



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Hernando Alejandro Molina Macías

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

**Estimación de la Influencia del Sistema de Aire Acondicionado
en el Consumo de Combustible de un Vehículo SUV Usando un
Dispositivo Azuga**

Certificado de Autoría

Yo, Hernando Alejandro Molina Macías, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Hernando Alejandro Molina Macías

C.I.: 0926423369

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

C.I.: 0103441846

Director de Proyecto

Dedicatoria

A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante.

A mi familia, por su paciencia y aliento durante todo este viaje.

A mis amigos, por su compañerismo y ánimo en los momentos difíciles.

Y a todos los que creyeron en mí, por ser mi fuente de inspiración.

Con gratitud y cariño,

Alejandro Molina

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor del proyecto, Fernando Gómez

Berrezueta, por su invaluable orientación y apoyo durante todo este proceso. Su conocimiento y paciencia han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Agradezco también a mis profesores y compañeros de la carrera por sus enseñanzas, discusiones y colaboración, que han enriquecido mi investigación.

A mi familia, gracias por su amor incondicional y apoyo constante. Sus palabras de aliento me han dado la fuerza para seguir adelante.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a la culminación de este proyecto.

Alejandro Molina

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	6
1.2.3 Sistematización del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación	7
1.4.1 Justificación Teórica.....	8
1.4.2 Justificación Metodológica.....	8
1.4.3 Justificación Práctica	9
1.4.4 Delimitación Temporal.....	9

1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	9
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	9
	Capítulo II	10
	Marco Referencial.....	10
2.1	Marco Teórico.....	10
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	12
2.1.2	<i>Consumo de Combustible en Vehículos</i>	12
2.1.3	<i>Aire Acondicionado Versus Ventanas Abiertas</i>	15
2.1.4	<i>El Aire Acondicionado Aumenta el Consumo de Gasolina</i>	15
2.1.5	<i>Cambio Climático</i>	16
2.2	Marco Conceptual.....	18
2.2.2	<i>Funcionamiento del Aire Acondicionado</i>	18
2.2.3	<i>Eficiencia del Combustible</i>	18
2.2.4	<i>Consumo de Combustible Versus Aire Acondicionado</i>	19
2.2.5	<i>Factores Clave que Afectan el Impacto del Aire Acondicionado</i>	20
2.2.6	<i>Partes de un A/C del Automóvil</i>	20
2.2.7	<i>Regulaciones Gubernamentales</i>	22
2.2.8	<i>Cargas Térmicas que Afectan a las Cabinas de los Vehículos</i>	22
2.2.9	<i>Reducción del Tiempo de Calentamiento</i>	24
2.2.10	<i>Aire Acondicionado y su Relación con el Consumo de Combustible</i>	25
	Capítulo III.....	27
	Consumo de Combustible del Vehículo SUV	27
3.1	Descripción	27
3.2	Influencia del Aire Acondicionado en el Consumo de Combustible.....	27
3.3	Factores Clave que Afectan el Impacto del Aire Acondicionado.....	28

3.4	Consumo de Combustible de un Vehículo SUV.....	28
3.5	Metodología.....	29
3.5.1	<i>Descripción del Vehículo y Dispositivo.....</i>	30
3.5.2	<i>Diseño del Estudio.....</i>	31
3.5.3	<i>Periodo de Estudio: Duración y Condiciones del Estudio.....</i>	33
3.5.4	<i>Variables de Estudio.....</i>	33
3.5.5	<i>Procedimiento.....</i>	33
3.5.6	<i>Análisis de Datos.....</i>	33
3.5.7	<i>Interpretación de los Resultados.....</i>	33
	Capítulo IV.....	35
	Análisis de las Correlaciones entre el Uso del Aire Acondicionado y el Consumo de Combustible.....	35
4.1	Introducción.....	35
4.1.1	<i>Pruebas del Efecto del Uso del Aire Acondicionado en un Vehículo.....</i>	36
4.1.2	<i>Comparación del Consumo de Combustible.....</i>	38
4.1.3	<i>Condiciones del Vehículo para la Prueba.....</i>	39
4.1.4	<i>Protocolo de Pruebas.....</i>	39
4.1.5	<i>Descripción del Procedimiento de Pruebas.....</i>	42
4.1.6	<i>Obtención de Datos.....</i>	45
4.1.7	<i>Procedimiento.....</i>	47
4.2	Resultados de las Pruebas.....	49
4.2.1	<i>Resultados Obtenidos.....</i>	49
4.2	Análisis de los Resultados.....	52
4.3	Análisis Descriptivo.....	55
	Conclusiones.....	56

Recomendaciones	57
Bibliografía	58

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Uso del Aire Acondicionado</i>	2
Figura 2 <i>Consumo de Combustible</i>	5
Figura 3 <i>Consumo de Combustible a 30 °C - SUV</i>	13
Figura 4 <i>Consumo de Combustible a 30 °C - Sedán</i>	13
Figura 5 <i>Emisiones Anuales de CO₂ de Origen Fósil y Proyecciones para 2019</i>	17
Figura 6 <i>Eficiencia de Combustible</i>	19
Figura 7 <i>Partes del Aire Acondicionado</i>	21
Figura 8 <i>Cargas Térmicas que Afectan a las Cabinas de los Vehículos</i>	23
Figura 9 <i>Factores que Afectan el Ambiente Térmico de la Cabina del Vehículo</i>	24
Figura 10 <i>Dispositivo Azuga</i>	31
Figura 11 <i>Ruta Seleccionada</i>	32
Figura 12 <i>Temperatura al Realizar las Pruebas</i>	40
Figura 13 <i>Humedad al Realizar las Pruebas</i>	41
Figura 14 <i>Radiación Solar al Realizar las Pruebas</i>	42
Figura 15 <i>Vehículo para las Pruebas</i>	43
Figura 16 <i>Sistema de Aire Acondicionado del Vehículo para las Pruebas</i>	44
Figura 17 <i>Accionamiento del Sistema de Aire Acondicionado del Vehículo para las Pruebas</i>	45
Figura 18 <i>Informe de Viajes - Plataforma de Danlaw</i>	46
Figura 19 <i>Informe de Rutas</i>	47
Figura 20 <i>Procedimiento de Recolección de Datos</i>	48
Figura 21 <i>Análisis Comparativo - Ruta de Ida</i>	53
Figura 22 <i>Análisis Comparativo - Ruta de Retorno</i>	53
Figura 23 <i>Aumento del Consumo - Ruta de Ida</i>	54

Figura 24 <i>Aumento del Consumo – Ruta de Retorno</i>	54
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Datos del Vehículo Renault</i>	30
Tabla 2 <i>Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Activo – Ruta de Ida</i>	50
Tabla 3 <i>Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Activo – Ruta de Retorno</i>	50
Tabla 4 <i>Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Inactivo – Ruta de Ida</i>	51
Tabla 5 <i>Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Inactivo – Ruta de Retorno</i>	52

Resumen

Este proyecto de titulación tiene como objetivo principal estimar la influencia del uso del sistema de aire acondicionado (A/C) en el consumo de combustible de un vehículo SUV. Para llevar a cabo esta investigación, se empleó un dispositivo Azuga, conocido por su capacidad para recopilar y analizar datos de rendimiento vehicular en tiempo real. Se eligió un SUV debido a su popularidad y su representatividad en estudios de consumo de combustible y el dispositivo Azuga se instaló en el vehículo para monitorear y registrar datos sobre el consumo de combustible, la utilización del aire acondicionado, la velocidad, el tiempo de operación y otros parámetros relevantes. Se condujo el vehículo en diferentes condiciones de manejo, tanto con el aire acondicionado encendido como apagado, para obtener una base de datos representativa. Los datos recopilados se analizaron utilizando herramientas estadísticas para determinar la correlación entre el uso del aire acondicionado y el aumento en el consumo de combustible. Se compararon los consumos de combustible con y sin el uso del A/C. El análisis reveló que el uso del sistema de aire acondicionado tiene una influencia significativa en el consumo de combustible del vehículo SUV. En promedio, se observó un incremento del % en el consumo de combustible cuando el aire acondicionado estaba encendido. Este incremento varió dependiendo de factores como la velocidad de conducción y la temperatura exterior, siendo más pronunciado en condiciones de tráfico lento y temperaturas exteriores altas. Los resultados de este estudio subrayan la importancia de considerar el uso del aire acondicionado en las estimaciones de consumo de combustible y en las estrategias de eficiencia energética. Se recomienda a los conductores ser conscientes del impacto del A/C en el consumo de combustible y utilizarlo de manera eficiente.

Palabras Clave: Aire acondicionado, consumo de combustible, vehículo SUV, dispositivo Azuga, eficiencia energética.

Abstract

The main objective of this degree project is to estimate the influence of the use of the air conditioning (A/C) system on the fuel consumption of an SUV vehicle. To carry out this research, an Azuga device was used, known for its ability to collect and analyze vehicle performance data in real time. An SUV was chosen due to its popularity and its representativeness in fuel consumption studies and the Azuga device was installed in the vehicle to monitor and record data on fuel consumption, air conditioning utilization, speed, operating time . and other relevant parameters. The vehicle is driven in different driving conditions, both with the air conditioning on and off, to obtain a representative database. The data collected is analyzed using statistical tools to determine the trade-off between air conditioning use and increased fuel consumption. Fuel consumption was compared with and without the use of A/C. The analysis revealed that the use of the air conditioning system has a significant influence on the fuel consumption of the SUV vehicle. On average, a % increase in fuel consumption will be observed when the air conditioning was on. This increase varied depending on factors such as driving speed and outside temperature, being more pronounced in slow traffic conditions and high outside temperatures. The results of this study highlight the importance of considering air conditioning use in fuel consumption estimates and energy efficiency strategies. Drivers are advised to be aware of the impact of A/C on fuel consumption and use it efficiently

Keywords: Air conditioning, fuel consumption, SUV vehicle, Azuga device, energy efficiency.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Estimación de la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV usando un dispositivo Azuga.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En la actualidad, la industria automotriz se encuentra en una fase de evolución constante, donde la búsqueda de soluciones para reducir el consumo de combustible y minimizar el impacto ambiental se ha convertido en una prioridad. El aire acondicionado utiliza un compresor acoplado a la correa del motor para poder funcionar. Esto consume energía y, por lo tanto, gasolina. Aproximadamente entre 0,2 litros y 1 litro de gasolina por cada 100 km. Obviamente, consumir más o menos depende tanto de la temperatura exterior como de la intensidad a la que se ponga el aire. La máquina necesita enfriar el aire del interior del vehículo: cuantos más grados sea necesario bajar, más gasolina gastará.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El rápido agotamiento de las reservas de petróleo crudo y los frecuentes aumentos de precios del petróleo crudo y la alta contaminación atmosférica han creado una necesidad mundial de reducir el consumo de gasolina y diésel particularmente en la industria del automóvil. Recientemente los científicos en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) en Estados Unidos pudieron darse cuenta de que Estados Unidos podría ahorrar más 6.000 millones de dólares anuales si todos los vehículos ligeros del país lograran un modesto aumento de 0,4 km/L (1 mpg) en el ahorro de combustible (Johnson, 2002). Su estudio también mostró que Estados Unidos utiliza 27 mil millones de litros de gasolina cada año para vehículos con aire acondicionado, equivalente a 6% del consumo interno de petróleo, o 10% del petróleo crudo importado en EE.UU. (Farrington, 2000).

El aire acondicionado del vehículo (Figura 1) es uno de los accesorios más importantes, especialmente durante el verano. Sin él, conducir con altas temperaturas sería casi insostenible.

Existe un mayor riesgo para el ahorro de combustible al usar el aire acondicionado, principalmente debido a la mayor carga en el motor. Pero factores como la temperatura exterior, si el automóvil es híbrido y la antigüedad del automóvil juegan un papel importante.

Está científicamente demostrado que el aire caliente causa menos resistencia aerodinámica que el aire frío. La humedad también es un factor.

Con un motor que puede alcanzar más de 200 grados Fahrenheit y meses de verano que pueden alcanzar temperaturas de 90 grados o más, el impacto en la economía de combustible puede ser extremadamente notable (Unitedtire.com, 2024)

Figura 1

Uso del Aire Acondicionado



Tomado de: <https://www.motor.com.co/ahorro-de-combustible-t5387>

En la actualidad, la industria automotriz se encuentra en una fase de evolución constante, donde la búsqueda de soluciones para reducir el consumo de combustible y minimizar el impacto ambiental se ha convertido en una prioridad. El aire acondicionado utiliza un compresor acoplado a la correa del motor para poder funcionar. Esto consume energía y,

por lo tanto, gasolina. Aproximadamente entre 0,2 litros y 1 litro de gasolina por cada 100 km. Obviamente, consumir más o menos depende tanto de la temperatura exterior como de la intensidad a la que se ponga el aire. La máquina necesita enfriar el aire del interior del coche: cuantos más grados sea necesario bajar, más gasolina gastará.

El aire acondicionado es una característica con la que vienen equipados muchos vehículos modernos. Está diseñado para brindar a los conductores una experiencia de conducción cómoda en condiciones de calor y humedad. Sin embargo, una preocupación que tienen muchos conductores es cuánto combustible consume el aire acondicionado y su efecto en la eficiencia del combustible de su vehículo.

Según un estudio realizado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices, el aire acondicionado puede reducir la eficiencia del combustible de un vehículo hasta en un 25% (SAE, 2016). Esto se debe a que el sistema de aire acondicionado consume combustible al utilizar la potencia del motor para hacer funcionar el compresor que enfría el aire. La cantidad de combustible consumida depende de varios factores, incluida la temperatura exterior, el nivel de humedad y el tamaño y eficiencia del sistema de aire acondicionado.

El tamaño y la eficiencia del sistema de aire acondicionado pueden afectar significativamente el consumo de combustible. Un sistema de aire acondicionado más grande requerirá más energía para funcionar y, por lo tanto, consumirá más combustible. De manera similar, un sistema de aire acondicionado antiguo o en mal estado puede tener que trabajar más para enfriar el aire, lo que resulta en un mayor consumo de combustible.

La temperatura exterior y el nivel de humedad también juegan un papel vital en el consumo de combustible. Cuando la temperatura exterior es alta, el sistema de aire acondicionado tiene que trabajar más para enfriar el aire, lo que genera un mayor consumo de combustible. Del mismo modo, cuando el nivel de humedad es alto, el sistema de aire

acondicionado tiene que eliminar más humedad del aire, lo que también consume más combustible.

El tipo de vehículo también influye en el consumo de combustible. Los vehículos más pequeños con motores más pequeños consumirán menos combustible que los vehículos más grandes con motores más grandes cuando utilicen el sistema de aire acondicionado. Además, los vehículos híbridos y eléctricos pueden tener un menor impacto en el consumo de combustible porque sus motores eléctricos alimentan el sistema de aire acondicionado, lo que reduce la carga sobre el motor.

Algunas estimaciones sugieren que el aire acondicionado puede consumir entre 0,2 y 0,4 litros de combustible por hora. Puede que esto no parezca mucho, pero puede acumularse con el tiempo, especialmente en viajes más largos.

Para minimizar el impacto del aire acondicionado en el consumo de combustible, puedes tomar varias medidas.

Primero, intentar estacionar el vehículo en un área sombreada para reducir la temperatura dentro del automóvil antes de encender el sistema de aire acondicionado. Esto reducirá la cantidad de trabajo que debe realizar el sistema de aire acondicionado y, por lo tanto, minimizará el consumo de combustible.

