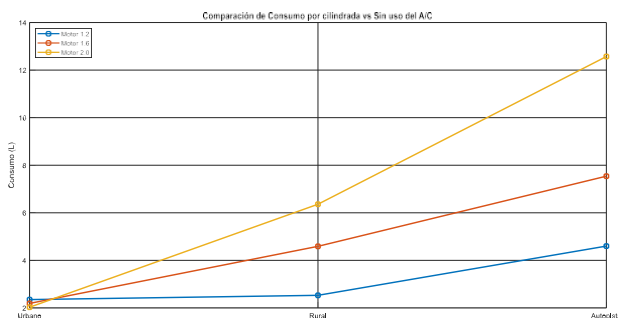


Figura 17. Comparación de consumo por cilindrada sin uso del aire acondicionado

En la tabla 17, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado en el motor 2.0 del Kia Sportage se registró un consumo de 2.03 L, seguido por el motor 1.6 del Kia Cerato, el cual el consumo aumentó un 7.83% más con respecto al consumo base del motor 2.0 de 2.03 L, teniendo así un consumo de combustible de 2.19 L, finalmente en el motor 1.2 del Kia Picanto se registró un aumento del 15.76% más con respecto al valor base del motor 2.0 de 2.03 L, teniendo así un consumo de combustible de

2.35 L. Con estos resultados obtenidos de la zona urbana, se evidenció que el consumo del Kia Sportage 2.0 y Kia Cerato 1.6 son similares con una variación inferior al 8%, pero el Kia Picanto 1.2, a pesar de tener la menor cilindrada, fue el vehículo que más consumió, esto se debió deber a que se tuvo mayores tiempos de parada y hubo una conducción más agresiva con este vehículo que con los otros mencionados.

Tabla 17: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona urbana.

Sin utilización del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	2.03 L	-
Motor 1.2	2.35 L	+15.76 (%)
Motor 1.6	2.19 L	+7.83 (%)

En la tabla 18, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 2.53 L, esto indica un incremento del 7.65% más con respecto al valor anterior de 2.35 L, pero una disminución del 60.22 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el registró un consumo de 4.59 L, esto indica un incremento del 109.58% más con respecto al consumo anterior de 2.19 L, pero una disminución del 27.83% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, en el que se registró un consumo de 6.36 L, esto indica un incremento del 213.31% más con respecto al consumo anterior de 2.03 L. Estos resultados obtenidos revelan que al circular a velocidades entre 60 km/h y 90 km/h, el motor de menor cilindrada es el más eficiente, esto es debido a que el motor de menor cilindrada pesa menos, favorecido también por el peso reducido de la carrocería que facilita el desplazamiento con una menor carga del motor, generando un

menor consumo de combustible a diferencia de los otros motores de mayor cilindrada, que requieren una mayor carga para poder desplazarse y mantenerse a estos rangos de velocidad.

Tabla 18: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona rural.

Sin utilización del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	6.36 L	-
Motor 1.2	2.53 L	-60.22 (%)
Motor 1.6	4.59 L	-27.83 (%)

En la tabla 19, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C apagado en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 4.60 L, esto indica un incremento del 81.81% más con respecto al valor anterior de 2.53 L, pero una disminución del 63.40 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el cual registró un consumo de 7.54 L, esto indica un incremento del 64.27% más con respecto al consumo anterior de 4.59 L, pero una disminución del 40.1% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, el cual registró un consumo de 12.57 L, esto indica un incremento del 97.64% más con respecto al consumo anterior de 6.36 L. Estos resultados obtenidos demuestran que el motor de mayor cilindrada al circular a velocidades mayores o iguales a 90 km/h es el que mayor consumo de combustible obtuvo, esto es debido a que un motor de mayor cilindrada al tener cilindros más grandes se inyecta una mayor cantidad de combustible para entregar mayor potencia, y para mantener la mezcla aire-combustible adecuada, adicionalmente el Kia Sportage es un vehículo pesado a diferencia del Kia Picanto y el Kia Cerato, lo que provoca que en altas velocidades se exija mayor energía para mantener el vehículo a velocidades elevadas de forma constante.

Tabla 19: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona autopista.

Sin utilización del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	12.57 L	-
Motor 1.2	4.60 L	-63.40 (%)
Motor 1.6	7.54 L	-40.1 (%)

En la Figura 18 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible al usar el aire acondicionado a la mitad entre los tres vehículos con distintas motorizaciones, en la zona rural se visualiza que el Kia Sportage 2.0 tiene el mayor consumo de combustible entre los tres vehículos, esto es debido a que, al tener el motor de mayor cilindrada entre los vehículos, se necesita una mayor inyección de combustible para mantener al motor estable, y al hacer uso del aire acondicionado se le resta potencia considerable al motor, lo que dificulta su desplazamiento al ser un vehículo grande, por lo que se necesita pisar más el acelerador para mantener una velocidad constante, posteriormente en la zona rural y en la autopista el consumo de combustible aumentó de forma lineal, mientras que el Kia Picanto 1.2 tuvo un consumo similar en las zonas urbana y rural, pero el consumo aumentó considerablemente en autopista, finalmente el Kia Cerato 1.6 tuvo un consumo intermedio durante el trayecto.

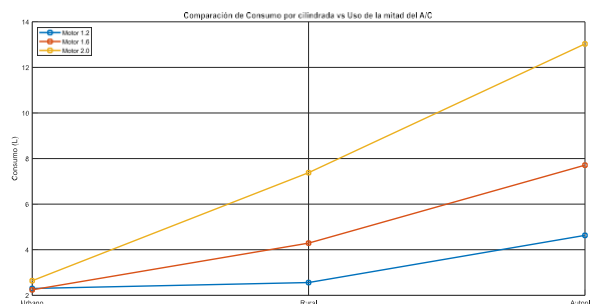


Figura 18. Comparación de consumo por cilindrada y uso 50% del aire acondicionado

En la tabla 20, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C a la mitad en el motor 1.6 del Kia Cerato, el consumo disminuyó un 15.15% con respecto al consumo base del motor

2.0 de 2.64 L, teniendo así un consumo de combustible de 2.24 L, seguido por el motor 1.2 del Kia Picanto, en el cual se registró una disminución del 12.87% con respecto al valor base del motor 2.0 de 2.64 L, teniendo así un consumo de combustible de 2.30 L, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, en el cual se registró un consumo de 2.64 L. Con estos resultados obtenidos, podemos determinar que el consumo de combustible con el aire acondicionado a la mitad del Kia Picanto 1.2 y Kia Cerato 1.6 es bastante similar al consumo al circular sin usar el aire acondicionado entre ambos vehículos, con una variación menor al 3% señala que al circular en velocidades menores a 60 km/h con el aire acondicionado a la mitad en ambos vehículos, no se percibe un aumento notable de combustible.