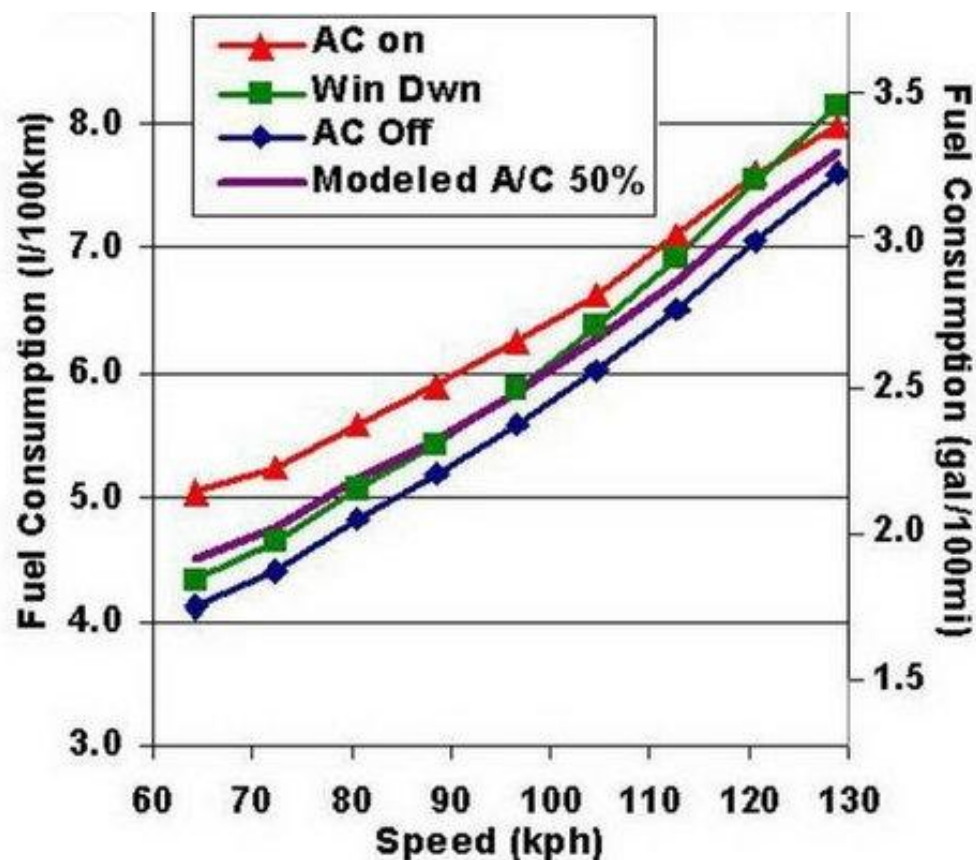
En segundo lugar, mantener el sistema de aire acondicionado con regularidad para asegurarse de que funcione de manera eficiente. Esto incluye revisar y reemplazar el filtro de aire, verificar si hay fugas y rellenar el refrigerante.

Por último, también se puede considerar utilizar el sistema de aire acondicionado sólo cuando sea necesario, como durante las horas más calurosas del día o cuando viajes largas distancias. Apagar el sistema de aire acondicionado cuando no es necesario puede reducir significativamente el consumo de combustible.

El aire acondicionado aumenta el consumo de combustible en aproximadamente un 20% según el caso (Figura 2). En este gráfico, la línea roja es el consumo con el aire acondicionado encendido (AC on) y la azul apagado (AC off). También se puede ver que abrir las ventanillas (Win Dwn) igualmente aumenta el consumo debido a que disminuye la aerodinámica del coche.

Figura 2

Consumo de Combustible



Tomado de: <https://greenactioncentre.ca/healthy-travel/slow-down-and-save/>

En este contexto, el uso del aire acondicionado en un vehículo influye directamente en el consumo de combustible en un vehículo. Esto depende de diferentes factores, como la temperatura del exterior, el modelo del automóvil, la capacidad del motor y la intensidad a la que se traiga el aire, pero se estima que, en algunos automóviles, puede consumir alrededor de 1 litro de combustible extra por cada 100 km. En un estudio que realizó la Society of

Automotive Engineers de Estados Unidos se descubrió que, si bien usar el aire acondicionado gasta gasolina, conducir a grandes velocidades con las ventanas abiertas, tiene un impacto más severo en el consumo de combustible. Esto quiere decir que, si se viaja en carretera y para no usar el aire acondicionado, se baja las ventanas del vehículo, se gastará bastante más gasolina

1.2.2 Formulación del Problema

En este contexto, surge la pregunta: ¿Cómo influye el sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV usando un dispositivo Azuga?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo afecta el sistema del uso del aire acondicionado al consumo de combustible de un vehículo SUV?
- ¿Cuál es la relación entre el uso del aire acondicionado y la eficiencia en el consumo de combustible de un vehículo?
- ¿Existen patrones o tendencias discernibles en los datos recopilados del dispositivo Azuga que indiquen cómo el uso del aire acondicionado afecta el rendimiento del vehículo SUV?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Estimar la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV, usando un dispositivo Azuga.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar los factores que influyen en el consumo de combustible en función del uso del aire acondicionado.
- Compilar datos específicos sobre el consumo de combustible del vehículo SUV durante un recorrido específico siguiendo un ciclo de manejo.

- Analizar estadísticamente los datos compilados en función de las correlaciones entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

El presente proyecto de investigación aborda una cuestión de creciente relevancia en el contexto actual de sostenibilidad y eficiencia energética: la influencia del sistema de aire acondicionado (A/C) en el consumo de combustible de los vehículos SUV. Esta investigación se justifica por diversas razones que abarcan tanto aspectos económicos como ambientales y tecnológicos.

- **Relevancia Económica:** El consumo de combustible representa uno de los costos operativos más significativos para los propietarios de vehículos. En particular, los vehículos SUV, debido a su tamaño y peso, tienden a tener un mayor consumo de combustible comparado con otros tipos de vehículos. La utilización del aire acondicionado puede incrementar este consumo, impactando negativamente en los gastos de los conductores. Por lo tanto, comprender y cuantificar esta influencia puede ayudar a los propietarios a tomar decisiones informadas sobre el uso eficiente del A/C, potenciando ahorros económicos a largo plazo.
- **Impacto Ambiental:** El aumento del consumo de combustible debido al uso del aire acondicionado no solo afecta a los conductores desde una perspectiva económica, sino que también tiene implicaciones ambientales significativas. Un mayor consumo de combustible conlleva un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático y a la degradación ambiental. Este proyecto pretende proporcionar datos concretos que puedan ser utilizados para promover prácticas de conducción más sostenibles y el desarrollo de tecnologías vehiculares más amigables con el medio ambiente.

El consumo de combustible es una variable que influye en las decisiones de compra de vehículos para muchos consumidores, pero hay muchas más. Este proyecto se justifica al abordar la investigación específica sobre la influencia del uso del aire acondicionado en el consumo de combustible de los vehículos. Al comprender mejor esta relación, se pueden desarrollar estrategias efectivas para optimizar el rendimiento del consumo, lo que contribuirá a la promoción de tecnologías más limpias y sostenibles en el sector automotriz.

1.4.1 Justificación Teórica

La justificación teórica del proyecto "Estimación de la Influencia del Sistema de Aire Acondicionado en el Consumo de Combustible de un Vehículo SUV Usando un Dispositivo Azuga" es fundamental para establecer la relevancia y la importancia del estudio. A continuación, se presenta una justificación teórica detallada para respaldar este proyecto:

- Factores que Afectan el Consumo de Combustible: Diversos elementos influyen en la eficiencia del consumo de combustible, tales como la carga del motor y la aerodinámica del vehículo.
- Efecto del Sistema de Aire Acondicionado en el Consumo de Combustible: A velocidades de autopista, la eficiencia aerodinámica y el consumo de combustible son mejores si se conduce con las ventanillas cerradas y el aire acondicionado encendido, en comparación con conducir con las ventanillas abiertas y el aire acondicionado apagado. A velocidades más bajas, típicas de la conducción urbana, el impacto de la resistencia aerodinámica por llevar las ventanillas abiertas es menos relevante. En estas condiciones, el consumo de combustible puede ser más eficiente si se conduce con las ventanillas abiertas y el aire acondicionado apagado.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica del proyecto para resolver este problema, se llevará a cabo un estudio exhaustivo que incluirá la recopilación y análisis de datos empíricos, así como

la aplicación de métodos estadísticos adecuados para evaluar la correlación entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible en vehículos SUV, utilizando el dispositivo Azuga. Los resultados obtenidos proporcionarán información valiosa y con base científica que puede guiar futuras decisiones en la industria automotriz y contribuir al conocimiento general sobre la eficiencia de combustible en vehículos y el correcto uso del aire acondicionado.

1.4.3 Justificación Práctica

Este proyecto es esencial para comprender y cuantificar el impacto del uso del aire acondicionado en el consumo de combustible de vehículos SUV utilizando el dispositivo Azuga. La información resultante no solo aumentará el conocimiento científico en este campo, sino que también tendrá aplicaciones prácticas en la industria automotriz, beneficiando tanto al medio ambiente como a la economía.

1.4.4 Delimitación Temporal

El presente proyecto se desarrolla durante un período de 5 meses, comenzando en abril de 2024 y finalizando en agosto de 2024.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo se desarrolla en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se lleva a cabo en un entorno urbano, focalizándose en vehículos tipo SUV.

1.4.6 Delimitación del Contenido

El proyecto se enfoca específicamente en los vehículos SUV y se utilizará el dispositivo Azuga como herramienta de monitoreo. La investigación se limitará a evaluar la relación entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible, excluyendo otros factores que puedan afectar el rendimiento del vehículo, como las condiciones de la carretera, la carga del vehículo, entre otros.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Los vehículos juegan un papel crucial en la movilidad moderna. El consumo eficiente de combustible es esencial para reducir la huella ambiental y mejorar la economía del propietario. A pesar de que muchos creen que esto es un error común, el aire acondicionado aumenta el consumo de combustible. Las investigaciones han descubierto que, al utilizar el aire acondicionado para controlar el clima de su vehículo, puede aumentar el consumo de combustible entre un 8 y un 10 %.

El consumo de combustible en vehículos automotores es un tema de gran relevancia tanto desde el punto de vista económico como ambiental. La eficiencia en el uso de combustible no solo repercute en los costos operativos para los usuarios, sino que también tiene implicaciones significativas en la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Dentro de este contexto, uno de los factores que influye en el consumo de combustible y que ha recibido creciente atención es el uso del sistema de aire acondicionado (A/C).

El sistema de aire acondicionado es un componente esencial en los vehículos modernos, proporcionando confort térmico a los ocupantes. Sin embargo, su operación implica un consumo adicional de energía, la cual proviene del combustible en los vehículos con motores de combustión interna. Este consumo adicional se debe a la carga extra que el compresor del aire acondicionado impone sobre el motor del vehículo.

Diversos estudios han demostrado que el uso del aire acondicionado puede incrementar significativamente el consumo de combustible. La magnitud de este incremento depende de varios factores, como el tipo de vehículo, las condiciones de conducción, la eficiencia del sistema de A/C, y las condiciones ambientales externas. En el caso particular de los vehículos

SUV, que generalmente tienen motores más grandes y mayor capacidad de carga, el impacto del aire acondicionado puede ser aún más pronunciado.

El presente proyecto de investigación se centra en la estimación de la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV. Para ello, se utilizará un dispositivo Azuga, que permite la recopilación y análisis de datos en tiempo real sobre el rendimiento del vehículo. La elección de este dispositivo se basa en su precisión y fiabilidad en la medición de parámetros críticos para este estudio.

El marco teórico de este proyecto se estructura en torno a varios conceptos clave:

- **Consumo de Combustible y Eficiencia Energética:** Se explorarán los principios básicos que rigen el consumo de combustible en vehículos automotores, incluyendo la relación entre la demanda de energía y el rendimiento del motor.
- **Funcionamiento del Sistema de Aire Acondicionado:** Se describirá el funcionamiento técnico del sistema de A/C en vehículos, incluyendo el papel del compresor, el condensador, el evaporador y otros componentes, así como su integración con el sistema motriz del vehículo.
- **Impacto del Aire Acondicionado en el Consumo de Combustible:** Se revisarán estudios previos y literatura existente que abordan cómo y en qué medida el uso del aire acondicionado afecta el consumo de combustible en diferentes tipos de vehículos y condiciones de manejo.
- **Metodologías de Medición y Análisis:** Se eligen las metodologías utilizadas para medir el consumo de combustible, con énfasis en las tecnologías de monitoreo en tiempo real como el dispositivo Azuga.

Este marco teórico proporciona la base necesaria para comprender y analizar los datos obtenidos en este estudio, permitiendo una evaluación precisa de la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV. Además, contribuye al

desarrollo de estrategias y recomendaciones para mejorar la eficiencia en el uso de combustible y reducir el impacto ambiental del transporte automotor.

2.1.1 Conceptos Preliminares

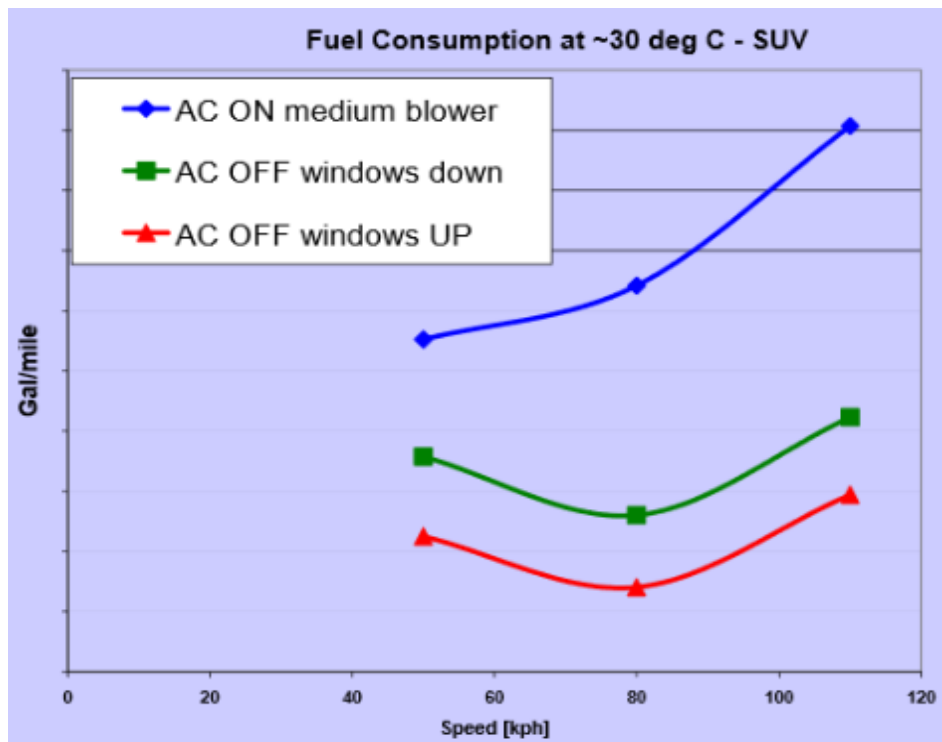
El uso y funcionamiento del AC implica un consumo de energía, lo que en lenguaje automovilístico se traduce a un gasto de gasolina, diésel o electricidad.

2.1.2 Consumo de Combustible en Vehículos

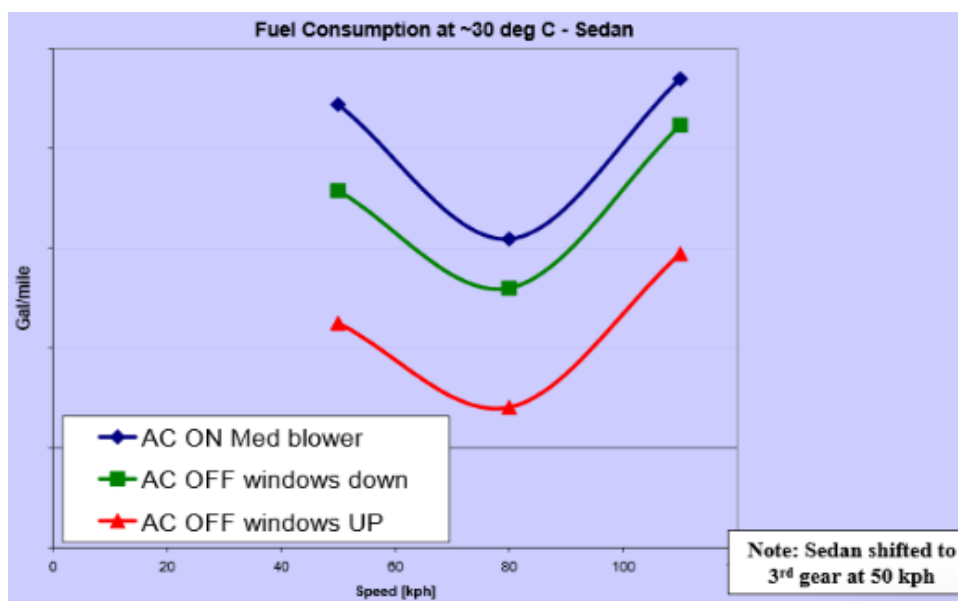
En 2004, la Sociedad de Ingenieros Automotrices observó la diferencia probando un automóvil tanto en un túnel de viento como en una pista desértica en Arizona. Probaron un sedán de tamaño completo y un SUV, así que tenga en cuenta que es posible que estos resultados no sean válidos para automóviles económicos, minivans y otros tamaños de vehículos. Parte de la prueba también incluyó conducir con viento cruzado, algo que muchos conductores encuentran.

El estudio demostró que tener las ventanillas bajadas era bastante malo, especialmente cuando se conducía a más de 50 a 55 millas por hora. La eficiencia del combustible se redujo en un sorprendente 20 por ciento cuando las ventanas estaban abiertas, pero sólo en un 10 por ciento cuando el aire acondicionado estaba encendido (Figura 3 y Figura 4).

Pero en 2012, Consumer Reports probó un Honda Accord y encontró que el kilometraje disminuía aproximadamente 3 millas por galón cuando se usaba el aire acondicionado y cuando el auto iba a 65 millas por hora. Ahora, recuerde que esta es una clase diferente de automóvil con un motor diferente al que probó la Sociedad de Ingenieros Automotrices, y las condiciones de prueba probablemente también fueron diferentes. Pero aún muestra que no existe una respuesta única que se ajuste a todos los conductores.

Figura 3*Consumo de Combustible a 30 °C - SUV*

Tomado de: <https://auto.edu/blog/does-running-your-car-air-conditioning-burn-more-gas>

Figura 4*Consumo de Combustible a 30 °C - Sedán*

Tomado de: <https://auto.edu/blog/does-running-your-car-air-conditioning-burn-more-gas>

An y Stodolsky (1995) demostraron que el aire acondicionado (AC) es el dispositivo auxiliar que más energía consume en un vehículo, lo que genera la mayor pérdida en el consumo de combustible. Para investigar el impacto del sistema de AC en el ahorro de combustible, (Lee y otros, 2012) utilizaron un motor de gasolina de cuatro cilindros con inyección por puerto controlado por un dinamómetro de corrientes de Foucault. Descubrieron que el funcionamiento con aire acondicionado aumentaba el consumo de combustible en un 90 % como máximo en comparación con el funcionamiento sin aire acondicionado durante el ralentí.

Varios estudios previos también demostraron el impacto del aire acondicionado y la masa de carga en el consumo de combustible o las emisiones de CO₂. El aire acondicionado, uno de los sistemas auxiliares más grandes de los LDGV (Light Duty Gasoline Vehicle), es un dispositivo clave que deteriora el ahorro de combustible. (Lee y otros, 2013), debido al aumento adicional de las cargas del motor (He et al., 2018). Lee et al., (2013) afirmaron que las tasas de aumento del consumo de combustible de LDGV con el aire acondicionado encendido en comparación con apagado fueron de ~25% a una velocidad del vehículo de 50 km/h, ~35% a 75 km/h e incluso hasta 90% durante el funcionamiento en ralentí. Sin embargo, Zacharof y Fontaras (2016) estimaron que el aumento promedio en el consumo de combustible fue solo de ~9% debido al uso del aire acondicionado. Con estándares más estrictos de economía de combustible (FE) en los EE. UU., el efecto de los dispositivos auxiliares como el aire acondicionado (AC) ha recibido mayor atención. El AC es la carga auxiliar del motor más grande para vehículos livianos a gasolina (LDGV). Sin embargo, hay pocos datos sobre el efecto del funcionamiento del AC en la FE para LDGV basados en mediciones del mundo real, especialmente para vehículos de modelos recientes. El Simulador de emisiones de vehículos motorizados (MOVES) es un modelo regulatorio para estimar el uso de energía y las emisiones

de los vehículos en carretera. MOVES ajusta las tasas de uso de energía del vehículo para los efectos del AC.

2.1.3 Aire Acondicionado Versus Ventanas Abiertas

Aunque el aire acondicionado aumenta el consumo de combustible, conducir con las ventanillas abiertas también puede reducir la eficiencia del combustible. Esto se debe a que el aire de la ventana crea un "arrastre" para el vehículo, lo que significa que el motor debe trabajar más para tirar del vehículo debido a la resistencia creada por la ventana abierta. Entonces, ¿qué ahorra más combustible: abrir las ventanas o usar el aire acondicionado? Las investigaciones sugieren que se debe basarlo en la velocidad a la que se viaja. Por ejemplo: Viajar a velocidades de 50 mph o menos; en este caso, es más económico abrir las ventanas. Esto se debe a que hacer funcionar el aire acondicionado a esta baja velocidad del motor crea una demanda adicional, por lo que abrir las ventanas es la mejor opción. Al circular a velocidades superiores a 80 km/h, en este caso resulta más económico utilizar el sistema de aire acondicionado. Esto se debe a que la resistencia al abrir las ventanas tendrá más resistencia a altas velocidades, por lo que es más beneficioso utilizar el sistema de aire acondicionado.

2.1.4 El Aire Acondicionado Aumenta el Consumo de Gasolina

Desde la invención de los vehículos motorizados hasta el día de hoy, es claro que ha habido mucho más que unos cuantos cambios, haciendo de los automóviles actuales unas máquinas totalmente equipadas para la comodidad del usuario mientras se transporta. A lo largo de los años, y con la llegada de nuevas tecnologías, los vehículos de motor han ido evolucionando, tanto en la parte mecánica en el motor, las tracciones, ruedas, materiales, entre otras cosas, como en la experiencia de los ocupantes, agregando funciones como sistemas de sonido, ventanas automáticas, pantallas, y en estos tiempos incluso, pilotos automáticos, entre otras comodidades. Según información de la compañía de combustibles y lubricantes Mobil, el uso del aire acondicionado en un automóvil gasta energía, y, por ende, utiliza gasolina, la

cantidad de gasolina que el vehículo utilice dependerá de la temperatura exterior y de la intensidad en la que se ponga el aire acondicionado, y del tamaño del vehículo en cuestión, pero, en términos generales, el uso de esta herramienta gasta aproximadamente de entre 0,2 y 1 litro por cada 100 kilómetros, lo cual aclara en gran medida el mito de que el aire acondicionado de un automóvil gasta mucha gasolina (Mobil, 2023).

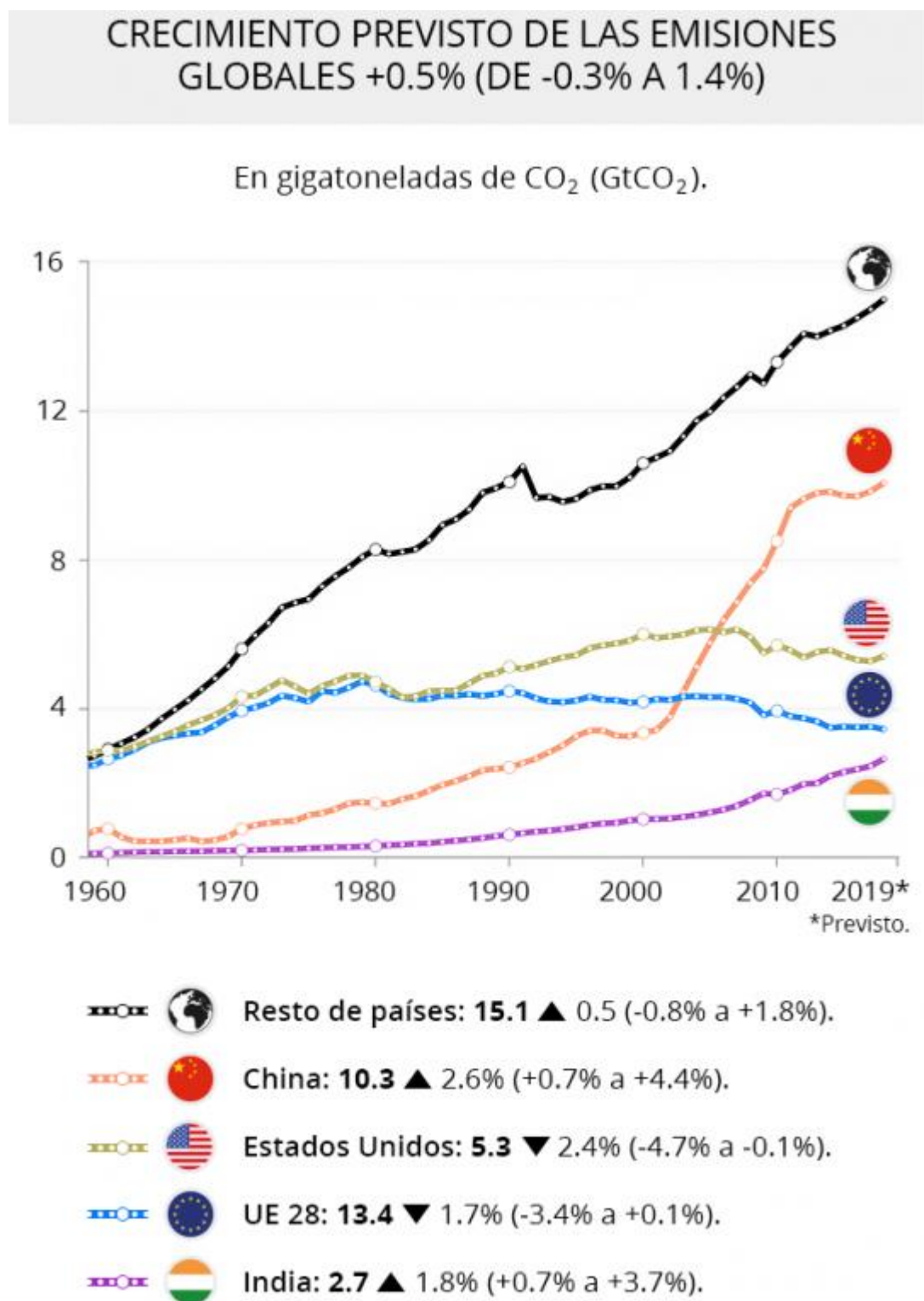
2.1.5 *Cambio Climático*

El cambio climático es la mayor amenaza ambiental para el siglo XXI, con consecuencias económicas, sociales y ambientales de gran magnitud. Todos sin excepción, tantos ciudadanos, empresas, economías y la naturaleza en todo el mundo está siendo severamente afectadas. Al buscar la causa de esta aceleración se encontró que existe una relación directa entre el calentamiento global o cambio climático y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provocado por las sociedades humanas tanto industrializadas como en desarrollo (Frers, 2006).

El cambio climático y la contaminación del aire por los combustibles fósiles están íntimamente conectadas. La quema de combustibles fósiles hace daño a nuestra salud directamente al producir contaminantes, e indirectamente al producir gases de efecto invernadero.

Solamente hablando de los gastos económicos, a menudo los contribuyentes pagan tanto los costos directos como los indirectos. La reducción de los combustibles fósiles mejorará la salud pública en varias maneras.

La reducción del uso de los combustibles fósiles reduce los contaminantes del aire que afectan a nuestra salud. El mayor beneficio viene cuando se baja el uso de carbón, que aún bajo reglas ambientales estrictas todavía produce partículas finas dañinas a los pulmones, gases de azufre, y óxidos de nitrógeno (NO_x). Las emisiones mundiales de los combustibles fósiles son un 60% superiores a las de 1990 (Figura 5).

Figura 5*Emisiones Anuales de CO₂ de Origen Fósil y Proyecciones para 2019*

Tomado de: <https://www.lavanguardia.com/natural/cambioclimatico/20191204/472038796221/cumbre-del-clima-cop25-carbon-proyect.html#foto-5>

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Herramientas para Mejorar la Eficiencia en el Uso de Combustible

Para las empresas de transporte, la estrategia para reducir el impacto ambiental debe comenzar por aumentar la eficiencia en el uso de combustibles, lo que ayudará a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Nuevas herramientas ecológicas han surgido para estas empresas, permitiendo medir, monitorear y optimizar el rendimiento del combustible, logrando una mayor eficiencia.

Por ejemplo, un sistema de telemetría o asistencia en la conducción puede ahorrar hasta un 15% en el consumo de combustible de cada vehículo de la flota, reduciendo las emisiones de GEI en la misma proporción.

2.2.2 Funcionamiento del Aire Acondicionado

El aire acondicionado no es más que un compresor que aspira el gas refrigerante y lo lleva hacia un condensador. Es aquí donde está el radiador en el que se convierte en estado líquido. A partir de este momento, pasa a la válvula de expansión, donde nuevamente vuelve a estado gaseoso y se enfría. A través de los ventiladores pasa por las rejillas y se reparte a lo largo de todo el auto, bajando así la temperatura. Todo este procedimiento contiene varias fases para las que es necesaria la energía proveniente directamente del motor del auto, que así debe realizar un esfuerzo extra. Esta no es la única función principal del aire acondicionado. El aire también condensa y elimina humedad acumulada en la unidad, elimina impurezas del aire, puede deshacerse de ácaros a través de filtros, entre otras acciones.

2.2.3 Eficiencia del Combustible

La eficiencia del combustible (Figura 6) mide la distancia que puede recorrer un vehículo motorizado con un solo galón de gasolina. Como resultado, aumentar la eficiencia de estos 10 vehículos puede ayudar a limitar el impacto sobre el cambio climático. La eficiencia del combustible mide la distancia que puede recorrer un vehículo motorizado con un solo galón

de gasolina. Según la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Removible de EE. UU., la Escuela de Ingeniería del MIT y HowStuffWorks, el medio ambiente y la economía de Estados Unidos pueden beneficiarse significativamente de las mejoras en la eficiencia del combustible (Figura 6).

Figura 6

Eficiencia de Combustible



Tomado de: <https://www.conduccioneficiente.cl/como-elegir-el-auto-mas-eficiente/>

2.2.4 Consumo de Combustible Versus Aire Acondicionado

El uso del aire acondicionado de su automóvil supone una carga adicional para el motor, lo que requiere más combustible para mantener la velocidad y el rendimiento. Este efecto es más notable en viajes cortos por la ciudad. Los estudios muestran que el aire acondicionado puede reducir la economía de combustible en los vehículos entre 3 y 4 MPG en conducción urbana. El impacto disminuye a velocidades más altas ya que la resistencia aerodinámica es un factor mayor.