Tabla 20: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona urbana.

Uso de la mitad del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	2.64 L	-
Motor 1.2	2.30 L	-12.87 (%)
Motor 1.6	2.24 L	-15.15 (%)

En la tabla 21, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C a la mitad en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 2.56 L, esto indica un incremento del 11.31% más con respecto al valor anterior de 2.30 L, pero una disminución del 65.31 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el registró un consumo de 4.29 L, esto indica un incremento del 91.52% más con respecto al consumo anterior de 2.24 L, pero una disminución del 41.86% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, en el que se registró un consumo de 7.38 L, esto indica un incremento del 179.54% más con respecto al consumo anterior de 2.64 L. Con estos resultados obtenidos, podemos determinar que el consumo de combustible del Kia Picanto 1.2

y del Kia Cerato 1.6 al circular con el aire acondicionado a la mitad se mantuvo similar al consumo de circular sin el aire acondicionado, con una variación menor al 7% prácticamente el aumento en el consumo es imperceptible al circular con los vehículos mencionados con anterioridad a velocidades entre 60 km/h y 90 km/h.

Tabla 21: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona rural.

Uso de la mitad del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	7.38 L	-
Motor 1.2	2.56 L	-65.31 (%)
Motor 1.6	4.29 L	-41.86 (%)

En la tabla 22, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C a la mitad en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 4.63 L, esto indica un incremento del 80.86% más con respecto al valor anterior de 2.56 L, pero una disminución del 64.46 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el cual registró un consumo de 7.71 L, esto indica un incremento del 79.72% más con respecto al consumo anterior de 4.29 L, pero una disminución del 40.82% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, el cual registró un consumo de 13.03 L, esto indica un incremento del 76.56% más con respecto al consumo anterior de 7.38 L. Los resultados obtenidos demuestran que, al circular a velocidades iguales o superiores a 90 km/h, el consumo de combustible es similar tanto cuando el aire acondicionado funciona a potencia media como cuando permanece apagado, con una variación menor al 4 % entre los tres vehículos confirma que el aumento del consumo de combustible es casi imperceptible a velocidades elevadas, esto es debido a que el motor genera una gran cantidad de potencia que el uso del aire acondicionado no le afecta de forma considerable.

Tabla 22: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona autopista.

Uso de la mitad del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	13.03 L	-
Motor 1.2	4.63 L	-64.46 (%)
Motor 1.6	7.71 L	-40.82 (%)

En la Figura 19 se presenta la variación del consumo instantáneo de combustible al usar el aire acondicionado a la máxima velocidad entre los tres vehículos con distintas motorizaciones, en la zona rural se visualiza que el Kia Picanto 1.2 y el Kia Sportage tienen consumos bastante similares entre ellos, pero al circular a la zona rural, el consumo del Kia Cerato 1.6 aumenta linealmente, finalmente en la autopista se conserva el mismo orden de motorización que las anteriores gráficas, el motor de mayor cilindrada fue el que mayor consumo de combustible obtuvo, el motor de baja cilindrada fue el de mejor autonomía de combustible, y el motor de mediana cilindrada fue el que obtuvo un consumo intermedio de combustible.

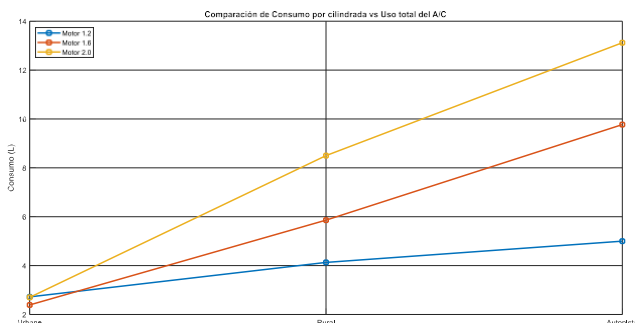


Figura 19. Comparación de consumo por cilindrada y uso 100% del aire acondicionado

En la tabla 23, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona urbana a velocidades inferiores a 60 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C al máximo en el motor 1.6 del Kia Cerato, el consumo disminuyó un 11.48% con respecto al consumo base del motor 2.0 de 2.7 L, teniendo así un consumo de combustible de 2.39 L, seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, en el cual se registró un consumo de 2.7 L, finalmente seguido por el motor 1.2 del Kia Picanto, en el cual se registró

un aumento del 0.74% más con respecto al valor base del motor 2.0 de 2.7 L, teniendo así un consumo de combustible de 2.72 L. Con los resultados obtenidos, podemos determinar que el consumo del motor 1.6 del Kia Cerato y del motor 2.0 del Kia Sportage al circular en zona urbana es similar tanto cuando el aire acondicionado funciona a potencia media como cuando funciona a potencia máxima, con una variación menor al 7 % entre ambos vehículos confirma que el aumento del consumo de combustible es casi imperceptible a bajas velocidades.

Tabla 23: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona urbana.

Uso total del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	2.7 L	-
Motor 1.2	2.72 L	+0.74 (%)
Motor 1.6	2.39 L	-11.48 (%)

En la tabla 24, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en zona rural a velocidades que oscilan entre 60 km/h y 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C al máximo en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 4.13 L, esto indica un incremento del 51.84% más con respecto al valor anterior de 2.72 L, pero una disminución del 51.41% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el registró un consumo de 5.86 L, esto indica un incremento del 145.18% más con respecto al consumo anterior de 2.39 L, pero una disminución del 31.05 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, en el que se registró un consumo de 8.5 L, esto indica un incremento del 214.82% más con respecto al consumo anterior de 2.64 L.

Tabla 24: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona rural.

Uso total del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	8.5 L	-

Motor 1.2	4.13 L	-51.41 (%)
Motor 1.6	5.86 L	-31.05 (%)

En la tabla 25, se muestra las diferentes cilindradas de cada vehículo, con su respectivo consumo y la variación que existe entre los valores al circular en autopista a velocidades mayores o iguales 90 km/h, los resultados muestran que al circular con el A/C al máximo en el motor 1.2 del Kia Picanto, se registró un consumo de 5 L, esto indica un incremento del 21% más con respecto al valor anterior de 4.13 L, pero una disminución del 61.91 % con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, seguido por el motor el motor 1.6 del Kia Cerato, el cual registró un consumo de 9.77 L, esto indica un incremento del 66.73% más con respecto al consumo anterior de 5.86 L, pero una disminución del 25.59% con respecto al consumo del motor del Kia Sportage 2.0, finalmente seguido por el motor 2.0 del Kia Sportage, el cual registró un consumo de 13.13 L, esto indica un incremento del 54.47% más con respecto al consumo anterior de 8.5 L. Los resultados obtenidos demuestran que, al circular a velocidades iguales o superiores a 90 km/h en el vehículo Kia Sportage 2.0 el consumo de combustible se mantiene prácticamente similar tanto cuando el aire acondicionado opera a potencia media o máxima como cuando permanece apagado, con una variación menor al 4% es prácticamente imperceptible el aumento del consumo de combustible, el consumo se mantiene similar debido a que al ser un motor de mayor cilindrada, a grandes velocidades el motor está a una carga alta que permite desarrollar mayor potencia a diferencia de los otros motores, y la cantidad de potencia que le resta el aire acondicionado al motor es irrelevante, por lo tanto, el consumo de combustible se mantiene similar al que se registraría si este estuviera apagado.

Tabla 25: Variación de Consumo de combustible entre cada motor en zona autopista.

Uso total del A/C		
Cilindrada	Consumo	Variación
Motor 2.0	13.13 L	-
Motor 1.2	5 L	-61.91 (%)
Motor 1.6	9.77 L	-25.59 (%)

3.1.2. Variación en la apertura de las ventanas

Proseguimos con el análisis porcentual, variando la apertura de las ventanas

En la Figura 20 se presenta la comparación de consumo instantáneo de combustible cuando se varía la apertura de las ventanas, donde se observa la tendencia lineal creciente en cada zona.

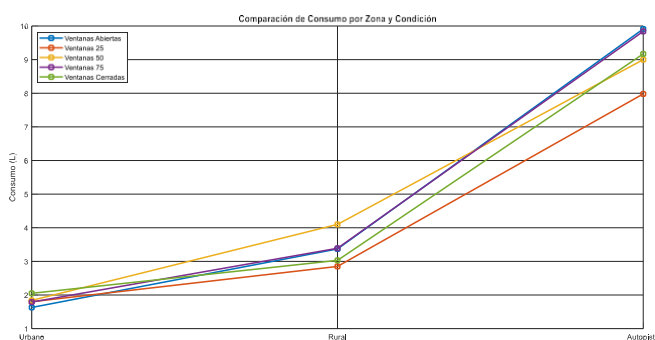


Figura 20. Comparación de consumo por zona variando la apertura de las ventanas del Chevrolet Groove

En la tabla 26, se muestra la variación de consumo en la zona urbana, donde el consumo de Chevrolet Groove cuando se tienen las ventanas cerradas el cual es el valor base donde se tiene un consumo de 2.05L, cuando se apertura un 25% se tiene un consumo de 1.8L con una reducción de 12.19%, cuando se apertura un 50% tiene un consumo 1.84 L con una reducción de 10.24%, cuando se apertura un 75% tiene un consumo de 1.79 L con una reducción de 12.68% y cuando se abren en su totalidad tiene un consumo de 1.63 L con una reducción del 20.48%, notando que el vehículo tiene un menor consumo cuando se abren las ventanas, debido a que se reduce la carga aerodinámica.

Tabla 26: Variación de Consumo de en zona urbana

Chevrolet Groove 1.5		
Condición	Consumo	Variación
Ventanas Cerradas	2.05 L	-
Apertura de ventana 25	1.8 L	-12.19 (%)
Apertura de ventana 50	1.84 L	-10.24 (%)

Apertura de ventana 75	1.79 L	-12.68 (%)
Ventanas Abiertas	1.63 L	-20.48 (%)

En la tabla 27, se muestra la variación de consumo en la zona rural, donde el consumo de Chevrolet Groove cuando se tienen las ventanas cerradas se tiene un consumo de 3.03 L, cuando se apertura un 25% se tiene un consumo de 2.85 L con una reducción de 5.94%, cuando se apertura un 50% tiene un consumo 4 L con un incremento de 35.31%, cuando se apertura un 75% tiene un consumo de 3.39 L con un incremento de 11.88% y cuando se abren en su totalidad tiene un consumo de 3.37 L con un incremento de 11.22%, al aumentar la velocidad, se aumenta la carga ejercida por la fuerza aerodinámica debido a que son directamente proporcionales, dado que la diferencia de velocidad entre el aire del habitáculo y el aire del exterior generan flujos turbulentos.

Tabla 27: Variación de Consumo de en zona rural

Chevrolet Groove 1.5		
Condición	Consumo	Variación
Ventanas Cerradas	3.03 L	-
Apertura de ventana 25	2.85 L	-5.94 (%)
Apertura de ventana 50	4.01 L	+35.31 (%)
Apertura de ventana 75	3.39 L	+11.88 (%)
Ventanas Abiertas	3.37 L	+11.22 (%)

En la tabla 28, se muestra la variación de consumo en la zona rural, donde el consumo de Chevrolet Groove cuando se tienen las ventanas cerradas se tiene un consumo de 9.17 L, cuando se apertura un 25% se tiene un consumo de 7.98 L con una reducción de 12.97%, cuando se apertura un 50% tiene un consumo 9 L con una reducción de 1.85%, cuando se apertura un 75% tiene un consumo de 9.84 L con un incremento de 7.30% y cuando se abren en su totalidad tiene un consumo de 9.91 L con un incremento de 8.06%, Se observa como cuando la apertura es igual o menor al 50% existe una reducción en el consumo la cual podría atribuirse debido a un posible equilibrio entre el aire circundante del

vehículo con las estelas de baja presión, cuando la apertura es supera el 50% genera un incremento en el consumo dado que se pierde ese equilibrio y genera una mayor potencia requerida para vencer las fuerzas.