Para los vehículos híbridos y eléctricos, el impacto del aire acondicionado en la eficiencia del combustible es menor, alrededor de 1 a 2 MPG. Esto se debe a que los híbridos utilizan motores eléctricos de manera más eficiente para proporcionar energía al compresor de

CA. Los vehículos eléctricos también convierten la electricidad almacenada para hacer funcionar el aire acondicionado, evitando cualquier aumento directo en el consumo de combustible.

2.2.5 Factores Clave que Afectan el Impacto del Aire Acondicionado

Varios factores influyen en la posible penalización de la economía de combustible debido al aire acondicionado:

- Aerodinámica del vehículo: los vehículos menos aerodinámicos sufren un mayor impacto.
- Tamaño del motor: los motores más grandes soportan mejor la carga adicional del aire acondicionado.
- Velocidad de conducción: las velocidades más rápidas reducen la penalización del aire acondicionado.
- Mantenimiento: los sistemas de aire acondicionado bien mantenidos funcionan de manera más eficiente.

Al comprender estos factores, los conductores pueden tomar decisiones informadas para equilibrar la comodidad y el ahorro de combustible.

2.2.6 Partes de un A/C del Automóvil

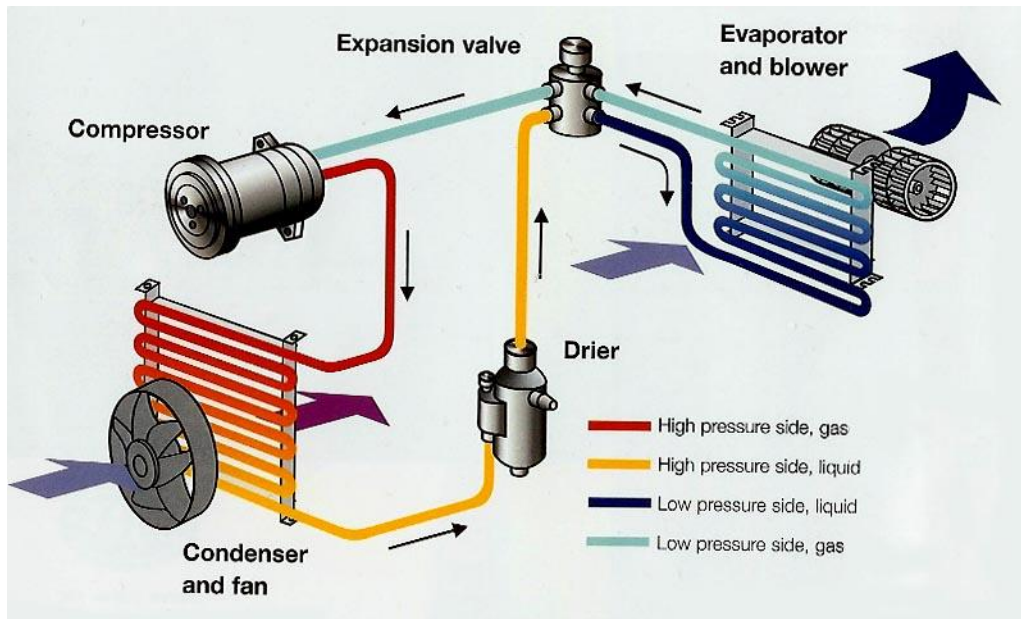
Hay cinco partes principales del aire acondicionado de un automóvil:

- Compresor.
- Condensador.
- Válvula de expansión térmica o tubo de orificio.
- Evaporador.
- Acumulador o receptor/secador.

Cada una de las piezas está conectada mediante tubos o mangueras para formar un circuito cerrado. A través de ese circuito pasa refrigerante, que es lo que realmente hace el trabajo de enfriar el aire (Figura 7).

Figura 7

Partes del Aire Acondicionado



Tomado de: <https://www.lincolncustomauto.com/blog/how-does-the-a-c-system-work-in-our-vehicle->

La forma en que opera el aire acondicionado también puede marcar una gran diferencia en su rendimiento y eficiencia. A continuación, se ofrecen algunos consejos para aprovecharlo al máximo:

- Cuanto más caliente esté el automóvil, más duro tendrá que trabajar el aire acondicionado para enfriarlo y más combustible se consumirá. Estacionar en la sombra, si es posible, es la forma más fácil de aliviar la carga del aire acondicionado y ahorrar combustible.
- Cuando se sube al automóvil por primera vez en un día caluroso, se debe abrir todas las ventanas, encender el aire acondicionado, ajustar la temperatura al máximo y la

velocidad del ventilador al máximo para purgar la cabina del aire caliente lo más rápido posible.

- Una vez que la temperatura comience a bajar, cerrar todas las ventanas y cambiar el aire acondicionado al modo de recirculación. Esto acelerará el proceso de enfriamiento al recircular el aire cada vez más frío de la cabina en lugar del aire caliente del exterior.

2.2.7 Regulaciones Gubernamentales

Las nuevas regulaciones gubernamentales han exigido un aumento en la economía de combustible automotriz (MPG, millas por galón) para reducir la dependencia del petróleo importado para el transporte. Esto no sólo empujó a los fabricantes de automóviles a mejorar la eficiencia del diseño del sistema de propulsión, sino que también tuvieron que considerar la mejora de otros componentes y sistemas del vehículo. Según la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA), un aumento de una fracción porcentual en el consumo de combustible de los vehículos puede tener un impacto significativo en el cambio climático (EPA, 2017). El aire acondicionado móvil (MAC) es el mayor consumidor de energía accesoría del vehículo. Los compresores consumen una porción significativa de la energía del motor, especialmente para automóviles con motores más pequeños, porque las expectativas de velocidades de enfriamiento son similares para vehículos con motores más grandes, suponiendo un volumen de cabina y un número de pasajeros similares.

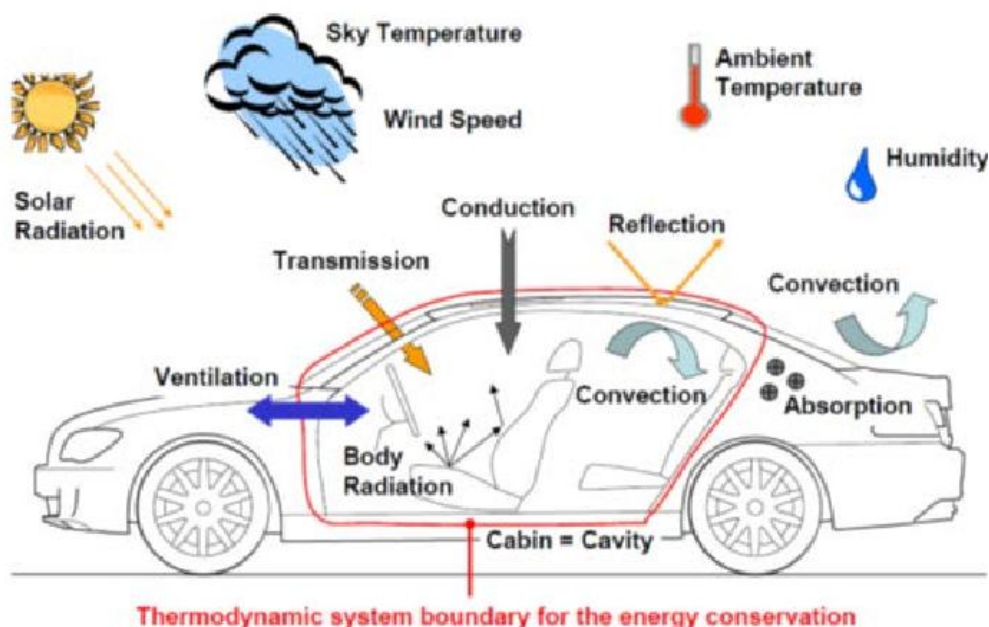
2.2.8 Cargas Térmicas que Afectan a las Cabinas de los Vehículos

Los estudios de las cargas térmicas que afectan a las cabinas de los vehículos han se ha realizado utilizando distintos enfoques. Zheng et al. (2011) desarrolló un método de cálculo de un solo paso para estimar el vehículo cargas de calor. Sus experimentos en el túnel de viento indicaron que sus predicciones de carga térmica tuvieron un error relativo inferior al 8% a pesar de estar basado en un modelo matemático simple. John et al. (2013) utilizaron un enfoque

basado en fluido computacional dinámica para identificar la combinación óptima de ventanas abiertas para aumentar la ventilación dentro de un autobús. Fujita et al. (2001) desarrolló un método que unía las ecuaciones de balance de calor y simulaciones basadas en dinámica de fluidos computacional para un vehículo típico. Pudieron predecir la térmica del coche. Ambiente para diferentes escenarios de temperatura del aire, energía solar configuración de radiación, tasa de ventilación y aire acondicionado (Figura 8).

Figura 8

Cargas Térmicas que Afectan a las Cabinas de los Vehículos



Tomado de: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-Automotive-Air-Conditioning-load-on-of-Shete/b259682059a54302ec341cee4bc93ddd0c7b8e80>

Las cargas térmicas en la cabina de un automóvil normalmente constan de cuatro fuentes principales:

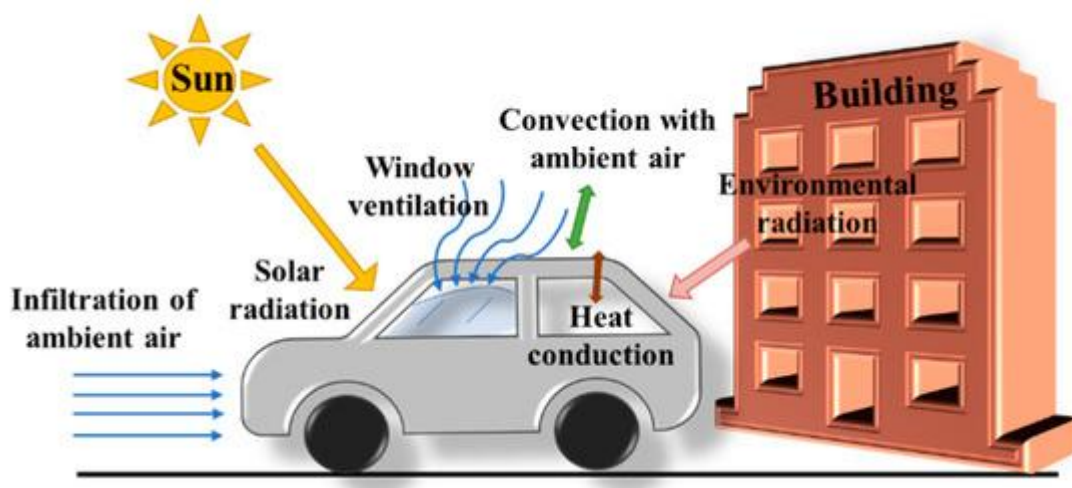
- Irradiación solar.
- Entalpía para enfriar y deshumidificar el aire en la cabina.
- El calor corporal de los pasajeros.
- El calor conducido desde la carrocería.

La irradiación solar y la entalpía del aire son las cargas de calor más importantes, especialmente en los trópicos. Cuando no hay recirculación de aire realizado, el tratamiento del aire consume la mayor parte de la energía CA. Por ejemplo, cuando la temperatura ambiente es 30°C y 90% de humedad relativa, el tratamiento del aire representa más del 50% de la carga térmica total, mientras que la energía solar la irradiación sólo representa alrededor del 30%.

Esto se debe a la diferencia de entalpía que debe superarse para deshumidifique el aire, ya que primero debe enfriarse hasta su temperatura de punto de rocío y luego recalentarse hasta la temperatura interior deseada temperatura. La diferencia de entalpía de la deshumidificación puede ser de hasta el 80% de lo necesario para enfriar el aire únicamente (Figura 9).

Figura 9

Factores que Afectan el Ambiente Térmico de la Cabina del Vehículo



Tomado de: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/17/6411>

2.2.9 Reducción del Tiempo de Calentamiento

El tiempo de calentamiento es de particular interés ya que aproximadamente un tercio de los viajes en automóvil termina antes de que se complete el calentamiento del motor y del aceite lubricante, con el 80% de los viajes en EE. UU. menos de 15 km y un viaje medio de 10 km en Europa. Las bicicletas de conducción homologadas también consideran la fase de

calentamiento. La reducción del tiempo de calentamiento del motor y del aceite lubricante tiene una serie de consecuencias beneficiosas:

- Reducción del consumo de combustible.
- Reducción de las pérdidas por fricción.
- Reducción de CO₂.
- Reducción significativa de las emisiones contaminantes en los ciclos de prueba.
- Posible reducción de NO_x en motores diésel.

2.2.10 Aire Acondicionado y su Relación con el Consumo de Combustible

A continuación, se presenta algunos consejos que ayudan a equilibrar el consumo de combustible con la comodidad.

- Por lo general, el aire acondicionado utiliza gas, por lo que se debe utilizar con prudencia. Si la temperatura en el exterior del vehículo es agradable, se debe abrir las ventanillas y dejar que el vehículo se enfríe durante unos minutos antes de utilizar el ventilador o el aire acondicionado a baja temperatura para mantener un flujo de aire agradable en el vehículo.
- El aire acondicionado trabaja más cuando hace más calor en el vehículo. Tomar medidas para reducir la necesidad de tener el aire acondicionado encendido a máxima potencia durante períodos prolongados estacionando el vehículo a la sombra o utilizando una visera para el sol. Esto le permite mantener el vehículo fresco y reduce el tiempo que tendrá que dejar el aire acondicionado encendido a máxima potencia.
- Recordar, hacer funcionar el respiradero no quema combustible adicional.
- El tamaño de la carrocería y del motor puede afectar el funcionamiento del aire acondicionado. Aunque los nuevos acondicionadores de aire son muy eficientes, siguen funcionando directamente con una correa conectada al motor. Las furgonetas

y los todoterrenos grandes tienen motores más grandes, pero más espacio para enfriar. Un automóvil más pequeño con un motor promedio de cuatro cilindros puede enfriarse de manera más eficiente. Se debe tener esto en cuenta al comprar un vehículo, especialmente si se tiene un viaje largo al trabajo.

Capítulo III

Consumo de Combustible del Vehículo SUV

3.1 Descripción

El uso del aire acondicionado del coche es el principal factor que contribuye a reducir el ahorro de combustible en climas cálidos. Su efecto depende de varios factores, como la temperatura exterior, la humedad y la intensidad del sol. En condiciones de mucho calor, el uso del aire acondicionado puede reducir el ahorro de combustible de un vehículo convencional en más de un 25 %, especialmente en viajes cortos (Energy, 2025).

El sistema de aire acondicionado es la carga auxiliar más importante de un vehículo. Esto implica que el sistema de aire acondicionado es el componente clave entre todos los accesorios que hacen que se deteriore el ahorro de combustible.

3.2 Influencia del Aire Acondicionado en el Consumo de Combustible

El ahorro de combustible puede verse afectado por muchos factores, entre ellos, la carga en el motor y la aerodinámica del vehículo. A velocidades de autopista, el automóvil generalmente es más aerodinámico y ahorra más combustible con las ventanillas subidas y el aire acondicionado (A/C) encendido que con las ventanillas bajadas y el A/C apagado. A velocidades más bajas (conducción en ciudad), el impacto de la resistencia aerodinámica debido a tener las ventanillas bajadas es menos significativo. En tales casos, puede ser más eficiente en cuanto al consumo de combustible conducir su vehículo con las ventanillas bajadas y el sistema de A/C apagado (Bmwofsilverspring, 2025).