Tabla 28: Variación de Consumo de en zona autopista

3.1.3. Variación de la presión de inflado

En la Figura 21 se puede visualizar el comportamiento del consumo instantáneo de combustible cuando se modifica la presión de inflado de los neumáticos en cada tramo del ciclo, tomando en cuenta que la presión recomendada por el fabricante son 35 PSI, y se modificara el valor de la presión de inflado en alza y baja de 2 PSI, es decir 33 PSI y 37 PSI respectivamente. consideración que el valor base es del vehículo es el estándar. Se observa que se tiene una tendencia lineal creciente muy pareja entre las 3 diferentes presiones.

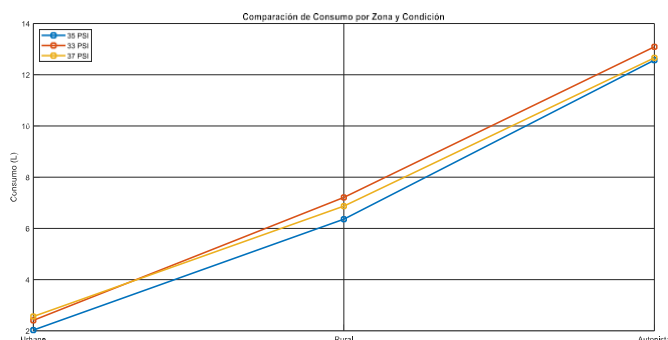


Figura 21. Comparación de consumo por zona variando la presión de inflado del Kia Sportage

En la tabla 29, se muestra los consumos que se tiene en la zona urbana, con respecto a la recomendada por el fabricante de 35 PSI con un consumo de 2.03 L, con 33 PSI se tiene un consumo de 2.42 L con un incremento de 19.21%, mientras que con 37 PSI se tiene un consumo de 2.56 L con un incremento de 26.11%, se interpreta que al momento de

arrancar el vehículo le cuesta al motor hacer con una mayor presión debido al mayor peso de los neumáticos, mientras que con una menor presión facilita este proceso.

Tabla 29: Variación de Consumo de combustible modificando la presión de inflado en zona urbana.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
35 PSI	2.03 L	-
33 PSI	2.42 L	+19.21 (%)
37 PSI	2.56 L	+26.11 (%)

En la tabla 30, se muestra los consumos que se tiene en la zona urbana, con respecto a la recomendada por el fabricante de 35 PSI con un consumo de 6.36 L, con 33 PSI se tiene un consumo de 7.21 L con un incremento de 13.36%, mientras que con 37 PSI se tiene un consumo de 6.87 L con un incremento de 8.03%, al disminuir la presión se aumenta el área de contacto del neumático con la calzada generando más resistencia a la rodadura, mientras que al aumentar la presión se aumenta el peso que tiene que cargar el vehículo.

Tabla 30: Variación de Consumo de combustible modificando la presión de inflado en zona rural.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
35 PSI	6.36 L	-
33 PSI	7.21 L	+13.36 (%)
37 PSI	6.87 L	+8.03 (%)

En la tabla 31, se muestra los consumos que se tiene en la zona urbana, con respecto a la recomendada por el fabricante de 35 PSI con un consumo de 12.57 L, con 33 PSI se tiene un consumo de 13.09 L con un incremento de 4.14%, mientras que con 37 PSI se tiene un consumo de 12.66 L con un incremento de 0.72%, esto se puede considerar una variación despreciable debido a que no llega al 1%, en la menor presión se puede decir que debido a la velocidad y el tiempo de contacto, se reduce la altura dinámica, reduciendo la deformación del neumático y su radio dinámico comprimido por lo cual existe un menor consumo si se lo compara con las anteriores zonas.

Tabla 31: Variación de Consumo de combustible modificando la presión de inflado en zona autopista.

Kia Sportage 2.0		
Condición	Consumo	Variación
35 PSI	12.57 L	-
33 PSI	13.09 L	+4.14 (%)
37 PSI	12.66 L	+0.72 (%)

3.2. Modelo Matemático a partir de Regresión Lineal

Para determinar las variables que pueden ser validadas para la formulación del modelo matemático primero se realizó una matriz de correlación mostrada en la Figura 22. La cual nos indica que variables tienen más relación con el consumo instantáneo de combustible, tomando como punto de partida que variables se van a usar inicialmente con el propósito de obtener un valor de R^2 más alto en función de los PID's, se busca llegar a un valor alto, R^2 no obstante, para simplificar los cálculos es recomendable emplear la menor cantidad de variables.

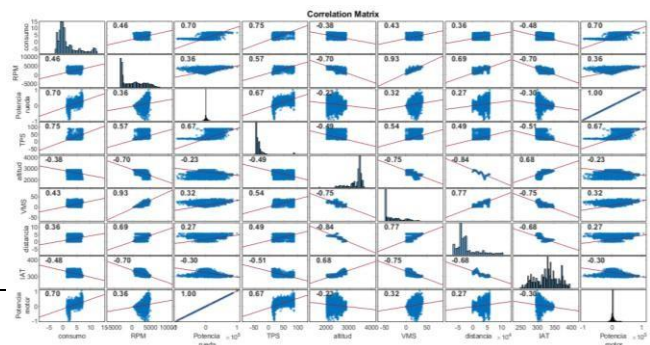


Figura 22. Matriz de correlación

Por lo que se fue evaluando cada variable para determinar cuál era el mejor resultado posible con el menor número de variables posibles como se muestra en la Figura 23. Al ir examinando que variables pueden ser usadas, se puede ir verificando que valores se obtiene con un cierto número de variables, hasta llegar al mínimo de variables aceptables.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
VSS	RPM	P_MOTOR	TPS	DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA						
VSS	RPM	P_MOTOR	TPS	DIST	IAT		0.664		VSS	RPM	P_MOTOR	TPS	0.639
RPM	P_MOTOR	TPS	DIST	IAT	P_RUEDA		0.65		RPM	P_MOTOR	TPS	DIST	0.639
P_MOTOR	TPS	DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA		0.66		P_MOTOR	TPS	DIST	IAT	0.664
TPS	DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA	VSS		0.64		TPS	DIST	IAT	P_RUEDA	0.659
DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA	VSS	RPM		0.57		DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA	0.579
IAT	P_RUEDA	ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR		0.57		IAT	P_RUEDA	ALTURA	VSS	0.579
P_RUEDA	ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR	TPS		0.64		P_RUEDA	ALTURA	VSS	RPM	0.548
ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR	TPS	DIST		0.645		ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR	0.553
VSS	RPM	P_MOTOR	TPS	DIST			0.642		P_MOTOR	TPS	IAT	ALTURA	0.656
RPM	P_MOTOR	TPS	VSS	IAT			0.66						
P_MOTOR	TPS	DIST	IAT	P_RUEDA			0.657						
TPS	DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA			0.66						
DIST	IAT	P_RUEDA	ALTURA	VSS			0.576						
IAT	P_RUEDA	ALTURA	RPM	P_MOTOR			0.576						
P_RUEDA	ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR			0.551						
ALTURA	VSS	RPM	P_MOTOR	TPS			0.644						

Figura 23. Evaluación de variables

El siguiente modelo consta de las siguientes variables como: El TPS, IAT, la Altitud y la Potencia motor.

Dando como resultado la siguiente ecuación

$$\begin{aligned}
 Fuel_{rate} \approx & 7.8467 + (0.046995 \cdot TPS) \\
 & + (0.00031594 \cdot Altitud) \\
 & + (-0.020961 \cdot IAT) \\
 & + (9.8718e - 05 \cdot P_{motor})
 \end{aligned}$$

Y coeficientes estimados

Tabla 32: Estimación de coeficientes del modelo matemático

Valor de R^2 : 0.656				
	Estimado	SE	tStat	pValor
Intercepto	7.8467	0.17436	45.002	0
TPS	0.046995	0.00059832	78.545	0
Altitud	0.00031594	4.2764e-05	7.388	1.5374e-13
IAT	-0.020961	0.00063963	-32.77	1.126e-230
P motor	9.8718e-05	5.3438e-07	72.454	0

En la Figura 24 se presenta la gráfica de la estimación del consumo de combustible establecida en el modelo matemático.

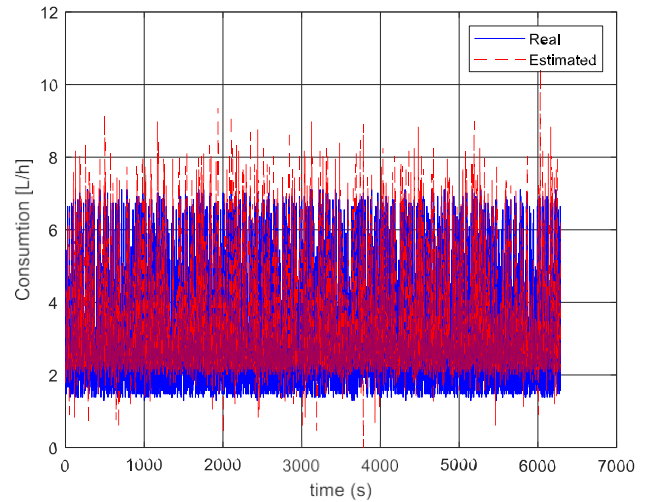


Figura 24. Visualización del modelo matemático del consumo instantáneo de combustible

En la Figura 25 se realiza un aumento para visualizar de mejor manera como se representa el ajuste del modelo matemático, la línea azul representa el consumo instantáneo de combustible real, considerando que la línea roja representa como se trata de ajustar consumo instantáneo de combustible estimado con respecto al real, representando numéricamente por el 0.656.

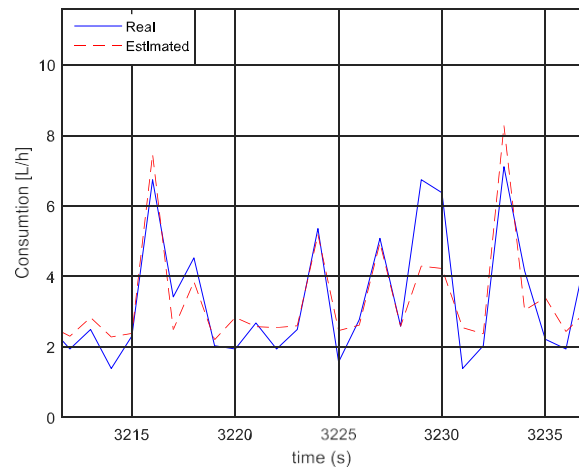


Figura 25. Aumento de la gráfica de la estimación del consumo instantáneo de combustible

4. Conclusiones

Se evidenció que en bajas velocidades es mejor circular con las ventanas abajo, se mostró que

existe una reducción del consumo gradual del 10-20% debido a las pérdidas por turbulencia. En velocidades medias como en la zona rural se registra un incremento gradual de combustible del 11-35% a causa de las estelas y vórtices en la parte posterior del vehículo. En velocidades altas se obtuvo un distinto comportamiento dependiendo de la apertura de las ventanas si es menor al 50% el consumo se disminuye entre un 1-12%, esta disminución es a causa de que las condiciones los flujos de aire interior y exterior tienden a homogenizarse, reduciendo las estelas y vórtices. Por otra parte, cuando la apertura supera el 50% se incrementa entre un 7-8%, dado que se generan más estelas y vórtices, incrementando la resistencia aerodinámica.

Se comprobó que en cuanto al circular con una presión de inflado mayor, el consumo tiende a incrementar entre un 12-26%, a causa del aumento de la rigidez del neumático reduciendo el área de contacto. Circulando a medias velocidades el tener una menor presión de inflado, incrementa el consumo hasta un 13.36% provocado por el aumento de la resistencia a la rodadura. En cuanto a las altas velocidades sigue afectando tener una menor presión de inflado, aumentando al consumo entre un 4-9%, a causa de la histéresis que disminuye su participación relativa en el consumo de combustible debido al predominio del arrastre aerodinámico. Aunque el consumo con presiones mayores de inflado no es tan significativo de 0.72-7%.