Según Llanes (2024) se demuestra que, al utilizar el aire acondicionado para controlar la temperatura del vehículo, se puede aumentar el consumo de combustible entre un 8 y un 10 %. El aire acondicionado extrae energía del motor, lo que significa que hay un aumento en el consumo de combustible. Hacer funcionar el aire acondicionado constantemente en su configuración máxima puede reducir el kilometraje promedio en un nivel considerable. Por

ejemplo, conducir con el aire acondicionado encendido al máximo puede cubrir alrededor de 500 km con el tanque lleno. Sin embargo, la misma distancia podría extenderse a 600-625 km sin el aire acondicionado.

Estudios realizados por Llanes-Cedeño (2024) y Aguilar (2017) han demostrado que el uso del aire acondicionado puede incrementar el consumo de combustible entre un 10% y un 20%. Esto se debe a la carga adicional que el compresor del aire acondicionado coloca sobre el motor del vehículo. El efecto es más pronunciado en climas cálidos y durante periodos prolongados de uso.

3.3 Factores Clave que Afectan el Impacto del Aire Acondicionado

Son varios los factores que influyen en el potencial impacto en el ahorro de combustible causado por el aire acondicionado y en función de eso se selecciona los siguientes:

- Consumo de combustible (L/100km)
- Velocidad media (km/h)
- Duración del recorrido (min)
- Temperatura ambiente (°C)
- Uso del aire acondicionado (encendido/apagado).

Al comprender estos factores, los conductores pueden tomar decisiones informadas para equilibrar la comodidad y el ahorro de combustible.

3.4 Consumo de Combustible de un Vehículo SUV

La eficiencia del combustible es un factor crítico para los propietarios de vehículos, especialmente en el contexto de los crecientes costos de energía y la conciencia ambiental. Este estudio investiga la influencia del uso del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV Renault Duster 2022, utilizando el dispositivo telemático Azuga para monitorear y registrar datos precisos durante un recorrido específico en Guayaquil.

3.5 Metodología

La metodología utilizada en el proyecto de investigación que permite la estimación de la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV Duster 2022 usando un dispositivo Azuga se describe a continuación. Se elige el Renault Duster porque es uno de los SUV más vendidos en Ecuador en los últimos años, lo que lo convierte en un modelo representativo del parque vehicular actual y su clasificación como vehículo M1 (transporte de pasajeros) la hace compatible con protocolos estándar de medición de consumo según normativa internacional y latinoamericana.

Para este estudio se utilizan métodos empíricos y experimentales. Se realizan pruebas en diferentes condiciones de conducción, tanto en ciudad como en carretera, y se mide el consumo de combustible con y sin el uso del AC.

El consumo de combustible de los vehículos en condiciones reales puede ser hasta un 60% mayor que el reportado por la mayoría de los fabricantes de vehículos (Fontaras, 2017).

Uno de los factores más influyentes en esta discrepancia es el uso del Aire Acondicionado (A/C). Sin embargo, el estudio de la contribución del A/C al consumo de combustible y las emisiones se ha limitado a pruebas de laboratorio. Este estudio tiene como objetivo determinar el impacto del A/C en el consumo real de combustible en vehículos del tipo SUV. Para este propósito, se monitorea un vehículo Renault-Duster en sus condiciones normales de conducción en una campaña de varios recorridos.

Se espera un incremento en el consumo de combustible cuando el aire acondicionado está encendido. Este incremento se analiza en términos de litros por kilómetro (l/km).

Esta sección detalla el diseño del estudio, la recolección y análisis de datos, así como las variables clave consideradas.

3.5.1 Descripción del Vehículo y Dispositivo

El vehículo Renault Duster 2022 es un SUV ampliamente utilizado y representativo de la categoría de vehículos en estudio. Pertenece a la categoría SUV compacta, ampliamente utilizada tanto en áreas urbanas como rurales. Su popularidad lo hace ideal para estudios cuyo objetivo sea extrapolar resultados a una gran parte de la población usuaria de SUV en el país y también posee un sistema OBD-II compatible con el dispositivo Azuga para monitoreo en tiempo real de parámetros como el consumo instantáneo (Tabla 1).

Tabla 1

Datos del Vehículo Renault

Dato	Especificación
• Marca	• Renault
• Modelo	• Duster
• Año	• 2022
• Cilindrada	• 1600 cm ³
• Potencia Máxima	• 114 hp @ 5500 rpm
• Combustible	• Gasolina
• Capacidad del Tanque	• 50 litros
• Clase del vehículo	• M1-SUV
• Alimentación	• MPFI
• Consumo en ciudad (urbano)	• 11.8 Km/l
• Consumo autopista	• 16.7 Km/l
• Consumo mixto	• 14.5 Km/l

Según cifras de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), modelos como la Duster han liderado las ventas en el segmento SUV durante 2020–2024, especialmente por su balance entre precio y funcionalidad.

El Dispositivo: Azuga, es un dispositivo telemático que se conecta al puerto OBD-II del vehículo y registra datos en tiempo real, incluyendo consumo de combustible, velocidad, distancia recorrida, y otras métricas relevantes. Los dispositivos telemáticos, como el Azuga (Figura 10), son herramientas que permiten la recolección de datos en tiempo real sobre diversos parámetros del vehículo, incluyendo la velocidad, el consumo de combustible y otros datos relevantes. Estos dispositivos proporcionan una precisión y detalle que son difíciles de obtener a través de métodos tradicionales de recolección de datos.

Figura 10

Dispositivo Azuga



3.5.2 Diseño del Estudio

El estudio se diseña para evaluar el impacto del uso del aire acondicionado en el consumo de combustible de un Renault Duster 2022. Se eligió una ruta mixta representativa que abarca tanto áreas urbanas como suburbanas en Guayaquil, Ecuador. La ruta seleccionada es desde el Mall del Sur hasta Metrópolis II, cubriendo una distancia de 20.9 km (Figura 11).

Selección de la ruta: Justificación de la ruta mixta de Mall del Sur a Metrópolis en Guayaquil.

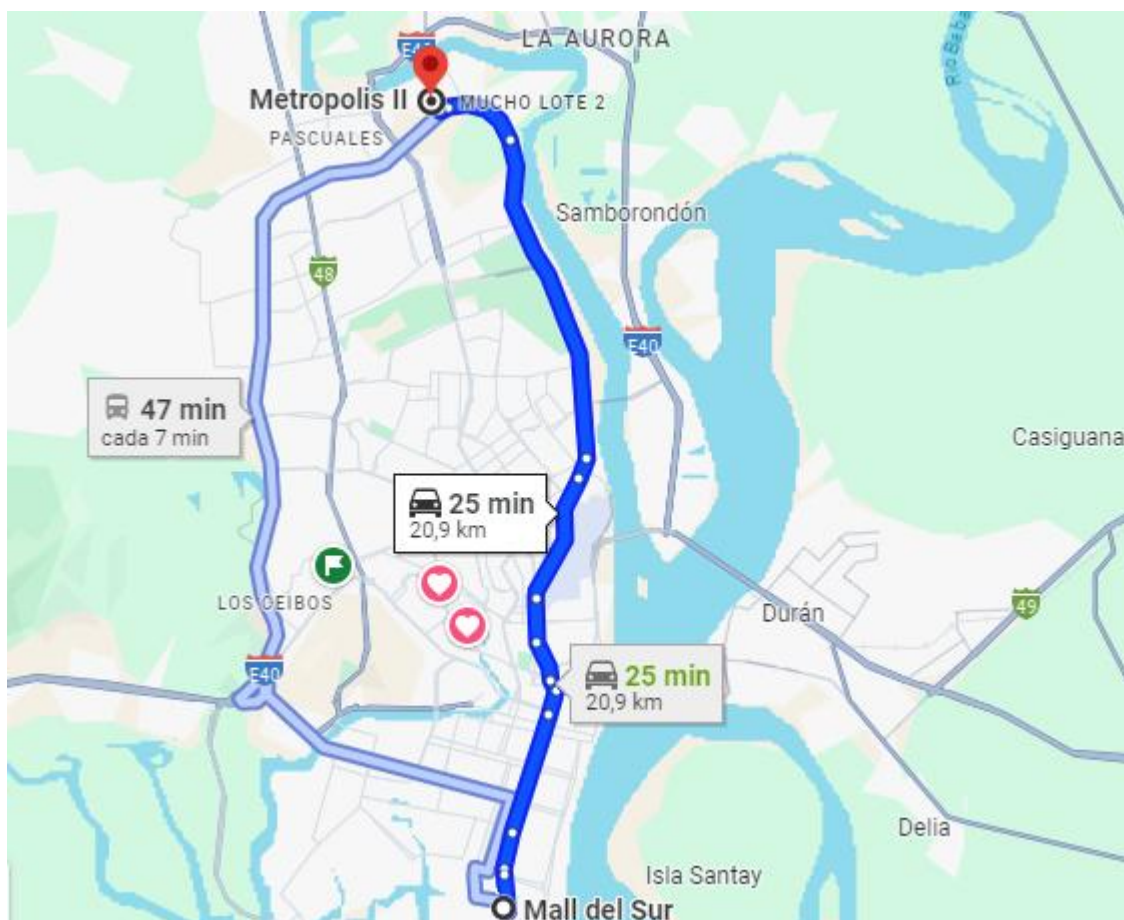
Se diseñan pruebas de conducción en una ruta que contenga diferentes escenarios:

- Conducción urbana.
- Conducción en carretera.
- Conducción mixta.

Cada escenario se evalúa bajo dos condiciones: con el aire acondicionado encendido y apagado. Las pruebas se realizan en condiciones controladas para minimizar variables externas.

Figura 11

Ruta Seleccionada



Tomado de: (GoogleMaps, 2024)

3.5.3 *Periodo de Estudio: Duración y Condiciones del Estudio*

El período de estudio para la estimación de la influencia del sistema de aire acondicionado en el consumo de combustible de un vehículo SUV, específicamente un Renault Duster 2022, se lleva a cabo durante una semana completa. Esta duración fue seleccionada para asegurar una recolección de datos representativa bajo diversas condiciones de tráfico y climáticas. Los recorridos se realizaron en una ruta mixta desde el Mall del Sur hasta Metrópolis II en Guayaquil, Ecuador, abarcando tanto áreas urbanas como suburbanas. Las condiciones del estudio fueron cuidadosamente controladas para mantener la consistencia en variables críticas como la velocidad media y la duración del recorrido, con el fin de aislar el impacto específico del uso del aire acondicionado en el consumo de combustible. Además, se registraron las temperaturas ambientales durante cada recorrido para considerar su posible influencia en los resultados obtenidos.

3.5.4 *Variables de Estudio*

- Consumo de combustible con aire acondicionado.
- Consumo de combustible sin aire acondicionado.
- Velocidad media, duración del recorrido, y temperatura ambiente.

3.5.5 *Procedimiento*

- Instalación del dispositivo Azuga.
- Recolección de datos en condiciones controladas (con y sin aire acondicionado).
- Registro de las condiciones ambientales y de tráfico.

3.5.6 *Análisis de Datos*

- Presentación de los datos recolectados.
- Comparación del consumo de combustible con y sin aire acondicionado.

3.5.7 *Interpretación de los Resultados*

- Discusión sobre la influencia del aire acondicionado en el consumo de combustible.

- Impacto de la velocidad media y condiciones ambientales.

Se realiza también:

- Comparación con estudios previos: Relación de los resultados con investigaciones anteriores.
- Limitaciones del estudio: Factores que pudieron afectar los resultados.
- Recomendaciones: Sugerencias para conductores y futuros estudios.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, centrándose sobre la caracterización de una ruta específica para evaluar el consumo de combustible en la región del litoral ecuatoriano (zona relativamente plana y una altura de aproximadamente 4 m.s.n.m.) a través de cálculos experimentales y operaciones estadísticas.

La investigación se puede clasificar como exploratoria y de campo, que implica la revisión de varios tipos de estudios y ejecución de un proyecto de conducción a bordo por una ruta real que abarca entornos de tráfico mixto, incluidas zonas urbanas y autopistas.

Capítulo IV

Análisis de las Correlaciones entre el Uso del Aire Acondicionado y el Consumo de Combustible

4.1 Introducción

La cantidad de combustible que consume el sistema de aire acondicionado de un vehículo depende de varios factores. Las tecnologías modernas diseñadas para minimizar el impacto del aire acondicionado en el consumo de combustible permiten a los conductores disfrutar del confort térmico del habitáculo al tiempo que minimizan el impacto negativo en los recursos de combustible. En definitiva, un uso inteligente e informado del aire acondicionado puede contribuir a un equilibrio entre el confort de conducción y la eficiencia energética del vehículo.

El análisis de las correlaciones entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible se centra en evaluar cómo el uso de este sistema influye en la eficiencia de combustible de un Renault Duster 2022 durante una ruta mixta.

A través de la recolección de datos detallados y el uso de herramientas estadísticas, se identifican patrones y relaciones significativas que permiten una comprensión más profunda del impacto del aire acondicionado en el consumo de combustible.

Tanto el clima frío como el cálido reducen la eficiencia del combustible, medida por el aumento del consumo de combustible por cada 100 km recorridos. Mientras que el clima frío puede aumentar el consumo de combustible debido a la disminución de la eficiencia del motor, por ejemplo, lo que provoca más arranques en frío.

El uso del sistema de aire acondicionado es el canal principal de aumento del consumo de combustible en climas cálidos, ya que la eficiencia del motor tiende a aumentar a temperaturas más altas.

El uso del aire acondicionado del coche aumenta el consumo de combustible, pero la cantidad concreta puede variar mucho en función de varios factores. El efecto en el consumo de combustible puede ser tan solo del 3 % o hasta del 10 % o más en condiciones extremas.

Estos factores incluyen:

- Temperatura exterior: Usar el aire acondicionado es más eficiente en términos de combustible que conducir con las ventanillas bajadas a altas velocidades, pero menos eficiente a bajas velocidades.
- Estado del sistema de aire acondicionado: Un sistema de aire acondicionado bien mantenido es más eficiente y utilizará menos combustible que uno que no esté en óptimas condiciones.
- Hábitos de conducción: si se suele conducir con muchas paradas y arranques en la ciudad, el aire acondicionado puede consumir más combustible. Por el contrario, si se conduce mucho en carretera, el efecto en el consumo de combustible puede ser menor.
- El automóvil en sí: los automóviles más pequeños pueden experimentar una caída mayor en la eficiencia del combustible al usar el aire acondicionado en comparación con los automóviles más grandes.

4.1.1 Pruebas del Efecto del Uso del Aire Acondicionado en un Vehículo

Para evaluar el efecto del uso del aire acondicionado (A/C) en el consumo de combustible de un vehículo tipo SUV, se pueden diseñar y llevar a cabo una serie de pruebas controladas. Estas pruebas deben considerar diversas condiciones de manejo y ambientales para obtener resultados representativos.

A continuación, se describe un procedimiento detallado para realizar dichas pruebas:

1. Preparación

- Selección del Vehículo

- Selección de la Ruta

- Variables por Medir

2. Procedimiento de Pruebas

- Condiciones Iniciales:

Asegurarse de que el vehículo está en condiciones óptimas de funcionamiento (revisión de niveles de aceite, presión de neumáticos, etc.).

Verificar que el dispositivo de medición esté correctamente instalado y calibrado.

- Ciclo de Manejo:

Realizar un ciclo de manejo estandarizado que cubra la ruta seleccionada, manteniendo una velocidad media constante y respetando las señales de tráfico.

- Pruebas con Aire Acondicionado Encendido:

Realizar un recorrido completo con el aire acondicionado encendido.

Registrar los datos de consumo de combustible, velocidad media, duración del recorrido y temperatura ambiente.

- Pruebas sin Aire Acondicionado:

Realizar el mismo recorrido con el aire acondicionado apagado.

Registrar los mismos datos que en la prueba anterior.

- Repetición de Pruebas:

Repetir las pruebas en diferentes momentos del día y en diferentes condiciones climáticas para obtener un conjunto de datos más robusto y representativo.

3. Análisis de Datos

- Comparación Directa:

Comparar los datos de consumo de combustible con y sin el uso del aire acondicionado, manteniendo constantes otras variables como la velocidad media y la duración del recorrido.

- **Análisis Estadístico:**

Realizar análisis estadísticos, como pruebas t para comparar los promedios de consumo de combustible y análisis de correlación para determinar la relación entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible.

- **Visualización de Resultados:**

Crear gráficos y tablas para visualizar las diferencias en el consumo de combustible y facilitar la interpretación de los resultados.

4.1.2 Comparación del Consumo de Combustible

Se evalúa la ruta para el estudio considerando condiciones mecánicas óptimas del vehículo, funcionamiento del sistema de aire acondicionado, las condiciones ambientales, el tráfico y los horarios de las pruebas (inicio y finalización).

La selección de los horarios de circulación es crucial ya que proporciona información sobre los niveles de congestión y tráfico en la zona de la ciudad elegida. Se seleccionan dos itinerarios, ambos ubicados en la ruta Norte-Sur-Norte de la ciudad, con diferentes tramos de carretera y alineaciones para asegurar la variación en las características de conducción y tráfico en la muestra.

Estos itinerarios incluyen variables como el estado del terreno (pendientes, tipo de vía) y conectan la Ciudadela Metrópolis II (norte de la ciudad) con el Mall del Sur (sur de la ciudad).

Como punto de referencia y para la experimentación, se toman datos de forma empírica para establecer una base inicial. Se considera el consumo registrado por el dispositivo Azuga, para lo cual se llena el depósito de combustible y se coloca en el odómetro el rendimiento por kilómetro, ya que la ruta es de aproximadamente 42 km (ida y vuelta).

4.1.3 Condiciones del Vehículo para la Prueba

Para asegurar la precisión y la consistencia en la prueba de determinación de consumo de combustible, es fundamental que el vehículo se encuentre en condiciones óptimas. Las siguientes condiciones deben ser verificadas y mantenidas antes y durante la prueba:

- Verificar y ajustar la presión de los neumáticos (215/65 R16) según las especificaciones del fabricante. La presión adecuada es crucial para asegurar una resistencia de rodadura óptima y un consumo de combustible preciso (32 PSI).
- Realizar una afinación completa del motor antes de la prueba.
- Utilizar un combustible de calidad y asegurarse de que el tanque de combustible esté lleno al inicio de la prueba.
- Verificar la tensión de la batería.
- Verificar los indicadores del tablero.
- Asegurarse de que el sistema de aire acondicionado esté en buen estado de funcionamiento. Verificar que el compresor, los ventiladores y los filtros estén limpios y operando correctamente.
- Mantener una carga constante y moderada durante todas las pruebas.
- Utilizar el cinturón de seguridad.
- Observar los límites de velocidad establecidos en áreas urbanas a 50 km/h y en zonas periféricas a 90 km/h.
- Mantener un control de la carretera y anticipar las maniobras considerando las condiciones del entorno.

4.1.4 Protocolo de Pruebas

El consumo de combustible del aire acondicionado fuera de ciclo se divide en dos partes:

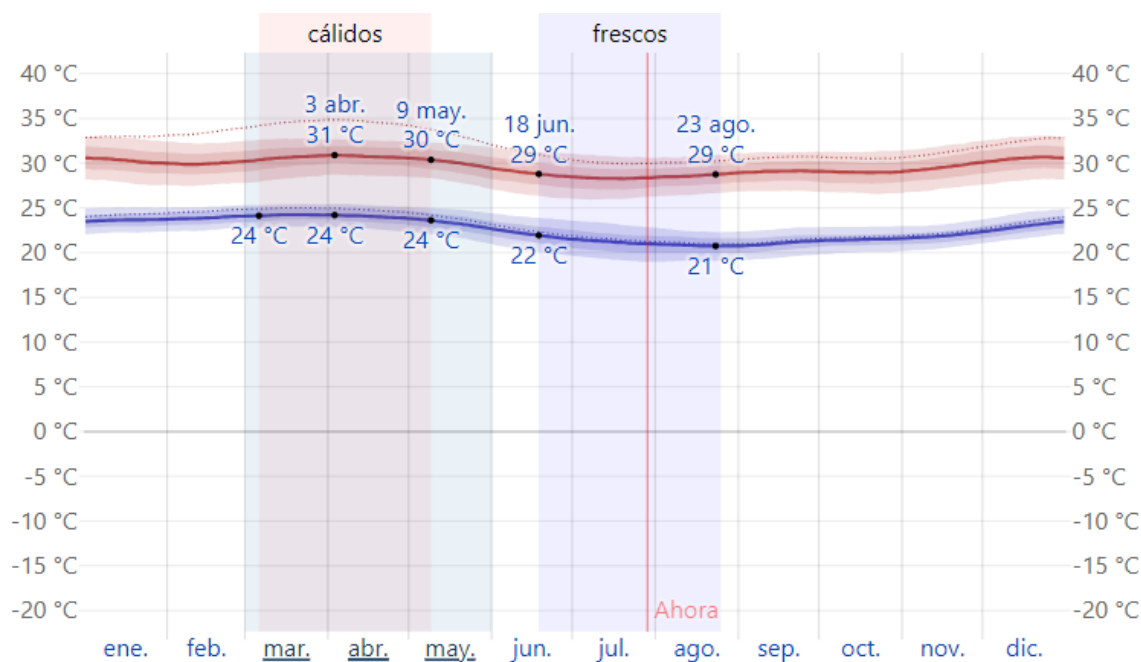
- Medición del consumo de combustible del vehículo con el aire acondicionado encendido.
- Medición del consumo del vehículo con el aire acondicionado apagado.

Se debe tener la condición ambiental siguiente:

- La temperatura ambiente será de 30 ± 2 °C. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 33 °C (Figura 12).

Figura 12

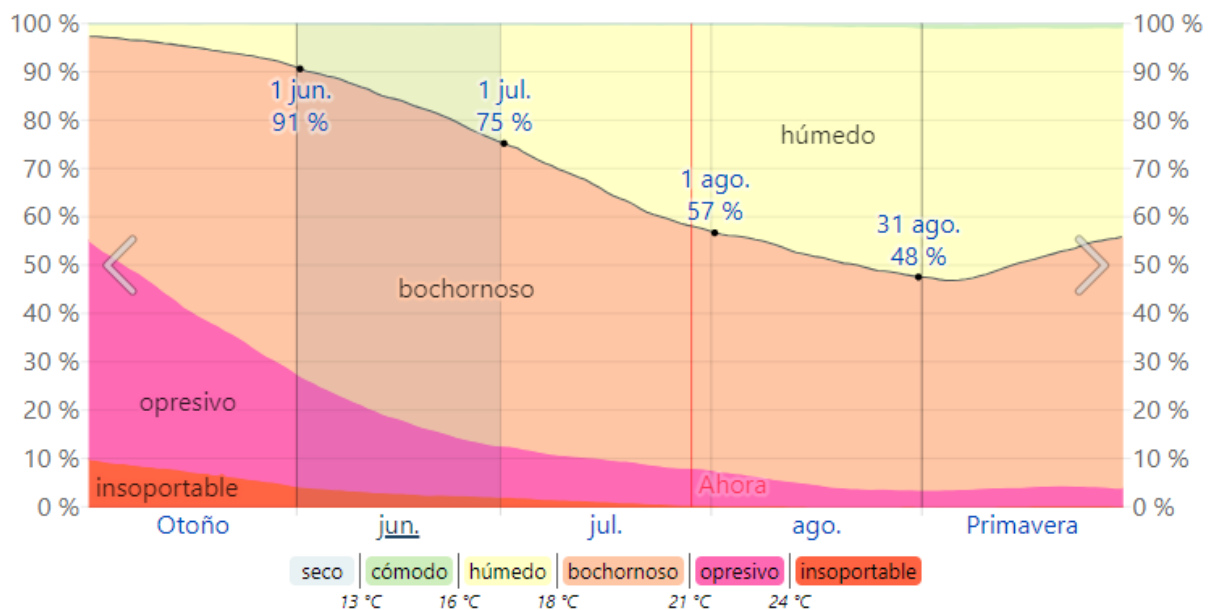
Temperatura al Realizar las Pruebas



Tomado de: <https://es.weatherspark.com/y/19346/Clima-promedio-en-Guayaquil-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

- La humedad relativa del ambiente es del $75\% \pm 5\%$.

El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío (Figura 13).

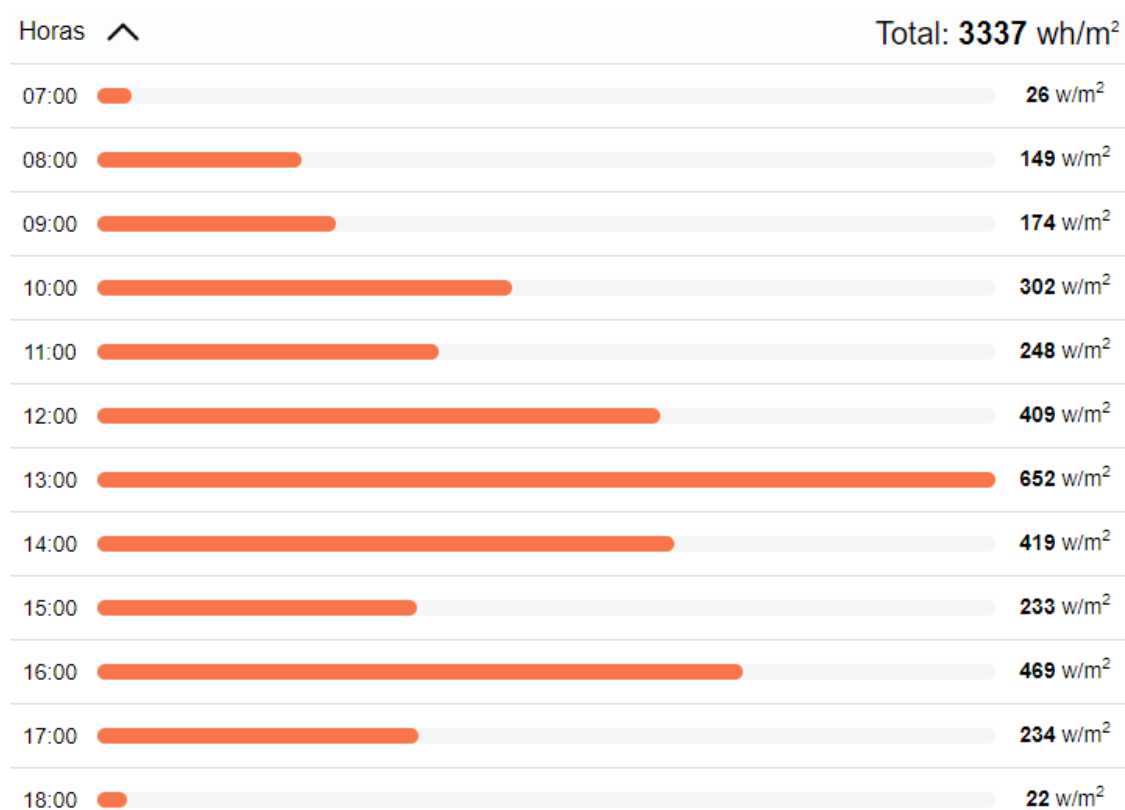
Figura 13*Humedad al Realizar las Pruebas*

Tomado de: <https://es.weatherspark.com/y/19346/Clima-promedio-en-Guayaquil-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

- La intensidad de la radiación solar es de $300 \pm 50 \text{ W/m}^2$ durante la prueba de consumo de combustible bajo la condición de pruebas del vehículo y aire acondicionado encendido y no encendido. La intensidad de la radiación solar se establece en base a los datos posición del plano del punto más alto del techo, asumiendo los datos obtenidos en la web en tiempo real (Figura 14).

Ajuste del aire acondicionado

- Para el aire acondicionado de control automático, está configurado en el modo "automático", en el cual la temperatura se establece en no más de 25 °C, el interruptor de circulación de aire se establece en la posición interna.

Figura 14*Radiación Solar al Realizar las Pruebas*

Tomado de: <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/guayaquil.html>

El modo no se puede cambiar en el modo "automático".

Colocar el interruptor de circulación de aire en la posición de circulación interna y el modo de soplado de cara.

4.1.5 Descripción del Procedimiento de Pruebas

- Se ha elegido un vehículo SUV de gasolina del año 2022.
- El vehículo no presenta fallos mecánicos ni electrónicos.
- Las pruebas se llevan a cabo en condiciones de tráfico normal, seleccionando diferentes horarios para evaluar el impacto del tráfico de otros vehículos.
- Las horas de realización de las pruebas son en la mañana y tarde (entre las 08h00 y 18h00).

- Las pruebas se realizan en las mismas condiciones tanto con el sistema de aire acondicionado activado como desactivado.
- El vehículo es conducido por el mismo conductor y en condiciones estandarizadas para garantizar que las pruebas reflejen una conducción real (evitando así posibles errores).
- En este estudio, solo se consideran vehículos de gasolina, ya que este es el tipo de vehículo empleado en las pruebas (ver Figura 15).

Figura 15

Vehículo para las Pruebas



El sistema de accionamiento del aire acondicionado es el que se muestra en la Figura 16.

La climatización automática es un sistema que garantiza (exceptuando los casos de utilización extrema) el confort ambiental del habitáculo y el mantenimiento de un buen nivel de visibilidad a la vez que se optimiza el consumo. El sistema actúa en la velocidad de ventilación, el reparto de aire, el reciclaje de aire, la puesta en marcha o la parada del acondicionador de aire y la temperatura del aire.

Figura 16

Sistema de Aire Acondicionado del Vehículo para las Pruebas



En la función AUTO: optimización del alcance del nivel de confort elegido en función de las condiciones exteriores. Pulsar el botón 8. El testigo integrado en la tecla 8 se enciende (Figura 17).

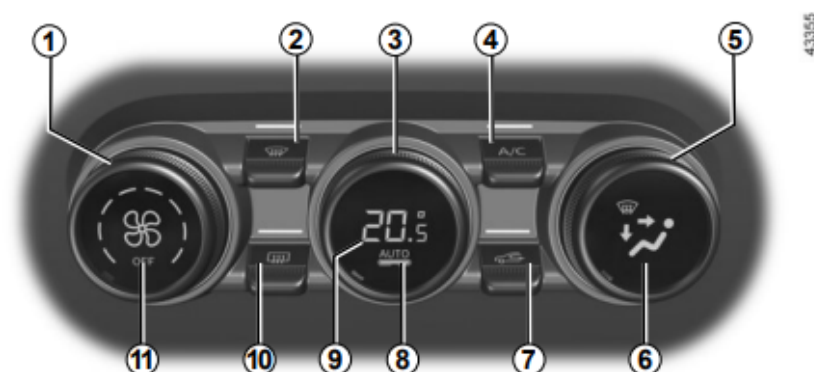
En modo automático, el sistema controla la velocidad de ventilación más apropiada para alcanzar y mantener el confort. Se puede siempre ajustar la velocidad de ventilación girando el mando 1 para aumentar o disminuir la velocidad de ventilación.

Es normal que se aprecie un aumento del consumo de combustible (sobre todo en tráfico urbano) durante la utilización del acondicionador de aire.

Por eso se recomienda para los vehículos equipados con aire acondicionado sin modo automático, detener el sistema cuando ya no se lo necesite.