En comparación entre vehículos de distinta cilindrada en el tema del uso del aire acondicionado a distintos niveles de uso, con nuestro estudio realizado, determinamos que un vehículo con una mayor cilindrada siempre consumirá mayor combustible al circular a velocidades superiores a 60 km/h, con un incremento del consumo de combustible cercano al 188% en sector rural y cercano al 181% en autopista entre un motor 2.0 y un motor 1.2 al usar el aire acondicionado a media capacidad, al usar el aire acondicionado a máxima capacidad, se obtiene un incremento cercano al 105% en sector rural y cercano al 163% en autopista entre un motor 2.0 y un motor 1.2, esto debido a que al usar el aire

acondicionado a media velocidades quita una potencia significativa al motor, y para contrarrestar esta pérdida de potencia, la ECU del vehículo manda a inyectar mayor combustible a la cámara de combustión, y un vehículo con una mayor cilindrada posee una cámara de combustión más grande, por lo que su consumo será mucho mayor que motores con una menor cilindrada al tener una cámara de combustión más pequeña. Adicionalmente, se constató que un motor de mayor cilindrada consume a mayores velocidades una cantidad de combustible similar ya sea con el aire acondicionado a la mitad o al máximo como cuando si este estuviera apagado, con una variación menor al 5% en ambas condiciones de uso, es casi imperceptible notar un aumento de consumo de combustible.

Finalmente se presenta un modelo matemático de Regresión

Lineal Múltiple en el cual para la estimación del consumo instantáneo de combustible se descartan parámetros que tienen relación directa con el consumo como lo son: El sensor MAP y el flujo de combustible (Fuel Flow Rate). Por lo que se realizaron varias pruebas para determinar que variables usar de las cuales se escogieron: TPS, IAT, Altitud y Potencia motor con las cuales se calculó un valor de R^2 de 0.656.

Referencias

- AEADE - Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (2025, June 11). <https://www.aeade.net/>
- Aeropuerto Internacional de Quito. (2014, August 1). *El Aeropuerto Mariscal Sucre está más cerca de ti gracias a la ruta Collas*. <https://www.aeropuertoquito.aero/el-aeropuerto-mariscal-sucre-esta-mas-cerca-de-ti-gracias-a-la-ruta-collas/>
- Aguiar Guerrero, J. I., & Reyes Zambrano, J. S. (2021). *Recolección, análisis y envío de datos de la unidad de control de motor (ECU) a bordo de un vehículo para monitoreo a través de una*

- aplicación móvil.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21348/1/UPS-CT009382.pdf>
- Alarcón Salvador, M., Quiroga Ferri, D., Hidalgo, R., Salas Guzmán, P., & Helena Carrillo, J. (2024). *Encuesta de Percepción Ciudadana*.
https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2024/11/DOC-20241112-WA0007-_compressed.pdf
- Brown, E. (2024, October 31). *What is the Real Driving Emissions (RDE) Test*.
https://www.evanshalshaw.com/blog/what-is-the-rde/?srsltid=AfmBOop_IUQkRc72WuBErrM9Ap-HMCZv3Yp0YU17isGJDvHFhmz5uZP
- Comisión Nacional de Transporte Terrestre, T. y S. V. (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial*. www.lexis.com.ec
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2017). *REGLAMENTO (UE) 2017/1151 DE LA COMISIÓN*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32017R1151>
- El Comercio. (2014.). *Al inicio de la Pana Norte se circula a 5 km/h*. Retrieved December 28, 2025, from <https://www.elcomercio.com/actualidad/transito-panamericana-norte-quito-carapungo-collas/>
- El Comercio. (2025, January 23). *Trabajos en la av. Galo Plaza Lasso arrancan una nueva fase, en Quito*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/trabajos-av-galo-plaza-lasso-arrancan-nueva-fase-quito/>
- Fang, Y. (2025). Impact of Aerodynamic Design on Vehicle Performance and Vortex Wake Flow. *Theoretical and Natural Science*, 86(1), 1–7.
<https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.20202>
- Huang, Y., Ng, E. C. Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Lu, X., Du, B., Forehead, H., Perez, P., & Chan, E. F. C. (2021). Impact of drivers on real-driving fuel consumption and emissions performance. *Science of the Total Environment*, 798.
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.149297>
- idoneo. (2025). *Pruebas RDE*.
<https://idoneo.es/motorpedia/pruebas-rde>
- Kurtyka, K., & Pielecha, J. (2019). The evaluation of exhaust emission in RDE tests including dynamic driving conditions. *Transportation Research Procedia*, 40, 338–345.
<https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2019.07.050>
- Moradi, E., & Miranda-Moreno, L. (2020). Vehicular fuel consumption estimation using real-world measures through cascaded machine learning modeling. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 88, 102576.
<https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102576>
- Naula Chanataxi, J. E., & Yépez López, J. J. (2024). *Análisis del consumo específico de combustible respecto a diferentes valores de alineación de neumáticos en la conducción de un vehículo tipo m1*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28874>
- Rivera-Campoverde, N. D., Arenas-Ramírez, B., Sanz, J. L. M., Jiménez, E., Rivera-Campoverde, N. D., Arenas-Ramírez, B., Sanz, J. L. M., & Jiménez, E. (2024). GPS Data and Machine Learning Tools, a Practical and Cost-Effective Combination for Estimating Light Vehicle Emissions. *Sensors 2024, Vol. 24, 24(7)*.
<https://doi.org/10.3390/S24072304>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2016, September 9). *Inspección de Vehículos Automotores bajo Reglamentos Técnicos INEN*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/inspeccion-de-vehiculos-automotores-bajo-reglamentos-tecnicos-inen/>
- Sinocastel. (2025, February 1). *Do You Know What is PID*.
<https://www.sinocastel.com/do-you-know-what-is-pid/>

Tenango-Pirin, O. (2020). *Estudio numérico del efecto de generadores de vórtices en la aerodinámica de un vehículo tipo sedán.*

<https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/5ed6c219c930145149b94b42/1591132712160/To+mo+04+-+Memorias+del+Congreso+Academia+Journals+Chetumal+2020.pdf>

Thi, N. Y. L., Nguyen, D. K., Than, T. H. Y., Bui, L. H. M., & Cao, M. Q. (2025). Developing the matlab toolbox for determining the real-world driving characteristics of vehicles. *Tạp Chí Khoa Học Giao Thông Vận Tải*, 76(4), 504–518.

<https://doi.org/10.47869/TCSJ.76.4.5>

D. Gillespie, T. (1992). *Fundamentals of vehicle dynamics*. Estados Unidos: Society of automotive Engineers, Inc.

Anexos: Acta

Fecha	Tipo (reunión/avance)	Asistentes	Agenda	Acuerdos/Decisiones	Tareas asignadas (qué/quién/cuándo)	Evidencia (acta/pdf/foto)	Observaciones
24/10/2025	Revisión de Prueba 1	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Verificación de la Ruta 1	La prueba no cumplió con la velocidad requerida	Revisión de prueba 1/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/24/10/25		Elaborar una ruta diferente
29/10/2025	Revisión de Prueba 2	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Verificación de la Ruta 2	No se cumplió con el tiempo mínimo de la prueba	Revisión de prueba 2/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/29/10/25		Seguir la ruta sugerida por el tutor
31/10/2025	Validación de Prueba 3	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Verificación de la Ruta 3	La prueba cumplía con todo y es válida para replicar	Validación de prueba 3/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/31/10/25		Continuar con las demás rutas
3/11/2025	Realización de ruta variando parámetros	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger	Ruta Presión de inflado 33 Psi	Prueba con -2 PSI en los neumáticos	Presión 33 PSI/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/3-4/11/2025		n/a
5/11/2025	Definir que parámetros se van a modificar	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Variación de Parámetros	Establecer que condiciones se van a variar	Parámetros/Daniel Nenger/5/11/25		n/a
6/11/2025	Realización de ruta variando parámetros	Sebastián Fuenmayor,	Ruta Presión de inflado 37 Psi	Prueba con +2 PSI en los neumáticos	Presión 37 PSI/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/6/11/2025		n/a

		Daniel Nenger				
7/11/2025	Implementar el script de análisis en MATLAB	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Desarrollo del código en Matlab	Realizar los cálculos requeridos	Código Matlab/Daniel Nenger/7/11/25	Dar continuidad a sus actividades
10-11/11/2025	Realización de ruta variando sistemas	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger	Ruta A/C mitad	Prueba con el A/C al 50%	A/C mitad/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/10-11/11/2025	n/a
12-13/11/2025	Realización de ruta variando sistemas	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger	Ruta A/C full	Prueba con el A/C al 100%	A/C full/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/12-13/11/2025	n/a
12/11/2025	Analizar lo obtenido	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Análisis de los resultados obtenidos	Verificar la coherencia de los datos	Análisis de resultados/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/13-14/11/25	Verificación de que los resultados tengan coherencia
14/11/2025	Verificar los resultados	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Inspeccionar los resultados	Excluir resultados que no aportan al objetivo del estudio	Inspección de resultados/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/14/11/25	Reexaminar los datos
19/11/2025	Ver que se va a comparar	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Comparación con otros vehículos	Realizar un análisis comparativo	Comparación/Sebastián Fuenmayor/19/11/25	Omitir comparaciones no pertinentes

19/11/2025	Observar que gráficas son útiles	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Elaboración de las gráficas	Interpretar los gráficos obtenidos	Gráficas/Sebastián Fuenmayor/19/11/25	Dar seguimiento de identificación de gráficas representativas
21/11/2025	Descripción del modelo a utilizar	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Planteamiento de modelo matemático	Dar inicio a la formulación del modelo matemático	Modelo matemático/Daniel Nenger/21/11/25	Unificar la variable correspondiente de todas las pruebas
21/11/2025	Desarrollo de la parte escrita	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Realización de la introducción	Forma de planteamiento de la introducción del trabajo	Introducción/Autor1/21/11/25	n/a
26/11/2025	Verificar la introducción	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Revisión de la introducción	Verificar el avance	Revisión Introducción/Sebastián Fuenmayor/26/11/25	Reformular la introducción
26/11/2025	Plantear que conlleva la metodología	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Elaboración de la metodología	Indicar que debe ir en el contenido	Metodología/Daniel Nenger/26/11/225	n/a
28/11/2025	Comprobar la metodología	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/	Revisión de la metodología	Verificar el avance	Revisión metodología/Daniel Nenger/28/11/25	Plantear las fórmulas a usar

		Ing. Juan Molina				
3/12/2025	Verificar el progreso del modelo matemático	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Revisión del modelo matemático	Verificar el número y que variables se usaron	Revisión modelo/Daniel Nenger/3/12/25	n/a
3/12/2025	Aprobar la introducción	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Validación de la introducción	La introducción está correctamente redactada y es comprensible	Validación introducción/Sebastián Fuenmayor/3/12/25	n/a
3/12/2025	Aprobar la metodología	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Validación de la metodología	La metodología cumple con los criterios previamente establecidos	Validación metodología/Daniel Nenger/3/12/25	n/a
3/12/2025	Aprobar el modelo matemático	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Validación del modelo matemático	El modelo cumple con el objetivo	Validación modelo/Daniel Nenger/3/12/25	n/a
10/12/2025	Describir como se deben plantear los resultados	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Elaboración de los resultados	Desarrollar los resultados obtenidos	Elaboración Resultados/Sebastián Fuenmayor/5/12/25	Revisar los resultados obtenidos

12/12/2025	Se lleva a cabo la revisión de los resultados con base en los criterios definidos	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Revisión de los resultados	Verificar los resultados	Revisión Resultados/Sebastián Fuenmayor/12/12/25	Revisar la forma de plantear los resultados
17/12/2025	Se valida los resultados obtenidos	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Validación de los resultados	Los resultados cumplen con los objetivos planteados	Validación resultados/Sebastián Fuenmayor/17/12/25	n/a
22/12/2025	Se realiza una revisión final de todo el documento	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Revisión total del documento	Leer y analizar toda la estructura del documento	Verificación final/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/22/12/25	Mejor la redacción
22/12/2025	Se aprueba el documento	Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/ Ing. Juan Molina	Validación del documento	El documento ha sido finalizado	Revisión final/Sebastián Fuenmayor, Daniel Nenger/22/12/25	Apto para la revisión