Figura 17

Accionamiento del Sistema de Aire Acondicionado del Vehículo para las Pruebas



Los mandos

(según el vehículo)

- 1 Reglaje de la velocidad de ventilación.
- 2 Función «ver claro».
- 3 Reglaje de la temperatura del aire.
- 4 Puesta en marcha o parada del aire acondicionado.
- 5 Reglaje del reparto del aire en el habitáculo.
- 6 Visualización del modo de distribución de aire.
- 7 Puesta en marcha del modo aislamiento del habitáculo/reciclaje del aire.

- 8 Puesta en marcha del modo automático.
- 9 Visualización de temperatura.
- 10 Deshielo-desempañado de la luneta trasera.
- 11 Visualización de la velocidad de ventilación.

Tomado de: https://cdn.group.renault.com/ren/co/manuales/nueva-duster/NU1308_1_HJD_999100575S_GU.pdf

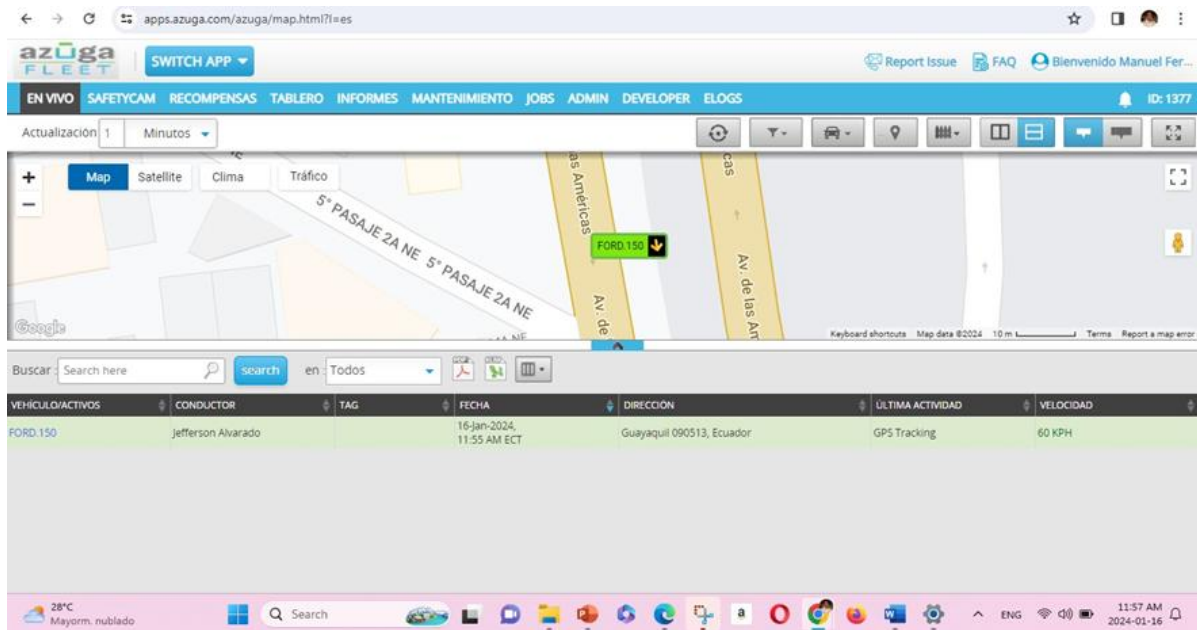
4.1.6 Obtención de Datos

- El propósito no es obtener mediciones exactas del consumo de combustible para los vehículos con MCI.
- Durante la etapa de análisis, se desechan las pruebas que exhiben anomalías o variables inesperadas que podrían influir en los resultados.
- Cada sesión de prueba tiene una duración aproximada de 2 horas.
- Los datos registrados de cada trayecto (Figura 18) se guardan en línea en la cuenta asociada al dispositivo Azuga utilizado.

Figura 18*Informe de Viajes - Plataforma de Danlaw*

FECHA	VEHÍCULO / ACTIVO	VINLIST	MAPA	VIAJE DE LA ETIQUETA	CONDUCT...	LOS OCUPANTES	ENCENDIDO CONE...	PARTIR
16-Jan-2024	FORD 150	LVVDC11BXR001800			Jefferson Alvarado		16-Jan-2024 09:35 AM -05	
16-Jan-2024	Chery Arrizo	LVVDC11BXR001800			Jefferson Alvarado		16-Jan-2024 10:51 AM -05	Guayaq
27-Jan-2024	Chery Arrizo	LVVDC11BXR001800			Jefferson Alvarado		27-Jan-2024 01:43 PM -05	

- Los datos recopilados en tiempo real durante los trayectos (Figura 19) se capturan a través del dispositivo Azuga conectado al puerto OBDII del vehículo y pueden ser observados en tiempo real mediante el portal de acceso utilizando las credenciales proporcionadas por los proveedores de los equipos y dispositivos de medición (DLA Latin America).
- Los valores se registran de manera continua (eventos) en la plataforma de Azuga.
- Para recopilar esta información y permitir descargar los datos en una hoja de cálculo estándar, que luego se exporta a una computadora de laboratorio.
- Conectar el equipo es muy sencillo, solo se debe insertar en el puerto de diagnóstico del vehículo (OBDII) y al hacerlo, en el panel del equipo se observa que se enciende unas luces LED de varios colores por unos segundos y luego se apagan, esto quiere decir que el equipo se está configurando; posteriormente quedará una luz verde parpadeante en el dispositivo, esta luz deja de parpadear en dos minutos, esto quiere decir que el equipo ya está comunicado con el automóvil.

Figura 19*Informe de Rutas***4.1.7 Procedimiento**

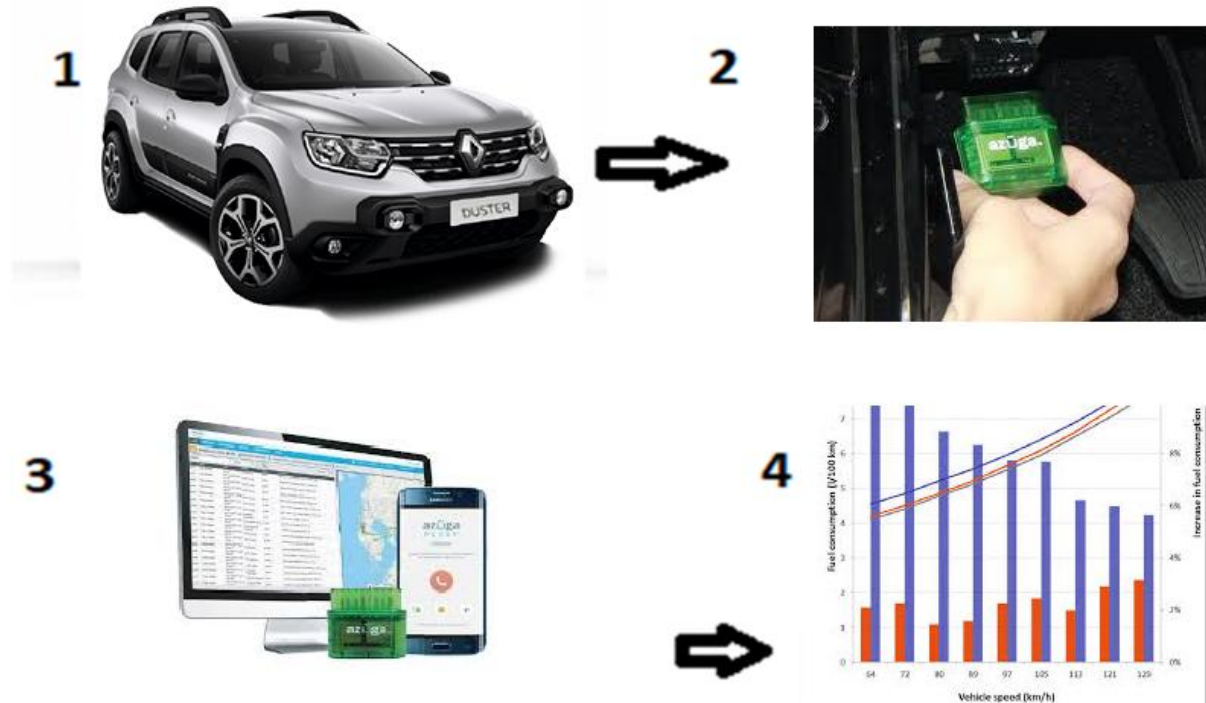
Después de recopilar todos los datos, se emplea un modelo de análisis estadístico para estimar el consumo de combustible instantáneo del vehículo durante las pruebas.

Posteriormente, se procede a procesar los datos y calcular los valores estadísticos pertinentes. Previo al procesamiento de los datos, se aplican una serie de filtros para identificar posibles datos incorrectos, los cuales podrían ser causados por desviaciones no planificadas en las rutas o por fallas en el funcionamiento del GPS.

Una vez completado este proceso, los resultados se tabulan y se presentan gráficamente para facilitar su comprensión (Figura 20).

Tomar lecturas iniciales de todas las métricas relevantes antes de iniciar la prueba para establecer una línea de base.

Instalar y calibrar un dispositivo de monitoreo preciso, como el Azuga, que registre en tiempo real el consumo de combustible, velocidad, distancia recorrida y otras métricas relevantes.

Figura 20*Procedimiento de Recolección de Datos*

- Se inspeccionan las condiciones iniciales del vehículo SUV.
- Se registra el consumo de combustible instantáneo en litros por kilómetro en la plataforma.
- Se preparan todos los equipos y se establece la ruta a seguir.
- Se definen los parámetros de conducción para la prueba.
- Realizar un ciclo de manejo estandarizado que cubra la ruta seleccionada, manteniendo una velocidad media constante y respetando las señales de tráfico.
- Se sigue el método conocido como conducción Ecodriving, que representa los hábitos típicos de conducción del conductor y se sigue el manual de conducción elaborado por el Ing. Walter Granda.
- Se lleva a cabo el recorrido, primeramente, con el sistema de aire acondicionado (A/C) activado.

- Luego, se realizan las pruebas sin activar el sistema de aire acondicionado (A/C).
- Se utiliza el software Azuga para la captura de datos en la ruta.
- Se lleva a cabo un registro y monitoreo constante de los parámetros a evaluar.
- Comparar los datos de consumo de combustible con y sin el uso del aire acondicionado, manteniendo constantes otras variables como la velocidad media y la duración del recorrido.

4.2 Resultados de las Pruebas

Se presentan los resultados del consumo de combustible para los distintos recorridos en las rutas seleccionadas.

La evaluación de la influencia del uso del sistema de aire acondicionado enfoca en las diferencias en el consumo de combustible entre el periodo 2 (con el sistema desactivado) y el periodo 1 (con el sistema activado).

Es importante mencionar que el objetivo de esta investigación era obtener valores precisos de consumo para comparar el efecto que tiene el uso del aire acondicionado en el consumo del combustible en una ruta específica para un tipo de vehículo particular (SUV) en la ciudad de Guayaquil.

Se confirma que el sistema de aire acondicionado es un factor influyente, ya que el uso del sistema de aire acondicionado aumenta el consumo de combustible en valores entre el 9% y 15%.

4.2.1 Resultados Obtenidos

Después de realizar las pruebas se obtienen los datos proporcionados por el dispositivo Azuga, los cuales se obtiene en la base de datos guardados en la nube de la plataforma.

Crear gráficos y tablas para visualizar las diferencias en el consumo de combustible y facilitar la interpretación de los resultados. Estos se presentan en las Tablas 2 y 3.

- Pruebas con Aire Acondicionado Encendido:

Realizar un recorrido completo con el aire acondicionado encendido.

Registrar los datos de consumo de combustible, velocidad media, duración del recorrido y temperatura ambiente.

Tabla 2

Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Activo – Ruta de Ida

Datos Trayecto "Ida"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	29	30	30.1	30.2	30
Consumo de combustible (litros)	1.78	1.78	1.8	1.76	1.8
Temperatura promedio (°C)	31.9	30.7	30.9	31.4	31
Velocidad promedio (km/h)	42	41.1	40.7	40.8	41.1
Distancia recorrida Vehículo (km)	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
Promedio de consumo en l/100 km (Vehículo)	8.5	8.5	8.6	8.4	8.6

Tabla 3

Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Activo – Ruta de Retorno

Datos Trayecto "Retorno"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	30	30	29.5	29.9	30
Consumo de combustible (litros)	1.85	1.85	1.83	1.81	1.83
Temperatura promedio (°C)	30.8	20.7	29.9	30.9	30.1
Velocidad promedio (km/h)	40.0	40.4	39.7	39.1	40.1
Distancia recorrida Vehículo (km)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Promedio de consumo en l/100 km (Vehículo)	8.6	8.6	8.5	8.4	8.5

Una vez finalizadas las pruebas con el sistema de aire acondicionado activo, se realizan las pruebas con el sistema de aire acondicionado sin activar, para poder determinar la cantidad de combustible consumido y se obtienen los datos mostrados en las Tablas 4 y 5.

- Pruebas sin Aire Acondicionado:

Realizar el mismo recorrido con el aire acondicionado apagado.

Registrar los mismos datos que en la prueba anterior.

Realizar las siguientes pruebas en los mismos horarios, bajo las mismas condiciones climatológicas y siguiendo el protocolo de pruebas de conducción Ecodriving.

Tabla 4

Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Inactivo – Ruta de Ida

Datos Trayecto "Ida"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	30	30	29.11	31.2	30.5
Consumo de combustible (litros)	1.57	1.55	1.57	1.57	1.59
Temperatura promedio (°C)	31.9	30.2	31.9	31.0	31.5
Velocidad promedio (km/h)	40	41	40.5	41.8	41.5
Distancia recorrida Vehículo (km)	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
Promedio de consumo en l/100 km (Vehículo)	7.5	7.4	7.5	7.5	7.6

Tabla 5*Resultados con Sistema de Aire Acondicionado Inactivo – Ruta de Retorno*

Datos Trayecto "Retorno"	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	30	30	29.5	29.9	30
Consumo de combustible (litros)	1.61	1.63	1.61	1.66	1.59
Temperatura promedio (°C)	30.8	29.7	30.9	30.9	31.1
Velocidad promedio (km/h)	40.5	40.7	41.7	39.8	40.2
Distancia recorrida Vehículo (km)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Promedio de consumo en 1/100 km (Vehículo)	7.5	7.6	7.5	7.7	7.4

4.2 Análisis de los Resultados

Se ajustaron los turnos de conducción para cubrir las horas pico según los registros de movilidad de Guayaquil.

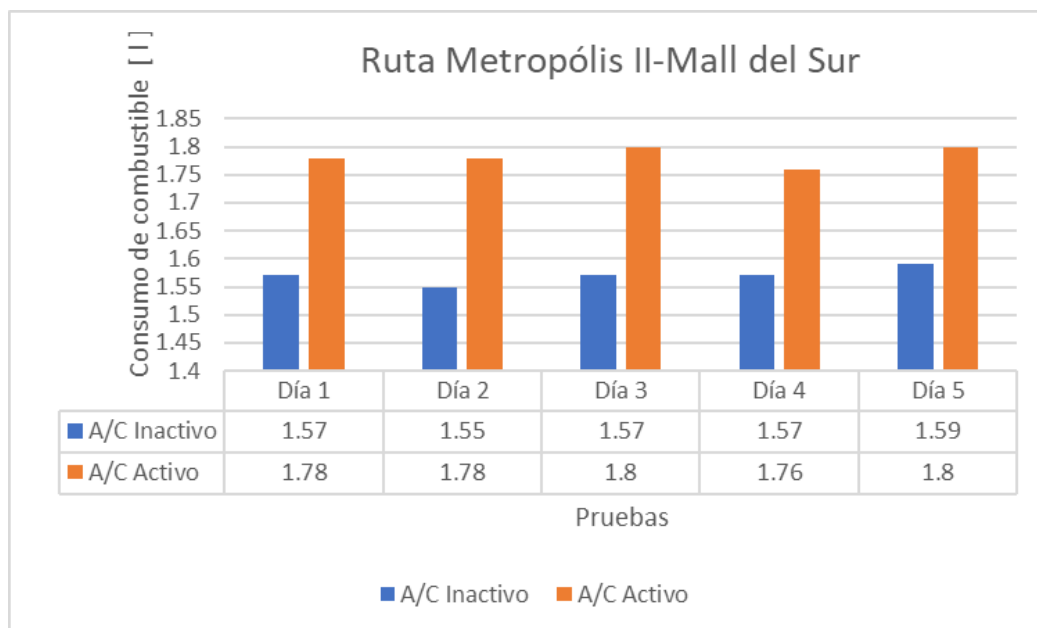
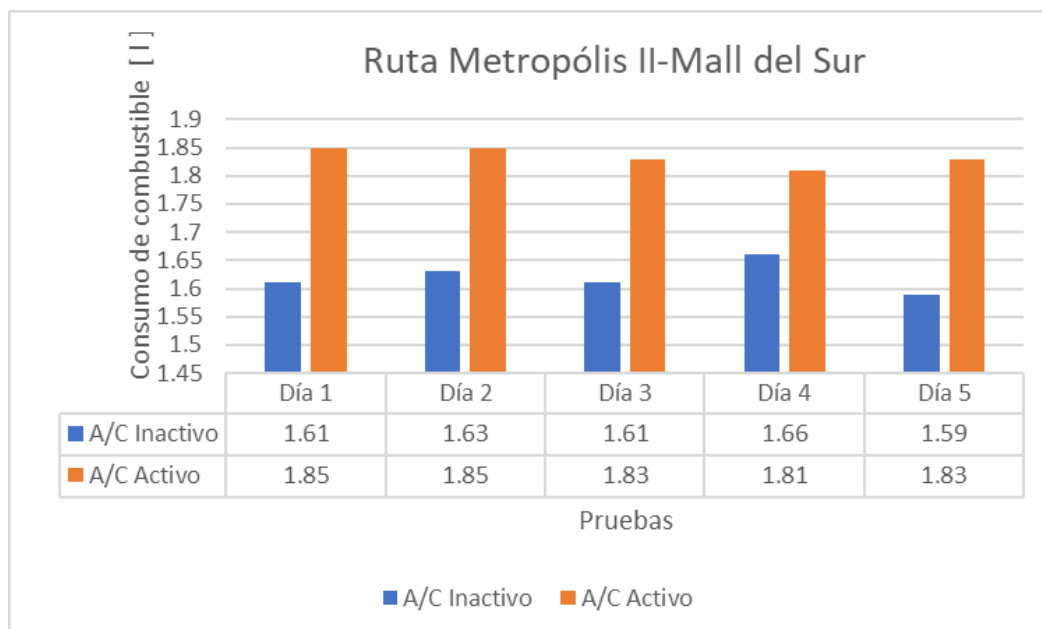
Se eligieron los dos horarios diferentes para realizar las pruebas: Durante la mañana (08h00–12h00) y durante la tarde (15h00–18:00).

Las primeras pruebas se llevaron a cabo entre junio y julio de 2024.

Los resultados obtenidos se presentan en las Figuras 21 y 22.

En las dos rutas se observa un aumento en el consumo de combustible cuando se activa el sistema de aire acondicionado.

Se registra un mínimo de 1,55 litros en el viaje de Metrópolis II al Mall del Sur y de 1,59 litros en el trayecto de regreso del Mall del Sur a Metrópolis II. Estos valores se alcanzan en el segundo día de pruebas y en el quinto día de pruebas, respectivamente.

Figura 21*Análisis Comparativo - Ruta de Ida***Figura 22***Análisis Comparativo - Ruta de Retorno*

Los mayores niveles de aumento de combustible se observaron en la ruta de retorno del Mall del Sur a Metrópolis II durante el quinto día de pruebas, alcanzando un 15,09%.

El uso del aire acondicionado incrementa el consumo de combustible en todas las condiciones. La Figura 23 muestra el aumento porcentual del consumo de combustible debido al uso del AC en la ruta de ida y la Figura 24 en la ruta de retorno.

Figura 23

Aumento del Consumo - Ruta de Ida

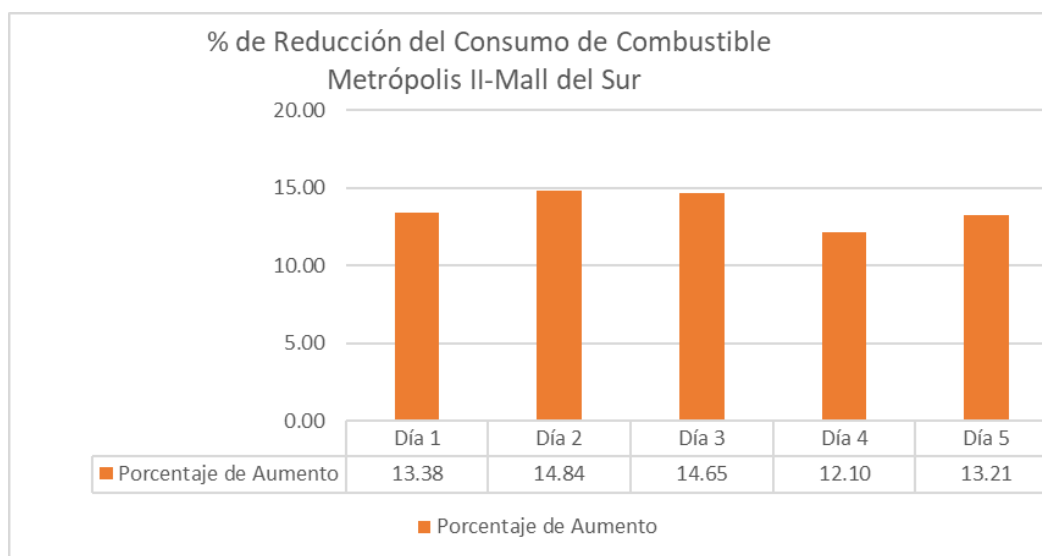
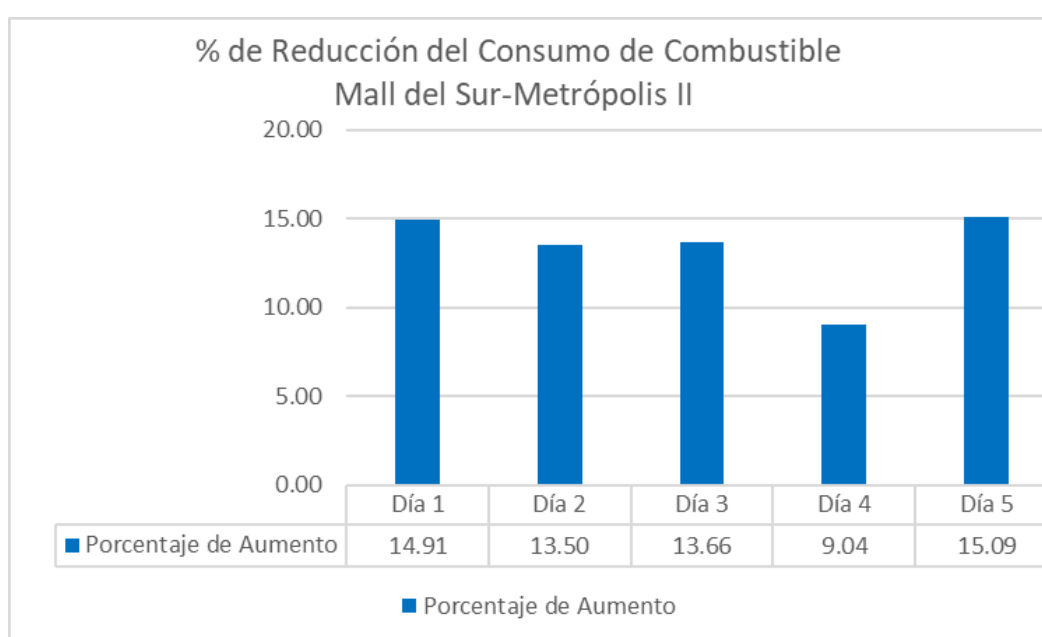


Figura 24

Aumento del Consumo – Ruta de Retorno



Los resultados del análisis muestran que el uso del aire acondicionado en el Renault Duster 2022 tiene un impacto notable en el consumo de combustible. La diferencia observada de 1 L/100km en el consumo de combustible entre las condiciones con y sin aire acondicionado es considerable.

4.3 Análisis Descriptivo

Se realiza un análisis descriptivo inicial para obtener una visión general de los datos recolectados:

- Consumo de Combustible con Aire Acondicionado: 8.5 L/100km.
- Consumo de Combustible sin Aire Acondicionado: 7.5 L/100km.
- Velocidad Media (Promedio): 40.5 km/h (constante en ambos casos).
- Duración del Recorrido: 30 minutos (constante en ambos casos).
- Temperatura Ambiente: 30 °C.

Este análisis descriptivo muestra una diferencia notable en el consumo de combustible entre las dos condiciones, lo que sugiere una posible correlación entre el uso del aire acondicionado y el incremento en el consumo de combustible.

Conclusiones

En esta investigación, se exploraron los factores que influyen en el consumo de combustible del Renault Duster 2022, con especial énfasis en el impacto del uso del aire acondicionado. A través de un estudio detallado, se recopilieron datos específicos sobre el consumo de combustible del vehículo durante un recorrido de 20.9 km, en una ruta mixta entre el Mall del Sur y Metrópolis II en Guayaquil. Los datos se obtuvieron mediante el uso de un dispositivo telemático Azuga, que proporcionó información precisa y en tiempo real bajo condiciones controladas de velocidad y duración del recorrido.

El análisis estadístico de estos datos reveló una correlación significativa entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible. Se observó que el consumo de combustible aumenta en promedio 1 L/100km cuando el aire acondicionado está encendido, comparado con cuando está apagado. Este incremento en el consumo puede atribuirse a la energía adicional requerida para operar el sistema de aire acondicionado, lo que confirma que su uso es un factor determinante en la eficiencia de combustible del vehículo.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar el uso del aire acondicionado en la gestión del consumo de combustible, especialmente en climas cálidos donde su uso es común, como es el caso de la ciudad de Guayaquil. Los conductores pueden beneficiarse de esta información al tomar decisiones informadas para optimizar el consumo de combustible, como reducir el uso del aire acondicionado cuando sea posible y adoptar otras prácticas de manejo eficientes. En conclusión, la investigación proporciona una base sólida para entender mejor cómo el uso del aire acondicionado influye en el consumo de combustible y ofrece recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia energética en vehículos SUV.

Recomendaciones

Para investigar los factores que influyen en el consumo de combustible en función del uso del aire acondicionado, es esencial llevar a cabo estudios controlados que consideren diversas variables como la temperatura ambiente, la velocidad del vehículo, y las condiciones de tráfico.

Se recomienda realizar pruebas en distintas condiciones climáticas y horarios para capturar un espectro amplio de datos representativos. Además, se debe compilar datos específicos sobre el consumo de combustible del vehículo SUV durante un recorrido específico, siguiendo un ciclo de manejo estandarizado. Este ciclo debe incluir tanto tramos urbanos como suburbanos para reflejar mejor las condiciones reales de conducción.

Para asegurar la precisión y relevancia de los datos, es crucial utilizar dispositivos de medición confiables, como el dispositivo Azuga, que permitan el monitoreo en tiempo real del consumo de combustible y otros parámetros del vehículo.

Finalmente, se recomienda analizar estadísticamente los datos compilados para identificar las correlaciones entre el uso del aire acondicionado y el consumo de combustible. Esto incluye la aplicación de un análisis de los datos obtenidos para cuantificar la relación y determinar la significancia estadística de los resultados. Al seguir estas recomendaciones, se podrá obtener una comprensión más detallada y precisa del impacto del aire acondicionado en el consumo de combustible, lo que facilitará la implementación de estrategias de manejo más eficientes y económicas.

Bibliografía

- Abas, M., Wan Salim, W., Ismail, M., Rajoo, S., & Martinez-Botas, R. (2017). Fuel consumption evaluation of SI engine using start-stop technology. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 11(4), 2967–2978. <https://doi.org/10.15282/jmes.11.4.2017.1.0267>,
- Aguilar, Y., Caldas, I., Rivera, A., & Tapia, E. (2017). Estudio de la influencia de la apertura de las ventanas y la velocidad de circulación en la aerodinámica de un vehículo de turismo. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (18), 7-13.
- Alvarado Pillajo, J. O. (2024). Análisis de la Influencia del Tipo de Neumático en el Consumo de Combustible Usando un Dispositivo Azuga.
- Davis, L. W., & Gertler, P. J. (2015). Contribution of air conditioning adoption to future energy use under global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19), 5962-5967.
- EPA, E. (2012). NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017-2025 Cars and Light Trucks. Regulatory Announcement. Office of Transportation and Air Quality.
- Farrington, R., & Rugh, J. (2000). Impact of vehicle air-conditioning on fuel economy, tailpipe emissions, and electric vehicle range (No. NREL/CP-540-28960). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Garcés Jiménez, V. D., & Chiquito Bastidas, K. A. (2024). Análisis de los parámetros relevantes que inciden en el consumo de combustible en la ciudad de Quito, Ecuador mediante la aplicación de la metodología del ciclo de emisiones reales (Bachelor's thesis).
- Huff, S., West, B., & Thomas, J. (2013). Effects of air conditioner use on real-world fuel economy (No. 2013-01-0551). SAE Technical Paper.

- Llanes-Cedeño, E. A., Grefa Shiguango, S. F., Molina-Osejos, J. V., & Rocha-Hoyos, J. C. (2024). Incidencia del aire acondicionado automotriz en el índice de consumo de combustible en vehículo de encendido provocado en una ruta de la Amazonía ecuatoriana. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (31), 115-126.
- Lee, J., Kim, J., Park, J., & Bae, C. (2013). Effect of the air-conditioning system on the fuel economy in a gasoline engine vehicle. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 227(1), 66-77.
- Mogro, A. E., & Huertas, J. I. (2021). Assessment of the effect of using air conditioning on the vehicle's real fuel consumption. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 15(2), 271-285.
- Sen, B., Noori, M., & Tatari, O. (2017). Will Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standard help? Modeling CAFE's impact on market share of electric vehicles. *Energy Policy*, 109, 279-287.
- Vinicio, N. M. M., Alexandra, J. M. D., Mero, C. M. L., & Barrezueta, M. F. G. (2024). Estimación del consumo de combustible en un vehículo Ford Explorer aplicando la técnica Ecodriving en la ciudad de Guayaquil. *South Florida Journal of Development*, 4(1), 520-535.
- Welstand, J. S., Haskew, H. H., Gunst, R. F., & Bevilacqua, O. M. (2003). Evaluation of the effects of air conditioning operation and associated environmental conditions on vehicle emissions and fuel economy. *SAE transactions*, 1993-2006.
- Zhang, Y. T., Claudel, C. G., Hu, M. B., Yu, Y. H., & Shi, C. L. (2020). Develop of a fuel consumption model for hybrid vehicles. *Energy Conversion and Management*, 207, 112546.
- Zhao, D., Li, H., Hou, J., Gong, P., Zhong, Y., He, W., & Fu, Z. (2024). A Review of the Data-Driven Prediction Method of Vehicle Fuel Consumption. *Energies*, 16(14), 5258.