Bitácora

Fecha	Semana/Sesión	Actividad realizada	Resultado/Entregable	Decisión tomada (y por qué)	Responsable	Categoría	Evidencia (link/archivo/foto)	Estado	Observaciones
15/9/2025	Semana 1	Elaboración del título del proyecto	Título	Encabezado que englobe nuestro estudio	Daniel Nenger	Título	titulo.png	Finalizado	n/a
16/9/2025	Semana 1	Revisión de antecedentes	Antecedentes	Buscar estudios similares	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Antecedentes	antecedentes.png	Finalizado	No hay tantos estudios que muestren valores porcentuales
17/9/2025	Semana 1	Plantear objetivos	Objetivos	Definir que vamos a desarrollar acorde a nuestro tema	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Objetivos	objetivos.png	Finalizado	Definir los propósitos y los métodos
22/9/2025	Semana 1	Planteamiento de metodología	Metodología	Explicación de como se va a desarrollar las pruebas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Metodología	metodologia.png	Finalizado	n/a
23/9/2025	Semana 1	Revisión de normativa nacional	Marco teórico	Se utiliza normativa INEN 2656	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Marco teórico	normativa.png	Finalizado	n/a
24/9/2025	Semana 1	Planteamiento del marco teórico	Marco teórico	El estudio se sustenta en el análisis del consumo de combustible por zonas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Marco teórico	marco.png	Finalizado	Buscar estudios similares que respalden nuestra investigación
25/9/2025	Semana 1	Revisión bibliográfica	Bibliografía	Recopilación de fuentes fidedignas para el estudio	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Bibliografía	bibliografia.png	Finalizado	Fuentes citadas a través de Mendeley

2/10/2025	Semana 2	Selección del vehículo de prueba	Experimentación	Vehículo que cuente con OBD II y sensor MAP O MAF	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	vehiculo.jpg	Finalizado	n/a
8/10/2025	Semana 3	Diseño de rutas de pruebas 1	Experimentación	Análisis de la ruta para las pruebas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	fallida 1.jpg	Finalizado	No cumplió con la velocidad media
8/10/2025	Semana 4	Diseño de rutas de pruebas 2	Experimentación	Análisis de la ruta alterna para las pruebas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	ruta fallida 2.jpg	Finalizado	No cumplió con el tiempo mínimo
29/10/2025	Semana 6	Diseño de pruebas	Experimentación	Se realizaran 3 pruebas con el mismo vehículo	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	ruta valida.png	Finalizado	Ruta validada
3-7/11/2025	Semana 7	Variación de Presión de inflado	Experimentación	Variar en +2 y -2 PSI	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	presiones.png	Finalizado	Utilizar un medidor digital para ser más preciso
10-13/11/2025	Semana 8	Variación del Uso del A/C	Experimentación	Usar al 50% y al 100%	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	aire.jpg	Finalizado	n/a
13-14/11/2025	Semana 8	Variar la apertura de las ventanas	Experimentación	Se analiza hacer este tipo de pruebas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Experimentación	ventanas.jpg	Finalizado	No es viable realizarlo por temas de seguridad
13-14/11/2025	Semana 8	Validación de los datos obtenidos	Resultados	Se verifican los resultados de las pruebas	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Resultados	datos.png	Finalizado	Cumplen con los parámetros de la norma
24/11/2025	Semana 9	Elaboración y validación	Introducción	Realizar una introducción que abarque y	Sebastián Fuenmayor	Introducción	intro tesis.jpg	Finalizado	Mejorar la redacción

		de la introducción		explique todo el tema de estudio					
26/11/2025	Semana 9	Elaboración y validación de la metodología	Metodología	Explicación de como se desarrolló el estudio	Daniel Nenger	Metodología	metodologia.png	Finalizado	n/a
5/12/2025	Semana 9	Elaboración del modelo matemático	Metodología	Planteamiento del modelo y de que variables se usaron	Daniel Nenger	Metodología	modelo.png	Finalizado	Acortar el número de variables a usar
17/12/2025	Semana 10	Elaboración y validación de los resultados obtenidos, conclusiones y resumen	Resultados y Conclusiones	Las etapas de elaboración y validación de resultados, así como la redacción de conclusiones y resumen, fueron ejecutadas según lo planificado	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Resultados y Conclusiones	resultados obtenidos.jpg	Finalizado	n/a
22/12/2025	Semana 11	Revisión final de proyecto de titulación	Validación	El documento cumple los requisitos y queda habilitado para su entrega	Sebastián Fuenmayor Daniel Nenger	Validación	aprobacion.png	Finalizado	n/a

Planificación de Proyecto

Título del Proyecto:	VEHÍCULOS DE CATEGORÍA M1, CONSIDERANDO LA INFLUENCIA DE SISTEMAS AUXILIARES Y CONDICIONES DINÁMICAS, A TRAVÉS DE UN CICLO RDE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
Autor/es:	Sebastián Alejandro Fuenmayor Espinoza, Daniel Alejandro Nenger Andrade
Tutor:	Ing. Juan José Molina Campoverde
Date:	08/09/25

Rubro	Ítem /Descripción	Especificación clave	Cant.	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)	Proveedor/Fuente	Justificación técnica	Restricción (costo/tiempo /seguridad/norma)	Evidencia (cotización/factura/link)	Estado (Estimado/Real)
Equipo	OBD II	ELM327 Bluetooth	1	14	14	MarketPlace	Dispositivo necesario para leer y guardar los datos del vehículo	Dispositivo portable y de fácil uso compatible con los protocolos	obd.jpg	Finalizado
Experimentación	Combustible	Extra	15	6	90	Gasolinera Primax	Combustible necesario para realizar las rutas	Ubicación de la gasolinera	Combustible.jpeg	Finalizado
Software	MATLAB	2024-b	0	0	0	UPS	Software necesario para	Intuitivo y de fácil uso	matlab.png	Finalizado
Aplicación	TorquePro	1.12.108	1	3,99	3,99	Google Play Store	Aplicación que permite monitorear los datos del vehículo en tiempo real	Aplicación necesaria para verificar los datos	TorquePro.jpeg	Finalizado
Equipo	Manómetro digital	Komvox	1	5,1	5,1	DesertCart	Equipo necesario para visualizar la presión de inflado del neumático	Dispositivo portable y de fácil uso	manometro.jpg	Finalizado

Logistico	Peajes	Tarifa	15	0,6	9	Peaje Oyacoto	Infraestructura vial necesaria para la ejecución de la ruta	Afecta a la velocidad media	peaje.jpg	Finalizado
Total					122,09					